



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE MICROORGANISMOS, FÍSICO-  
QUÍMICA DEL SUELO Y ARVENSES PRESENTES EN EL HÁBITAT DE  
CRECIMIENTO DEL MORTIÑO (*Vaccinium floribundum* Kunth) EN EL  
PÁRAMO DEL VOLCÁN RUMIÑAHUI, PICHINCHA

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingeniera Agroindustrial y de Alimentos

Profesor Guía

Wilson Arturo Vásquez Castillo

Autor

María Renata Hidalgo Verdezoto

Año

2016

### **DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Wilson Arturo Vásquez Castillo

Ingeniero Agrónomo Ph.D

C.I.: 1001186210

### **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

---

María Renata Hidalgo Verdezoto

C.I.: 1724768401

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco toda la entrega brindada por los miembros de mi familia, a profesionales de INIAP (Estación Experimental Sta. Catalina), Dra. María Luisa Insuasti, Ing. Francisco Báez, Lic. Marcia Oña; Esteban Falconí; a profesionales del QCNE Dra. Marcia Peñafiel y Efraín Freire. A los analistas y pasantes del Laboratorio de Suelos, Foliares y Aguas, AGROCALIDAD sede Tumbaco, a Luis Enrique Calvache, Guillermo Miño, Wilson Vásquez, Mauricio Racines y a conocidos y amigos que con su amor y cariño aportaron en las actividades con consejos, acciones, conocimiento, presencia, apoyo y paciencia

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos que son algo inmenso en mi vida. A quién fue mi mejor amigo y pareja y compartió conmigo tanto, en gran parte de mi trayectoria universitaria, Alejandro Serrano. A mi coordinador de carrera Pablo Moncayo que más que eso, fue un amigo, y ejemplo a seguir en todo momento. Al esfuerzo invertido, a momentos, personas y experiencias inolvidables, convivencias, adversidades que han formado quien soy ahora en varios aspectos de mi vida.

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el páramo del volcán Rumiñahui, barrio San Francisco de Mariscal de la parroquia de Machachi, cantón Mejía, Pichincha, a una altitud de 3600 msnm, que tuvo como objetivos caracterizar las propiedades físico-químicas y la microbiota presente en suelo, y la cantidad de arvenses que se encuentran creciendo en el hábitat del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth). Se estableció seis cuadrantes al azar donde se estudiaron las variables presencia de microorganismos (hongos y bacterias) del suelo; abundancia de las principales especies vegetales y características físico-químicas del suelo. Los datos registrados fueron analizados a través del análisis de varianza, componentes principales, conglomerados y la estadística descriptiva. Los resultados del estudio, permiten concluir que el mortiño se desarrolla en suelos franco-arenosos, y que su abundancia está relacionada positivamente con altas concentraciones de fósforo, cobre y hierro, y una relación inversa con las concentraciones de magnesio zinc, materia orgánica, conductividad eléctrica, manganeso y calcio. Las especies de arvenses que fueron abundantes incluído el mortiño, fueron especies herbáceas de baja altura, mientras que las que abundaban mientras que las plantas de mortiño escaseaban, fueron especies monocotiledóneas que se encontraban muy abundantes, así también la especie *Pernettya prostrata* (Cav.) DC, perteneciente a la misma familia del mortiño, predomina en áreas con poco mortiño, posiblemente generando competencia. *Trichoderma* sp., microorganismo benéfico, estuvo presente en todos los cuadrantes, mientras que *Bacillus* sp. presentó mayor ufc/g en el suelo donde hubo baja abundancia de mortiño, y cantidades no muy diferenciadoras en donde abundaba el mortiño, permitiendo inferir que posiblemente se encuentre en la rizósfera de las especies que compiten con el mortiño. Finalmente, dejar constancia de mi agradecimiento por las facilidades brindadas a INIAP Estación Santa Catalina, AGROCALIDAD sede Tumbaco y Herbario Nacional del Ecuador (QCNE).

## ABSTRACT

This study was conducted in the highland of the Rumiñahui volcano, San Francisco Mariscal neighborhood, canton Mejia, Pichincha, at 3600 m.a.s.l, which aimed to characterize the physicochemical properties and the microorganism present in soil and the amount of plants that grow in the same habitat as mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth). Six quadrants were randomly selected, to analyze the variables presence of microorganisms (fungi and bacteria) and physicochemical characteristics in soil and abundance of the main plants. The recorded data were evaluated by analysis of variance, principal components, cluster analysis and descriptive statistics. The study allows to conclude that the mortiño develops in sandy loam soils, their abundance is positively related to high concentrations of phosphorus, copper and iron, and there is an indirect relationship with zinc, magnesium, manganese, calcium, organic matter concentrations and electric conductivity. Plants that were abundant including mortiño, were herbaceous species with low height. *Pernettya prostrata* (Cav.) DC, which belongs to the same family of mortiño, and monocots species were abundant and predominant in areas with small number of mortiño plants, possibly creating competition. *Trichoderma* sp., beneficial organism, was present in all quadrants, while *Bacillus* sp. showed higher cfu/g on the ground floor where there was little mortiño, and not differentiating cfu/g where plentiful quantities mortiño, allowing infer that possibly this bacteria is in the rhizosphere of species that compete with mortiño. Finally, I would like to express my appreciation for Estación Experimental Santa Catalina INIAP, Tumbaco AGROCALIDAD and Herbario Nacional del Ecuador (QCNE) for allowing me to use their the facilities.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
1 MARCO TEÓRICO.....	6
1.1 ECOLOGÍA.....	6
1.1.1 Definición.....	6
1.1.2 Población.....	7
1.1.3 Comunidad .....	7
1.1.4 Ecosistema.....	8
1.1.4.1 Flujo de Energía.....	9
1.1.4.2 Clasificación de los ecosistemas.....	10
1.1.5 Biosfera .....	11
1.1.6 Enfoques Ecológicos .....	11
1.1.6.1 Autoecología .....	11
1.1.6.2 Dinámica de Poblaciones.....	13
1.1.6.2.1 La distribución.....	13
1.1.6.2.2 La abundancia.....	15
1.1.6.3 Sinecología .....	15
1.1.7 Regiones Ecológicas .....	15
1.1.7.1 Región interandina o piso alto andino .....	16
1.1.8 Ecología de los Páramos.....	17
1.1.8.1 Clima.....	19
1.1.8.1.1 El Clima en los Andes Tropicales.....	21
1.1.8.1.2 Características de clima de páramo.....	22
1.1.8.2 Hidrografía .....	23
1.1.8.3 Suelo.....	23
1.1.8.3.1 Composición del suelo.....	25
1.1.8.3.2 Características físicas de los suelos de páramo .....	26
1.1.8.3.3 Características químicas de los suelos de páramo.....	30
1.1.8.3.4 Materia orgánica en suelos de páramo .....	33
1.1.8.3.5 Tipos de suelo en páramo.....	34

1.1.8.3.6	Vulnerabilidad de los suelos de páramo .....	35
1.1.8.4	Vegetación .....	35
1.1.8.5	La Agrobiodiversidad en los Ecosistemas de Páramo .....	39
1.2	MORTIÑO (VACCINIUM FLORIBUNDUM) .....	40
1.2.1	Taxonomía.....	40
1.2.2	Composición química y nutricional del mortiño.....	43
2	MATERIALES Y MÉTODOS .....	46
2.1	MATERIALES.....	46
2.1.1	Delimitar zona de estudio .....	46
2.1.2	Identificación de Especies .....	46
2.1.3	Análisis de suelo.....	46
2.1.4	Análisis Microbiológico .....	48
2.2	MÉTODOS .....	49
2.2.1	Área de Estudio .....	49
2.2.2	Análisis Estadísticos.....	53
2.2.3	VARIABLES DE ESTUDIO.....	53
2.2.3.1	Manejo del estudio .....	54
2.2.3.1.1	Número de especies vegetales.....	54
2.2.3.1.2	Identificación de especies vegetales.....	54
2.2.3.1.3	Características físico-químicas del suelo .....	55
2.2.3.1.4	Identificación de microorganismos (bacterias y hongos) asociados al suelo y sistema radicular de la planta de mortiño.....	56
2.2.3.1.5	Condiciones de Temperatura y Humedad Relativa.....	59
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
3.1	COMPOSICIÓN DE LOS CUADRANTES DE ESTUDIO A NIVEL DE ARVENSES .....	60
3.1.1	Diversidad de especies.....	63
3.1.2	Similitud en función a la diversidad en los cuadrantes .....	65
3.1.3	Altura de las especies identificadas (índice de Biomasa) .....	66
3.1.4	Especies vegetales identificadas .....	67

3.1.5	Caracterización de los cuadrantes en función de las variables analizadas y el número de plantas de mortiño.....	73
3.2	COMPONENTES FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL SUELO .....	79
3.2.1	Caracterización de los cuadrantes en función de las variables analizadas y el número de plantas de mortiño.....	85
3.3	ANÁLISIS DE MICROORGANISMOS DEL SUELO .....	88
3.3.1	Hongos .....	88
3.3.2	Bacterias (Bacillus sp.) .....	92
4	CONCLUSIONES.....	97
5	RECOMENDACIONES .....	99
	REFERENCIAS.....	100
	ANEXOS .....	107

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Interacción entre individuos.....	8
Tabla 2. Zonas de vida presentes en la región interandina o piso alto andino.....	16
Tabla 3. Variables de clima .....	20
Tabla 4. Variables meteorológicas por altitud.....	21
Tabla 5. Propiedades del suelo relacionadas con la textura .....	27
Tabla 6. Algunos valores de CIC para suelos de páramo .....	32
Tabla 7. Contenido de materia orgánica en algunos páramos del Ecuador .....	34
Tabla 8. Algunas especies de frutales y nueces de interés agrícola en los ecosistemas altoandinos del Ecuador.....	40
Tabla 9. Taxonomía del Mortiño.....	40
Tabla 10. Descripción general de características del mortiño .....	42
Tabla 11. Composición química y nutricional del fruto de mortiño .....	44
Tabla 12. Coordenadas y altitud de cuadrantes .....	52
Tabla 13. Características físicas y químicas del suelo de los cuadrantes estudiados .....	56
Tabla 14. Actividades para el análisis microbiológico de suelo .....	57
Tabla 15. Número de especies e individuos presentes en los seis cuadrantes estudiados .....	61
Tabla 16. Análisis de similitud entre los cuadrantes estudiados en relación al número de individuos por especie.....	66
Tabla 17. Índice de biomasa total, de dicotiledóneas, de monocotiledóneas y de pteridophytas por cuadrante .....	66
Tabla 18. Variabilidad de los componentes principales de número de individuos de especies identificadas.....	67
Tabla 19. Autovectores de número de individuos de especies identificadas .....	68
Tabla 20. Resultados de abundancia de las especies encontradas por cuadrante .....	73
Tabla 21. Interpretación de resultados de análisis de suelo región sierra....	79

Tabla 22. Interpretación de resultados del análisis de suelo.....	79
Tabla 23. Variabilidad de los componentes principales de variables físico-químicos del suelo .....	80
Tabla 24. Autovectores PCA de variables físico-químicas del suelo.....	80
Tabla 25. Tipo de hongos de los géneros identificados .....	92
Tabla 26. Análisis de varianza del número de Unidades Formadoras de Colonias (ufc/g) en suelo y rizósfera de <i>Bacillus</i> sp. ....	93
Tabla 27. Promedio de prueba de Tuckey (5%) de Unidades Formadoras de Colonias (ufc/g) de <i>Bacillus</i> sp. en suelo y rizósfera.....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de <i>Vaccinium floribundum</i> kunth en la región Andina .....	1
Figura 2. Niveles de organización de la materia de Odum .....	7
Figura 3. Distribución y extensión de los páramos en sudamérica.....	19
Figura 4. Composición del suelo .....	25
Figura 5. Perfiles esquematizados de suelo de páramo.....	26
Figura 6. Curva de retención de humedad de algunos suelos .....	30
Figura 7. Intercambio catiónico del suelo .....	32
Figura 8. Altitud que ocupan los diferentes gradientes altitudinales.....	37
Figura 9. Inflorescencia <i>Vaccinium floribundum</i> .....	43
Figura 10. Parroquia de Machachi .....	50
Figura 11. Localidad de estudio (círculo) .....	51
Figura 12. Croquis de ubicación y numeración de cuadrantes seleccionados.....	52
Figura 13. Siembra de muestras para bacterias en suelo y raíz .....	57
Figura 14. Procesamiento de raíces para análisis de bacterias .....	58
Figura 15. Preparación de muestras para la siembra de hongos en medios de cultivo.....	58
Figura 16. Siembra de hongos provenientes de las muestras de campo en el laboratorio.....	59
Figura 17. Dispositivos utilizados para el monitoreo de humedad relativa y temperatura (datalogger).....	59
Figura 18. Porcentaje de dicotiledóneas, monocotiledóneas y pteridophytas .....	62
Figura 19. Cobertura uniforme de <i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl) Steud.y <i>Hypericum laricifolium</i> Juss. ....	63
Figura 20. Número de individuos de cada especie.....	64
Figura 21. Análisis de cluster de las especies.....	65
Figura 22. Componentes principales (CP 1 vs CP2) de 42 especies identificadas y su abundancia .....	69

Figura 23. Componentes principales (CP2 vs CP3) de 42 especies identificadas y su abundancia .....	71
Figura 24. Componentes principales (CP1 vs CP3) de 42 especies identificadas y la abundancia .....	72
Figura 25. Promedios semanales de temperatura (°C) y humedad relativa (%) .....	77
Figura 26. Temperaturas promedio, máximas y mínimas sobre la vegetación .....	78
Figura 27. Temperaturas promedio, máximas y mínimas dentro de la vegetación .....	78
Figura 28. Componentes principales (CP1 vs CP2) de los elementos físicos y químicos del suelo .....	82
Figura 29. Análisis de conglomerados de las propiedades físico-químicas del suelo .....	83
Figura 30. Componentes principales (CP1 vs CP3) de 12 propiedades químicas de suelo .....	84
Figura 31. Componentes principales (CP 2 vs CP3) de 12 propiedades químicas del suelo .....	85
Figura 32. Frecuencia de especies de hongos por cuadrante .....	89
Figura 33. Número de géneros de hongos identificados por cuadrante .....	90
Figura 34. Promedio de prueba de Tuckey (5%) de ufc/gsuelo de <i>Bacillus</i> sp. en suelo .....	94
Figura 35. Promedio de prueba de Tuckey (5%) de ufc/gsuelo de <i>Bacillus</i> sp. en rizósfera .....	95

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

*Vaccinium floribundum* Kunth, conocido comúnmente como frijundilla, manzanilla del cerro, mortiño amargo, raspadura quemada, agraz (Colombia), congama, macha macha (Perú), y mortiño en Ecuador, es una planta nativa de los páramos andinos en su mayoría distribuida en Colombia, Perú, Ecuador y Venezuela entre 1400-4350m de altitud (Luteyn, 2012). En Ecuador, el mortiño se encuentra distribuido en los Andes, desde la provincia del Carchi hasta Loja (Jorgensen y León-Yáñez, 1999) y se desarrolla en climas templados y fríos, con temperaturas que fluctúan entre 8-16 °C, en los bosques seco montano bajo, bosque seco premontano, bosque húmedo montano, bosque nublado montano, matorrales subpáramo, páramos de Espeletia y superpáramos, en suelos húmedos y bien drenados (Bernal y Correa, 1990; Luteyn, 2012) (Figura 1).

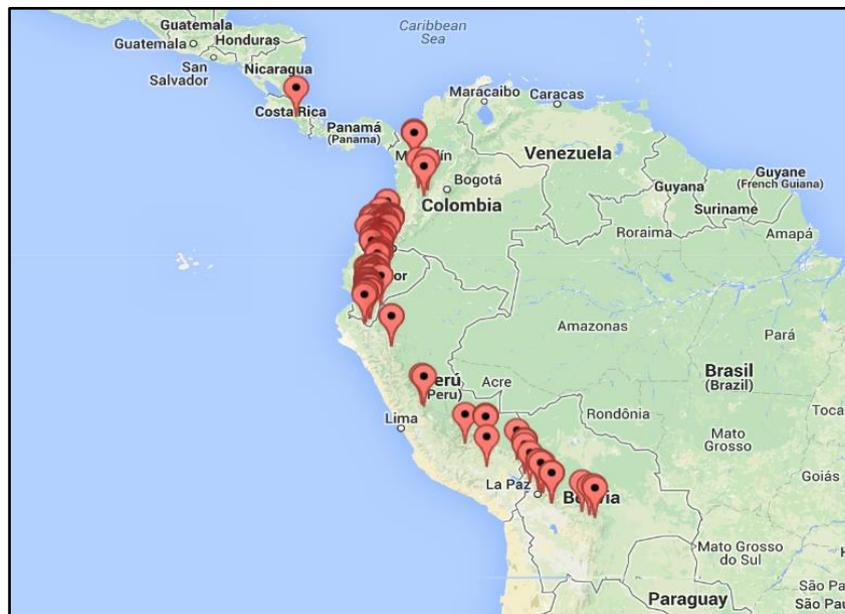


Figura 1. Distribución de *Vaccinium floribundum* kunth en la región Andina Tomado de Luteyn, 2012

Históricamente, varias poblaciones nativas utilizaban cultivos andinos como base de su alimentación. Con la llegada de los españoles, se produjo una muy marcada invasión vegetal donde fueron reemplazadas muchas de estas especies con especies exóticas introducidas de Europa. Sin embargo, algunas de las especies andinas endémicas no pudieron ser erradicadas de los suelos andinos y continúan formando parte de la alimentación de sus pobladores (Coba, et al., 2012, p.6). Una de estas especies es el mortiño, utilizado culturalmente como elemento ceremonial, en la comida de conmemoración de los muertos llamada “ayapi”, mazamorra para los muertos (Estrella, 1988), y actualmente, en Ecuador, es comercializada en mercados locales, especialmente en el mes de Noviembre, en el Día de los Difuntos para la bebida denominada “colada morada” (Luteyn, 2012).

En la actualidad, aunque es poco común, se consume el fruto fresco y se lo emplea en la elaboración de jugos, mermeladas, jaleas, dulces, postres, pasteles, helados, vinos y harina, gastronomía en general (Coba, et al.2012.p 6). Así mismo, la planta de mortiño tiene diferentes usos como alimento de vertebrados (forraje), combustible, tinte para ropa o lana (fruto machacado), para lavado del cuero (hojas en cocción), medicinal, uso ornamental (hojas brillantes, lisas, de color granate y rosadas en su juventud y al ser arbusto con la poda adquiere formas llamativas) (Noboa, 2010; Torres y Trujillo, 2010), utilizada como especie regeneradora de sitios quemados y reforestación de páramos (De La Torre et.al., 2008) y posee un gran potencial agroindustrial por sus propiedades físico-químicas que permiten que el fruto sea refrigerado sin alteración de sus características organolépticas y nutricionales, ni variaciones en peso y volumen, para la elaboración posterior de cualquier producto con valor agregado, lo cual facilita tener un mercado permanente, aún fuera de las épocas de cosecha (Coba, P et al, 2012).

Sus frutos tienen contenidos importantes de azúcares, minerales, antioxidantes, vitaminas del complejo B, C y minerales como potasio, calcio y fósforo (Morales, 2011). Poseen también componentes orgánicos como

glucosa, fructuosa, ácido cítrico y málico responsables de su sabor (Vasco et al., 2009; USDA, 2010).

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ha registrado una sola especie, *Vaccinium floribundum* kunth en Ecuador (Ramirez y William, 2003). Sin embargo, datos del Herbario de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (2006), indican que se encuentran registradas tres especies de mortiño: *Vaccinium distichum*, *V. crenatum* y *V. floribundum*; siendo esta última la más común.

En Ecuador, no existen monocultivos de mortiño, por tanto el fruto es recolectado de manera silvestre en forma estacional principalmente en los meses de octubre a diciembre. La propagación ya sea *in-vitro* o por estacas no arrojaron los resultados esperados y por esta razón, junto con el poco conocimiento de sus beneficios, esta especie ha comenzado a sufrir erosión genética. (Torres y Trujillo, 2010; Freire, 2004; González, 2002).

### **Alcance**

El presente estudio se realizará en el páramo del volcán Rumiñahui, provincia de Pichincha, con el fin de conocer los principales componentes donde crece y desarrolla el mortiño. Para esto se recolectarán muestras de suelo que permitan determinar las características físico-químicas y microbiológicas del mismo.

Adicionalmente, se identificará las arvenses asociadas a la planta de mortiño, información fundamental que ayudará a desarrollar futuras investigaciones encaminadas a la domesticación del cultivo de mortiño.

### **Justificación**

El mortiño (*Vaccinium floribundum* kunth), es una especie natural de los páramos ecuatorianos, del cual no se conoce cultivos comerciales existentes, sino únicamente pequeñísimas parcelas y/o en forma natural en los páramos de las montañas, en los que la fruta crece de forma silvestre (SICA, 2001). Una de las principales limitantes para expandir el cultivo y/o domesticarlo fuera de

su ecosistema, es la falta de conocimiento de su ecología respecto a los requerimientos de clima, suelo, micro-flora y fauna, asociada al crecimiento y desarrollo del mismo. Adicionalmente, estudios realizados para la propagación de plantas no han sido exitosos, los protocolos utilizados se han enfocado en la reproducción asexual mediante herramientas biotecnológicas como la in-vitro o por estacas. Esta es otra de las razones por la cual se ha limitado la domesticación de esta planta, así como también el desconocimiento del manejo agronómico y sus beneficios. Finalmente, por la expansión de la frontera agrícola y ganadera hacia los páramos, esta especie ha comenzado a sufrir erosión genética (Torres y Trujillo, 2010; Freire, 2004; González, 2002).

De los estudios encontrados en mortiño, se puede inferir que se ha estudiado muy poco respecto a su ecología, formas de reproducción y hábitos de crecimiento y desarrollo dentro y fuera de su hábitat natural. Los pocos estudios encontrados se han enfocado a conocer la importancia etnobotánica y composición química y nutricional del fruto (Claudio R., Nájera J. y Santacruz S, 2012).

Por la gran importancia ecológica, ambiental, alimenticia y cultural, el presente estudio se realizará con el fin de conocer las características de los principales componentes del ecosistema (suelo, microorganismos, temperatura-humedad y arvenses asociadas al mortiño) donde crece y se propaga el mortiño en estado silvestre.

De esta manera, se espera generar información fundamental que servirá para futuras investigaciones y lograr entender su ecología, así como también explorar la posibilidad de producción del mortiño fuera de su hábitat (zonas no protegidas), apoyando de esta manera la preservación de los humedales y páramos de la Sierra ecuatoriana, tan importantes en el ciclo del agua.

**Objetivo general**

Caracterizar los principales componentes del hábitat de crecimiento del mortiño (*Vaccinium floribundum* kunth) en el páramo del volcán Rumiñahui, provincia de Pichincha.

**Objetivos Específicos**

- Caracterizar la microbiota (hongos y bacterias) presentes en el desarrollo del sistema radicular del mortiño.
- Caracterizar las propiedades físicas, químicas del suelo donde se desarrolla el mortiño.
- Determinar la densidad de especies de arvenses presentes en el ecosistema del mortiño.

# 1 MARCO TEÓRICO

## 1.1 Ecología

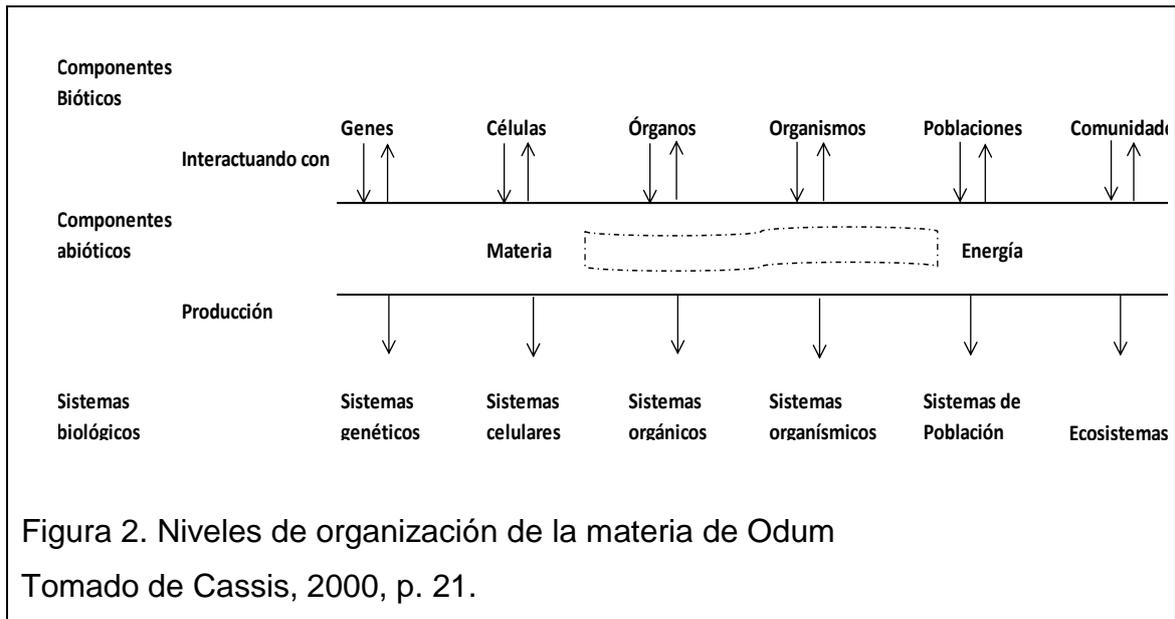
### 1.1.1 Definición

La palabra ecología del griego *oikos* que significa casa o lugar donde se vive y *logos* que significa estudio, según la definición propuesta por el biólogo alemán Ernst Haeckel (1834-1919) en el año 1869, se define como:

El conjunto de conocimientos referentes a la economía de la naturaleza, el estudio de las relaciones positivas y negativas de un organismo con su ambiente orgánico e inorgánico con aquellas plantas y animales con los que se relaciona directa o indirectamente. En otras palabras, la ecología es el estudio de todas las interrelaciones a las que Darwin se refería como las condiciones de lucha por la existencia (Margaref, 1982 y Haeckel, 1870). Gracias a la ecología se pretende explicar el por qué y cómo se establecen y desarrollan los seres vivos dentro de un ecosistema.

Como definición adicional se tiene que ecología engloba el estudio de la relación entre organismos y su medio ambiente físico (luz, calor, radiación solar, humedad, viento, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, nutrientes del suelo, agua, atmósfera) y biológico. La ecología integra el conocimiento de diferentes ramas de la biología para poder entender los fenómenos de la vida y su dinamismo, por lo que se la considera multidisciplinaria. Ciencias como la climatología, hidrología, física, química, geología, análisis de suelo, forman parte de estas disciplinas, así también recurren a ciencias como la taxonomía, fisiología, comportamiento animal y las matemáticas (Francois, 1983 y Encarta 2009).

De todos los niveles de organización, la ecología únicamente ha definido su estudio en los niveles de población, comunidad, ecosistema y biosfera (Francois, 1983 y Odum, 1995).



### 1.1.2 Población

“Grupo de organismos de una misma especie que presentan interacciones tanto genéticas como ecológicas, que habita bajo las mismas condiciones físicas, que está sujeto a sus propios efectos e influencias y que su evolución está afectada por sus propias características y atributos. Esto es, la población está afectada por sus tasas de natalidad y mortalidad, su densidad, su capacidad de dispersión, su crecimiento y estructura de edades, etc.” (Francois, 1983)

### 1.1.3 Comunidad

“Representa a la unidad de estudio en ecología que se ocupa de las relaciones del conjunto de poblaciones que interactúan entre sí.” (Francois, 1983)

A la comunidad ecológica se la conoce también como biocenosis o constituyentes bióticos dispuestos en el mismo espacio físico. Las relaciones que existen entre los individuos de la biocenosis es de dependencia recíproca, una de ellas es la relación alimenticia generando cadenas tróficas entre los individuos al interactuar entre sí, en donde existe transferencia de energía de

un nivel a otro. Otras relaciones entre constituyentes bióticos de una comunidad son el parasitismo, simbiosis, comensalismo, mutualismo, etc. (González, Fernández y Segura, 1998) (Francois, 1983).

Tabla 1. Interacción entre individuos

<b>Nombre de la interacción</b>	<b>Representación matemáticas</b>	<b>Significado</b>
Neutralismo	00	No existe beneficio ni perjuicio para ninguno de los individuos.
Comensalismo y facilitación	0+	Uno de los individuos obtiene un beneficio y el otro no se ve afectado.
Amensalismo	0-	Uno de los individuos no se ve afectado y el otro sufre algún daño.
Mutualismo	++	Los dos individuos se benefician.
Simbiosis	++	Los dos individuos se benefician, pero un individuo no puede vivir sin el otro.
Parasitismo y depredación	+-	Un individuo se beneficia y el otro es perjudicado.
Competencia	--	Los individuos compiten por un mismo recurso.

*Nota:* (0) No existe beneficio ni perjuicio para el individuo; (+) el individuo se ve beneficiado; (-) el individuo sufre un efecto negativo o daño. Tomado de Llambi et al., 2012, p.55.

#### **1.1.4 Ecosistema**

La unidad funcional del estudio ecológico es el ecosistema, por estar compuesto por los dos aspectos que abarca el estudio de la ecología: 1) la biocenosis o comunidad (seres vivos) y 2) el biotopo o superficie geográfica donde se establece dicha biocenosis. Por lo tanto, todo ecosistema está conformado por el conjunto de poblaciones interrelacionadas (organismos autótrofos, consumidores, descomponedores) que forman la comunidad, y por un medio físico-químico que posee sustancias abióticas orgánicas e

inorgánicas. Las relaciones ecológicas incluyen a los elementos abióticos ambientales, que están conformados por elementos inorgánicos básicos y compuestos provenientes de los procesos orgánicos y de descomposición, así también forman parte del ecosistema factores físicos como humedad, vientos, corrientes, radiación solar (luz y calor), y sobre este panorama abiótico interactúan los componentes bióticos. Un ecosistema presenta una estructura característica dada por la homogeneidad en factores como topografía, clima, botánica, zoología, edafología, geoquímica, hidrología, factores que junto al flujo de energía y a la transformación y circulación de la materia, constituyen parte del estudio ecológico. Los diferentes ecosistemas son sistemas abiertos y autorregulables, ya que siempre estarán relacionados con los ecosistemas contiguos y son capaces de adaptarse hasta ciertos niveles de cambios que por una u otra razón puedan alterarlos (Francois, 1983).

#### **1.1.4.1 Flujo de Energía**

El flujo de energía en un ecosistema está dado por las cadenas tróficas. La fuente continua de energía es el sol captada por los productores en pequeñas cantidades y en todo el sistema existe pérdida de energía mediante calor. Conforme los niveles tróficos van en ascenso, los organismos van disminuyendo en número y aumentando en tamaño, es decir se produce una disminución gradual en materia y energía de un eslabón a otro. Aproximadamente el 10% de la energía total de un nivel, es transferida al nivel inmediato superior. Por el contrario la materia dentro de un ecosistema cumple más un ciclo de reciclaje como sucede en los ciclos biogeoquímicos (González et al., 1998 y Cassis, 2000).

Cada ecosistema tiene su grado de estabilidad o equilibrio dinámico el mismo que puede tardar o no en alcanzar o no alcanzarlo nunca. La estabilidad viene relacionada directamente con el grado de madurez o capacidad para mantener óptima la recirculación de materia con la menor pérdida de energía. Cualquier cambio dentro de los componentes bióticos o abióticos ya sea la adición o extracción de un componente puede generar que el ecosistema pierda equilibrio, provocando modificaciones imprevisibles que originan cambios

progresivos (lentos o rápidos) que en algunos casos puede provocar un proceso conocido como sucesión ecológica o sustitución de una comunidad por otra. Sin embargo las comunidades tienden siempre a alcanzar el equilibrio mediante la autorregulación dada por la cadena trófica (González et al., 1998).

#### **1.1.4.2 Clasificación de los ecosistemas**

Los ecosistemas pueden ser clasificados en base a la cantidad de agua, en terrestres y acuáticos, tomando en cuenta que entre ambos existe una gama de ecosistemas intermedios (González et al., 1998).

Para ser objetivos con el presente estudio, se detallará únicamente los factores que afectan a los ecosistemas terrestres como: la atmósfera y el sustrato.

Luz solar: Las radiaciones que llegan al planeta son absorbidas la mayoría por la capa de ozono, mientras que las radiaciones de luz visible son absorbidas por plantas en la fotosíntesis y el resto son responsables de la temperatura del ambiente que varía según la latitud, altitud y relieve del terreno. En base a la variación cualitativa y cuantitativa de la duración y la intensidad de la luz se originarán diferentes reacciones en los seres vivos (González et al., 1998 y Yáñez, 2014).

Atmósfera: comprende el conjunto de gases que está en contacto con la biosfera, está compuesto por: nitrógeno 78%, oxígeno 21%, 1% de gases nobles (xenón, argón, radón, helio, neón, criptón) donde el dióxido de carbono ocupa el 0.03%, vapor de agua variable según el clima y la localidad. La atmósfera presenta variabilidad gracias a la rotación de la Tierra y a la proximidad del planeta al sol, así mismo el movimiento de la atmósfera o viento es un factor que rige el ciclo del agua ya que influye en la precipitación, además actúa como regulador térmico (González et al., 1998 y Ordarza, 2012).

Sustrato: es el elemento que brinda fijación, nutrición, protección, hábitat, reserva de agua, materia orgánica, minerales y donde se encuentran establecidos los seres vivos. Existen diferentes tipos de suelos, cuyo origen en la mayoría de los casos está dado por la erosión de rocas. El suelo presenta

diferentes capas: 1) la más cercana a la atmósfera está compuesta por restos de material vegetal y animal que todavía no entra en proceso de descomposición; 2) está conformada por el mismo material orgánico pero en proceso de descomposición; 3) capa de humus donde se encuentran minerales mezclados con materia orgánica en distintos niveles de descomposición y es aquí donde habitan los microorganismos del suelo; 4) el subsuelo donde hay una cantidad mayor de minerales y menor de materia orgánica y microorganismos; 5) la roca madre, misma que brinda las características específicas a los diferentes tipos de suelo (González et al., 1998).

### **1.1.5 Biosfera**

En ella se agrupan todos los ecosistemas del planeta, por tal razón es considerado un ecosistema autónomo (Francois, 1983).

### **1.1.6 Enfoques Ecológicos**

Para realizar un estudio ecológico se pueden considerar de manera general tres enfoques: la autoecología, la dinámica de poblaciones y la sinecología (Francois, 1983).

#### **1.1.6.1 Autoecología**

“Esta disciplina estudia las relaciones de una especie o población con su medio ambiente; esto es, determina los límites de tolerancia específica al medio, las preferencias de la especie a los diversos factores ecológicos o la acción del medio sobre su morfología, fisiología y comportamiento” (Francois, 1983).

De las características morfológicas y funcionales de un organismo se pueden deducir muchas de las características del medio donde se desarrolla (Margalef, 1982). Es importante conocer qué factores ecológicos influyen directamente y son determinantes para la vida de una especie. Estos factores pueden influir en los seres vivos eliminando una especie de un territorio, modificando tasas de fecundidad y mortalidad, provocando migraciones o favoreciendo la aparición

de otras adaptaciones. Cada factor puede tornarse en limitante cuando ha sido eliminado o reducido hasta sobrepasar el mínimo crítico o máximo tolerable, este factor limitante condiciona el desenvolvimiento (en casos no severos) o la existencia (casos extremos) de las diferentes especies en su medio (Francois, 1983).

El estudio autoecológico contempla:

Factores abióticos: El más influyente en los seres vivos es el clima que está definido por la interrelación de elementos como radiación solar, luz, temperatura del aire, presión atmosférica, viento, composición y humedad del aire, precipitación, evaporación, entre otros y presenta variaciones a escala espacial y a escala temporal definidas por Francois (1983), Samo, et al (2008) a continuación:

- Escala espacial

“Macroclima: valores de los elementos del clima que caracterizan el estado de la capa inferior de la atmósfera en cada lugar, con independencia de las influencias de la topografía, el suelo o la vegetación.”

“Mesoclima: variaciones locales del macroclima debidas a los efectos del relieve o del paisaje: laderas, valles cerrados, etc.”

“Microclima: variaciones locales de los elementos del clima, determinadas por la microtopografía, la vegetación y el suelo”.

“Nanoclima: valores de los elementos del clima correspondientes al intervalo situado a pocos milímetros sobre la superficie del suelo o de los organismos”

- Escala temporal

“Tiempo atmosférico: el que hace en un momento determinado o a corto/medio plazo.”

“Ciclos: diarios, estacionales, anuales. plurienales, lunares, erupciones volcánicas, etc.”

“El clima: valor medio de los elementos del clima a largo plazo. Es un modelo del tiempo atmosférico.”

Factores bióticos: Dentro de la autoecología existen dos tipos: Individuos que influyen en individuos de su misma especie (relación intraespecífica) e individuos que influyen en organismos de otras especies (relación interespecíficas). La primera puede darse mediante relación de competencia (por los recursos para desarrollarse, por individuo del sexo opuesto, o por imposición frente a los demás) o por asociación (facilitar la obtención de alimento, apareamiento, protección de crías, defensa contra depredadores). Por otro lado las relaciones interespecíficas son la competencia, el mutualismo, simbiosis, predación, parasitismo, alelopatía, comensalismo, etc. (Francois, 1983).

#### **1.1.6.2 Dinámica de Poblaciones**

El estudio de dinámica de poblaciones puede ser considerado dentro del estudio de autoecología y se centra en la distribución y en las variaciones en abundancia de las poblaciones e investigar sus causas. Las razones para que la densidad de una población aumente según Francois (1983) son:

- Aumento de recursos disponibles
- Disminución de presiones poblacionales (depredación, competencia)
- Cambios estacionales
- Cambios evolutivos (ventajas competitivas)

##### **1.1.6.2.1 La distribución**

Los factores que limitan la distribución son:

- La dispersión: es el traslado de individuos por medio de semillas o esporas hacia otra localidad fuera del área donde ya estaban establecidos. En el caso de las plantas estas usan medios de dispersión pasivos como la

gravedad, el viento, el agua y los animales. Gracias a la dispersión las especies pueden expandirse y adaptarse en nuevas áreas (Francois, 1983; Smith y Smith, 2007).

- Conducta: Existen individuos que son capaces de desarrollarse en cierta área pero no lo hacen por elección, limitando de esta manera su distribución. En especies vegetales no representa un factor limitante para su distribución (Francois, 1983).
- Relaciones con otros organismos: el factor limitante dentro de las relaciones entre organismos es la predación, tanto el depredador como la presa pueden limitar la distribución del otro. En las especies vegetales se produce el fenómeno de alelopatía que limita la distribución de otra especie afectándola directa o indirectamente gracias a la liberación de compuestos químicos o venenos al ambiente. Otros organismos pueden limitar a otros en su distribución al existir competencia por luz, agua, alimento, espacio, etc. (Francois, 1983).
- Temperatura y otros factores físicos y químicos: La temperatura es un factor que afecta en diferentes procesos fisiológicos de los organismos sin importar el estado del ciclo que presenten. Las especies poseen una temperatura máxima y mínima donde pueden existir y de la misma manera poseen mecanismos de regulación para tolerar la temperatura del medio. La temperatura no actúa individualmente como limitante de distribución de las especies, lo hace asociado a otros factores como: humedad, luz, estructura del suelo, contenido de nutrientes, pH del suelo, agua, salinidad del agua, oxígeno, fuego, corrientes de agua, etc. (Francois, 1983).
- Adaptaciones: Las especies generan adaptabilidad gracias al fenómeno de selección natural, donde la especie con más adaptabilidad a un hábitat logra su permanencia en el mismo. Para mover una especie a otro hábitat, se necesita considerar factores bióticos y además de factores físicos y químicos del ambiente. Las adaptaciones genéticas son muy difíciles de generar y esto representaría la creación de una nueva especie, por lo tanto las adaptaciones fenotípicas son las únicas que aparecerán, por lo tanto debemos tener presentes las características genéticas de la especie y ver

la posibilidad de que se adapten a las condiciones del medioambiente para aumentar su distribución. Estas adaptaciones al ambiente fueron nombrados por Turesson en 1922 como ecotipos o variedades genéticas de una misma especie. Turesson trabajó con especies asociando sus variaciones a factores de clima y suelo (Francois, 1983).

#### **1.1.6.2.2 La abundancia**

Los factores más importantes para el estudio de dinámica de poblaciones son el tamaño y la densidad, por ser factores más influyentes en el crecimiento y desarrollo de las mismas (Francois, 1983).

#### **1.1.6.3 Sinecología**

Se refiere al enfoque que centra su estudio en las relaciones de las diferentes especies de un ecosistema con su ambiente y se puede estudiar desde dos puntos de vista según Francois (1983):

- Sinecología descriptiva (estático), estudia la composición, abundancia (número de individuos por unidad de área o volumen), frecuencia, constancia, dominancia, fidelidad, diversidad, estructura y distribución espacial de las especies existentes dentro del ecosistema.
- Sinecología funcional (dinámico), estudia la historia de los grupos bióticos, enfocándose en la influencia que ciertos grupos ejercen sobre otros a lo largo de su evolución, la transferencia de energía y materia que engloba a las cadenas tróficas, productividad y rendimiento de un ecosistema en lugar y tiempo determinado.

Las comunidades a pesar de estar conformadas por especies diferentes, suelen compartir características similares fisonómicas, taxonómicas o fisiológicas.

#### **1.1.7 Regiones Ecológicas**

A Ecuador se lo ha dividido en siete regiones ecológicas tomando en cuenta características climatológicas, las cuales según Guevara (1989) son:

1. Región sur centro de la costa: sur de Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Guayas, El Oro.
2. Región norte de la costa: norte de Esmeraldas.
3. Región de las estribaciones externas de la cordillera de los andes: flancos externos de la cordillera oriental y occidental.
4. Región del altiplano: formada por los páramos de la región interandina, a partir de los 3000 msnm.
5. Región de los valles interandinos: hoyas y nudos
6. Región oriental: oriente ecuatoriano, bajo los 500 msnm
7. Región insular: archipiélago de Galápagos

#### 1.1.7.1 Región interandina o piso alto andino

De acuerdo a Guevara (1989) y Vargas (2002) está determinado por las siguientes características generales:

- Formada por los páramos andinos, desde los 2 800- 3000 msnm hasta el límite nival.
- Tiene clima frío con temperaturas medias entre 9-11°C con extremos absolutos de menos 0 grados hasta 24°C.
- Humedad: 60 a 85% (gran humedad y constante llovizna)
- Evapotranspiración potencial: menor a 350mm
- Las zonas de vida de acuerdo a Holdridge se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Zonas de vida presentes en la región interandina o piso alto andino

Zona de Vida	Siglas	Temperatura Promedio Anual (°C)	Precipitación Promedio Anual (mm)
Bosque muy húmedo montano	bmh-M	Entre 9 a 12 °C	1000 a 2000
Paramo pluvial subalpino	pp-SA	Entre 3 °C y 6 °C	1000 a 2000
Tundra pluvial alpina	tp-A	Entre 1,5 a 3 °C	500 a 1000
Nival	N	Menor a 1,5 °C	Menor de 500

Adaptado de Guevara, 1989 y Vargas, 2002

La cordillera de los andes correspondiente al Ecuador presenta formaciones geográficas que determinan diferencias representativas entre los páramos de las provincias del norte y del sur. Las montañas del sur poseen alturas no mayores a 4000 msnm, sin actividad volcánica, con alta erosión y antiguas, así también encontramos una mayor cantidad de familias y especies arbustivas (Vargas, 2002).

### **1.1.8 Ecología de los Páramos**

Los páramos son ecosistemas con invaluable atributos ecológicos, geográficos y sociales, como su importancia hídrica como regulador y almacenador de agua, su alto grado de endemismo con la mayor biodiversidad en ecosistemas de alta montaña del mundo, la capacidad de retener carbono (fijación de carbono en 1000 toneladas métricas por hectárea) del ambiente en sus suelos que poseen gran cantidad de materia orgánica y su uso para la gente, pero por otro lado, poseen un alto grado de vulnerabilidad (Hofstede, 2004 y Llambi et al., 2012). Una importancia representativa de los páramos es la científica, la mayoría se ha centrado en investigaciones de la vegetación, sin embargo no se conocen muchas investigaciones de su fauna y del papel que desempeñan los hongos y demás microorganismos en estos ecosistemas (Llambi et al., 2012).

Los páramos han sufrido un desequilibrio por el manejo inadecuado y anti ecológico que se les ha dado, como el uso intensivo del suelo que destruye el hábitat de especies, desmineraliza el suelo, extermina especies nativas, provoca la invasión de maleza y la erosión. La quema del suelo elimina microflora y microfauna y combustiona los minerales del suelo. La pérdida de equilibrio hidrológico baja los niveles de lagos y lagunas (Vargas, 2002).

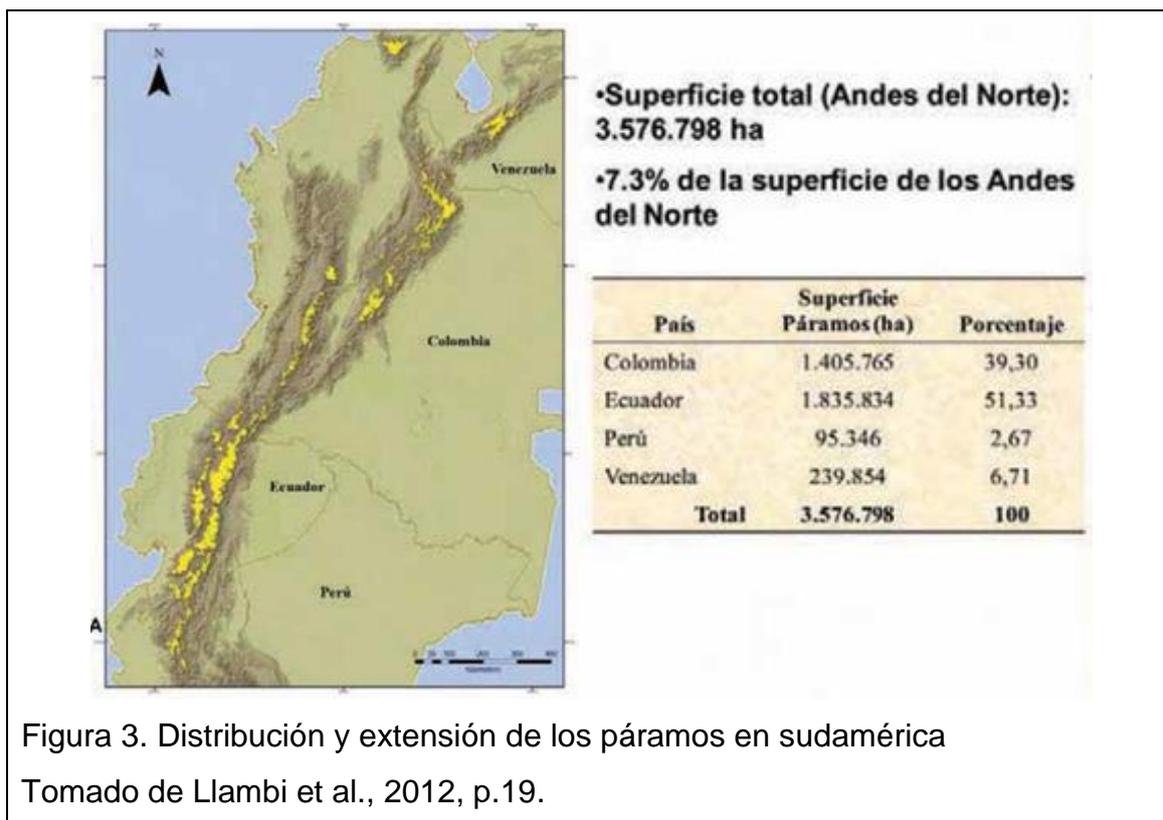
El ciclo hidrológico cambia debido a la intervención humana como las quemas, la conversión de pajonales a cultivos, a plantación forestal de especies exóticas y a pastos ganaderos. La ganadería ocasiona el aumento de densidad aparente en suelos debido a la compactación por el pisoteo del ganado

ocasionando la disminución de la capacidad de retención de agua aunque en menor grado que en páramos cultivados (Llambi et al., 2012).

Las plantaciones de pinos y eucaliptos son plantas que absorben gran cantidad de agua, secan los suelos y se pierde materia orgánica haciendo que los suelos de páramo retengan menos agua y se rompa la estabilidad para la regulación hídrica (reducen el contenido de humedad para humedad de saturación, para punto de marchitez y para capacidad de campo). Las plantaciones sustituyen la reserva de carbono del suelo, que resulta más estable, por la acumulación en los árboles que con la tala o quema desaparecería (Llambi et al., 2012).

Los límites de los páramos han variado con los cambios naturales a lo largo de la historia, por la incidencia del hombre, pero de manera general el páramo es un ecosistema que se encuentra limitando por el extremo inferior con el bosque y en el extremo superior con las nieves perpetuas (Llambi et al., 2012).

Los páramos son únicos de los andes sudamericanos y exclusivos de la zona neotropical comprendida entre los 15° Sur a los 10° Norte, es decir desde los andes céntricos de Perú hasta Costa Rica pero en su mejor representación se encuentran propiamente en Ecuador, Colombia y suroccidente de Venezuela y empieza a partir de los 3000 msnm, donde la fisionomía fitogeográfica es más hidrófila y más verde en comparación con los también llamados páramos ubicados en los altiplanos andinos de Perú, Bolivia, noroeste de Argentina y norte de Chile, donde son mejor conocidos como puna. Estos últimos ecosistemas se caracterizan por ser más secos y por presentar una estacionalidad anual con respecto al factor temperatura, por su ubicación subtropical, variación que no es tan marcada en los páramos ubicados en el trópico (Acosta-Solis, 1984 y Llambi et al., 2012)



Ecuador posee una extensión de 1.835.834 hectáreas de páramo donde 3.970 km<sup>2</sup> representa al páramo continuo existente (el más extenso de la región). Los páramos ecuatorianos están distribuidos mayormente en la Cordillera Oriental, sin embargo, la Cordillera Occidental también presenta páramos con la diferencia que se vuelve más angosta al sur y los páramos son menos húmedos y aparecen a menor altura (Llambi et al., 2012).

La ecología de los páramos está dada por los siguientes factores externos: temperatura, precipitación, humedad ambiental, vientos, incidentes meteorológicos y altitud (Acosta-Solis, 1984).

#### 1.1.8.1 Clima

Los páramos andinos se caracterizan por tener una temperatura muy variable desde muy baja congelante en las noches y superior a 25°C en el día con temperatura media anual de 2°-10°C y precipitación anual entre 600mm (páramo seco) y 4000mm (páramo húmedo). Tanto en el clima como en el

tiempo, las variables son: temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, nubosidad, precipitación y presión, mismas que se detallan a continuación (Llambi et al., 2012):

Tabla 3. Variables de clima

<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>
Temperatura del aire	°C (grados centígrados)
Precipitación	mm (milímetros de agua)
Dirección del viento	° (grados)
Velocidad del viento	m/s (metros por segundo)
Humedad relativa del aire	% (porcentaje)
Presión del aire	mb (milibares)
Radiación solar	W/m <sup>2</sup> (Watts por metro cuadrado)

Tomado de Llambi et al., 2012, p.99.

El clima está determinado por la latitud, altitud, continentalidad y exposición a circulaciones regionales, de las cuales se detalla la latitud y altitud a continuación (Llambi et al., 2012):

- La latitud determina la cantidad de radiación solar debido al ángulo de inclinación respecto al sol, mientras un lugar esté más alejado de la línea equinoccial, la radiación será menor, ya que el ángulo será más agudo. En escalas temporales de 1 año, entre mayor sea la latitud, mayor la variación entre estaciones frías y calientes donde los extremos generan estaciones como el verano de alta radiación y el invierno de baja radiación.
- Altura: Las relaciones de las variables con respecto a la altitud están expresadas en el siguiente cuadro según Llambi et al. (2012) :

Tabla 4. Variables meteorológicas por altitud

<b>VARIABLES/ ALTITUD</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Radiación Solar</b>	<b>Humedad del aire</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Velocidad del viento</b>	<b>Presión del aire</b>
En zonas altas	Menor	Mayor	Menor	Mayor	Mayor	Menor
A nivel del mar	Mayor	Menor	Mayor	Menor	Menor	Mayor

Tomado de Llambi et al., 2012, p.105.

En el caso de la temperatura, a mayor altura la temperatura disminuye de 0.5-1°C por cada 100 metros de elevación. En zonas altas, la humedad disminuye pero la precipitación es mayor debido a que las masas de aire caliente y húmedo ascienden, se enfrían y se produce la condensación, sin embargo, la precipitación se ve influenciada por la topografía que impide el movimiento de masas de aire.

#### **1.1.8.1.1 El Clima en los Andes Tropicales**

El clima en los andes presenta extremos de precipitación, influenciado principalmente por el océano pacífico y la amazonia, y de temperatura influenciados por los gradientes de altitud y por una moderada estacionalidad en las latitudes mayores del trópico. La amazonia aporta con masas húmedas de aire por el oriente con poca variación anual en el hemisferio norte y mayor humedad de diciembre a abril en el hemisferio sur. El océano Pacífico aporta con masas de aire húmedas desde el occidente, potenciadas por la corriente cálida del Niño que en la cordillera occidental ecuatoriana se presentan con estacionalidad y en Colombia todo el año. La estacionalidad de la lluvia es menor al norte de la cordillera andina, en Ecuador y Colombia, ya que al sur la corriente fría de Humboldt no permite el paso de humedad del océano a la cordillera y solo tienen a la amazonia como origen de humedad (Llambi et al., 2012).

### 1.1.8.1.2 Características de clima de páramo

Las montañas alteran el clima debido a que modifican el flujo de las circulaciones de aire a nivel global, y forzando a que el aire se eleve para formar nubes y producir precipitación a nivel local (Llambi et al., 2012).

- Radiación solar: al ubicarse a mayor altura y encontrarse en la línea ecuatorial, la radiación solar es más intensa que en otras zonas de montaña. Si la nubosidad es alta la radiación tiende a disminuir (Llambi et al., 2012).
- Temperatura: La radiación no tiene mayor incidencia en la temperatura, ya que ésta impacta casi en su totalidad a la superficie terrestre calentando el suelo y no el aire, si el aire se calienta es gracias al calor que proviene del suelo. En el páramo, las variaciones altas de temperatura se dan entre el día y la noche, mas no hay variaciones significativas durante el año (Llambi et al., 2012).
- Precipitación: La cantidad y la distribución de la precipitación varían dependiendo de la elevación, la orientación de los flancos de las cordilleras, los vientos valle-montaña (masas de aire caliente-húmedas ascendentes), la influencia de la Amazonía y la posición geográfica en relación a los océanos. Debido a estos factores se tienen diferencias entre la zona norte más húmeda y una zona sur más seca. La variabilidad en climas depende de las diferentes combinaciones de estos factores que produce una variedad de microclimas locales que tienen incidencia en la diversidad biológica del páramo. Aun así podemos decir que la precipitación siempre es mayor en páramos que en zonas bajas aledañas y que estas tienden a ser suaves y prolongadas o tormentas cortas e intensas, aunque estas últimas con menor frecuencia. Las precipitaciones pueden darse en lluvias, granizo o neblina (Llambi et al., 2012 y León-Yáñez, 2000).

### **1.1.8.2 Hidrografía**

La regulación hídrica es una propiedad que se refiere al almacenamiento de agua, cuando esta es abundante, para tenerla en períodos de escasez. Donde más se almacena agua es en el suelo paramero, esto evita caudales excesivos en épocas de lluvia y ausencia de ellos hacia los ríos en épocas secas. Los bosques andinos también poseen la misma cualidad reguladora del ciclo del agua. El rendimiento hídrico, por otro lado, es una propiedad que relaciona la salida de caudales de agua y la entrada de la misma en forma de precipitaciones a la cuenca durante un año. En páramo, el rendimiento es de 60-70%, esto se debe a la baja evapotranspiración vegetativa a causa del clima frío y húmedo y a las características singulares de la vegetación de páramo. Los suelos de páramo llegan a saturarse cuando el contenido de agua sobrepasa el 80% de su volumen. En épocas de lluvias permanentes, la transpiración y evaporación tienden a disminuir, ya que gracias a la presencia de nubes la radiación no incide fuertemente, las temperaturas son bajas y el aire se mantiene constantemente al borde de la saturación (Llambi et al., 2012).

### **1.1.8.3 Suelo**

Los suelos de páramo son variables generalmente son de origen glacial y volcánico, que gracias a la presencia de materia orgánica y ceniza volcánica los cambios en ellos son lentos. Las bajas temperaturas han ocasionado que la descomposición de la materia orgánica sea más lenta, provocando que el nitrógeno mineral del suelo tenga baja disponibilidad. A bajas temperaturas disminuye la actividad biológica, se produce la disminución de la actividad bacteriana encargada de la alteración meteorológica, reduce la alteración de la roca madre. Las cenizas a temperaturas bajas presentan una alteración mayor lo cual provoca la evolución de estos suelos. La constante humedad presente en los páramos permite la evolución rápida del suelo (Podwojewski y Poulénard, 2000).

Los suelos de páramo se caracterizan por almacenar carbono, por presentar alto contenido de materia orgánica que implica una alta capacidad de retención

de agua y nutrientes, pero además, la capacidad de regular la liberación del agua retenida en diferentes épocas del año (Llambi et al., 2012).

El clima y la vegetación son los factores más importantes en la formación del suelo. Las características de suelo están determinadas en gran parte por la vegetación que es la responsable de aportar con su materia orgánica al suelo, por lo que la vegetación puede indicarnos el tipo de suelo de un área. En el caso de suelos de pajonales, estos son oscuros, difícil identificar la capa de materia orgánica de la mineral, su porosidad es alta, frecuentes en pendientes. En zonas planas es común la acumulación de agua lo que retarda la descomposición de materia orgánica por la baja presencia de aire. Lo contrario sucede en suelos con pendientes, son delgados y poco desarrollados ya que el agua y minerales son arrastrados a partes bajas (Llambi et al., 2012).

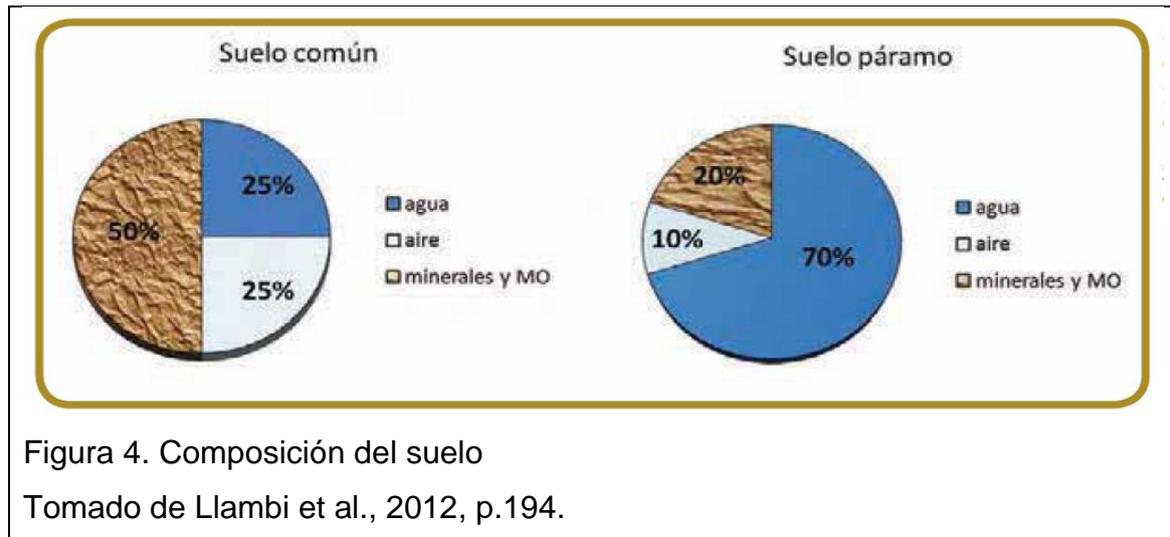
En los suelos parameros de Ecuador y Colombia (entre 4° Norte y 4° Sur) se encuentran los materiales más nuevos en la superficie y corresponden a capas de materiales piroclásticos como cenizas acumulados gracias a las erupciones volcánicas que son distribuidos de acuerdo a la distancia al punto de emisión y a la dirección de los vientos (Llambi et al., 2012) (Podwojewski y Poulénard, 2000).

Los suelos volcánicos comparten características químicas similares como: asociación entre aluminio activo y materia orgánica, lo que determina características físicas y químicas como densidad aparente baja, consistencia untuosa, alta retención de humedad, deshidratación irreversible, alta estabilidad estructural, alta fijación de fósforo y alta capacidad reguladora. Los suelos del centro y norte del Ecuador poseen estructura granular estable, buena permeabilidad por su alta porosidad, que evita la erosión hídrica lo que es una característica favorable para los cultivos en pendientes bruscas (Podwojewski y Poulénard, 2000).

“A pesar de las diferencias, es posible hablar de características del suelo similares en función de si pertenecen a páramos húmedos o secos (clima), páramos altos o bajos, en pendiente (altitud, topografía), de regiones de

volcanismo activo-inactivo, sobre rocas metamórficas (material parental), de si sean formado en bosque, pantano o pajonal (vegetación), lo cual permite establecer comparaciones entre suelos de diferentes regiones.” (Llambi et al., 2012).

### 1.1.8.3.1 Composición del suelo



Horizontes de suelo: El perfil de suelo nos indica las capas u horizontes que podemos diferenciar en el suelo, para obtener información de sus orígenes y la manera en que se formó (Llambi et al., 2012).

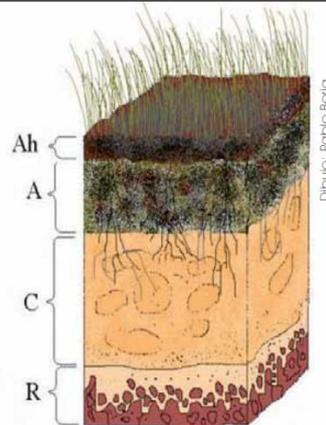


Figura 5. Perfiles esquematizados de suelo de páramo  
Tomado de Llambi et al., 2012, p.198.

Ah=horizonte mineral con acumulación de materia orgánica

A=horizonte mineral superficial;

C=suelo poco afectado por procesos de formación

R=Roca continua no fragmentada

Las características físicas de los suelos de páramo son: baja densidad aparente, alta capacidad de retención de agua, alta micro-porosidad, alto valor de deshidratación irreversible, buena estabilidad de los micro-agregados, alta susceptibilidad a la erosión después del secamiento, colores oscuros, alta permeabilidad, son generalmente francos (proporción equilibrada de arcilla, limo, arena), son friables (fácil de desmenuzarse), suaves, moderadamente moldeables, no pegajosos a ligeramente pegajosos, gran cantidad de raíces distribuidas uniformemente, y al someterlo a presión se vuelve líquido (tixotropía). Algunas de estas características no se presentan en suelos de páramo secos (Llambi et al., 2012).

#### 1.1.8.3.2 Características físicas de los suelos de páramo

Las características físicas del suelo según Llambi et al., (2012), se detallan a continuación:

### - Textura

Incide en procesos físicos, químicos y biológicos, y en la capacidad de retención de agua, movimiento de agua (drenaje o permeabilidad) o de contaminantes (lixiviación) a través del suelo hacia aguas subterráneas, resistencia del suelo, fertilidad natural, aireación, susceptibilidad a la erosión. La textura se refiere al tamaño de las partículas menor de 2mm que se dividen en: arenas (2 a 0.02mm) textura gruesa, Limos (0.02 a 0.002mm) y arcillas (< a 0.002mm) textura fina. Si son suelos donde hay casi igual cantidad de arena arcilla y limo son suelos de textura media o franca. La textura no está influenciada por la cantidad de materia orgánica. Las texturas en páramo varían de acuerdo al tamaño de partículas de sus materiales formadores y al grado de meteorización.

Tabla 5. Propiedades del suelo relacionadas con la textura

	<b>Gruesa</b>	<b>Media</b>	<b>Fina</b>
Almacenamiento de Agua	bajo	medio	alto
Movimiento de Agua	rápido	medio	lento
Fuerza necesaria para labranza	bajo	medio	alto
Erosión por viento - agua (facilidad para separar partículas)	alto	medio	bajo
Erosión por viento - agua (facilidad para transportar partículas)	bajo	medio	alto
Almacenamiento de nutrientes para las plantas	bajo	medio	alto
Movimiento de contaminantes	alto	medio	bajo

Tomado de Llambi et al., 2012, p.203.

### - Estructura

La estructura se refiere al conjunto de partículas unidas por sustancias orgánicas denominado agregado. La estructura incide directamente en la porosidad, densidad aparente, régimen hídrico, régimen térmico, permeabilidad y aireación. En las capas superficiales de suelo de páramo es común las

estructuras granular y migajosa (porosa) y en ocasiones bloques sub-angulares y en suelos de mucha arcilla estructuras prismáticas.

- Densidad aparente

Relación entre el peso del suelo seco (masa) y el volumen que ocupa la muestra en  $\text{g/cm}^3$ . La densidad aparente nos indica el espacio poroso entre partículas de suelo y materia orgánica. Los suelos en páramo poseen rangos que van comúnmente entre 0.4 y 0.8  $\text{g/cm}^3$ . La cantidad de materia orgánica si influye en la densidad aparente, en este caso a mayor materia orgánica menor densidad aparente.

- Porosidad

Es el volumen que no está ocupado con sólidos, orgánicos ni minerales. En arenas los poros son grandes, en arcillas son muy pequeños. La materia orgánica es la que desarrolla la microporosidad y la formación de agregados (estructura). Los suelos de páramo poseen una porosidad muy elevada, del 60 hasta el 90% o más.

- Color del suelo

El color está determinado por el material parental, tipo y cantidad de materia orgánica y la composición de los productos formados por la acumulación de materiales volcánicos.

- Profundidad

El agua y carbono almacenado depende de la profundidad del suelo. La profundidad determina el espacio de las raíces. En suelos de páramo, la profundidad puede ser muy diversa dependiendo de la pendiente, posición del paisaje, material parental, clima, orientación de la ladera, cercanía a las fuentes de emisión de ceniza.

- Relaciones suelo y agua

Esta relación es descrita por la curva de retención de humedad en suelo (propia de cada tipo de suelo) y por la conductividad hidráulica. Mientras menos agua, más fuerza se requiere para extraerla.

La curva de retención de humedad o pF ( $p$ =potencial  $F$ = energía libre del agua), relaciona el contenido de agua con la presión hídrica del suelo (fuerza necesaria para extraer o retener el agua), e indica la capacidad que tiene el suelo para almacenar el agua en diferentes niveles de secamiento. Se representa en % en relación al volumen del suelo.

La conductividad hidráulica ( $k$ ) (cm/h) describe la velocidad con la que se mueve el agua en el suelo (en suelos de páramo húmedo 1.3 cm/h y de 5-6 cm/h para algunos de páramos secos, en suelos saturados y en suelo no saturado baja bruscamente).

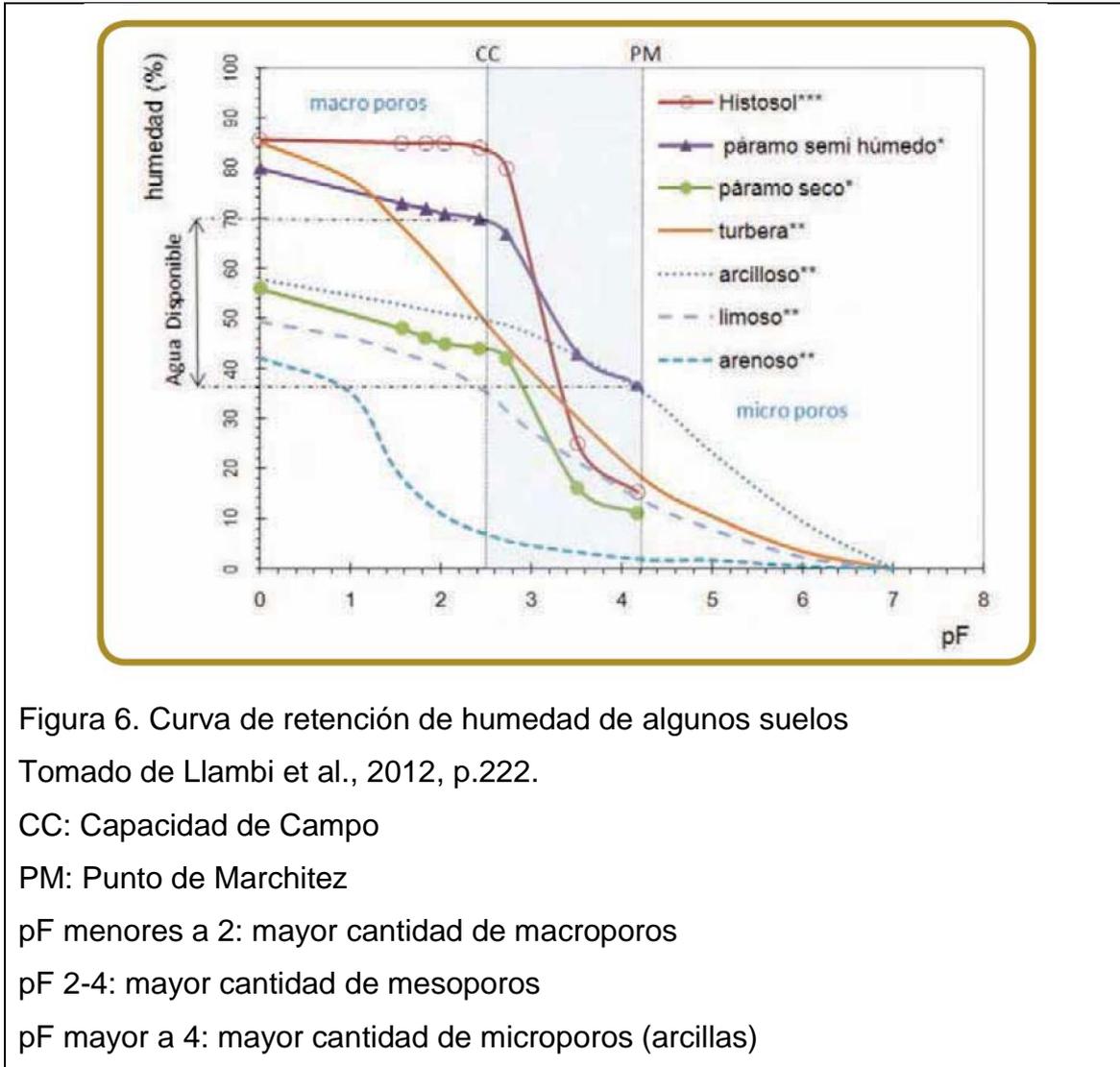


Figura 6. Curva de retención de humedad de algunos suelos

Tomado de Llambi et al., 2012, p.222.

CC: Capacidad de Campo

PM: Punto de Marchitez

pF menores a 2: mayor cantidad de macroporos

pF 2-4: mayor cantidad de mesoporos

pF mayor a 4: mayor cantidad de microporos (arcillas)

- Capacidad de retención de agua

Está determinada por la textura, estructura, cantidad de materia orgánica, composición de la fracción orgánica y mineral. Puede ir desde 90% en saturación y bajar hasta el 50-30% al punto de marchitez (Llambi et al., 2012).

### 1.1.8.3.3 Características químicas de los suelos de páramo

Las características químicas del suelo según Llambi et al., (2012), se detallan a continuación:

## - pH

Muchos procesos tanto físicos, químicos como biológicos están condicionados por el pH como la actividad microbiana, tasa de descomposición de materia orgánica, toxicidad de algunos elementos, disponibilidad de nutrientes. El pH indica el estado de fertilidad de un suelo o es un indicador de alguna anomalía que pueda estar sufriendo el suelo. Los suelos de páramo generalmente son ácidos debido a los ácidos orgánicos.

La acidez está en función de los hidrógenos (H) que provienen de las plantas, minerales arcillosos, materia orgánica y del  $Al^{+++}$ . El pH incide en la disponibilidad de los nutrientes o en su deficiencia o toxicidad. Los elementos que presentan toxicidad en acidez son el aluminio (Al), manganeso (Mn) y deficiencia en acidez, el calcio (Ca) y magnesio (Mg). La carga del suelo (positiva o negativa) es dependiente del pH, por lo general el suelo tiene carga negativa dadas por las arcillas y materia orgánica y gracias a esta carga se puede realizar el intercambio y almacenamiento de cationes como  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $K^+$  (potasio) importantes para la fertilidad de las plantas. Los suelos de páramo tienen capacidad buffer es decir que presentan resistencia al cambio de pH. El rango de pH en suelos de páramo es 5-7 (al sur de Ecuador 3.9-5.8, al norte 5.3-6.3).

## - Capacidad de intercambio catiónico y saturación de bases

Los iones requieren unirse a partículas de suelo (arcillas) o a los coloides orgánicos (humus) para estar disponibles y ser absorbidos por las plantas. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se refiere a la capacidad máxima de cationes que puede intercambiar o retener 100g de suelo (meq/100g o cmol (+)/kg), en otras palabras, entre más cargas negativas del coloide, mayor cantidad de cationes puede retener. Con el CIC y el porcentaje de saturación de bases (PSB) se puede estimar el tipo y cantidad de nutrientes de un suelo.

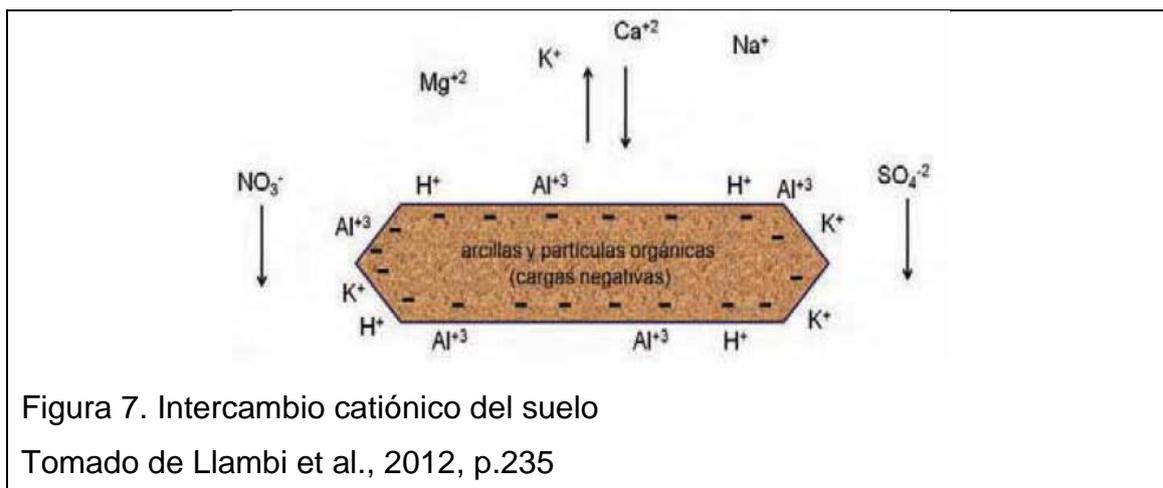


Figura 7. Intercambio catiónico del suelo

Tomado de Llambi et al., 2012, p.235

Tabla 6. Algunos valores de CIC para suelos de páramo

Lugar	CIC (cmol(+)/kg)	Vegetación
Colombia	60	-
Ecuador	55	pajonal
Ecuador	25	almohadilla
Suelo que no es de páramo	27	-
Venezuela, páramo de Gavidia	9,29 -11	cultivos de papa
Venezuela, páramo de Apure	6,07 - 7,04	cultivos de trigo
Perú, Huancabamba	1,6 - 13	pajonal, bosque secundario, cultivos

Tomado de Llambi et al., 2012, p.99.

En suelos de páramo, las propiedades de intercambio son altamente variables y los métodos de determinación de CIC pueden sobreestimarla, por tanto se suele utilizar la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) que suma las bases (Ca+Mg+K+Na), más la acidez intercambiable (suma de Al<sup>+++</sup> + H<sup>+</sup>).

El porcentaje de saturación de bases (PSB) indica el porcentaje de los cationes correspondientes a bases (Ca+Mg+K+Na) en relación al CIC. Entre más ácido es el suelo, menor es el porcentaje de saturación de bases.

- Nutrientes, minerales y metales

La carga en los suelos parameros reside en la materia orgánica, complejos órgano-minerales y órgano-metálicos. La CIC de la materia orgánica disminuye

con el pH y solo el 20% de los espacios negativos mantienen un pH de 5. De acuerdo al PSB los suelos de páramos pueden ser éutricos (PSB  $\geq 50\%$ ) y dístricos (PSB  $< 50\%$ ). Los suelos dístricos no presentan características favorables de fertilidad, encontramos estos en el páramo de El Ángel, Cuenca y Azogues (menos de 5.4%). Por otro lado, los suelos jóvenes con depósitos de cenizas recientes son ricos en cationes y por lo tanto fértiles aunque con capacidad de retención de agua baja por que el contenido de carbono orgánico también es bajo.

Existen deficiencias significativas de fósforo (P) y nitrógeno (N) en suelos de paramo. La deficiencia de P se da generalmente en suelos que contienen alófanos, óxidos de hierro y por el alto contenido de compuestos activos de Al y Fe. A causa de los niveles bajos de pH, el Al puede volverse tóxico. Se ha reportado valores mayores al 78% de fijación de fósforo a excepción de los horizontes C. En suelos ácidos el Al y Fe (hierro) intercambiables, reaccionan directamente con los fosfatos y entre más cantidad de óxidos de Al y Fe, mayor fijación. La fijación estará determinada por la minerología y cantidad de arcillas, cantidad de coloides amorfos, el Al, Fe y Ca intercambiables y la materia orgánica. En suelos formados por cenizas volcánicas existe una alta capacidad de fijación del fósforo. Es común los niveles bajos de azufre (S) en forma de sulfatos. El Al y Fe son los elementos que mayor presencia tienen en suelos de páramo (Llambi et al., 2012).

#### **1.1.8.3.4 Materia orgánica en suelos de páramo**

Los suelos de páramo tienen un elevado contenido de materia orgánica que le permite tener una gran capacidad de retener agua, formación de agregados con gran estabilidad estructural, almacena mayor cantidad de carbono que la vegetación paramera. Los compuestos órgano-metálicos y órgano-minerales son coloides formados por aluminio, humus y hierro que protegen a la materia orgánica de la descomposición al formar compuestos muy estables. El bajo pH (inhibe la acción bacteriana) y la baja temperatura son causantes de la descomposición lenta (Llambi et al., 2012).

Tabla 7. Contenido de materia orgánica en algunos páramos del Ecuador

Lugar	Materia orgánica (T/ha)
Azuay	364
Cañar	466
Chimborazo	479
Pichincha	356
Loja	239

Tomado de Llambi et al., 2012, p.99

#### 1.1.8.3.5 Tipos de suelo en páramo

Dentro de la clasificación de suelos de acuerdo a estructura y composición, en los páramos encontramos mayormente suelos:

**Entisoles (leptosoles) e inceptisoles:** Son suelos jóvenes (suelos que se formaron después de la última glaciación), no volcánicos, con poca profundidad (hasta 50 cm). Están presentes en las zonas más antiguas de los Andes.

**Andosoles:** Son suelos jóvenes de origen volcánico, con un horizonte orgánico de hasta 3m de profundidad. Se los halla sobre los 3000 msnm a lo largo de la cordillera de los Andes. Es el tipo general de suelo que se forma sobre las cenizas volcánicas que cubren el norte de Ecuador hasta el sur de Cuenca. Son altamente porosos, permeables y húmedos, con estructura muy estable, oscuros, baja densidad aparente, alta capacidad de retención de agua (70% suelos vítricos y hasta 200% en andosoles no alofánicos, en relación al peso), resistentes a la erosión, alto contenido de Al y Fe, la fijación de fósforo es alta gracias a reacciones que lo hacen insolubles y no disponible para las plantas. A pesar de que se los considera fértiles, su fuerte reacción con los fosfatos (niveles de retención superiores a 85%) dificulta la agricultura, sin fertilización. Retienen gran cantidad de carbono debido a las bajas temperaturas y a la formación de complejos aluminio-orgánicos muy estables, que resultan parcialmente tóxicos para microorganismos descomponedores de materia orgánica (Llambi et al., 2012 y Podwojewski y Poulénard, 2000). Presentan una densidad de 0.4 g/cm<sup>3</sup> que al secarse y romperse es fácil ser acarreado por escorrentía superficial al no existir vegetación protectora y ocasionar altas tasas de erosión en páramos cultivados (Llambi et al., 2012).

**Histosoles:** Conocidos como suelos de pantano, es uno de los que ocupa una proporción importante en los suelos de páramo, desarrollados gracias a la materia orgánica no descompuesta acumulada. Su capacidad de retención de agua supera los andosoles, no tiene lugar la descomposición aeróbica (permanentemente saturados). Ubicados en depresiones o zonas planas con especies pequeñas adaptadas a zonas con extrema humedad y acidez (almohadillas, musgos, líquenes hierbas pequeñas, etc.). Son suelos muy relacionados con andosoles (Llambi et al., 2012).

#### **1.1.8.3.6 Vulnerabilidad de los suelos de páramo**

Si se drenan o secan no recuperan su condición original y son susceptibles a erosión, no soportan labranza, su estructura se destruye, se compactan, pierden capacidad de retención de agua. Si se intenta elevar el pH, la descomposición se acelera liberando carbono del suelo y generando condiciones para que otras especies colonicen el páramo. Las raíces de especies de plantas de páramo generan exudados que determinan características químicas en el suelo, y con la llegada de nuevas especies esto variaría. Las cargas del suelo al ser dependientes del pH pueden cambiar volviendo disponibles elementos para las plantas que naturalmente no lo eran ocasionando una disminución en la fertilidad del suelo. Si la temperatura incrementara, aumentaría la actividad microbiana y la mineralización de materia prima. No son suelos aptos para labores agrícolas mecanizadas, de baja resistencia mecánica y son sensibles a la compactación. Los fertilizantes pueden hacer al pH aún más ácido (Llambi et al., 2012).

#### **1.1.8.4 Vegetación**

Tanto el clima, como el suelo y sus características inciden en la biodiversidad y en la distribución altitudinal de la vegetación (León-Yáñez, 2000).

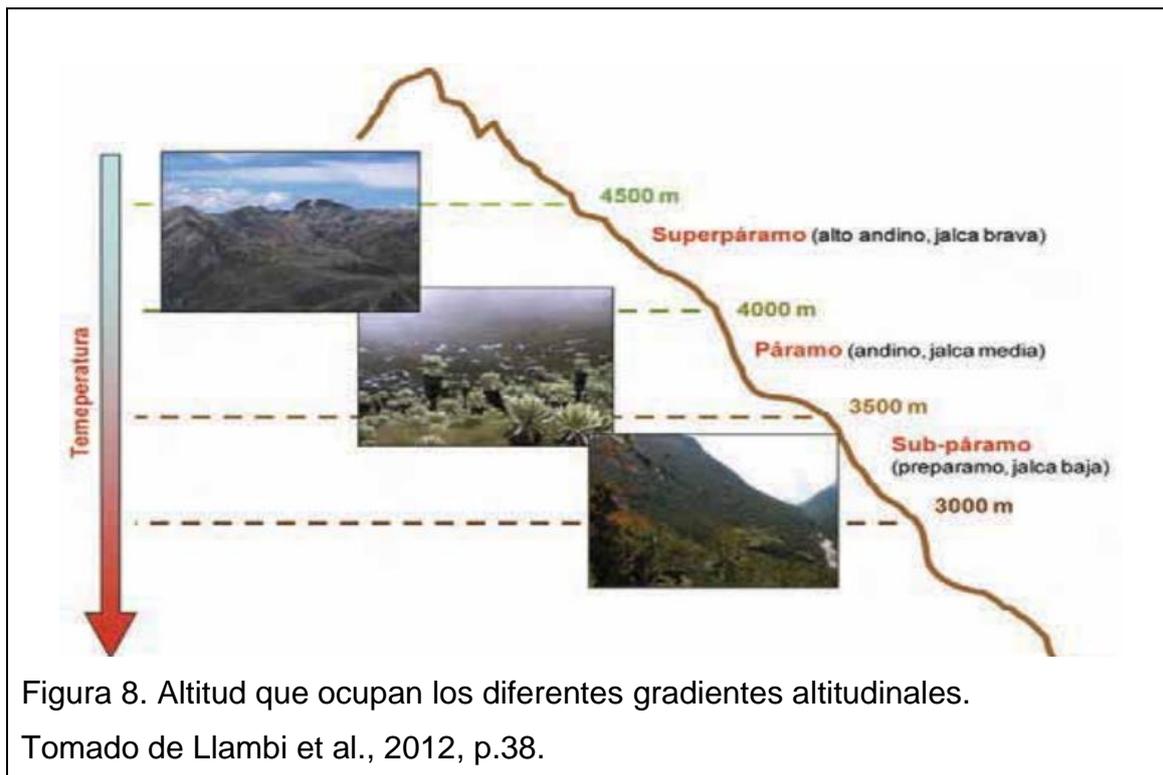
Alrededor de 5000 especies de plantas se han descrito en páramos. En Sudamérica 4000 especies son plantas vasculares donde el 60% son

endémicas de los páramos. En Ecuador el número estimado de especies vegetales son 1524 con 0.8 especies/km<sup>2</sup>(Llambi et al., 2012).

Principalmente la vegetación de páramo se caracteriza por gramíneas, hierbas, arbustos, almohadillas y rosetas gigantes frailejones (solo al norte del Ecuador). Las plantas del páramo se han adaptado a bajas temperaturas, radiación solar muy alta, baja disponibilidad de nutrientes, y sequías estacionales en algunos casos (Llambi et al., 2012). Algunas características anatómicas y fisiológicas como la densa pubescencia, hojas pequeñas, coriáceas, brillantes que les ayudan a aguantar las condiciones extremas (León-Yáñez, 2000).

Las plantas nativas del páramo presentan por lo general características como: tamaño pequeño, raíces largas y profundas, medios de protección consistentes en: lanas, pelos, espinos, cobertura de cera, etc., que les permite adaptaciones para soportar fuertes vientos, bajas temperaturas y radiaciones solares intensas (Guevara, 1989).

Uno de los criterios que se ha utilizado para organizar esta gran diversidad de tipos de páramos es de acuerdo a los cambios climáticos a lo largo del rango altitudinal, que los clasifica en subpáramo, páramo y superpáramo (Llambi et al., 2012).



Antes de esta clasificación encontramos el **bosque andino** que corresponde al bosque siempreverde montano alto. Ubicada en la parte inferior del piso alto andino (2800-3200) con un ancho de 500 a 700 m. Su vegetación característica está conformada por árboles ramosos, nubosos, ramificados desde su base y maderables, abundantes plantas epifitas, musgos, helechos y orquídeas (Vargas, 2002).

**Subpáramo (ceja andina):** zona ubicada entre el bosque montano y el páramo abierto, entre los 3000m y los 3500m, con vegetación de árboles pequeños y arbustos. Los límites pueden variar dependiendo de la precipitación o desplazándose hacia los 2500m por influencia de vertientes secas (Llambi et al., 2012).

En esta zona existe una combinación de árboles que van disminuyendo su tamaño conforme la altura incrementa, arbustos entre el pajonal junto a pequeñas hierbas (León-Yáñez, 2000).

**Páramo y pajonales andinos:** Se encuentra sobre el subpáramo entre 3500 y 4000m. En esta zona está presente la vegetación más representativa del páramo (Llambi et al., 2012). Corresponde al páramo herbáceo.

Se caracteriza por una cobertura del 100% de vegetación. Los páramos de frailejones del Angel y Llanganates son los únicos que poseen la especie *Espeletia pycnophylla* a los cuales se han asociado las rosetas del género Puya y el helecho *Blechnum loxense* (Vargas, 2002) (León-Yáñez, 2000). Existen pajonales altos y bajos o secos y húmedos, en los altos se encuentra *Calamagrostis intermedia* u otras especies de este género, Festuca y Stipa. En los pajonales bajos están los géneros Calamagrostis, Festuca, Paspalum, y Carex (León-Yáñez, 2000):

La vegetación dominante son las gramíneas con hojas alargadas cilíndricas o lineares, duras, silicificadas y forman mechones aislados o asociados (Vargas, 2002).

Los suelos de pajonal están cubiertos por una gran variedad de musgos, así mismo crecen en esta zona los arbustos de subpáramo. Aproximadamente a los 4100m los pajonales empiezan a desaparecer y son reemplazados por las almohadillas, pequeñas rosetas y arbustos enanos, esta podría ser la vegetación propia del páramo en ausencia de fuego (León-Yáñez, 2000). Las almohadillas absorben agua y la retienen en su interior (Vargas, 2002).

La vegetación arbórea es escasa y en lugares de mayor altura donde la temperatura es más baja, es nula. Los arbustos que han logrado adaptarse son: chuquiragua *Chuquiraga jussieui*, valeriana *Valeriana micriphylla*, puya o achupalla *Puya clavata-herculis*, mortiño *Vaccinium floribundum*, jata *Loricaria ferruginea*, bambu pequeño *Neurolepis aristata* (Vargas, 2002).

**Superpáramo:** Comprende desde los 4000m hasta el límite con las nieves perpetuas. Menor cobertura y diversidad de vegetación debido a las condiciones de clima extremas (mayor radiación, mayor frecuencia de heladas), suelos muy poco aptos, vegetación con hojas pequeñas y pilosas, raíces y rizomas subterráneos y bien desarrollados (Llambi et al., 2012) (Vargas, 2002).

Los páramos desérticos y arenosos o paramos secos suelen ubicarse desde los 4800 msnm (Vargas, 2002).

#### **1.1.8.5 La Agrobiodiversidad en los Ecosistemas de Páramo**

La agrobiodiversidad es el producto de la evolución natural y la intervención humana (agricultura y fitomejoramiento). Los agroecosistemas de páramo son especiales desde el punto de vista de diversidad genética de especies y ecotipos locales de flora. Este ecosistema ha sido favorecedor para las adaptaciones, selección natural, introgresión y evolución que han dado lugar a la formación de varias especies, cultivares y ecotipos locales de flora. El páramo alberga especies que han sido domesticadas y utilizadas desde el origen de la agricultura, sin embargo con las prácticas modernas de cultivo, la agrobiodiversidad nativa y endémica ha sido alterada y erosionada con bajas posibilidades de recuperación. En su mayoría, las especies naturales han sido reemplazadas por especies introducidas en monocultivo, sin embargo las comunidades siguen sembrando y conservando variedades tradicionales de especies altoandinas para autoconsumo y eventual mercado. Se ha propiciado la extinción de plantas silvestres o cultivares locales relacionadas a las cultivadas, como papas nativas, leguminosas de grano, raíces nativas, pasifloras, plantas medicinales, entre otras, que han asegurado la alimentación de comunidades locales (Nieto y Estrella, 2000).

Tabla 8. Algunas especies de frutales y nueces de interés agrícola en los ecosistemas altoandinos del Ecuador

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Características de la especie</b>
Taxo	<i>Passiflora mollisima</i>	Nativa/trepadora
Babaco	<i>Carica pentagona</i>	Nativa/arbustiva
Chamburo	<i>Carica</i> spp.	Nativa/arbustiva
Mortiño	<i>Vaccinium floribundum</i>	Nativa/arbustiva
Uvilla	<i>Physalis peruviana</i>	Nativa/herbácea
Tuna	<i>Opuntia ficus indica</i>	Nativa/arbustiva
Pepino	<i>Solanum muricatum</i>	Nativa/herbácea
Capulí	<i>Prunus serotina</i> ssp. <i>Capulí</i>	Nativa/arbórea (maderable)
Tomate de árbol	<i>Solanum betacea</i>	Nativa/arbustiva
Tzimbalo	<i>Solanum caripense</i>	Nativa/herbácea
Nogal	<i>Juglans neotropica</i>	Nativa/arbórea (maderable/nuez)
Palma de Quito	<i>Parajubaea cocoides</i>	Nativa/arbórea (nuez)
Moco	<i>Saurauia bullosa</i>	Nativa/arbustiva
Shulalac	<i>Solanum</i> spp.	Nativa/arbustiva
Hualicón	<i>Macleania</i> spp.	Nativa/arbustiva
Higo	<i>Ficus carica</i>	Introducida/arbustiva
Mora	<i>Rubus glaucus</i>	Introducida/arbustiva*

*Nota:* \*También hay especies y cultivares nativos utilizados como fuente de alimento. Tomado de Nieto y Estrella, 2000.

## 1.2 Mortiño (*Vaccinium floribundum*)

### 1.2.1 Taxonomía

Tabla 9. Taxonomía del Mortiño

<b>Nombre Científico</b>	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth
<b>Reino</b>	Plantae
<b>Phylum</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Ericales
<b>Familia</b>	Ericaceae
<b>Género</b>	<i>Vaccinium</i>
<b>Epíteto Específico</b>	floribundum
<b>Autor Epíteto Específico</b>	Kunth

Adaptado de Freire, 2004 e Instituto de Ciencias Naturales COL000014246.

La familia Ericaceae comprende en total 126 géneros y 4100 especies de las cuales 66 géneros y más de 800 especies están distribuidas ampliamente en los trópicos; especialmente formando parte importante de la flora de los Andes tropicales, región que presenta el mayor número de especies y endemismos del mundo. Sin embargo evidencia los más altos niveles de amenaza ocasionados por la deforestación, el cambio de uso del suelo, entre otros, lo que hace que su conservación sea de suma importancia (Mast et al., 1999). En el neotrópico, especialmente al norte de los Andes, las especies de Ericaceae tienen su distribución geográfica muy restringida y muchos géneros no se los puede encontrar fuera de la región; razón por la cual son vulnerables a la disminución de su hábitat y la calidad del medio ambiente. Su conservación por ende es importante por el sin número de usos y beneficios que poseen tanto para animales y otras plantas, como para las comunidades locales (Luteyn, 2012).

Las Ericaceae brindan una característica prominente al abarcar la mayor parte de la vegetación de la región montano tropical por lo que es conocida también como “cinturón Ericaceae”, y al ser estas plantas amantes de la luz solar, se las encuentra con facilidad en los claros del bosque o a lo largo de los bordes de vegetación primaria o secundaria (Pels y Verweij, 1992). Las Ericaceae son epífitas, hemiepífitas o terrestres. Sin embargo, algunas especies terrestres en condiciones adecuadas, pueden cambiar su hábitat a epífitas o viceversa (Luteyn, 2012).

Reproducción Ericaceae. La polinización de Ericaceae en latitudes templadas y subtropicales se da principalmente por abejas, mientras que en el neotrópico, la polinización por aves es dominante. Las flores son colgantes, de forma arqueada, inodoras, relativamente vistosas con tonos de rojo, violeta o naranja y sus partes poseen colores contrastantes que atraen a los colibríes y no son atractivas para los insectos; las corolas son regulares, largas y de forma tubular; los tubos de la corola son gruesos y carnosos y algunos tienen concentraciones de azúcar en el néctar que caen en el rango preferido para las aves (Luteyn y Sylva, 1999).

**Descripción *Vaccinium floribundum*.** Es un arbusto ramificado de rastrero a enano, subarbusto procumbente o escandente, de 0.2-2.5 (-3.5) m de altura. Posee un tallo cilíndrico, rugoso, a veces “verrugoso” y glabro. Sus hojas son coriáceas, elípticas, ovaladas a ovalo-lanceoladas, de base cuneada a redondeada, ápice redondeado a agudo, muy pequeñas 9-22 x 4-11 mm, de margen aserrado o crenado, nervación pinnada; el pecíolo es poco piloso. Presenta inflorescencia axilar, racimosa, de 6 a 10 flores; raquis subterete, angular, estriado, glabro a puberulento; brácteas florales caducas, membranosas, desde ampliamente elípticas a ovaladas, margen generalmente curvo hacia adentro, desde puntiagudo a redondeado; pedicelo subterete, angular, estriado, glabro a piloso corto. Las flores se presentan solitarias o en racimos; tubo del cáliz articulado o no con el pedicelo, hipanto globoso, 5 lóbulos lanceolados; corola urceolada, blanca o rosada, estambres de 8 a 10, del mismo largo del tubo de la corola, filamentos libres; anteras con túbulos cortos, dehiscencia apical poricida; ovario ínfero, 5 locular, estilo ligeramente más largo que el tubo de la corola. El fruto es una baya esférica de 5 a 8 mm de diámetro de color azul y azul oscuro, lisa, a veces glauca (Jorgensen *et al.*, 1995 y Luteyn, 2012).

Tabla 10. Descripción general de características del mortiño

<b>Hábito</b>	Arbusto con una altura de 1.50 - 2m
<b>Hábito de crecimiento</b>	Vertical
<b>Reproducción</b>	Semilla, yemas
<b>Distribución</b>	Ecosistema de Páramo Andino Ecuador
<b>Inflorescencia</b>	Racimo de 6 a 10 flores
<b>Fruto</b>	En forma de baya
<b>Color de la baya</b>	Azul, negruzca
<b>Forma de las hojas</b>	Coriáceas ovaladas
<b>Meses de floración según especie</b>	Septiembre, octubre, noviembre

Tomado de Gallardo, 2015



Figura 9. Inflorescencia *Vaccinium floribundum*.

Tomado de Luteyn, 2012.

### 1.2.2 Composición química y nutricional del mortiño

El mortiño presenta características nutricionales que hacen a esta fruta un alimento muy saludable para el consumo humano. Posee características como el bajo contenido de calorías, la presencia de compuestos fenólicos, fibra, alto contenido de vitaminas, presencia de compuestos considerados nutraceuticos con propiedades antioxidantes (Vasco et al., 2009; USDA, 2010).

Los frutos del género *Vaccinium* presentan alto contenido de compuestos polifenólicos, tales como ácido cinámico, flavonoles, antocianinas y antocianidinas (Parr y Bolwell, 2008; Kahkonen et al., 2001 y Prior et al., 1998). Las antocianidinas y antocianócidos están presentes en flores, frutos y otros órganos expuestos a la luz en la familia Ericaceae. El color negro del fruto está dado por la alta concentración de antocianidinas como polifenoles que actúan como antioxidantes celulares protegiendo a la célula de los radicales libres (Vasco, 2009). En la industria alimentaria, los antioxidantes son utilizados como conservantes, retardantes del desarrollo del olor rancio, disminuyen la posibilidad de generación de compuestos tóxicos, evitan la decoloración de pigmentos, evitan cambios de textura, disminuyen la pérdida de valor nutricional causada por degradación de ácidos grasos esenciales y por la destrucción de las vitaminas A, E y D (Bush y Taylor, 1998, Rojano et al., 2008).

La baya de mortiño reporta contenidos de ácido ascórbico y  $\beta$ -carotenos (Tabla 11); Tiamina (0,05 mg/100g Fruto fresco); Riboflavina (0,05mg/100g Fruto fresco); Niacina (0,18 mg/100g Fruto fresco); ácido patoténico (0,09 mg/100g Fruto fresco) (USDA, 2010).

Las hojas poseen flavonoides derivados de la quercetina (rutósido y avicularina), taninos catéquicos (6-10%), ácidos triterpénicos (ursólico, oleanólico), iridoides, ácidos fenólicos, lucoantocianidinas y cromo (0.9ppm) (Vasco et al., 2009).

En la Tabla 11 se detalla la composición química y nutricional del mortiño.

Tabla 11. Composición química y nutricional del fruto de mortiño

<b>COMPONENTE</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>Análisis Proximal ( g/100g )</b>	
Humedad	81.0 $\pm$ 2.0
Grasa	1.0 $\pm$ 0.04
Proteína	0.7 $\pm$ 0.02
Ceniza	0.4 $\pm$ 0.03
Carbohidratos Totales	16.9 $\pm$ 0.1
Fibra dietética total	7.6 $\pm$ 2.2
Fibra dietética soluble	1.2 $\pm$ 1.0
Fibra dietética insoluble	6.5 $\pm$ 2.5
<b>Azúcares Solubles ( g/100g )</b>	
Fructosa	4.4 $\pm$ 0.4
Glucosa	2.6 $\pm$ 0.3
<b>Valor calórico ( Kcal/100g )</b>	<b>84.0 <math>\pm</math> 0.4</b>
<b>Ácidos Orgánicos ( mg/100g )</b>	
Ácido Cítrico	3 142 $\pm$ 614
Ácido Málico	1 823 $\pm$ 274
<b>Iones metálicos ( mg/100g)</b>	
Hierro (Fe)	0.64 $\pm$ 0.2
Potasio (K)	607 $\pm$ 0.2

Calcio (Ca)	17.0 ± 2.3
Magnesio (Mg)	10.2 ± 1.1
Cobre (Cu)	0.12 ± 0.02
Zinc (Zn)	0.13 ± 0.02

---

**Antioxidantes**

---

Ácido ascórbico ( mg/100g )	9.0 ± 2.0
β – caroteno (µg / 100 g)	36.0 ± 6.0
Contenido de fenoles solubles totales ( mg AG/100g )	882 ± 38
Capacidad Antioxidante en Equivalente de Trolox (TEAC)	1 203 ± 94

---

Tomado de Vasco (2009)

## **2 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 MATERIALES**

#### **2.1.1 Delimitar zona de estudio**

Los materiales necesarios para delimitar la zona de estudio fueron: estacas, piola, GPS, cinta de color llamativo, altímetro, flexómetro. Dos data loggers (HOBO U23 Pro v2 Temp/RH ONSET Data Logger) fueron ubicados para el monitoreo de las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa).

#### **2.1.2 Identificación de Especies**

Los materiales utilizados para la colección, prensado, secado e identificación fueron:

Colección en campo:

- Tijera de poda
- Papel periódico
- Fundas plásticas (identificadas con el número del cuadrante)
- Flexómetro
- Cámara de fotos
- Libro de campo

En el Herbario Nacional del Ecuador (QCNE):

- Cartón
- Láminas de aluminio corrugado
- Estufa
- Colección del QCNE

#### **2.1.3 Análisis de suelo**

Los materiales para la colección de muestras de suelo en campo se utilizó:

- Barreno
- Balde plástico
- Fundas plásticas (identificadas)
- Pala metálica grande
- Pala pequeña

Los análisis realizados en laboratorio, requirieron:

Reactivos:

- Hexametáfosfato de sodio
- Agua destilada
- Alcohol amílico
- Dicromato de Potasio
- Ácido sulfúrico grado técnico
- Ácido ortofosfórico al 85%
- Sal de MOHR
- Difenilamina
- OLSEN modificado
- Bicarbonato de Sodio
- EDTA

Materiales:

- Estufa
- Tamiz
- Probetas de 1000ml
- Agitadores
- Higrómetro
- Varillas de metal agitadoras
- Balanza
- Higrómetro
- Bomba de extracción
- Conductímetro

- pHmetro
- Tubos de ensayo
- Filtros de papel
- Pipetas
- Vasos de precipitación
- Matraces Erlenmeyer
- Espectrómetro de absorción atómica

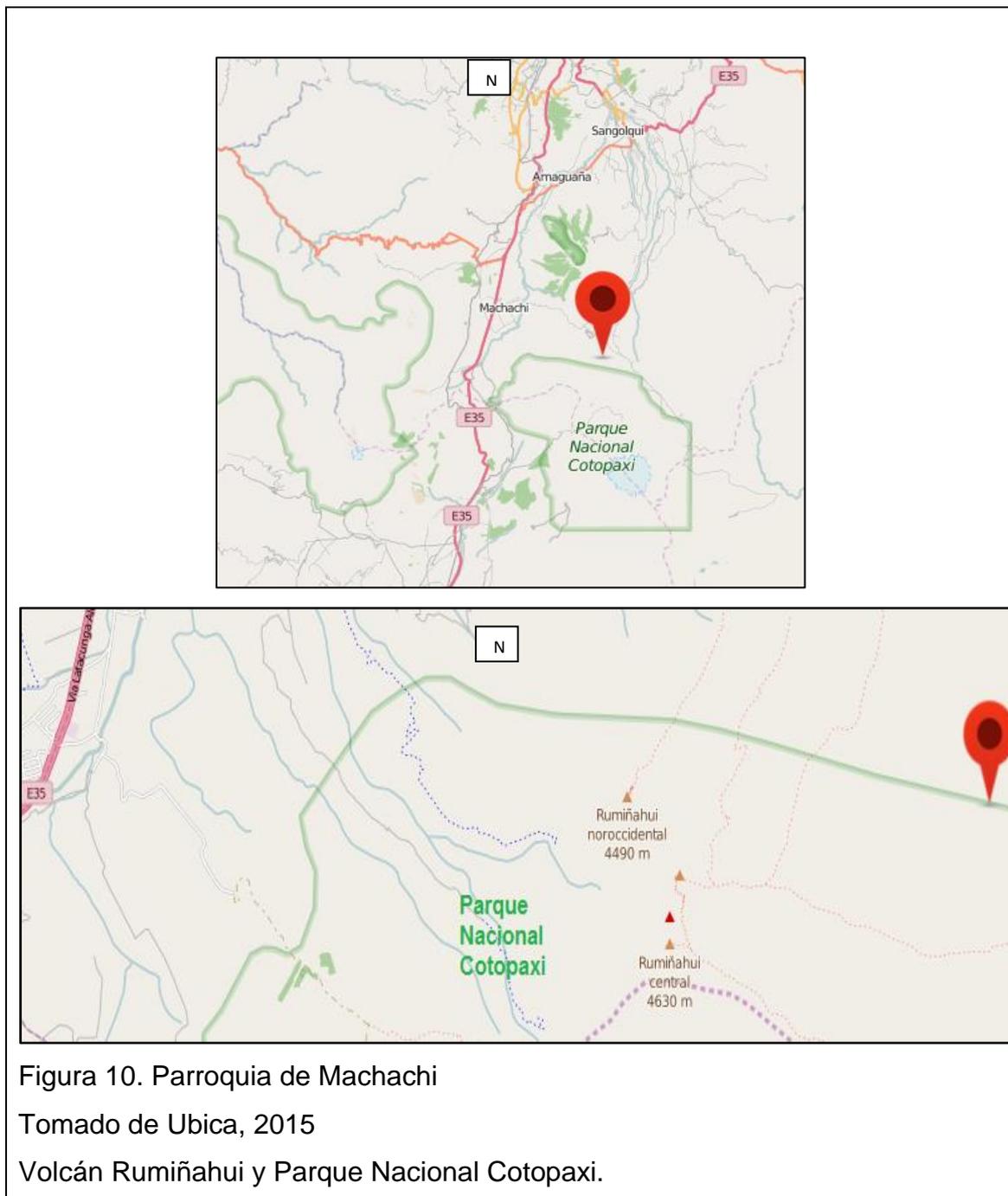
#### **2.1.4 Análisis Microbiológico**

- Cámara de flujo laminar
- Cajas petri
- Probetas
- Esterilizador
- Tubos de ensayo
- Pipeta
- Matraz de Erlenmeyer
- Medio de cultivo PDA (Agar Dextrosa Papa), Agar nutritivo
- Mortero
- Agitador
- Baño María
- Mechero
- Incubadora
- Vaso de precipitación
- Alcohol desinfectante
- Agua destilada

## 2.2 MÉTODOS

### 2.2.1 Área de Estudio

El estudio se realizó en el páramo del volcán Rumiñahui (Longitud 78°31'00''W, Latitud 00°36'00'' S) parroquia Machachi (barrio San Francisco de Mariscal), cantón Mejía, provincia de Pichincha, Ecuador. La altitud correspondiente a la zona de estudio fue a partir de 3600 msnm, latitud NW 0° - 35'0'' y longitud SW -78°-33'0'', en un terreno sin pendiente pronunciada y con vegetación característica pajonal-arbustal. El volcán Rumiñahui se encuentra formando parte del Parque Nacional Cotopaxi, que posee una temperatura media que varía entre 9 y 11 °C con extremos absolutos de 0 y 22 °C y con precipitaciones mayores en los meses de marzo abril y mayo disminuyendo en agosto y septiembre, siendo más intensas en la parte oriental por la influencia de la amazonia. La precipitación oscila entre 1000-2000mm (Guevara, 1989; Vargas, 2002, <http://www.ambiente.gob.ec/parque-nacional-cotopaxi/>).





Para el estudio se delimitó una parcela de 50x50m (Campbell, 1988), misma que se dividió en 100 cuadrantes de 5x5m cada uno, método utilizado en el proyecto Gloria (2008).

De los 100 cuadrantes de la parcela, se seleccionaron de manera aleatoria 6 cuadrantes que permitió tener un intervalo de confianza del 99%.

Tabla 12. Coordenadas y altitud de cuadrantes

Cuadrantes en Campo	Número asignado en el estudio	Coordenadas	Altitud (m.s.n.m)
15	1	N 0°24`05`` E 68°26`19``	3.629
25	2	NW 0° -35`0`` SW -78°-33`0``	3.638
30	3	N 0°35`55.1`` E -78°33`39.4``	3.612
32	4	N 0°35`55.1`` E -78°33`40.9``	3.618
49	5	N 0°35`55.3`` E -78°33`39.6``	3.606
83	6	N 0°35`55.9`` E -78° 33`40.4``	3.608

N									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Figura 12. Croquis de ubicación y numeración de cuadrantes seleccionados

### 2.2.2 Análisis Estadísticos

El análisis estadístico de los datos registrados en el estudio fue realizado mediante:

- Análisis multivariado a través de análisis de conglomerados y análisis de componentes principales para el estudio de las variables número de especies identificadas (arvenses) por cuadrante y análisis de variables físico-químicas del suelo.

El análisis de conglomerados o cluster consiste en agrupar elementos o variables procurando lograr la máxima similitud u homogeneidad en cada grupo (intra grupos), y la mayor diferencia o heterogeneidad entre los grupos. El análisis de conglomerados puede ser combinado con el análisis de componentes principales (ACP), ya que mediante este último se puede homogeneizar los datos, lo cual permite realizar posteriormente un análisis cluster sobre los componentes obtenidos (Terrádez, s.f).

- Análisis de un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar con tres repeticiones para la variable cantidad de ufc/gsuelo de *Bacillus sp.* (Bacterias), en suelo y rizósfera en los cuadrantes de estudio.

El paquete computacional utilizado para lo antes descrito fue INFOSTAT Estudiantil versión 2015.

El análisis de diversidad de especies entre cuadrantes fue realizado en el paquete estadístico PRIMER 6 versión 1.6.

Las variables correspondientes a condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa) y presencia de hongos en los cuadrantes de estudio, fueron analizados a través de la estadística descriptiva.

### 2.2.3 Variables de Estudio

- Número de arvenses. A través del conteo de las especies encontradas en la zona de estudio para definir la abundancia.

- Identificación de arvenses. Con la participación del Herbario Nacional QCNE, se identificarán las especies encontradas.
- Características físicas de suelo: Textura
- Características químicas del suelo: contenido de macro y micronutrientes, materia orgánica, pH, conductividad eléctrica.
- Microorganismos (bacterias y hongos) asociados al suelo y sistema radicular de la planta de mortiño.

### **2.2.3.1 Manejo del estudio**

#### **2.2.3.1.1 Número de especies vegetales**

Para la recolección de datos se estableció un formato (Anexo 18) para colocar los datos correspondientes a las especies observadas y su frecuencia en cada cuadrante para tener la carpeta de campo.

Antes de empezar el conteo en un cuadrante específico se determinó fecha, hora de inicio, altitud del cuadrante (altímetro), coordenadas (GPS), y generalidades del clima, vegetación más abundante o cualquier otra observación relevante. El conteo se realizó empezando por especies más altas o fácilmente identificables, para concluir con especies rastreras y/o de baja altura.

#### **2.2.3.1.2 Identificación de especies vegetales**

De acuerdo al rango altitudinal de la ubicación de los cuadrantes de estudio, éstos se encuentran en las zonas entre subpáramo y páramo propiamente dicho, que gracias a datos bibliográficos que indicaron las especies predominantes de estas zonas, se realizó la identificación taxonómica de las especies encontradas en los 6 cuadrantes, de una manera más simplificada.

De acuerdo al tipo de vegetación de la zona, la técnica de colección de muestras consistió en extraer una rama con flores o frutos, con el objetivo identificar su estructura reproductiva, la disposición de las hojas donde se aprecie el haz y el envés (caracterizar nervadura), y colocar la muestra bien

distribuida en una hoja de periódico doblada, si las hojas o la muestra en sí es muy grande, es necesario arreglar la muestra o segmentarla. De cada especie se recolectó de 2 a 3 muestras, las mismas que se identificaron con su código correspondiente y se agruparon por cuadrantes. Para soportar la información de cada muestra se tomaron fotografías y se detalló el(los) número(s) de la(s) fotografía(s) en el registro de campo perteneciente a cada cuadrante (Cerón, 1993).

Una vez colectadas las muestras en campo, se debe llevar las muestras a prensar y secar en un tiempo máximo de tres días. Las muestras que continúan en el papel periódico, se colocaron entre láminas de cartón, corrugados de aluminio intercaladas entre sí y en los extremos tablas triplex, hasta formar bultos de aproximadamente 50 cm de grosor, los mismos que se amarraron en grupos compactos que asegure el prensado. Estos bultos se colocaron en la estufa por aproximadamente 48 horas hasta que todas las muestras se secaron completamente. Los procesos de prensado y secado se realizaron en las instalaciones del QCNE (Herbario Nacional del Ecuador).

Las muestras secas se retiraron de la estufa y se desarmaron los bultos. Con las muestras todavía en papel periódico y con la guía de los profesionales del QCNE, se realizó la identificación comparando las muestras propias con la colección de muestras del QCNE (Anexo 19).

#### **2.2.3.1.3 Características físico-químicas del suelo**

La determinación de las características físico-químicas de suelo, se realizó a partir de muestras de suelo colectadas junto a las plantas de mortiño de cada cuadrante. Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Suelos, Foliare y Aguas de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro AGROCALIDAD sede Tumbaco (Anexos 5 al 13).

Cada muestra fue secada y tamizada para luego ser procesada en los análisis detallados en la Tabla 13.

Tabla 13. Características físicas y químicas del suelo de los cuadrantes estudiados

<b>Parámetros Analizados</b>
pH
Materia Orgánica
Nitrógeno
Fósforo
Potasio
Calcio
Magnesio
Hierro
Manganeso
Cobre
Zinc
Textura
Conductividad Eléctrica

#### **2.2.3.1.4 Identificación de microorganismos (bacterias y hongos) asociados al suelo y sistema radicular de la planta de mortiño**

Para realizar los análisis de microorganismos, se tomaron muestras de suelo colectadas a una profundidad de 40cm de acuerdo a la profundidad que presentan las raíces de la planta de mortiño (Anexo 14) para formar la primera muestra. La segunda muestra estuvo constituida por rizósfera de la planta. Las muestras fueron colectadas un día antes de que sea procesada en los análisis para que se conserven frescas.

Estas muestras fueron utilizadas para determinar presencia de microorganismos (hongos y bacterias), siguiendo el protocolo del Laboratorio de Protección Vegetal de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP (Tabla 14).

Tabla 14. Actividades para el análisis microbiológico de suelo

<b>ACTIVIDADES</b>
<b>Hongos</b>
Preparación de muestras para hongos
Siembra de muestras de hongos
Evaluación de siembras de hongos (realizar placas e identificar)
<b>Bacterias en suelo y rizósfera (<i>Bacillus</i> sp.)</b>
Preparación de medios de cultivo
Preparación de muestras para bacterias
Siembra de muestras
Evaluación de bacterias
<b>Purificación y Conservación</b>
Preparación de medios de cultivo para hongos (purificación y multiplicación)
Purificación de microorganismos.
Conservación de microorganismos.





Figura 14. Procesamiento de raíces para análisis de bacterias



Figura 15. Preparación de muestras para la siembra de hongos en medios de cultivo

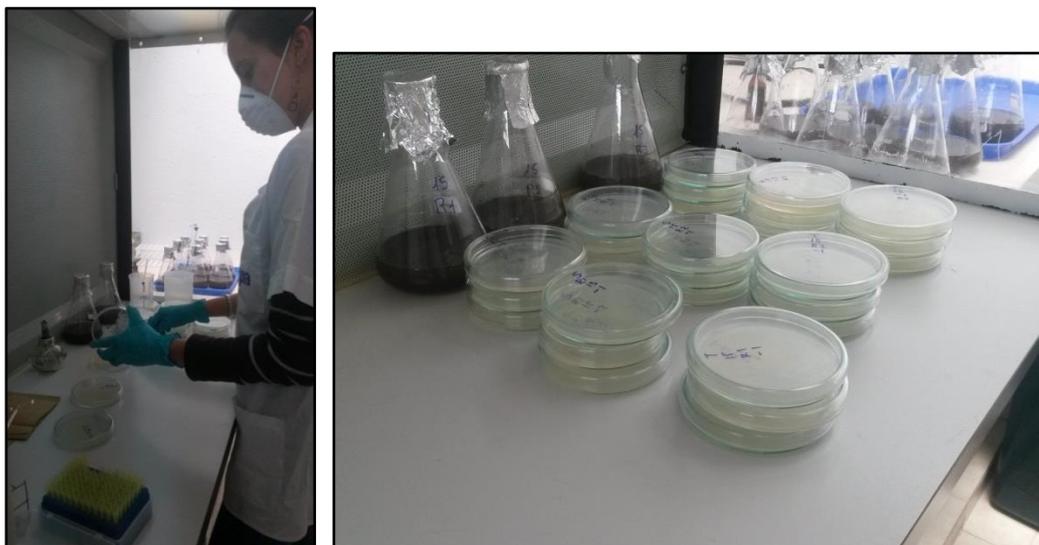


Figura 16. Siembra de hongos provenientes de las muestras de campo en el laboratorio

#### 2.2.3.1.5 Condiciones de Temperatura y Humedad Relativa

Para determinar las condiciones de clima de la zona en estudio, se utilizaron 2 data loggers (Figura 17) que permitieron registrar la temperatura y humedad relativa diaria (cada hora) dentro (bajo la planta de mortiño cuadrante 1) (Anexo1) y sobre las arvenses (Anexo 2) por un período de 9 meses (Noviembre 2014 a Julio 2015). Las matrices se elaboraron de acuerdo al promedio semanal de ambas variables.



Figura 17. Dispositivos utilizados para el monitoreo de humedad relativa y temperatura (datalogger)

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente estudio tiene un enfoque autoecológico y de dinámica de poblaciones, ya que tiene como fin caracterizar los componentes ecológicos (biótico y abióticos) en relación al crecimiento de una sola especie, el mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth), y la distribución y variaciones de abundancia de la población e interacciones. Existen factores ecológicos como clima, suelo, vegetación propios de páramo que caracterizan de manera única el crecimiento de especies vegetales de este hábitat (Francois, 1983 y Llambi et al., 2012).

#### 3.1 Composición de los cuadrantes de estudio a nivel de arvenses

Los cuadrantes, al momento de la toma de datos, presentaron plantas adultas de mortiño en etapa de floración o frutos en formación. Esto indica que las plantas de mortiño que formaban parte de los cuadrantes al momento de las evaluaciones fueron plantas establecidas. El mortiño fue una especie que se presentó en todos los cuadrantes y con un alto número de individuos por cuadrante (18 ind/cuad promedio) con una variabilidad de 14 (cuadrante 5) a 26 (cuadrante 4) plantas por cuadrante (Anexo 3).

Cuarenta y dos especies vegetales en total, fueron identificadas en los cuadrantes, incluida el mortiño. El cuadrante 6 fue el que presentó el mayor número de especies (38), mientras que, el cuadrante 3 presentó el menor número de especies identificadas (22). Por otro lado, al considerar el número total de individuos en cada cuadrante, el mayor número de individuos (plantas) fue observado en el cuadrante 5 (326) y el menor número de individuos (200) en el cuadrante 3 (Tabla 15). Es importante indicar que no existe una relación directa del cuadrante 6 respecto al número de especies y número de individuos; no así para el cuadrante 3 donde tenemos el menor número de especies y el menor número de individuos.

Tabla 15. Número de especies e individuos presentes en los seis cuadrantes estudiados

Cuadrante	Número de Especies <sup>1</sup>	Número de Individuos/Cuadrante
1	34	243
2	34	298
3	22	200
4	33	274
5	31	326
6	38	259

*Nota:* <sup>1</sup> Número de especies diferentes por cuadrante. El número total de especies identificadas fue 42. Machachi, Pichincha, 2015

Trece especies, incluido mortiño, fueron identificadas en todos los cuadrantes (Anexo 3). Mientras que, una especie (*Tanacetum parthenium* (L.) Sch. Bip.) fue identificada únicamente en dos cuadrante (Cuadrante 4 y 6).

La especie *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud. fue la que presentó el mayor número de individuos en casi todos los cuadrantes y se encontraba creciendo entrelazada al mortiño. El promedio de individuos por cuadrante, de esta especie, fue 41. Otra especie que presentó un alto número de individuos, en todos los cuadrantes, fue *Carex jamesonii* Boott (27 promedio de individuos/cuadrante). Es importante señalar que estas dos especies fueron monocotiledóneas. Sin embargo, de las cuarenta y dos especies identificadas el 78.6% de especies son dicotiledóneas (Figura 18).

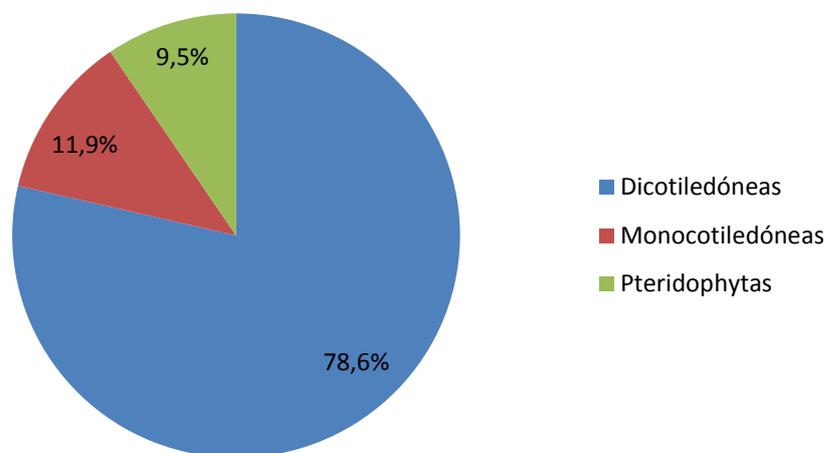


Figura 18. Porcentaje de dicotiledóneas, monocotiledóneas y pteridophytas  
Porcentaje del total (42) de especies identificadas en los 6 cuadrantes.

Otro aspecto importante fue la existencia de un bajo número de individuos de algunas especies por cuadrante, sin embargo estuvieron presentes en todos los cuadrantes como *Gynoxys buxifolia* (Kunth) Cass, *Azorella pedunculata* (Spreng.) Mathias & Constance y *Bartsia laticrenata* Benth. (valores  $\leq 5$  promedio de individuos/cuadrante).

Una especie presente en todos los cuadrantes y con un número elevado de individuos (17 promedio ind/cuadr) fue *Pernettya prostrata* (Cav.) DC. Esta especie pertenece a la misma familia de mortiño (Ericaceae), misma que crece junto a las plantas de mortiño. Adicionalmente, una cobertura de musgo en la parte inferior de las plantas de mortiño fue observada, donde se observó el crecimiento las especies *Lycopodium clavatum* L., *Equisetum bogotense* Kunth, *Elaphoglossum engelii* (H. Karst.) Christ.

La especie conocida como romerillo (*Hypericum laricifolium* Juss.), crece de manera uniforme y homogénea en toda la zona de estudio, característica que era apreciable a simple vista en la vegetación de la zona (Figura 19).



Figura 19. Cobertura uniforme de *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud.y *Hypericum laricifolium* Juss.  
*Hypericum laricifolium* Juss. o romerillo (círculo) y *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud.o paja de páramo.

### 3.1.1 Diversidad de especies

El término riqueza hace referencia al número de las especies que integran la comunidad, en tanto que el término abundancia se refiere al número de individuos por especie que se encuentran en la comunidad. La riqueza y abundancia de especies son los componentes de la diversidad la cual permite evaluar la estructura de la comunidad concibiéndola como la suma de sus partes (Biología Virtual de la Universidad Nacional de Colombia, s.f).

En la Figura 20, se observa la abundancia de las especies presentes en los seis cuadrantes de estudio.

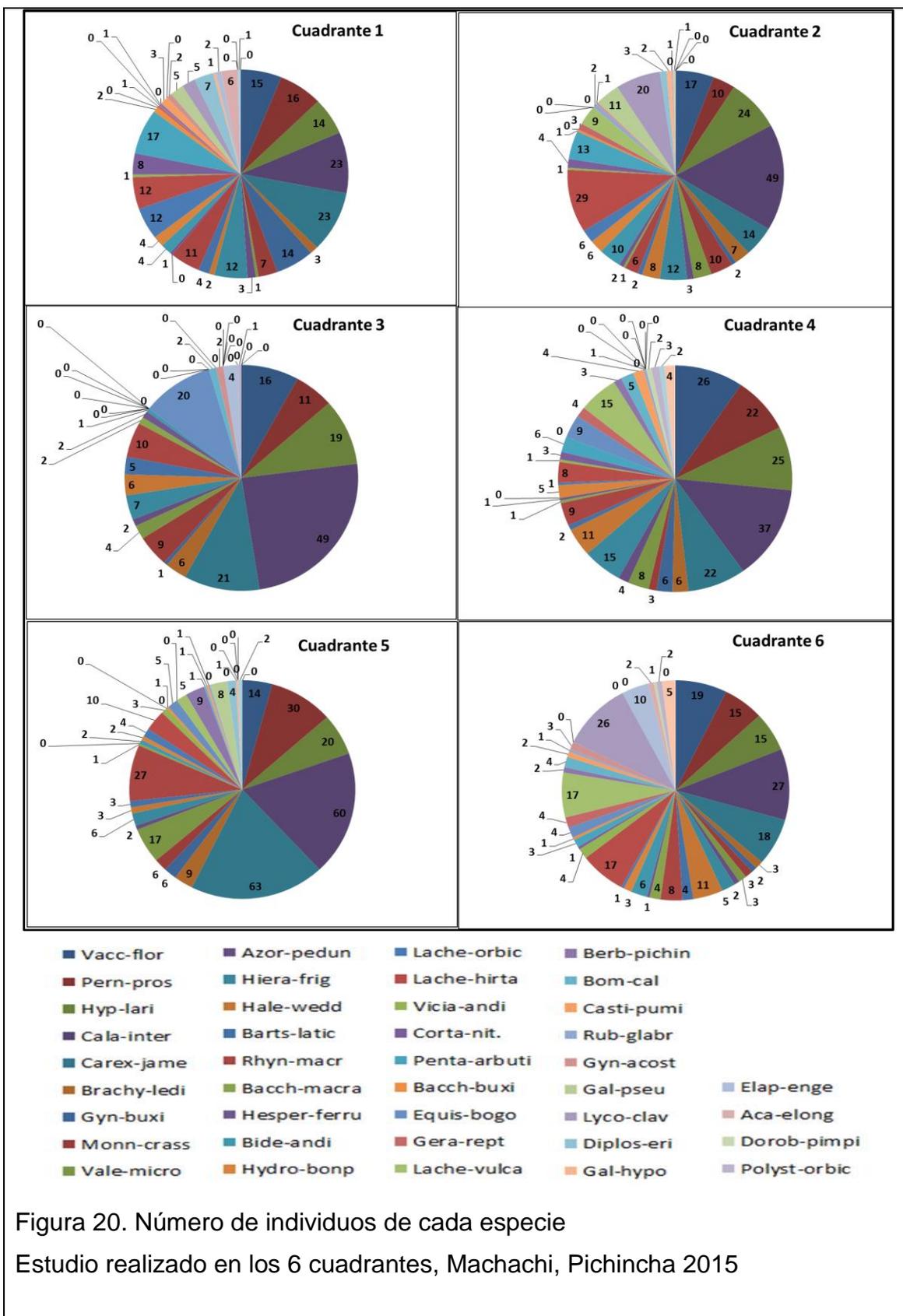


Figura 20. Número de individuos de cada especie

Estudio realizado en los 6 cuadrantes, Machachi, Pichincha 2015

### 3.1.2 Similitud en función a la diversidad en los cuadrantes

Al realizar un análisis de similitud (Tabla 16), es posible observar que los cuadrantes que presentan los índices de similitud más altos son el 4 y 6 con un índice de 80.5 y los cuadrantes 1 y 2 con un índice de 78.5, esto se ratifica en el análisis de cluster donde se ve reflejado el agrupamiento de los cuadrantes (Figura 21). Este resultado proviene del análisis que considera el número total de especies y el número total de individuos por especie en cada cuadrante.

En contraste, el cuadrante 3 (Tabla 16) fue el que presentó el índice de similitud más bajo frente al resto de cuadrantes, por lo que difiere del resto de los cuadrantes en el número de especies identificadas. De hecho, es el cuadrante que presentó el menor número de especies (22) y el menor número total de individuos de todas las especies (200) (Tabla 15).

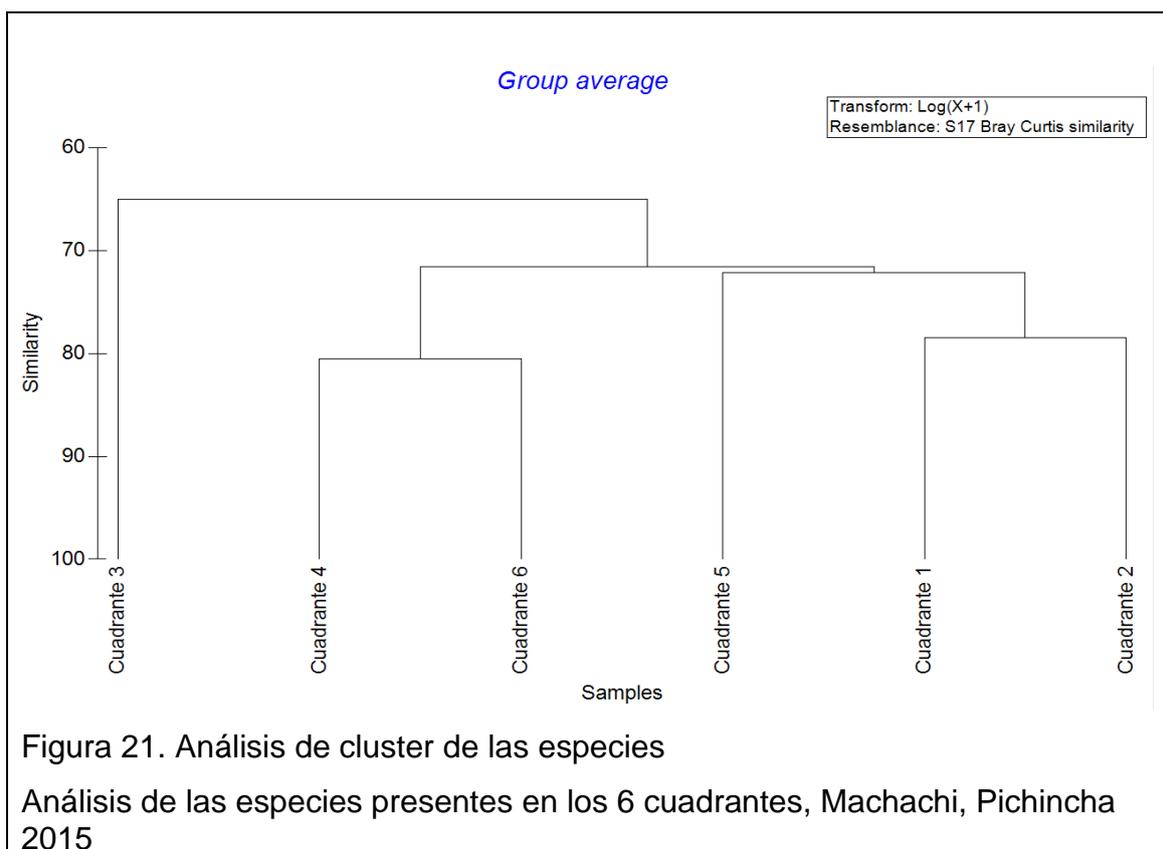


Tabla 16. Análisis de similitud entre los cuadrantes estudiados en relación al número de individuos por especie

	Cuadrante 1	Cuadrante 2	Cuadrante 3	Cuadrante 4	Cuadrante 5	Cuadrante 6
Cuadrante 1						
Cuadrante 2	78,48					
Cuadrante 3	60,585	61,953				
Cuadrante 4	67,374	72,911	67,167			
Cuadrante 5	71,306	72,942	67,047	74,221		
Cuadrante 6	71,101	75,416	68,242	80,504	68,504	

### 3.1.3 Altura de las especies identificadas (índice de Biomasa)

El índice de biomasa se obtuvo multiplicando el promedio de las alturas de las especies vegetales, por el número de individuos de las mismas en cada cuadrante. Para la obtención de la biomasa total de cada cuadrante se sumó los índices de biomasa de todas las especies presentes en cada uno de ellos.

Tabla 17. Índice de biomasa total, de dicotiledóneas, de monocotiledóneas y de pteridophytas por cuadrante

Cuadrantes	Índice de biomasa total/ cuadrante	Índice de Biomasa Dicotiledóneas/ Cuadrante	Índice de Biomasa Monocotiledóneas /Cuadrante	Índice de Biomasa Pteridophytas /Cuadrante	Número de plantas de mortiño
1	190,2	123,5	65,7	1	15
2	212,2	129	78,2	5	17
3	196,4	93,9	87,7	14,8	16
4	200,8	121,9	72,9	6	26
5	304,5	149,1	154,3	1,1	14
6	151,7	89,3	50,7	11,6	19

De acuerdo con la Tabla 17, el cuadrante 5 presenta el mayor índice de biomasa (304.5), mientras que, el cuadrante 6 presenta el valor más bajo de este índice (151.7). En general, el índice de biomasa de las plantas dicotiledóneas es mayor que la de las monocotiledóneas excepto en el cuadrante 5 donde existe una pequeña diferencia a favor de las monocotiledóneas. El cuadrante 1 presenta el 65% del índice de dicotiledóneas frente al 35% de monocotiledóneas, siendo el cuadrante con el mayor rango entre ambos índices.

### 3.1.4 Especies vegetales identificadas

El análisis de componentes principales es una herramienta muy útil para identificar características en común entre los cuadrantes que presentan el mayor número de plantas de mortiño versus los cuadrantes que presentan bajo número de plantas de esta especie.

De acuerdo al análisis de componentes principales (PCA) de especies identificadas en los seis cuadrantes en estudio, los componentes principales 1 y 2 explican el 51.9% de la variabilidad de los datos. El componente principal 3 (CP3) podría ser también considerado para el análisis, ya que explica el 20.2% de la variabilidad. La variabilidad acumulada del 72% está dada por los componentes principales 1, 2 y 3 es del 72% (Tabla 18).

Tabla 18. Variabilidad de los componentes principales de número de individuos de especies identificadas

<b>Autovalores</b>			
Lambda	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
1	11,83	0,28	0,28
2	9,96	0,24	0,52
3	8,49	0,2	0,72
4	6,41	0,15	0,87
5	5,3	0,13	1
6	0	0	1

*Nota:* Estudio realizado en Machachi, Pichincha, 2015

En la Tabla 19, se observa los valores de cada variable en los tres componentes, donde se determinó el número mayor en valor absoluto de cada

variable. Estos datos seleccionados asignan la variable a uno de los tres componentes principales.

Tabla 19. Autovectores de número de individuos de especies identificadas

Variables	Autovectores		
	e1	e2	e3
Vacc-flor	0,23	0,04	-0,18
Pern-pros	-0,04	-0,21	-0,16
Hyp-lari	0,06	-0,07	-0,25
Cala-inter	-0,08	-0,23	-0,07
Carex-jame	-0,13	-0,25	-0,06
Brachy-ledi	-0,08	-0,22	-0,15
Gyn-buxi	-0,16	0,08	-0,06
Monn-crass	-0,18	0,04	0,08
Vale-micro	-0,07	-0,23	-0,18
Azor-pedun	0,04	0,13	-0,26
Hiera-frig	-0,01	0,14	-0,23
Hale-wedd	0,27	0,06	-0,08
Barts-latic	-0,01	-0,03	0,33
Rhyn-macr	-0,14	-0,25	-0,04
Bacch-macra	0,21	-0,02	0,17
Hesper-ferru	0,05	0,15	0,1
Bide-andi	-0,06	0,21	-0,01
Hydro-bonp	2,40E-05	0,21	-0,26
Lache-orbic	-0,23	0,17	-0,04
Lache-hirta	-0,04	0,19	-0,13
Vicia-andi	0,06	-0,05	4,40E-03
Corta-nit	-0,12	0,24	-0,08
Penta-arbuti	-0,13	0,27	-0,09
Bacch-buxi	-0,19	0,16	0,03
Equis-bogo	0,11	-0,18	0,15
Gera-rept	0,2	0,16	-0,15
Lache vulca	0,22	0,05	-0,14
Berb-pichin	-0,06	-0,24	-0,12
Bom-cal	0,27	-0,06	-0,04
Casti-pumi	0,09	0,07	-0,14
Rub-glabr	0,04	0,05	-0,22
Gyn-acost	0,06	0,16	0,28
Gal-pseu	-0,22	0,04	-0,13
Lyco-clav	0,08	0,19	0,05
Diplos-eri	-0,26	0,08	-0,04

Gal-hypo	-0,21	0,1	-0,12
Elap-enge	0,15	0,06	0,24
Aca-elong	-0,12	0,22	0,08
Dorob-pimpi	0,21	0,08	-0,22
Polyst-orbic	0,27	-0,01	-0,06
Dry-cord	-0,04	-0,16	-0,22
Tana-parth	0,26	0,04	-0,05

Nota: e= componente principal. Estudio realizado en Machachi, Pichincha, 2015.

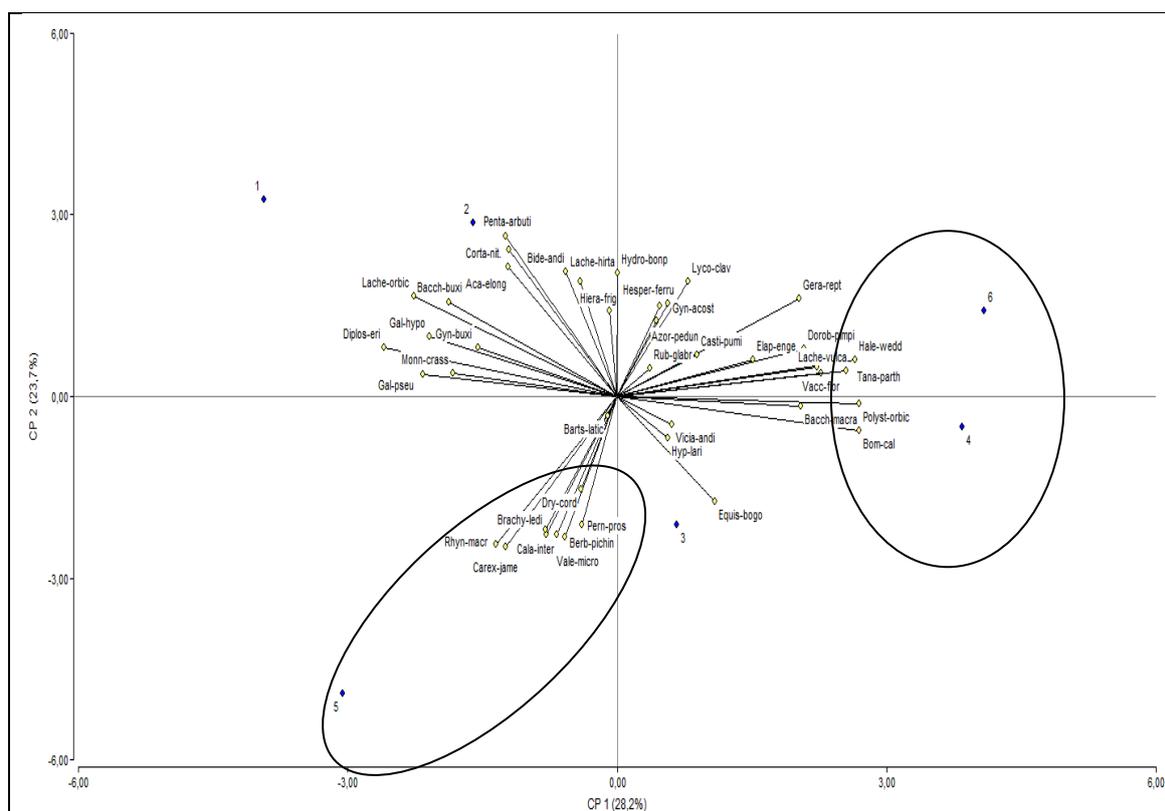


Figura 22. Componentes principales (CP 1 vs CP2) de 42 especies identificadas y su abundancia

Estudio realizado en los 6 cuadrantes, Machachi, Pichincha 2015

El componente principal 1 (CP1) permite caracterizar al cuadrantes 1 por presentar altos número de individuos de las especies: *Lachemilla orbiculata* (Ruiz & Pav.) Rydb. (**Lache-orbic**), *Baccharis buxifolia* (Lam.) Pers. (**Bach-buxi**), *Gynoxys buxifolia* (Kunth) Cass (**Gyn-buxi**), *Diplostegium ericoides*

(Lam.) Cabrera (**Diplos-eri**); y al cuadrante 2 con los valores más altos de las especies: *Galium pseudotriflorum* Dempster & Ehrend. (**Gal-pseu**), *Monnina crassifolia* (Bonpl.) Kunth (**Mon-crass**), *Galium hypocarpium* (L.) Endl. ex Griseb. (**Gal-hypo**). Estas especies presentaron un bajo número de plantas en los cuadrantes 4, 3 y 6. Según el CP1 también es posible caracterizar a los cuadrantes 4 y 6 por presentar el más alto número de individuos de las especies: *Geranium reptans* R. Knuth (**Ger-rept**), *Halenia weddelliana* Gilg (**Hale-wedd**), *Lachemilla vulcanica* (Schltdl. & Cham.) Rydb. (**Lache-vulca**), *Tanacetum parthenium* (L.) Sch. Bip. (**Tana-parth**), *Polystichum orbiculatum* (Desv.) J. Rémy & Fée (**Polys-orbi**), *Bomarea caldasii* (Kunth) Asch. & Graebn. (**Bom-cal**) y de *Vaccinium floribundum* Kunth (**Vacc-flor**) (**Mortiño**) y únicamente en el cuadrante 6 las especies *Baccharis macrantha* Kunth (**Bacch-macra**) y *Vicia andicola* Kunth (**Vicia-andi**). Estas especies presentaron un bajo número de plantas en uno o varios de los siguientes cuadrantes: 1, 3 y 5 (Figura 22) (Tabla 19).

El componente principal 2 (CP2) permite caracterizar al cuadrante 5 por presentar el mayor número de individuos en las especies: *Rhynchospora macrochaeta* Steud. ex Boeckeler (**Rhyn-macr**), *Pernettya prostrata* (Cav.) DC. (**Pern-pros**), *Berberis pichinchensis* Turcz. (**Berb-pichin**), *Brachyotum ledifolium* (Desr.) Triana (**Brachy-ledi**), *Carex jamesonii* Boott (**Carex-jame**), *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud. (**Cala-inter**), *Valeriana microphylla* Kunth (**Vale-micro**). Estas especies presentaron un bajo número de plantas principalmente en uno o varios de los siguientes cuadrantes: 1, 2 y 6. El CP2 caracteriza a otro grupo de especies por presentar el mayor número de individuos en los cuadrantes 1 y 2: *Cortaderia nitida* (Kunth) Pilg. (**Corta-nit**), *Pentacalia arbutifolia* (Kunth) Cuatrec. (**Penta-arbuti**), *Acaena elongata* L. (**Aca-elong**), *Bidens andicola* Kunth (**Bidens-andi**), *Lachemilla hirta* (L.M. Perry) Rothm. (**Lache-hirta**), *Hesperomeles ferruginea* (Pers.) Benth. (**Hesp-ferru**), *Lycopodium clavatum* L. (**Lyco-clav**), con la diferencia de que este grupo presenta sus números más bajos principalmente en uno o varios de los cuadrantes 3, 4, 5. La especie *Equisetum bogotense* Kunth (**Equis-bogo**), relacionada también al CP2, presenta su número más alto de individuos en el

cuadrante 3 y sus números más bajos en los cuadrantes 1 y 2 (Figura 22) (Tabla 19).

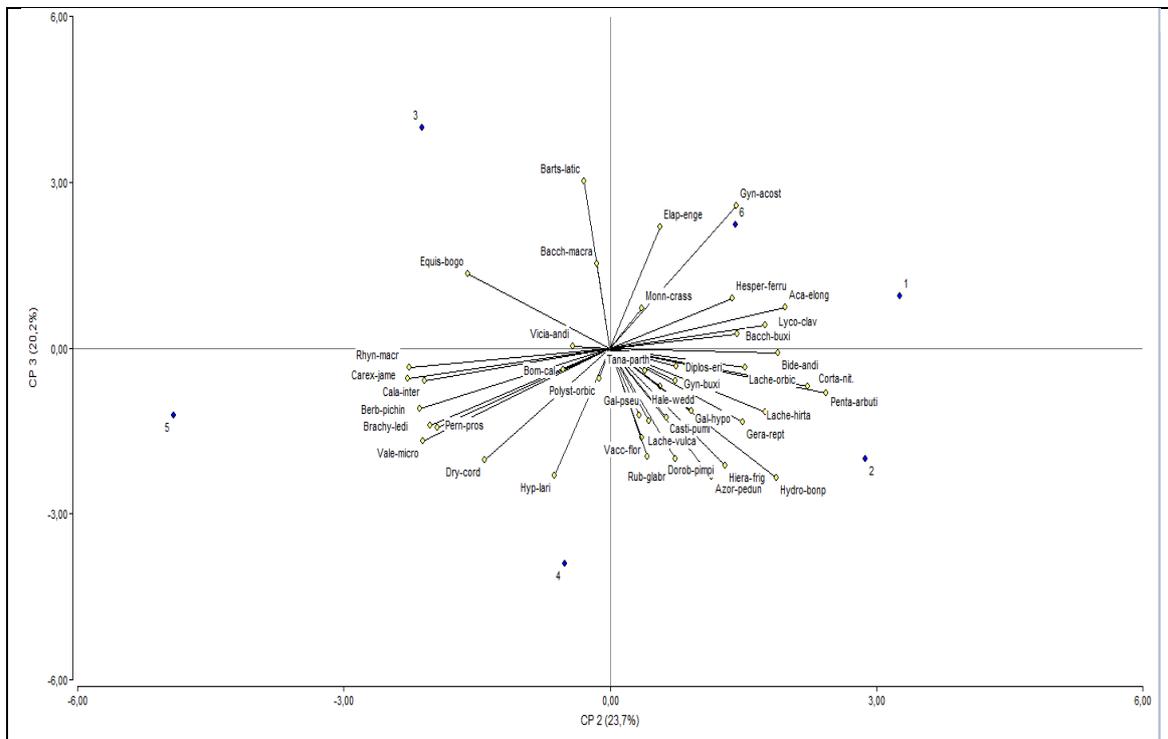
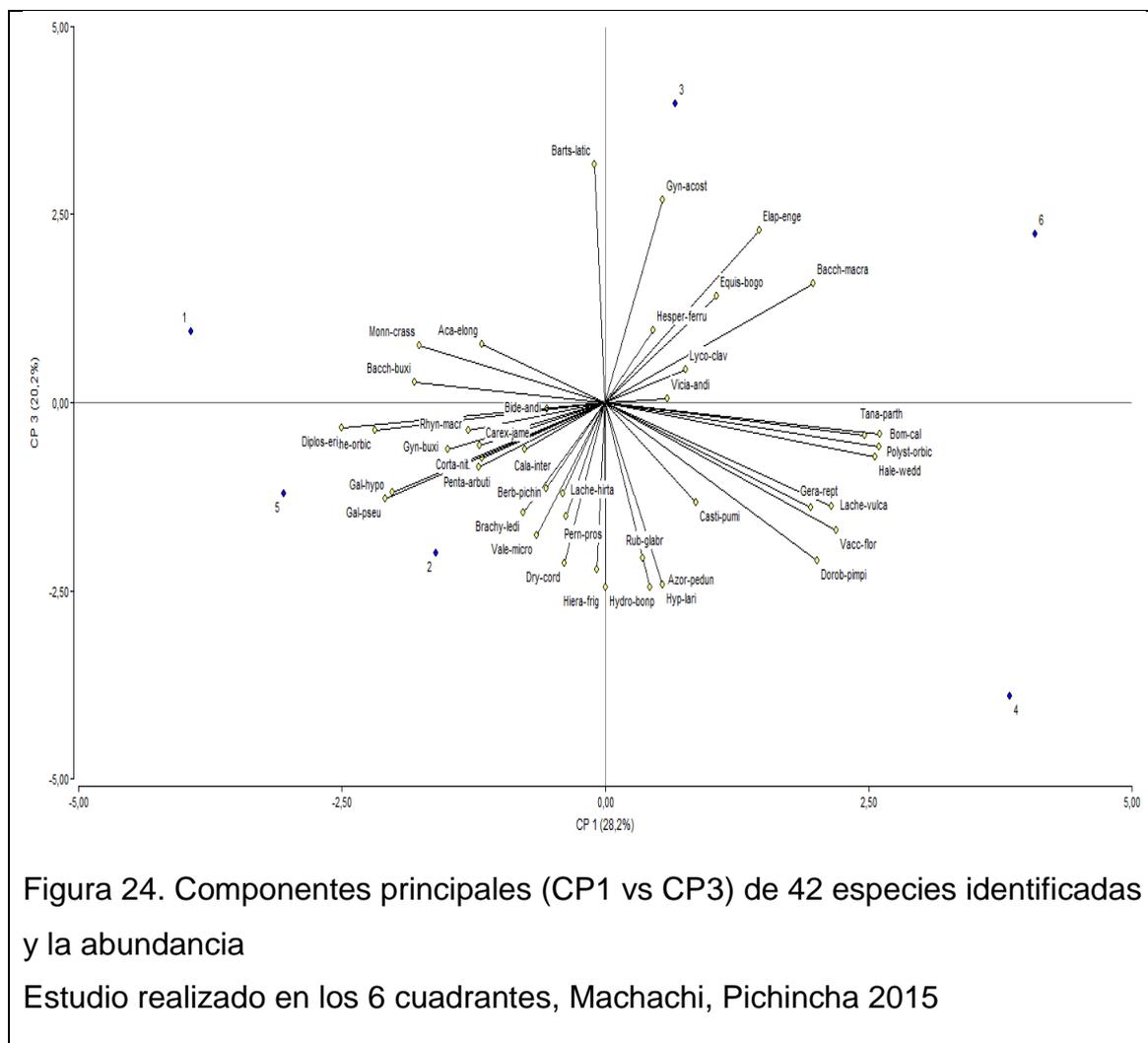


Figura 23. Componentes principales (CP2 vs CP3) de 42 especies identificadas y su abundancia

Estudio realizado en los 6 cuadrantes, Machachi, Pichincha 2015

Al observar que el componente principal 3 (CP3) explica el 20,2% de la variabilidad de los datos, fue tomado en cuenta para caracterizar a mayor detalle los cuadrantes en estudio, es así que el CP3 (Figura 23) caracteriza al cuadrante 4 con los valores más altos de individuos de las especies *Hypericum laricifolium* Juss. (**Hyp-lari**), *Drymaria cordata* (L.) Willd. ex Schult. (**Dry-cord**) (valores más bajos en uno o varios de los cuadrantes 1, 3 y 6), al cuadrante 2 con las especies *Rubus glabratus* Kunth (**Rubus-glabr**), *Hydrocotyle bonplandii* A. Rich. (**Hydro-bomp**) (valores más bajos en uno o varios de los cuadrantes 1, 3, 5), y al cuadrante 6 con las especies *Elaphoglossum engelii* (H. Karst.) Christ (**Elap-enge**) y *Gynoxys acostae* Cuatrec. (**Gyn-acost**) (valores más

bajos en uno o varios de los cuadrantes 2, 4, 5), situación que no fue claramente observada cuando se analizó los CP1, CP2.



En la Figura 24, el CP3 caracteriza al cuadrante 4 con los valores más altos de individuos de las especies *Dorobaea pimpinellifolia* (Kunth) B. Nord. (**Dorob-pimpi**), *Azorella pedunculata* (Spreng.) Mathias & Constance (**Azor-pedun**), *Hieracium frigidum* Wedd. (**Hiera-frig**), *Castilleja pumila* (Benth.) Wedd. (**Cast-pum**). El grupo que caracteriza al cuadrante 4 presenta los valores más bajos en uno o varios de los cuadrantes 1, 3, 5, 6. CP3 también caracteriza al cuadrante 3 con los valores más altos de la especie *Bartsia laticrenata* Benth. (**Barts-latic**) con sus valores más bajos en el cuadrante 2 y 4.

Los resultados del análisis se encuentran resumidos en la Tabla 20, que se detalla a continuación:

Tabla 20. Resultados de abundancia de las especies encontradas por cuadrante

Componente Principal 1 CP1			Componente Principal 2 CP2			Componente Principal 3 CP3		
Cuadrante (s) valores altos	Especies	Cuadrantes con valores bajos	Cuadrante (s) valores altos	Especies	Cuadrantes con valores bajos	Cuadrante (s) valores altos	Especies	Cuadrantes con valores bajos
1	Lache-orbic Bacch-buxi Gyn-buxi Diplos-eri	3,4,6	1y2	Corta-nit Penta-arbuti Aca-elong Bide-andi	1,2,3,5	2	Rub-glabr Hydro-bomp	1,3,5
2	Gal-pseu Mon-crass Gal-hypo		3	Lach-hirta Hesp-ferru Lyco-clav Equis-bogo	1,2	3	Barts-latic	2,4
4y6	Ger-rept Hale-wedd Lache-vulca Tana-parth polys-orbic Bom-cal Vacc-flor	1,3,5,2				4	Hyp-lari Dry-cord Dorob-pimpi Azor-pedun Hiera-frig Cast-pumi	1,3,5,6
6	Bacch-macr Vicia-andi					6	Elap-enge Gyn-acost	2,4,5
			5	Rhyn-macr Pern-pros Berb-pichin Brachy-ledi Carex-jame Cala-inter Vale-micro	1,2,6			

### 3.1.5 Caracterización de los cuadrantes en función de las variables analizadas y el número de plantas de mortiño

El cuadrante 5, con el menor número de plantas de mortiño, presenta los valores más altos en las especies *Pernettya prostrata* (Cav.) DC. (**Pern-pros**), *Berberis pichinchensis* Turcz. (**Berb-pich**), *Valeriana microphylla* Kunth (**Vale-micro**), *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud. (**Cala-inter**), *Brachyotum ledifolium* (Desr.) Triana (**Barchy ledi**), *Carex jamesonii* Boott (**Carex-jame**), indicando que existe competencia entre las plantas de las diferentes especies con el mortiño, esto se infiere, ya que el cuadrante 6 presenta los valores más bajos (Grupo A).

En los cuadrantes 4 y 6 encontramos los valores más altos de Mortiño (**Vacc-flor**) y además de las especies *Geranium reptans* R. Knuth (**Ger-rept**), *Halenia weddelliana* Gilg (**Hale wed**), *Lachemilla vulcanica* (Schltdl. & Cham.) Rydb. (**Lach-vulca**), *Tanacetum parthenium* (L.) Sch. Bip. (**Tana-path**), *Polystichum orbiculatum* (Desv.) J. Rémy & Fée (**Polyst-orbic**) y *Bomarea caldasii* (Kunth) Asch. & Graebn. (**Bom-cald**), y la mayoría de ellas presentan valores bajos en los cuadrantes 1 y 5 (Grupo B).

En el cuadrante 4, las siguientes especies presentaron el mayor número: *Hypericum laricifolium* Juss. (**Hyp-lari**), *Drymaria cordata* (L.) Willd. ex Schult. (**Dry-cord**), *Dorobaea pimpinellifolia* (Kunth) B. Nord. (**Dorob-pimpi**), *Azorella pedunculata* (Spreng.) Mathias & Constance (**Azor-pedun**), *Hieracium frigidum* Wedd. (**Hiera-frig**), *Castilleja pumila* (Benth.) Wedd. (**Casti-pumi**), *Bartsia laticrenata* Benth. (**Barts-latic**), sin embargo no son representativas, ya que los valores mínimos de algunas de ellas se encuentran en el cuadrante 6, que también representa un cuadrante con alto número de plantas de mortiño. De estas se excluyen *Dorobaea pimpinellifolia* (Kunth) B. Nord. (**Dorob-pimpi**) y *Castilleja pumila* (Benth.) Wedd. (**Casti-pumi**), que entrarían al Grupo B.

En el cuadrante 6, las especies más frecuentes fueron: *Baccharis macrantha* Kunth (**Bacch macra**), *Elaphoglossum engelii* (H. Karst.) Christ (**Elap-enge**), *Gynoxys acostae* Cuatrec. (**Gyn-acost**), sin embargo presentan valores nulos o bajos en el cuadrante 4, haciéndolas no representativas.

Estos resultados permiten inferir que el alto número de individuos en el cuadrante 5 (326), es posible que el mortiño haya presentado un número bajo de plantas, dada por las relaciones con otros organismos, descrita por Francois, (1983), que explica que entre las especies vegetales puede producirse el fenómeno de alelopatía que limita la distribución de otra especie afectándola directa o indirectamente gracias a la liberación de compuestos químicos o venenos al ambiente, o que su distribución puede verse afectada al existir competencia por luz, agua, alimento, espacio, etc. Las especies caracterizadas por el cuadrante 5 antes mencionadas (Grupo A), pueden ser las que principalmente tienen relación negativa sobre las plantas de mortiño,

por ende estas son numerosas en este cuadrante y poco frecuentes en los cuadrantes con mayor número de plantas de mortiño.

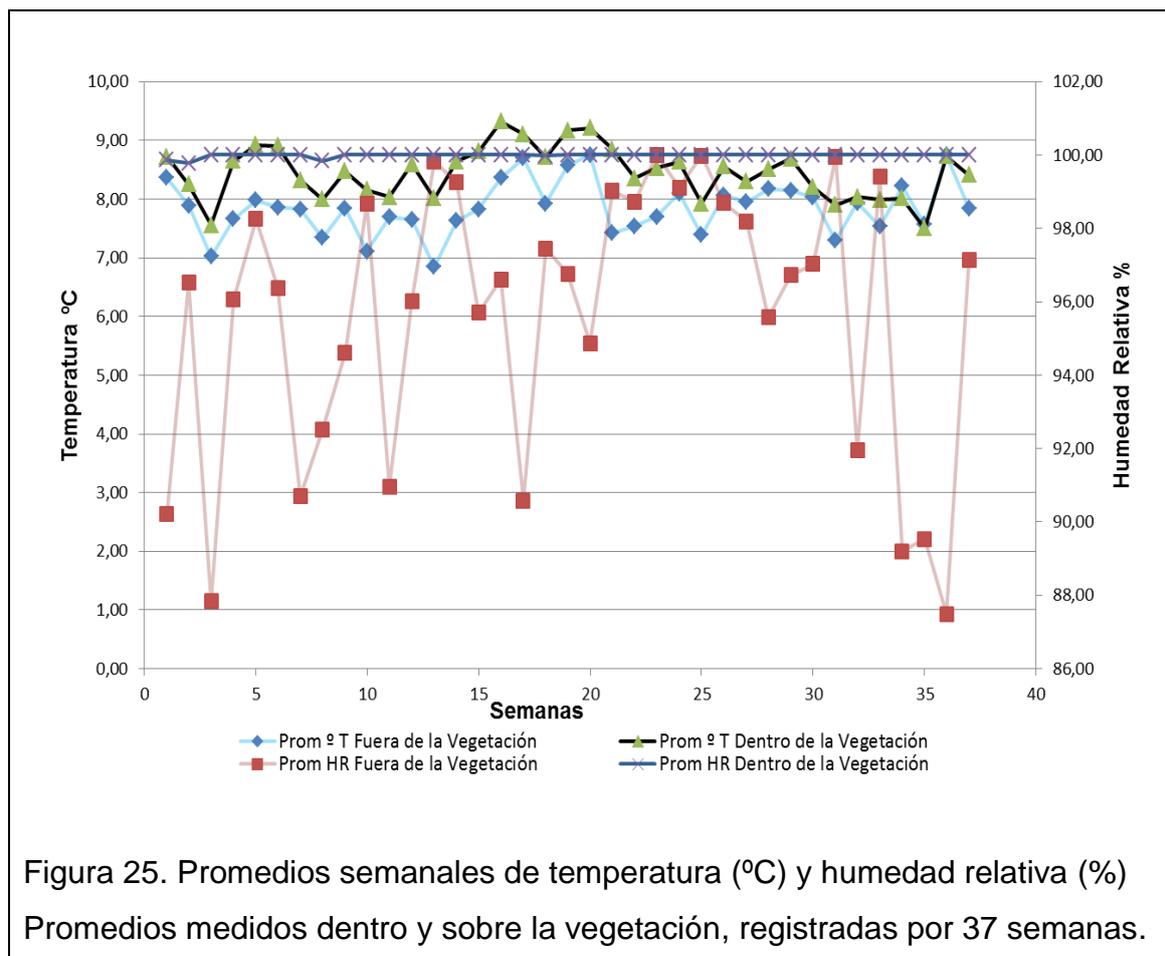
Dentro del Grupo A, las especies *Rhynchospora macrochaeta* Steud. ex Boeckeler, *Carex jamesonii* Boott, *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud., son monocotiledóneas, y las dos últimas son las que presentan los valores más altos en promedio de ind/cuadrante, además de que el cuadrante 5, es el único cuadrante donde el índice de biomasa de las monocotiledóneas supera al de las dicotiledóneas. Estas especies con esta característica en común pueden estar generando competencia frente al mortiño en cuanto a su distribución. Dentro de una población de una especie vegetal pueden darse relaciones intraespecíficas e interespecíficas (factores dependientes de la densidad), que van a determinar su distribución y abundancia de acuerdo a la dinámica que exista con otras poblaciones de la comunidad en el mismo biotopo (Francois, 1983). Es interesante, que la especie *Pernettya prostrata* (Cav.) DC., también se encuentre dentro de este grupo, ya que es la especie con mayor similitud en morfología y hábito al mortiño, además de pertenecer a la misma familia Ericaceae, caracterizándose por ser plantas amantes de la luz solar, presentes comúnmente en los claros del bosque o a lo largo de los bordes de vegetación primaria o secundaria (Pels y Verweij, 1992), pudiendo generar competencia por luz.

En cuanto al Grupo B, todas las especies (excluyendo el mortiño), coinciden en que son de baja altura, generalmente rastreras, herbáceas. Esta característica común puede ser un factor que también debe ser tomado en cuenta para determinar que entre más plantas de estas especies, existen más plantas de mortiño.

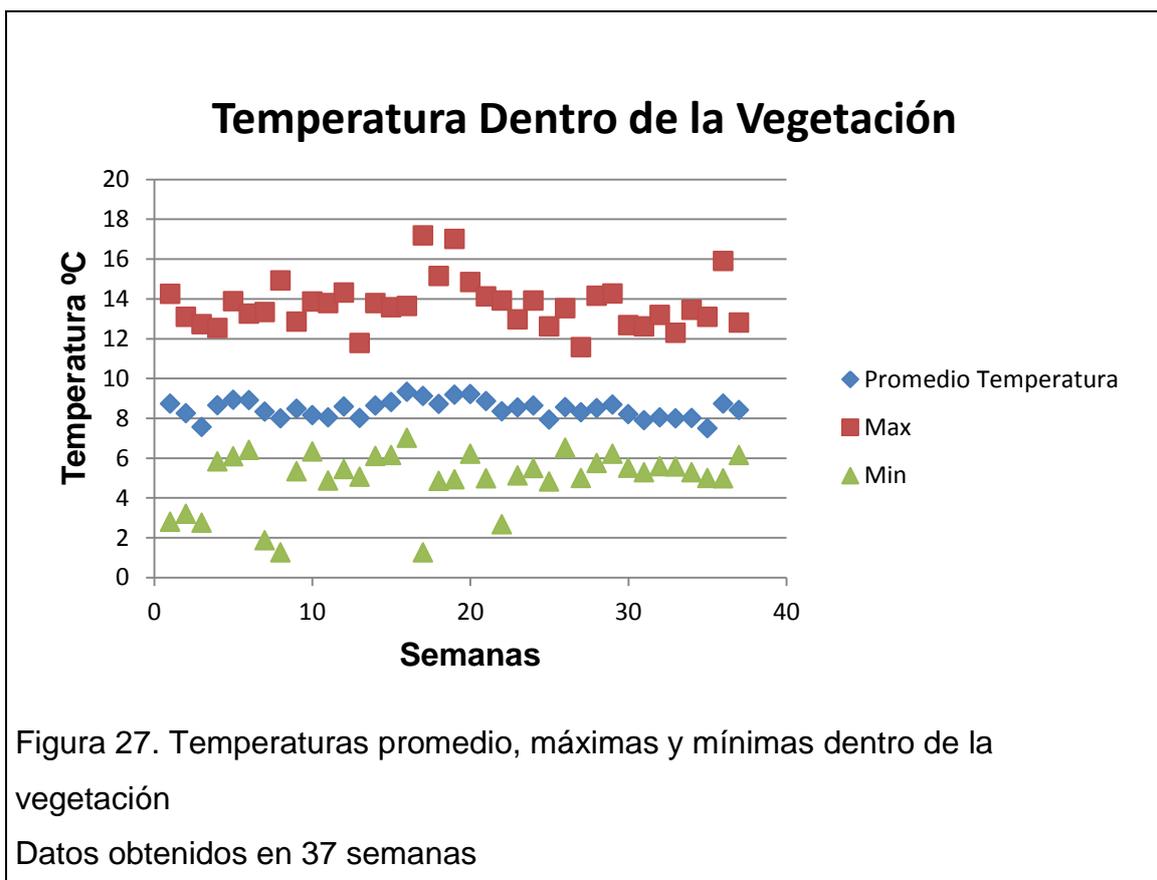
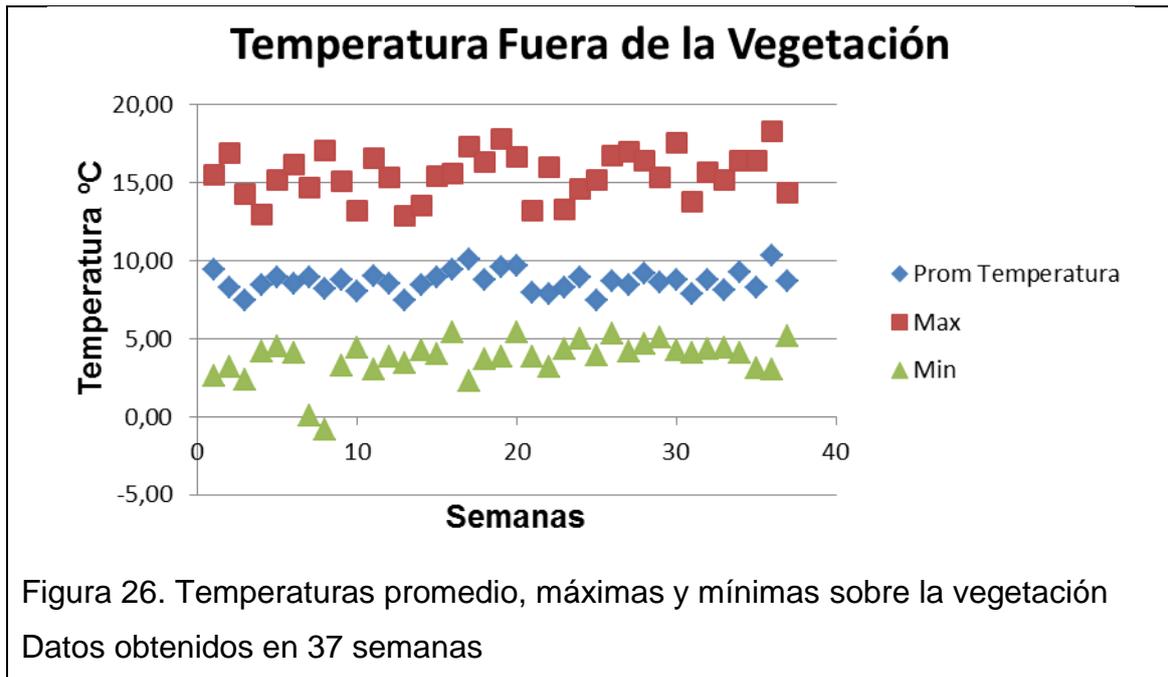
La altura baja de las especies del Grupo B, conjuntamente con especies aproximadamente de la misma altura del mortiño, como la paja de páramo (*Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud) que encontramos presente en cantidades altas en todos los cuadrantes, corroborando que en esta zona la vegetación dominante son las gramíneas con hojas alargadas cilíndricas o lineares, duras, silicificadas y forman mechones aislados o asociados (Vargas,

2002) y que los suelos de pajonal están cubiertos por una gran variedad de musgos (León-Yáñez, 2000), estos podrían generar un microclima para la planta del mortiño, ya que el páramo presenta condiciones ambientales extremas de temperatura durante el día. De acuerdo, al monitoreo de temperatura y humedad relativa realizado para determinar el nanoclima que ocurre a pocos centímetros de la planta de mortiño (dentro de la vegetación), y el microclima que corresponde al área sobre la vegetación (Samo, et al, 2008), se pudo evidenciar que la humedad relativa que se presentó dentro de la vegetación que rodeaba al mortiño en la parte inferior de esta planta, se mantiene alta y constante, mientras que la temperatura es mayor a la temperatura monitoreada sobre la vegetación, presentando entre ambas, las mismas fluctuaciones de semana a semana. Por otro lado, la humedad relativa sobre la vegetación presenta variaciones muy marcadas/extremas de semana a semana (Figura 25).

De los resultados indicados, podemos inferir que efectivamente la vegetación copiosa y abundante antes mencionada, que crece entrelazada al mortiño, lo mantiene a una temperatura mayor a la ambiental, protegiéndola de temperaturas nocturnas muy extremas y de la fuerte radiación en el día (Figura 26 y 27). De igual forma vemos que mantiene alta y constante a la humedad relativa, factor que puede ser determinante para su crecimiento. Las gramíneas en macolla, como especies del género *Calamagrostis*, *Cortaderia*, *Festuc*, etc. Mantienen sus hojas muertas por largo tiempo, para proteger el crecimiento de hojas nuevas y zonas meristemáticas. En cada formación vegetal de páramo, dominan diferentes formas de vida de plantas que representan un plan de crecimiento que las plantas han encontrado para poder enfrentar las condiciones de clima con bajas temperaturas nocturnas, altos niveles de radiación (Llambi et al., 2012), de esta manera la forma de vida de gramíneas en macolla, genera esta protección a la planta de mortiño al crecer entrelazadas.



En las Figuras 26 y 27 se puede observar que, dentro de la vegetación las temperaturas nunca llegan a valores mínimos bajo los 0°C, característica que si se observa en la temperatura de fuera de la vegetación.



### 3.2 Componentes físicos y químicos del suelo

De acuerdo al análisis de suelos, los cuadrantes se caracterizaron por poseer un suelo franco arenoso, en cuanto a textura en todos los cuadrantes, pudiendo afirmar que no es un factor diferenciador de los mismos (Anexo 5).

Tabla 21. Interpretación de resultados de análisis de suelo región sierra

Interpretación de Resultados- Región Sierra										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
BAJO	<1,0	0-0,15	0-10,0	<0,2	<1,0	<0,33	0-20,0	0-5,0	0-1,0	0-3,0
MEDIO	1,0-2,0	0,16-0,3	11,0-20,0	0,2-0,38	1,0-3,0	0,34-0,66	21,0-40,0	6,0-15,0	1,1-4,0	3,1-6,0
ALTO	>2,0	>0,31	>21,0	>0,4	>3,0	>0,66	>41,0	>16,0	>4,1	>6,1
pH	Ácido	Ligeramente ácido		Prácticamente neutro			Ligeramente alcalino		Alcalino	
	5,5	5,6-6,4		6,5-7,5			7,6-8,0		8,1	

Tomado de Informe de Análisis de Suelo AGROCALIDAD

De acuerdo a la Tabla 21, se realizó la interpretación de resultados obtenidos en los 6 cuadrantes, generando la información de la Tabla 22.

Tabla 22. Interpretación de resultados del análisis de suelo

PARÁMETRO	Rangos de resultados en los 6 cuadrantes	Interpretación
MO (%)	5,19-5,67	ALTO
N (%)	0,26-0,28	MEDIO
P (ppm)	4,83-10,30	BAJO
K (cmol/kg)	0,18-0,23	BAJO
Ca (cmol/kg)	4,90-6,35	ALTO
Mg (cmol/kg)	1,25-1,54	ALTO
Fe (ppm)	706,40-754,00	ALTO
Mn (ppm)	19,39-27,28	ALTO
Cu (ppm)	3,15-4,21	MEDIO
Zn (ppm)	3,25-4,68	MEDIO

Nota: Estudio realizado en los 6 cuadrantes, Machachi, Pichincha 2015

Al realizar un análisis de componentes principales (PCA) para caracterizar de mejor manera a los cuadrantes en función de las variables físico-químicas del suelo y encontrar similitudes o diferencias entre ellos, se observó que los componentes principales 1 y 2 (CP1 y CP2) explican el 63.2% del total de la

variabilidad de los datos colectados. El componente principal 3 es también considerado para el análisis, ya que explica el 19.3% de la variabilidad antes indicada. La variabilidad acumulada explicada por los componentes principales 1, 2 y 3 es de 83% (Tabla 23).

Tabla 23. Variabilidad de los componentes principales de variables físico-químicas del suelo

<b>Autovalores</b>			
Lambda	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
1	4,74	0,39	0,39
2	2,84	0,24	0,63
3	2,34	0,2	0,83
4	1,55	0,13	0,96
5	0,54	0,04	1
6	0	0	1

En la Tabla 24 se observa los valores de cada variable en los tres componentes, donde se determinó el número mayor en valor absoluto de cada variable. Estos datos seleccionados asignan la variable a uno de los tres componentes principales.

Tabla 24. Autovectores PCA de variables físico-químicas del suelo

<b>Autovectores</b>			
Variabes	e1	e2	e3
Ca	0,17	0,44	0,32
Mg	0,33	0,36	-0,01
Fe	-0,14	-0,43	-0,05
Mn	0,42	0,15	-0,21
Cu	-0,32	0,01	0,46
Zn	0,37	-0,08	0,35
K	-0,03	0,13	0,23
P	-0,41	-0,08	-0,15
N	0,19	-0,42	0,37
MO	0,26	-0,37	0,33
pH	-0,28	0,27	0,2
CE	0,28	-0,22	-0,39

Nota: e= componente principal

El CP1 permite caracterizar a los cuadrantes 1 y 5 por presentar altos contenidos de Manganeseo (Mn) con 27.28 y 26.11ppm, respectivamente y Zinc (Zn) con 4.17 y 4.68 ppm, respectivamente, con bajo contenido de estos nutrientes en el cuadrante 4. En contraste, permite caracterizar al cuadrante 4 por presentar el más alto contenido de fósforo P (10.30 ppm) y valores bajos en los cuadrantes 1 y 5, frente a la concentración de este nutriente en el resto de cuadrantes (Figura 25). El pH no presenta gran variación entre los valores de los diferentes cuadrantes.

El componente principal 2 (CP2) permite caracterizar al cuadrante 2 y 5 por tener las más altas concentraciones de calcio (Ca) con 6.30 y 6.35 cmol/kg, respectivamente, y de magnesio (Mg) con 1.54 y 1.53 cmol/kg, respectivamente, presentando los valores más bajos en los cuadrantes 3 y 4. A los cuadrantes 1 y 5 por presentar los valores más altos de materia orgánica (MO) (5.67% en ambos cuadrantes) y nitrógeno (N). Los valores de N no presentan variación significativa entre los valores de los diferentes cuadrantes, ya que a pesar de que los cuadrantes mencionados anteriormente tengan valores superiores, estos mismos valores también se presentan en los cuadrantes 3 y 6 (0.28%) (Figura 25). El CP2 caracteriza al cuadrante 6 (754.0ppm) y 1 (750.80ppm) con los valores más altos de hierro (Fe), que se puede evidenciar más claramente en la Figura 28.

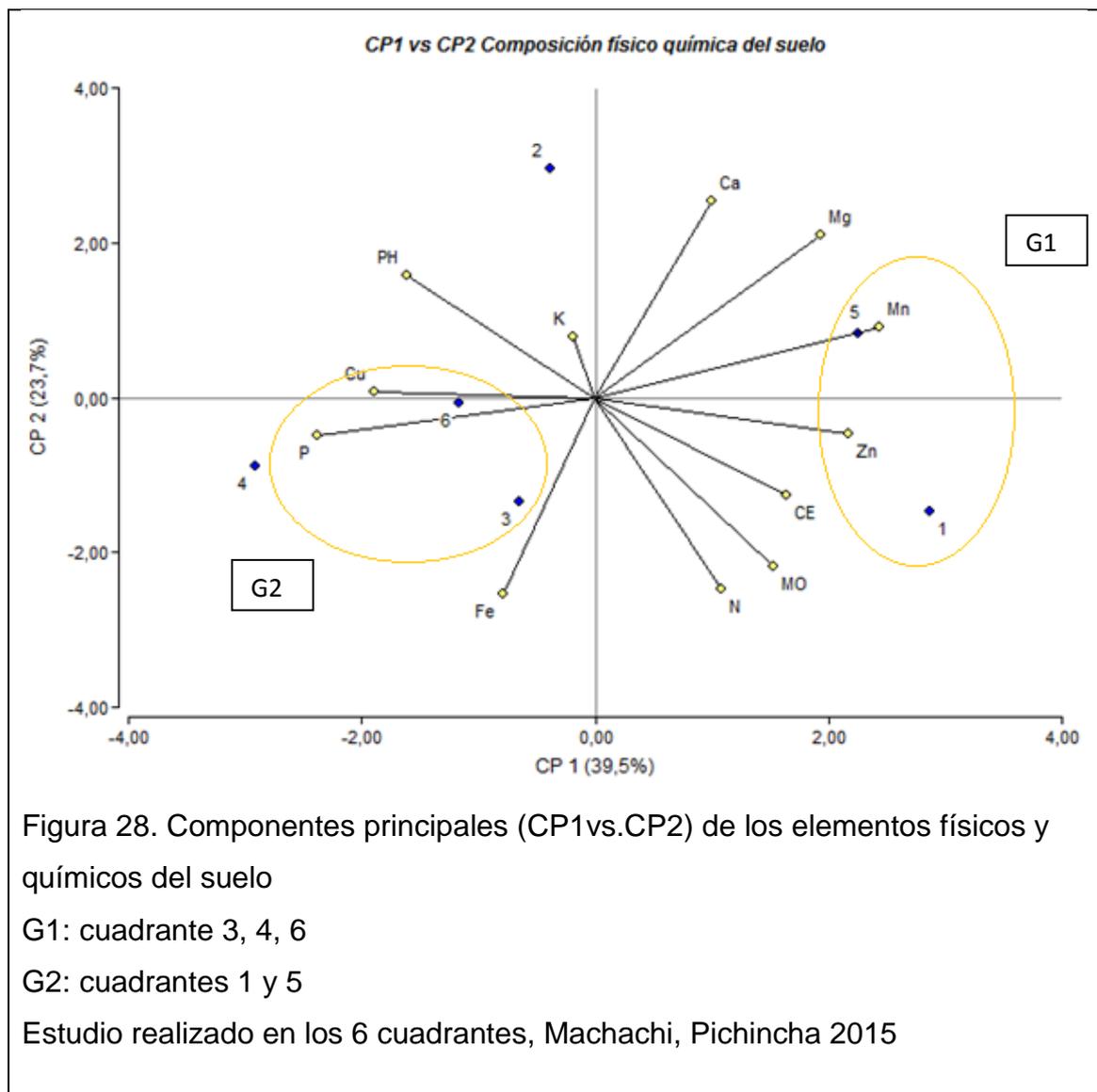


Figura 28. Componentes principales (CP1vs.CP2) de los elementos físicos y químicos del suelo

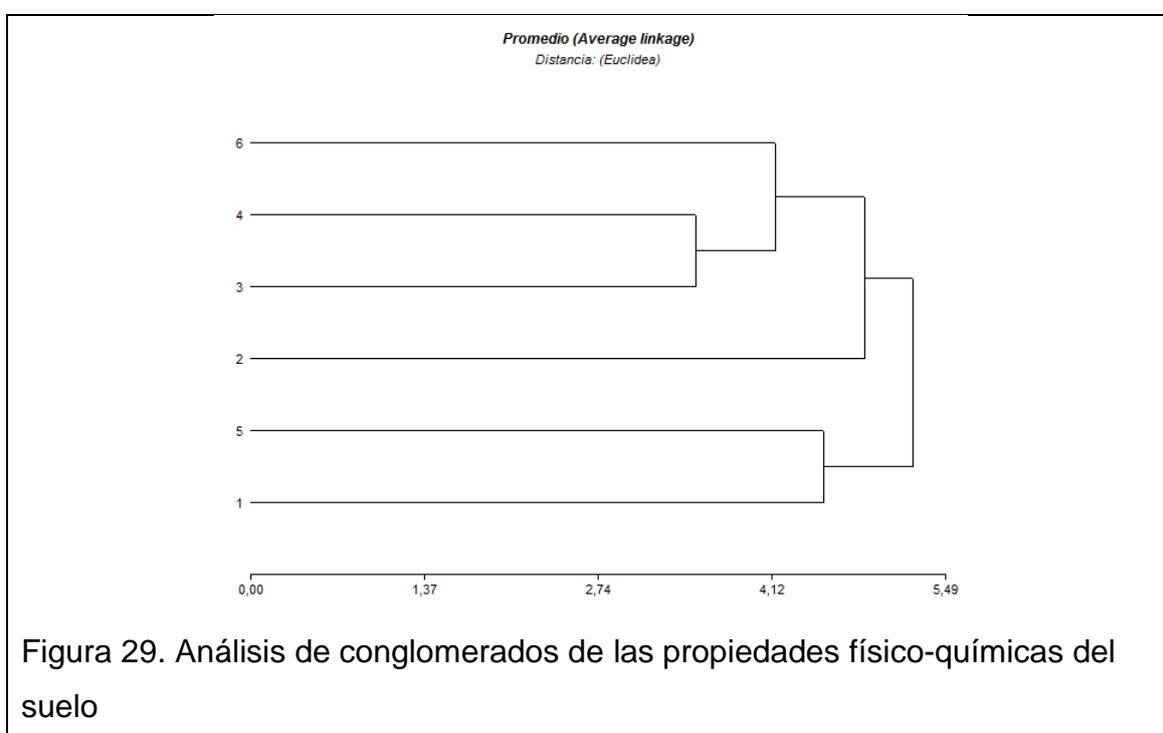
G1: cuadrante 3, 4, 6

G2: cuadrantes 1 y 5

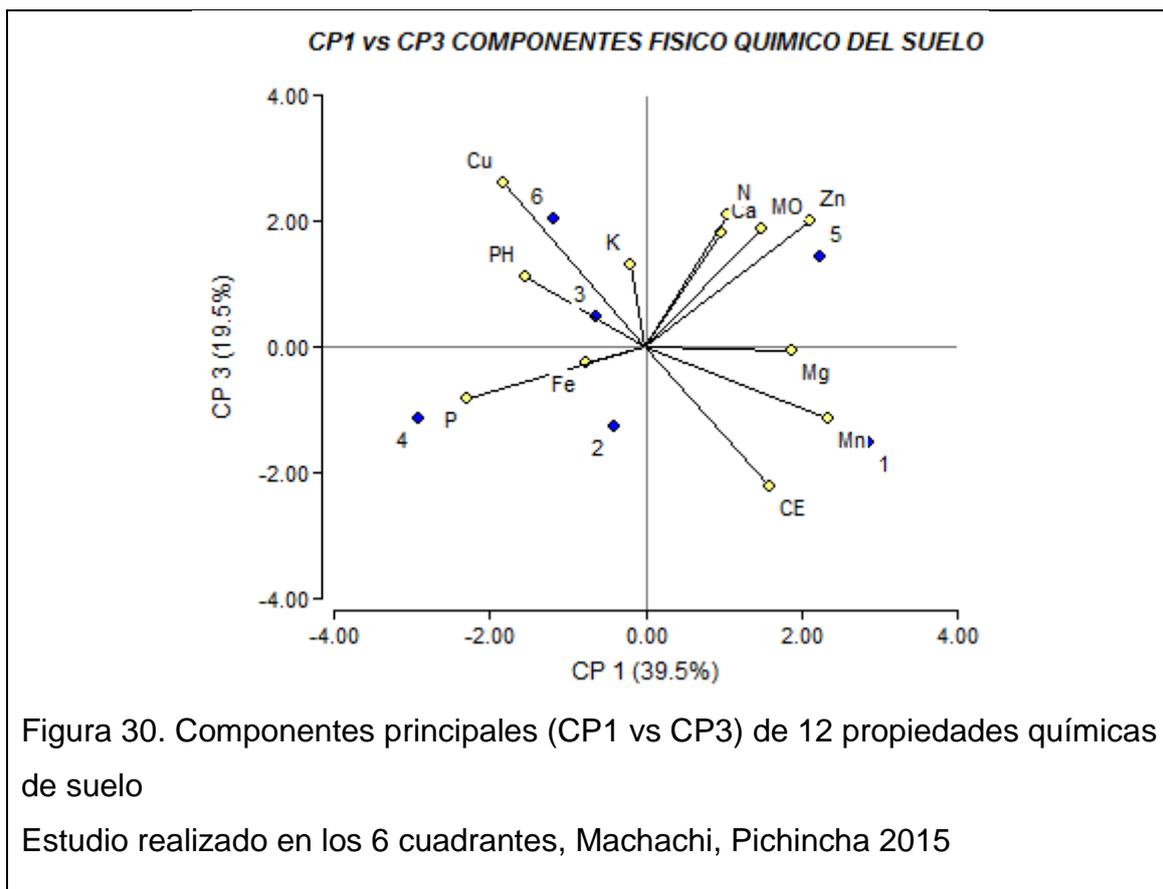
Estudio realizado en los 6 cuadrantes, Machachi, Pichincha 2015

La Figura 28 presenta el análisis de componentes principales en un plano cartesiano con 12 variables físico-químicas del suelo (puntos color amarillo/vectores) y los 6 cuadrantes estudiados (puntos color azul). Donde se pueden confirmar que los cuadrantes 1 y 5 son los más cercanos entre sí, formando un primer clúster. Estos cuadrantes se caracterizan por la concentración de manganeso (Mn) y zinc (Zn). Adicionalmente, los cuadrantes 1 y 5 se caracterizan por tener el contenido más alto de nitrógeno (N), materia orgánica (MO) y conductividad eléctrica (CE), y la Figura 28 muestra la cercanía de los vectores al cluster.

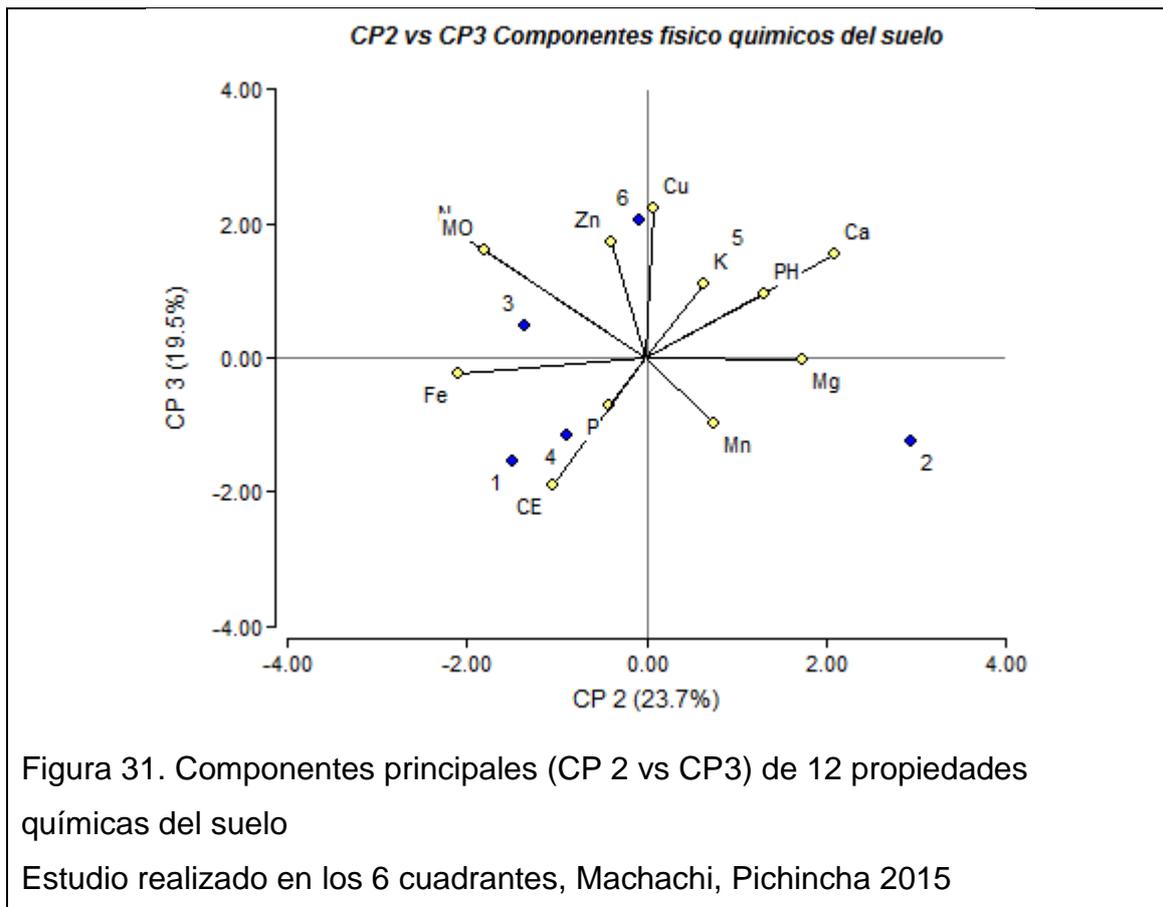
El PCA formó un segundo grupo conformado por los cuadrantes 3, 4 y 6. En la Figura 28, se observa que se encuentran cercanos a las variables o vectores de hierro (Fe), cobre (Cu) y fósforo (P). Sin embargo, la concentración de Cu puede ser la variable que caracterizaría de mejor manera a estos tres cuadrantes, puesto que presentan los valores más altos de concentración de este nutriente (3.9, 3.86 y 4.21 ppm, respectivamente). En la Figura 30 y 31 se puede evidenciar de mejor manera la cercanía del vector Cu al cuadrante 6, caracterizado por el CP3 o eje Y, y su lejanía con los cuadrantes 1 y 2 (valores más bajos de este nutriente).



Al realizar un análisis de conglomerados de las propiedades físico-químicas del suelo (Figura 29), permite agrupar a los cuadrantes por su similitud. Este análisis permite ver una coincidencia con los resultados de los análisis de componentes principales (CP1 vs CP2) que agruparon los cuadrantes en dos grupos (grupo 1: cuadrantes 1, 5) y (Grupo2: cuadrantes 3, 4, 6) dejando al cuadrante 2 aislado (Figura 28).



En la Figura 30 se observa de manera más evidente, la cercanía de los vectores N, MO, Ca, Zn al cuadrante 5, del vector Mn al cuadrante 1 y del vector pH al cuadrante 6 (valores más altos).



Al observar la Figura 31, el valor más representativo es la cercanía del vector que representa la concentración alta de potasio (K) en el cuadrante 5 (0.23ppm) y su lejanía de los cuadrantes 1 y 6 con valores más bajos. Se aprecia en la Figura 31, de manera más clara, el vector CE cercano al cuadrante 1 que posee el valor más alto (0.23ds/m), y lejano al cuadrante 6 (valor más bajo). El vector magnesio (Mg) cercano al cuadrante 2 también se diferencia claramente en esta figura (1.54 cmol/kg valor más alto).

### 3.2.1 Caracterización de los cuadrantes en función de las variables analizadas y el número de plantas de mortiño

Tanto el análisis de componentes principales de las variables físico-químicas del suelo y el análisis de componentes principales de especies identificadas agruparon a los cuadrantes 4 y 6.

De acuerdo al análisis de componentes principales de las variables físico-químicas, se obtuvo:

- Presencia de las concentraciones más altas de cobre (Cu) en cuadrantes 4 y 6.
- Cuadrante 4: presenta mayor contenido de fósforo (P). El P presenta sus valores altos en los cuadrantes con mayor número de plantas de mortiño y sus valores más bajos en los cuadrantes con menor número de plantas de mortiño (cuadrantes 1 y 5). El Mg lleva el valor más bajo en el cuadrante 4 (valores altos en cuadrantes 1 y 5).
- Cuadrante 6: Mayor contenido de Cu (bajo en cuadrante 1), Fe (bajo en cuadrante 5).

Por otro lado, los cuadrantes 1 y 5, que presentaron las concentraciones más altas de Zn (bajo en cuadrante 4), Mn (bajo en cuadrante 4), MO (bajo en cuadrante 2 y 4) y CE (bajo en cuadrante 6), fueron los cuadrantes con menor número de plantas de mortiño.

- Cuadrante 5: Mayor valor en las concentraciones de Ca (bajo en cuadrante 4), K. La concentración más baja en Fe.

Concluyendo, la mayor cantidad de plantas de mortiño crecen en cuadrantes con concentraciones altas de fósforo, cobre y hierro, mientras que, presentaron concentraciones bajas de magnesio, zinc, materia orgánica, conductividad eléctrica, manganeso, calcio. En contraste, estos últimos elementos químicos del suelo, fueron los que presentaron las concentraciones más altas en los cuadrantes con menor número de plantas de mortiño. Esto supone que hay una relación inversa entre la presencia de Mg, Zn, MO, CE, Ca y el número de plantas de mortiño. Adicional a estos, en el cuadrante 5 con menor número de plantas de mortiño se encontró las concentraciones más altas de potasio y más bajas de hierro. El pH y N no presentaron diferencias significativas entre cuadrantes, presentando pH ácido en todos los cuadrantes (5.90 a 6.02) y valores de 0.26 a 0.28% de nitrógeno. Los micronutrientes a pH ácido, reducen su disponibilidad (excepto Mo y Cl) (INPOFOS, 1997), el Ca y Mg son

deficientes, el Mn puede presentar toxicidad y el K incrementa su potencial de lixiviación (Llambi et al., 2012). Los suelos de los páramos en el norte de Ecuador están entre los rangos de 5.3-6.3 y presentan capacidad buffer, es decir que presenta resistencia al cambio de pH.

La textura del suelo en los 6 cuadrantes de estudio fue franco arenosa, esto quiere decir que el suelo donde se desarrolla el mortiño es suelo con un alto contenido de arena, y pequeñas cantidades de limo y arcilla. Las partículas de arena retienen poca cantidad de agua por el tamaño grande de sus poros, lo que permite que el agua drene libremente. La presencia de materia orgánica, en este caso, actúa como retenedora de humedad para estos suelos. A pesar de que los suelos arenosos retienen menos agua que las arcillas, un alto porcentaje del agua presente en ellos es disponible. Por otra parte, estos suelos no se compactan fácilmente evitando la escorrentía superficial y permitiendo el buen crecimiento de las raíces y un buen drenaje (INPOFOS, 1997 y Llambi et al., 2012).

De acuerdo a Llambi et al., (2012), la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de pajonales en Ecuador es de 55 cmol(+)/kg (suelos ricos en cationes), y determina a los iones que se encuentran unidos a arcillas o a materia orgánica para estar disponibles para la planta. En los cuadrantes con menor plantas de mortiño se observó que los cationes K, Ca, Mg y la materia orgánica (MO), presentaban sus valores más altos, mientras que en los cuadrantes con mayor número de plantas estos valores eran bajos. Debido a estos resultados, podemos inferir que el CIC de los cuadrantes con mayor contenido de plantas de mortiño es bajo y que es una planta no muy exigente de estos elementos, mientras que requiere mayores cantidades de fósforo, cobre y hierro. La CIC de la materia orgánica disminuye con el pH (Llambi et al., 2012). Según INPOFOS (1997), es importante recalcar que el contenido total de un micronutriente en el suelo no indica las cantidades disponibles para el crecimiento de la planta durante el ciclo de crecimiento, pero si la abundancia relativa y el potencial para abastecer un nutriente en particular (las cantidades relativas de

micronutrientes en el suelo, especialmente metales, determinan su disponibilidad y son más importantes que las cantidades absolutas).

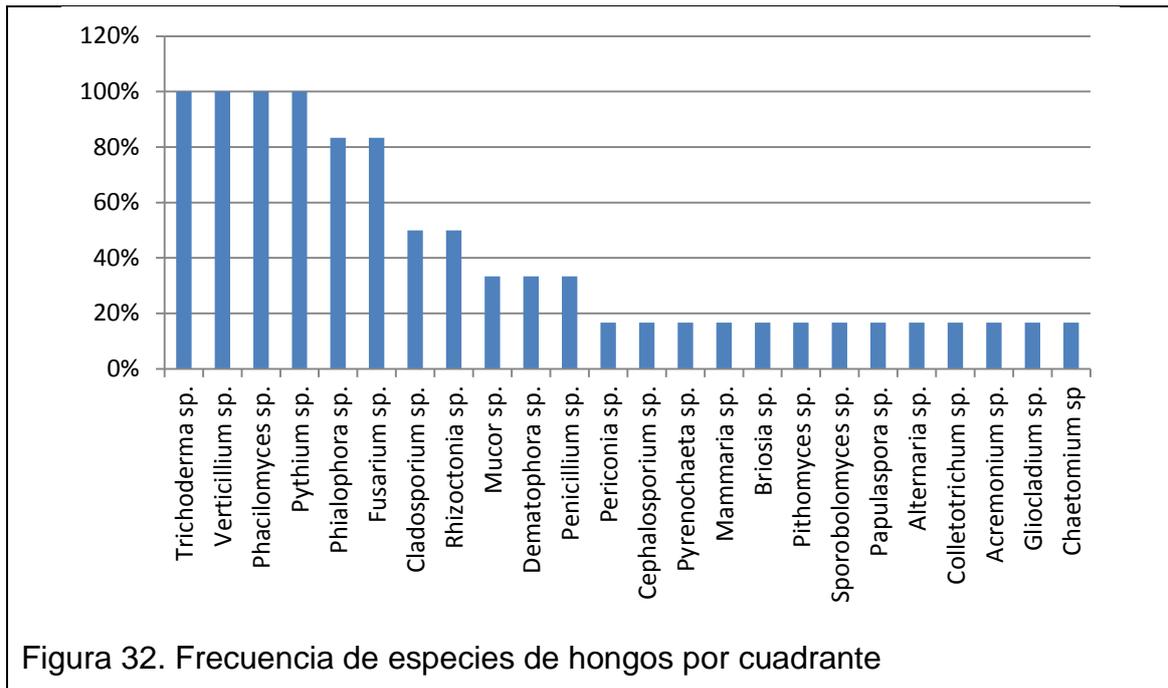
El fósforo y hierro se encuentran en alta concentración en cuadrantes con alto número de plantas de mortiño. Según Llambi et al., (2012), el fósforo junto al nitrógeno son deficientes en suelos de páramo. En suelos ácidos el Al y Fe intercambiables, reaccionan directamente con los fosfatos y entre más cantidad de óxidos de Al y Fe, mayor fijación. La fijación está determinada por el Al, Fe y Ca intercambiables, materia orgánica y cantidad de arcillas. El Fe tiene buena respuesta en los frutales (INPOFOS, 1997).

El cobre, micronutriente encontrado en altas concentraciones en los cuadrantes con mayor número de plantas de mortiño, se encuentra limitado por el Fe, Al y Mn (independientemente del tipo de suelo).

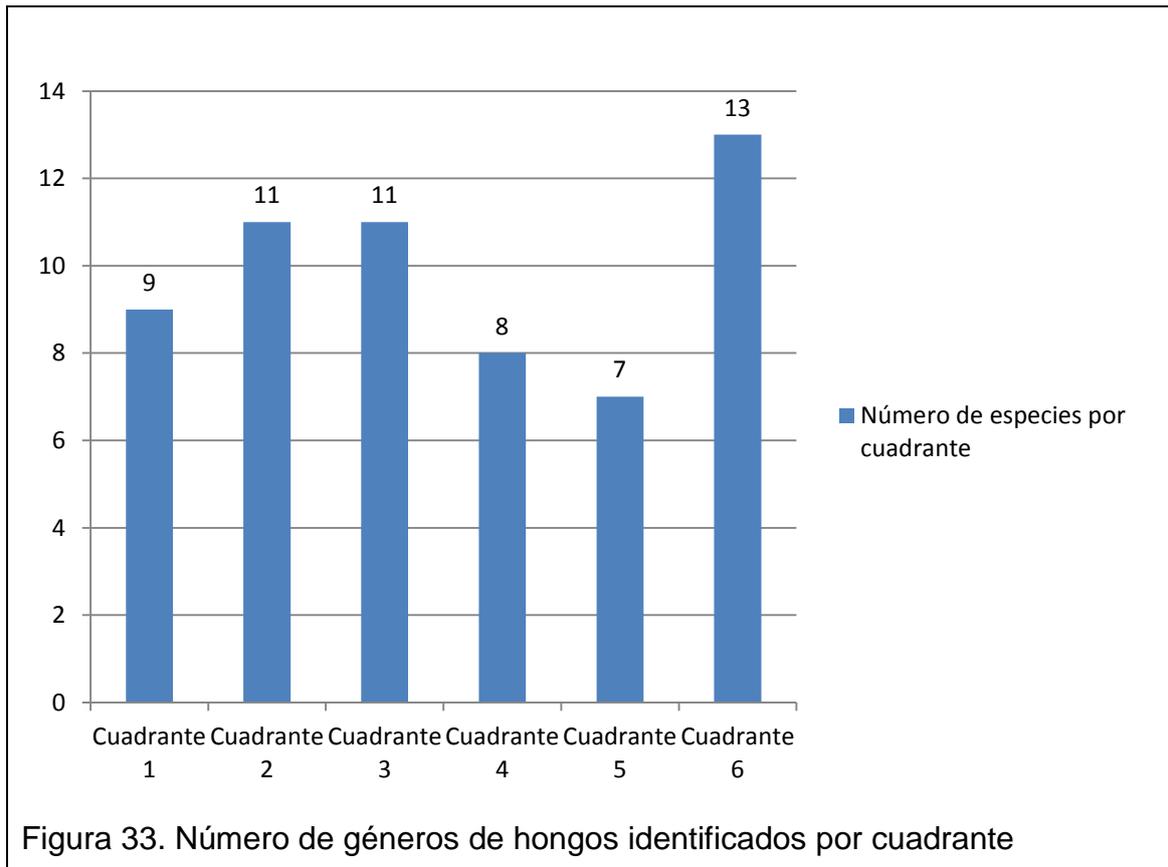
### **3.3 Análisis de Microorganismos del suelo**

#### **3.3.1 Hongos**

La presencia de hongos en el suelo no estuvo correlacionada con el número de plantas de mortiño en los cuadrantes estudiados. Sin embargo, se pudo observar que existen microorganismos (benéficos, saprófitos y patógenos) que se presentan en todos los cuadrantes, estos son: *Trichoderma* spp., *Verticillium* sp., *Phacelomyces* spp., *Phytium* sp. Los hongos que se presentaron en cinco de los seis cuadrantes fueron: *Phialophora* sp. y *Fusarium* sp, y los que se presentaron en el más bajo porcentaje (uno de los seis cuadrantes) fueron: *Periconia* sp., *Cephalosporium* sp., *Pyrenochaeta* sp., *Mammaria* sp. *Briosia* sp., *Pithomyces* sp., *Sporobolomyces* sp, *Papulaspora* sp., *Alternaria* sp., *Gliocladium* sp., *Acremonium* sp., *Colletotrichum* sp., *Chaetomium* sp (Anexo 15) (Figura 32).



De acuerdo a la presencia de hongos por cuadrante, permitió ver que el cuadrante 6 resultó ser el que mayor número de especies de hongos presentó (13 especies). Por otro lado, el cuadrante que menos especies de hongos presentó fue el cuadrante 5 (7 especies) (Figura 33).



Casi el 50% de los hongos aislados del suelo son deuteromicetos de los géneros *Penicillium*, *Geotrichum*, *Aspergillus* y *Trichoderma* (Benzina, 2001). De las especies encontradas, en todos los cuadrantes, *Trichoderma* sp. es considerada benéfica. Este género frecuenta hábitats ricos en materia orgánica, es de rápido desarrollo y crecimiento y ataca un amplio rango de patógenos, ya sea por su mecanismo antagonista, destruyendo o inhibiendo al patógeno a través de la producción de moléculas tóxicas, volátiles y enzimas hidrolíticas (disuelven o dañan estructuras patogénicas), o causando competencia provocando que el patógeno muera por inanición. Se ha demostrado que la aplicación de biopreparados de *Trichoderma* spp. previene y controla patógenos como *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Sclerotium* (Martínez y Guerrero, 2011). Este microorganismo puede contrarrestar la acción de los hongos que puedan comportarse como patógenos, ya que la mayoría de géneros identificados en los cuadrantes de estudio son considerados como saprófitos, es decir que crecen en tejidos

muertos y realizan la descomposición de la materia orgánica y generalmente se encuentran en la capa superior del suelo (Coyne, 2000). Sin embargo, ciertas especies saprófitas pueden llegar a invadir tejidos vivos y comportarse como patógenos, los géneros que frecuentemente provocan enfermedades a los vegetales son: *Armillaria*, *Helminthosporium*, *Ophiobolus*, *Plasmodiophora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Verticillium*, *Thielaviopsis*, *Phytium*, *Fusarium* (Sánchez, 2004) (Tabla 25). *Trichoderma* sp. según Borrero, C. y Silva, M. (2005), es un género antagonista a microorganismos descomponedores de materia orgánica de los géneros *Bacillus* sp., *Aspergillus* sp., *Mucor* sp., resultado que no se obtuvo con el género *Penicillium* sp. Esto nos puede dar un indicio que la presencia de *Trichoderma* sp. en todos los cuadrantes quizá este controlando estos microorganismos y en el caso de *Bacillus* sp. en los cuadrantes donde exista más abundancia de estas bacterias sean cuadrantes con menor cantidad de *Trichoderma*.

Tabla 25. Tipo de hongos de los géneros identificados

<i>Cladosporium</i> sp.	Parasítica en plantas vasculares o saprófita
<i>Cephalosporium</i> sp.	Parasítica o saprófita
<i>Verticilium</i> sp.	Parasítico en vasculares y otros hongos o saprófita
<i>Trichoderma</i> sp.	Parasítico a otros hongos y saprófita en suelo y madera
<i>Phacilomyces</i> sp.	Saprophyto
<i>Periconia</i> sp.	Parasítico o saprófita
<i>Cephalosporium</i> sp.	Parasítico o saprófita
<i>Phialophora</i> sp.	Parasítico o saprófita
<i>Fusarium</i> sp.	Parasítico en plantas o saprófita en plantas en descomposición
<i>Mammaria</i> sp	Saprophyto
<i>Briosia</i> sp	Parasítico
<i>Rhizoctonia</i> sp.	Parasítico en raíces y partes de la planta bajo tierra
<i>Papulaspora</i> sp.	Saprophyto
<i>Dematophora</i> sp.	Patógeno de raíces en pudrición.

*Nota:* Géneros identificados en los 6 cuadrantes de estudio. Tomado de Barnett y Hunter, (1972)

### 3.3.2 Bacterias (*Bacillus* sp.)

Como se presenta en la Tabla 26 se puede observar que existen diferencias altamente significativas (\*\*) entre los cuadrantes (Tratamientos) respecto al número de ufc/g de *Bacillus* sp. en suelo como en la rizósfera, por tanto rechazamos la  $H_0$  (Hipótesis nula) y aceptamos la  $H_a$  (hipótesis alternativa), que indica la existencia de diferencias de ufc/gsuelo de *Bacillus* sp entre cuadrantes (tratamientos).

El coeficiente de variación es de 18.58 y 25.91 para suelo y raíz respectivamente que para una investigación está dentro de los rangos aceptables.

Tabla 26. Análisis de varianza del número de Unidades Formadoras de Colonias (ufc/g) en suelo y rizósfera de *Bacillus* sp.

ufc/g suelo <i>Bacillus</i> sp.					ufc/g rizósfera <i>Bacillus</i> sp.		
F.V	g.l	SC	CM		SC	CM	
<b>Total</b>	17	12299611111,11			5728500000,00		
<b>Cuadrantes</b>	5	10398277777,78	2079655555,56	**	4711166666,67	942233333,33	**
<b>Repeticiones</b>	2	829777777,78	414888888,89	n.s	22333333,33	11166666,67	n.s
<b>Error</b>	10	1071555555,56	107155555,56		995000000,00	99500000,00	
<b>CV%</b>		18,58			25,91		

Nota: Estudio realizado en los 6 cuadrantes, Machachi, Pichincha 2015

La Tabla 27 presenta los promedios de ufc/gsuelo de *Bacillus* sp. en suelo y raíz y se observan tres rangos y dos rangos, respectivamente, siendo el cuadrante 5 el que presenta la mayor cantidad de ufc/gsuelo de *Bacillus* sp. en suelo y el cuadrante 3 en raíz. En contraste, se puede evidenciar que en raíz el cuadrante 5 presenta el menor número de ufc/gsuelo de *Bacillus* sp. El cuadrante 4 por el contrario presenta baja concentración de ufc/gsuelo de *Bacillus* sp. en raíz y en suelo (Figura 34 y 35).

Tabla 27. Promedio de prueba de Tuckey (5%) de Unidades Formadoras de Colonias (ufc/g) de *Bacillus* sp. en suelo y rizósfera

Cuadrantes	Suelo ufc/g		Rizósfera ufc/g	
5	104333,33	A	15666,67	B
6	62666,67	B	35333,33	B
3	52333,33	BC	70333,33	A
1	44666,67	BC	39333,33	B
4	41333,33	BC	34000	B
2	29000,00	C	36333,33	B

Nota: Estudio realizado en los 6 cuadrantes, Machachi, Pichincha 2015

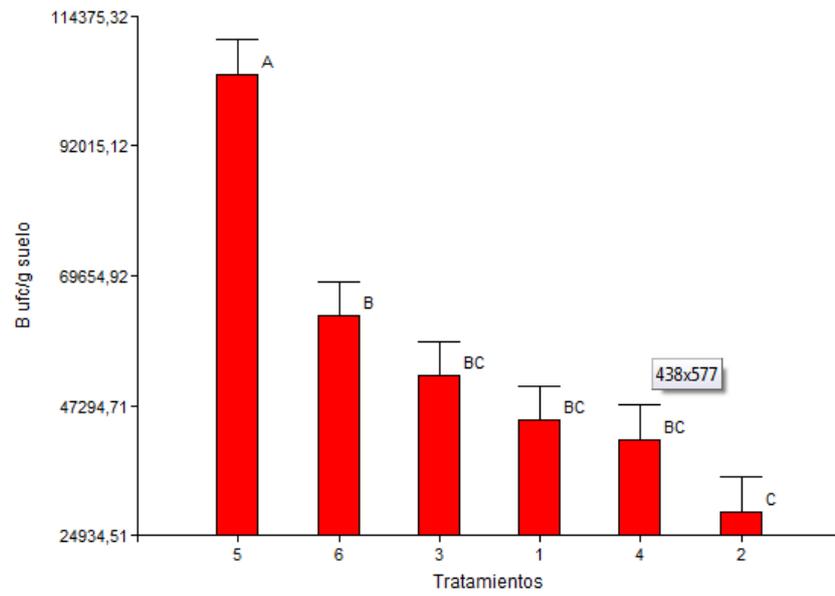
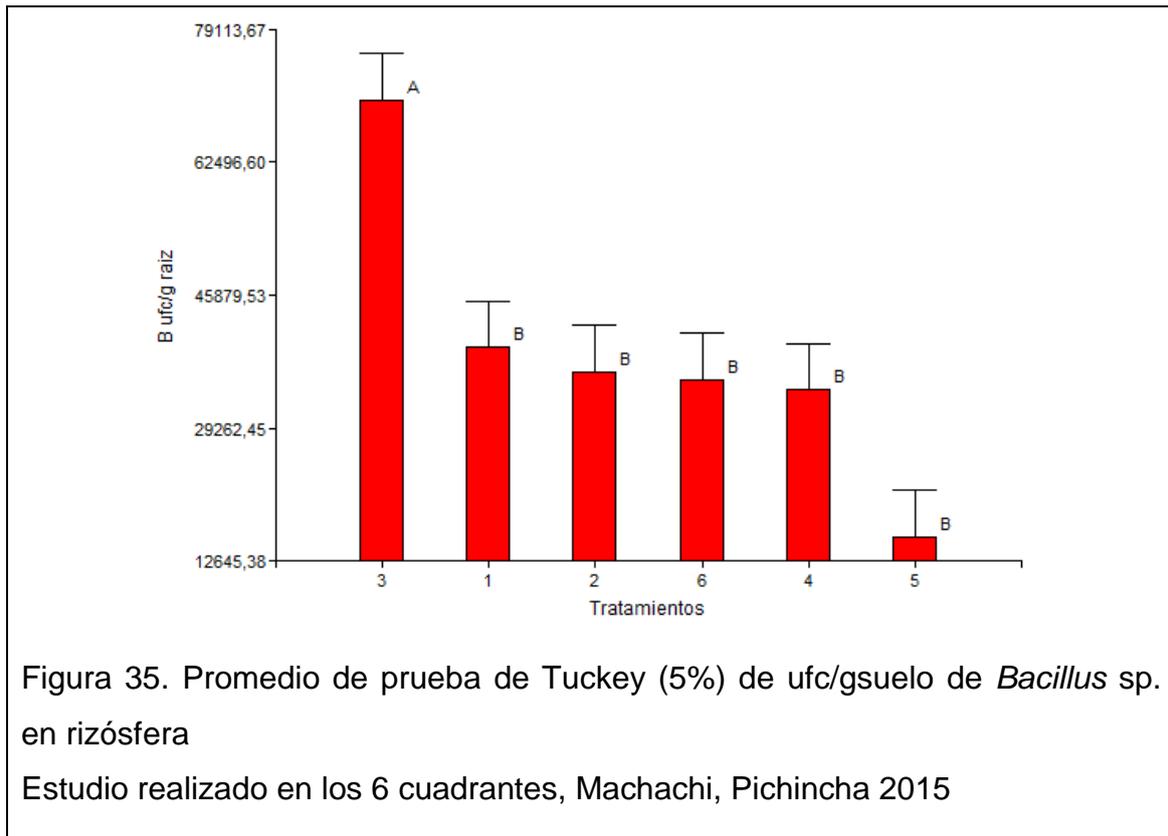


Figura 34. Promedio de prueba de Tuckey (5%) de ufc/gsuelo de *Bacillus* sp. en suelo

Estudio realizado en los 6 cuadrantes, Machachi, Pichincha 2015



De los resultados indicados anteriormente, se puede inferir que la cantidad de (ufc/gsuelo) de *Bacillus* sp. en el cuadrante 4 con mayor número de plantas de mortiño, es bajo tanto en suelo como en la rizósfera de la planta, sin embargo en el cuadrante 5 con menor número de plantas de mortiño, presenta la mayor cantidad de ufc/gsuelo de *Bacillus* sp. en el suelo pero la menor cantidad en la rizósfera. Por lo que se puede inferir que *Bacillus* sp. no se encuentra fuertemente relacionado con el suelo y rizósfera de la planta de mortiño. En contraste, el cuadrante 5 con menor número de plantas de mortiño caracterizado por presentar la menor cantidad de (ufc/gsuelo) de *Bacillus* sp. en la rizósfera y la mayor cantidad en suelo, podría indicar que estas bacterias están más relacionadas a la rizósfera de las plantas que compiten con el mortiño posiblemente debido a que las raíces de estas plantas generan otro tipo de exudados (Llambi et al., 2012), ya que según los autores Orberá, Pérez, Ferrer, Cortés, y González (2005). *Bacillus* sp. es un género de bacterias de vida libre del suelo que principalmente se encuentran colonizando la rizósfera de las plantas.

*Bacillus* sp. se destaca por ser un controlador biológico de microorganismos fitopatógenos. Dentro de las especies fitopatógenas que son inhibidas por *Bacillus* sp. (en especial las especies *B. subtilis*, *B. cereus* y *B. pumilus*) se encuentran especies de los géneros *Pithium* y *Rhizoctonia*; *Helmintosporium*, *Fusarium* y *Curvularia*; *Botrytis* y *Cochliobolus*; *Collectotrichum* y *Cercospora*; *Alternaria*, entre otros (Orberá, Pérez, Ferrer, Cortés, y González, 2005). Algunos de los géneros de hongos mencionados anteriormente, fueron identificados en los cuadrantes de estudio, donde la menor cantidad de géneros de hongos la presentó el cuadrante 5 (7 géneros), mismo que coincide con la mayor cantidad de ufc/gsuelo de *Bacillus* sp. en suelo, por lo que se puede inferir que esta bacteria controla la presencia de especies de hongos que pueden resultar patogénicos y estar afectando a las plantas de otras especies.

*Bacillus* sp. es una bacteria consideradas promotoras del crecimiento vegetal y gracias a su interacción con las plantas, han desarrollado capacidades para la mineralización de componentes nutricionales entre los que predominan el nitrógeno, fósforo, hierro y potasio, procedentes de fuentes orgánicas e inorgánicas, transformándolos a formas asimilables por las plantas (Orberá, Pérez, Ferrer, Cortés, y González, 2005).

#### 4 CONCLUSIONES

Las principales características físicas del suelo donde crece el mortiño están dadas por su textura franco arenosa, que se caracteriza por su alta porosidad, pero a su vez por la alta retención de agua dada por la presencia de materia orgánica y por no ser suelos de fácil compactación. Los cuadrantes de estudio en general presentaron concentraciones altas de materia orgánica, calcio, hierro, magnesio, manganeso y concentraciones bajas de fósforo y potasio. Con pH ligeramente ácido. En cuanto a características químicas, la mayor cantidad de plantas de mortiño crecen en cuadrantes con concentraciones altas de fósforo, cobre y hierro, mientras que, presentaron concentraciones bajas de magnesio, zinc, materia orgánica, conductividad eléctrica, manganeso, calcio. En contraste, estos últimos elementos químicos del suelo, fueron los que presentaron las concentraciones más altas en los cuadrantes con menor número de plantas de mortiño. Esto supone que hay una relación inversa entre la presencia de Mg, Zn, MO, CE, Ca y el número de plantas de mortiño. El hierro en cambio mantiene una relación directa con el número de plantas de mortiño. Por lo que se infiere las exigencias de nutrientes de esta especie.

Las especies *Pernettya prostrata* (Cav.) DC. (**Pern-pros**), *Berberis pichinchensis* Turcz. (**Berb-pich**), *Valeriana microphylla* Kunth (**Vale-micro**), *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud. (**Cala-inter**), *Brachyotum ledifolium* (Desr.) Triana (**Barchy ledi**), *Carex jamesonii* Boott (**Carex-jame**), pueden ser las que principalmente tienen relación negativa sobre el crecimiento de las plantas de mortiño, por ende estas son numerosas mientras que las plantas de mortiño, son escasas. Las especies *Rhynchospora macrochaeta* Steud. ex Boeckeler, *Carex jamesonii* Boott, *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud. monocotiledóneas, con un índice de biomasa superior que el de las dicotiledóneas. La especie *Pernettya prostrata* (Cav.) DC. siendo la más similar en morfología y hábito al mortiño por pertenecer a la misma familia, puede estar en estrecha competencia con el mortiño.

Las especies *Geranium reptans* R. Knuth (**Ger-rept**), *Halenia weddelliana* Gilg (**Hale wed**), *Lachemilla vulcanica* (Schltdl. & Cham.) Rydb. (**Lach-vulca**),

*Tanacetum parthenium* (L.) Sch. Bip. (**Tana-path**), *Polystichum orbiculatum* (Desv.) J. Rémy & Fée (**Polyst-orbic**) y *Bomarea caldasii* (Kunth) Asch. & Graebn. (**Bom-cald**), *Dorobaea pimpinellifolia* (Kunth) B. Nord. (**Dorob-pimpi**) y *Castilleja pumila* (Benth.) Wedd. (**Casti-pumi**), se encuentran abundantes, mientras que las plantas de mortiño también y coinciden en que son de baja altura, generalmente rastreras, herbáceas, creando posiblemente una cobertura en la parte baja de la planta para beneficiarla. La vegetación que crece entrelazada y cubriendo al mortiño genera un nanoclima que protege a la planta de las temperaturas muy extremas manteniendo una temperatura mayor que la del ambiente y manteniendo una humedad relativa alta y constante.

En el suelo donde se encuentra creciendo el mortiño se encontró el género de hongos benéfico *Trichoderma* sp. y los géneros de hongos saprófitos/patógenos que se hallaron en todos los cuadrantes de estudio son: *Verticillium* sp., *Phacelomyces* spp., *Phytium* sp., *Phialophora* sp. y *Fusarium* sp,. La cantidad de ufc/g de *Bacillus* sp. no estuvo fuertemente relacionada a la abundancia de plantas de mortiño, ya que no se presentó una alta concentración en suelo ni en rizósfera. Sin embargo, donde hubo menor cantidad de plantas de mortiño, la cantidad de ufc/g de *Bacillus* sp.en rizósfera fue la más baja, mientras que en suelo fue la más alta, pudiendo inferir que estas bacterias están relacionada a la rizósfera de las plantas que generan competencia con el mortiño.

## 5 RECOMENDACIONES

Elegir localidades diferentes donde también se encuentren poblaciones de plantas de mortiño, para contrastar con los resultados de esta investigación.

Pasar de un estudio autoecológico de la planta de mortiño, a un estudio sinecológico de la especie determinando más a fondo las relaciones de las diferentes especies que habitan en la misma comunidad del mortiño.

Clasificar las especies vegetales encontradas creciendo en el hábitat del mortiño, por formas de vida, hábito y cobertura, información que puede ser útil para identificar qué formas de vida predominan en los hábitats donde crece mortiño, junto con el hábito de las plantas que están más relacionadas al mortiño y la cobertura de las mismas como factores que podrían influir en el crecimiento de la planta de mortiño.

Caracterizar asociaciones interespecíficas entre poblaciones de las especies que han presentado mayor relación con la población de mortiño.

Realizar análisis de CIC y densidad aparente del suelo donde crece el mortiño para tener mayor información sobre características físicas del suelo donde este se desarrolla.

Para determinar de mejor manera la influencia de los géneros de hongos encontrados, se podría evaluar la incidencia específica de los que presentaron mayor presencia en los cuadrantes de estudio y analizar la cantidad de unidades formadoras de colonia frente a la abundancia del mortiño.

Continuar desarrollando investigaciones enfocadas al cultivo y producción de mortiño, fruto que posee importantes características agroindustriales, nutricionales, gastronómicas, textiles, etc.

## REFERENCIAS

- Acosta-Solis, M. (1984). *Los páramos andinos del Ecuador*. Quito, Ecuador: Publicaciones Científicas M.A.S.
- Barnett, H. y Hunter, B. (1972). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Estados Unidos de Norteamérica: Burgess Publishing Company.
- Benzina, A.; Verlag, N., y Villingen, S. (2001). *Agricultura orgánica fundamentos para la región andina*. Alemania: Editorial Neckar- Verlag.
- Bernal, H. y Correa, J. (1990). *Especies vegetales promisorias de los países del Convenio Andrés Bello*. Tomo VII SECAB Ciencia y Tecnología, Bogotá, Colombia.
- Biología Virtual de la Universidad Nacional de Colombia. (s.f). *Diversidad: riqueza y abundancia de especies*. Recuperado el 3 de septiembre 2015 de [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000024/lecciones/cap04/04\\_08\\_04.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000024/lecciones/cap04/04_08_04.htm)
- Borrero, C. y Silva, M. (2005). *Efectos de Trichoderma (in vitro) en los microorganismos no patógenos descomponedores de la materia orgánica de un suelo oxisolclase IV del piedemonte llanero*. Universidad de los Llanos. Colombia. Recuperado el 15 de septiembre de 2015 de <http://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/133/597>
- Bush, R. y Taylor, S. (1998). *Adverse reactions to food and drug additives, in allergy. Principles and Practice, 5<sup>th</sup> ed.* St. Louis, U.S.A: Mosby. Recuperada el 14 de julio de 2015 de [https://www.researchgate.net/profile/Ana\\_Mosquera6/publication/282247658\\_Propiedades\\_antioxidantes\\_de\\_los\\_frutos\\_de\\_agraz\\_o\\_mortio\\_\(Vaccinium\\_meridionale\\_Swartz\)/links/56092b5108ae4d86bb11902c.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ana_Mosquera6/publication/282247658_Propiedades_antioxidantes_de_los_frutos_de_agraz_o_mortio_(Vaccinium_meridionale_Swartz)/links/56092b5108ae4d86bb11902c.pdf)

- Campbell, D. (1988). *Quantitative inventory of tropical forests*. En D, Campbell y D. Hammond (Eds). Floristic inventory of tropical countries.
- Cassis, R. (2000). *La Ciencia de la Ecología*. Guayaquil, Ecuador.
- Cerón, C. (1993). *Manual de Botánica Ecuatoriana*. Escuela de Biología y Química. F.F.L y C.E Universidad Central del Ecuador. Quito.
- Claudio R., Nájera J. y Santacruz S. (enero-abril, 2012). *Evaluación de la actividad antioxidante de Vaccinium floribundum sometido a tratamiento térmico*. Vitae, Vol 19- (352-354). Universidad Antioquia, Medellín, Colombia. Recuperado el 11 de enero de 2015 de <http://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914110.pdf>
- Coba P. et al. (2012). *Estudio Etnobotánico del Mortiño (Vaccinium floribundum) como Alimento Ancestral y Potencial Alimento Funcional*. La granja, Revista de Ciencias de la Vida, 16(2)2012:5-13. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Recuperado el 12 de diciembre de 2014 de [http://lagranja.ups.edu.ec/documents/1317427/2990285/Coba\\_Etnobotanico.pdf](http://lagranja.ups.edu.ec/documents/1317427/2990285/Coba_Etnobotanico.pdf)
- Coyne, M. (2000). *Microbiología del Suelo: un enfoque exploratorio*. Madrid, España: Editorial Paraninfo.
- De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel P., Macía, M y Balslev, H. (eds.) (2008). *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Herbario QCA & Herbario AAU. Quito, Ecuador.
- Estrella, E. (1988). *El pan de América: Etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador*. Ecuador: ABYA-YALA.
- Francois, G. (1983). *Relación entre los seres vivos y su ambiente: la ecología*. México.
- Freire, F. A (2004). *Botánica sistemática ecuatoriana*. Missouri Botanical Garden. Missouri, Estados Unidos.

- Gallardo, C. (s.f). *Mortiño La Perla de Los Andes*. Quito, Ecuador. Recuperado el 21 octubre de 2015 de <http://udla.edu.ec/app/coladas/mortino-perla-andes.pdf>
- GLORIA Tropical Mountain (2008). *Páramo, Puna, and other tropical/extratropical tall-growing vegetation types*. Quito, Ecuador: Cuesta F. and Gottfried M.
- González, J., Fernández, A. y Segura, L. (1998). *Ecología*. México.
- González, L. (2002). *Propagación y Productos del Mortiño (Vaccinium floribundum kunth)*. Proyecto de Páramo Andino- ECOPAR. Riobamba, Ecuador.
- Guevara, R. (1989). *Principios Fundamentales de Ecología Ecuatoriana*. Quito, Ecuador.
- Hofstede, R. (diciembre, 2004). *El estado de salud de los páramos: un esfuerzo para relacionar la ciencia con la práctica del manejo sustentable*. Lyonia, II Congreso de conservación de la biodiversidad en los Andes y la Amazonía Vol 6 (1), 61-73. Ecuador. Recuperado el 23 de agosto de 2015 de [http://www.lyonia.org/articles/volume\\_12/volume.pdf](http://www.lyonia.org/articles/volume_12/volume.pdf).
- Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- Instituto de Ciencias Naturales. COL000014246 - *Vaccinium floribundum Kunth – Ericaceae*. (s.f). Recuperado el 1 junio 2014 de <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/?controlador=ShowObject&accion=show&id=342129>
- Jorgensen, P.M y León-Yáñez, S. (eds.) (1999). *Catalogue of vascular plants of Ecuador*. Syst.Bot.Missouri Bot. Gard. St, Louis, U.S.A.

- Jorgensen, P.M, Ulloa R., Valencia y Madsen J.E. (1995). *A floristic analysis of the high andes of Ecuador*. Biodiversity and Conservation Neotropical Montane Forest. The New York Botanical Garden.U.S.A.
- Kahkonen, M., Hopia, A. y Heinonen, M. (2001). *Berry phenolics and their antioxidant activity*. J. Agric. Food Chem., 49: 4076-4082  
Recuperado el 20 de octubre de <http://pubs.acs.org/journal/jafcau>
- León-Yáñez, S. (2000). *La Flora de los Páramos Ecuatorianos*. En La Biodiversidad de los Páramos. Serie Páramo 7. Quito, Ecuador: GTP/Abya Yala.
- Llambi, L., Sofo-W, A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B. y Borja, P. (2012). *Ecología, hidrología y suelos de páramos*. Ecuador.
- Luteyn, J. L. y P. Pedraza-Peñalosa. (2012). *Blueberry relatives of the New World tropics (Ericaceae)*. The New York Botanical Garden. New York, U.S.A. Recuperado el 5 agosto de 2015 de <http://sweetgum.nybg.org/ericaceae/index.php>
- Margalef, R. (1982). *Ecología*. Barcelona, España.
- Martinez, J. y Guerrero, J. (2011). *Hongos benéficos controlan patógenos y promueven crecimiento*. México. Recuperado el 3 de noviembre 2015 de <http://www.hortalizas.com/cultivos/chiles-pimientos/hongos-beneficos-controlan-patogenos-y-promueven-crecimiento/>
- Ministerio del Ambiente. (s.f). *Parque Nacional Cotopaxi*. Ecuador. Recuperado el 1 de noviembre de 2015 de <http://www.ambiente.gob.ec/parque-nacional-cotopaxi/>
- Morales, A. (2002-2011). *Frutoterapia, nutrición y salud Plus Vitae*. Madrid, España: EDAF del Plata.
- Nieto, C. y Estrella, J. (2000). *La agrobiodiversidad en los ecosistemas de páramo: una primera aproximación a su inventario y su situación*

*actual*. En La Biodiversidad de los Páramos. Serie Páramo 7. Quito, Ecuador: Abya Yala.

Noboa, V. (2010). *Efecto de seis tipos de sustratos y tres dosis de ácido naftalenacético en la propagación vegetativa del mortiño (Vaccinium floribundum)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales Escuela de Ingeniería Forestal, Riobamba-Ecuador. Recuperado el 6 de septiembre de 2015 de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/713/1/33T0067%20Noboa%20Vilma.pdf>

Odum, E. (1995). *Ecología: vínculo entre las ciencias naturales y las sociales*. México.

Orberá, T., Pérez, I., Ferrer, D., Cortés, N. y González, Z. (2005). *Aislamiento de cepas del género Bacillus sp. con potencialidades para la bioprotección y la estimulación del crecimiento vegetal*. Santiago de Cuba, Cuba. Recuperado el 10 de octubre de 2015 [https://www.researchgate.net/publication/230079187\\_AISLAMIENTO\\_DE\\_CEPAS\\_DEL\\_GENERO\\_BACILLUS\\_SP\\_PARA\\_LA\\_BIOPROTECCION\\_Y\\_LA\\_ESTIMULACION\\_DEL\\_CRECIMIENTO\\_VEGETAL](https://www.researchgate.net/publication/230079187_AISLAMIENTO_DE_CEPAS_DEL_GENERO_BACILLUS_SP_PARA_LA_BIOPROTECCION_Y_LA_ESTIMULACION_DEL_CRECIMIENTO_VEGETAL)

Ordarza, R. (2012). *Ecología: el hombre y su ambiente*. México: Trillas.

Parr, A. y Bolwell, G. (2008). *Phenols in the plants and in man. The potencial for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile*. J. Sci. Food Agric., 80:985-101. Recuperado el 11 de agosto de 2015 de [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1097-0010](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1097-0010)

Potash & Phosphate Institute INPOFOS. (1997). *Manual Internacional de Fertilizada de suelos*. Estados Unidos de Norteamérica.

Prior, R., Gao, G., Martin, A., Sofic, E., McEwen, J., O'Brien, C., et al. (1998). *Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of Vaccinium species*. Journal of

Agricultural and Food Chemistry, 46(7):2686-2693. Recuperado el 25 de octubre de <http://pubs.acs.org/journal/jafcau>

Podwojewski, P. y Poulénard, J. (2000). *Los Suelos de los Páramos del Ecuador*. En Los suelos del Páramo. Serie Páramo 5. Quito, Ecuador: Abya Yala.

Ramírez, M. y D. Williams. (2003). *Guía Agroculinaria de Cotacachi, Ecuador y alrededores*. Cali, Colombia: IPGRI-Américas. Recuperado el 19 de agosto de 2015 de [ftp://www.bgbd.net/ipgri/Agroturismo/GUIA\\_AGROCULINARIA.PDF](ftp://www.bgbd.net/ipgri/Agroturismo/GUIA_AGROCULINARIA.PDF)

Rojano, B., Gaviria, C. y Saez, J. (2008). *Determinación de la actividad antioxidante de un modelo de peroxidación lipídica de mantequilla inhibida por el isoespintanol*. Vitae. 15 (2): 1-9. Recuperado el 19 de agosto de 2015 de <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/vitae>.

Samo, A., Garmendia, A. y Delgado, J. (2008). *Introducción Práctica a la Ecología*. Madrid, España.

Sánchez, M. (2004). *Microbiología de Suelos, Técnicas, métodos y medios de cultivo*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Recuperado el 28 de septiembre de 2015 de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Microbiologia%20de%20suelos.pdf>

SICA. (2001). Servicio de Información y Censo Agropecuario del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. *Mortiño*.

Smith, T. y Smith, R. (2007). *Ecología*. (6ta edición). Madrid, España: Pearson Educación S.A.

Terrádez, M. (s.f). *Análisis de Conglomerados*. Universitat Oberta de Catalunya. España. Recuperado el 9 de noviembre de 2015 de <http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Cluster.pdf>

- Torres, M. y Trujillo D. (2010) *Cultivo in vitro del mortiño (Vaccinium floribundum)*. Laboratorio de Biotecnología Vegetal, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- USDA. (2010). *National nutrient database for standard reference*. Recuperado el 4 de septiembre de 2015 de <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2184?fg=&man&facet=&count=&max=&sort=&qlookup=&offset=&format=Stat&new=>
- Vargas, M. (2002). *Ecología y biodiversidad del Ecuador*. Ecuador.
- Vasco, C. (2009). *Phenolic compounds in ecuadorian fruits*. Tesis Doctoral, Faculty of Natural Resources and Agricultural Science Department of Food Science. Uppsala. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Science. Recuperado el 28 de agosto de 2015 de <https://core.ac.uk/download/files/385/11695420.pdf>
- Vasco, C., Rihinen, K., Ruales, J. y Kamal-Eldin, A. (2009). *Chemical composition and phenolic compound profile of mortiño (Vaccinium floribundum)*. J. Agric. Food Chem, 57:8274-8281. Recuperado el 10 de octubre de 2015 de <http://pubs.acs.org/journal/jafcau>.
- Yáñez, P. (2014). *Ecología y biodiversidad: un enfoque desde el neotrópico*. Universidad Iberoamericana del Ecuador. Quito, Ecuador.

## **ANEXOS**

**Anexo 1. Temperatura y Humedad Relativa en el interior de arvenses del páramo del volcán Rumiñahui, 2014-2015**

Mes	Semana	Temperatura vegetación			Promedio Humedad Relativa
		Prom	max	min	
Oct (29,30,31)-Nov (1,2)	44	8.72	14.24	2.80	99.33
Nov	45	8.25	13.09	3.20	98.99
Nov	46	7.56	12.73	2.74	99.36
Nov	47	8.65	12.53	5.82	99.52
Nov	48	8.92	13.88	6.08	99.85
Dic	49	8.90	13.26	6.41	99.93
Dic	50	8.32	13.33	1.86	97.84
Dic	51	7.99	14.91	1.26	99.70
Dic	52	8.47	12.85	5.33	100.00
Dic-Ene	1	8.15	13.86	6.33	100.00
Ene	2	8.04	13.79	4.87	100.00
Ene	3	8.59	14.31	5.44	100.00
Ene	4	8.01	11.78	5.05	100.00
Ene-Feb	5	8.64	13.79	6.10	100.00
Feb	6	8.81	13.57	6.15	100.00
Feb	7	9.32	13.64	7.02	100.00
Feb	8	9.11	17.18	1.26	99.50
Feb-Mar	9	8.71	15.15	4.84	99.99
Mar	10	9.17	17.01	4.92	99.94
Mar	11	9.21	14.84	6.20	99.99
Mar	12	8.85	14.12	4.97	100.00
Mar	13	8.35	13.91	2.66	100.00
Mar-Abr	14	8.53	12.97	5.13	100.00
Abr	15	8.64	13.91	5.49	100.00
Abr	16	7.92	12.61	4.82	100.00
Abr	17	8.55	13.52	6.51	100.00
Abr-May	18	8.30	11.57	5.00	100.00
May	19	8.51	14.15	5.75	100.00
May	20	8.69	14.27	6.20	100.00
May	21	8.20	12.68	5.51	100.00
May	22	7.90	12.61	5.28	100.00
Jun	23	8.04	13.19	5.59	100.00
Jun	24	7.99	12.29	5.57	100.00
Jun	25	8.01	13.45	5.28	100.00
Jun	26	7.50	13.09	5.00	100.00
Jun-Jul	27	8.73	15.89	4.97	100.00
Jul (del 6 al 11)	28	8.41	12.80	6.15	100.00

**Anexo 2. Temperatura y Humedad Relativa sobre especies arvenses del páramo del volcán Rumiñahui, 2014-2015**

Mes	Semana	Temperatura vegetación			Promedio Humedad Relativa
		Prom	max	min	
Oct (29,30,31)-Nov (1,2)	44	8.36	15.51	2.58	90.21
Nov	45	7.89	16.92	3.14	96.52
Nov	46	7.02	14.24	2.40	87.84
Nov	47	7.66	12.97	4.14	96.05
Nov	48	7.98	15.20	4.51	98.26
Dic	49	7.86	16.13	4.09	96.37
Dic	50	7.83	14.67	0.08	90.70
Dic	51	7.34	17.03	-0.87	92.52
Dic	52	7.84	15.06	3.27	94.60
Dic-Ene	1	7.11	13.16	4.38	98.68
Ene	2	7.69	16.53	3.01	90.97
Ene	3	7.65	15.32	3.83	96.01
Ene	4	6.85	12.85	3.41	99.82
Ene-Feb	5	7.63	13.52	4.25	99.25
Feb	6	7.83	15.39	4.01	95.70
Feb	7	8.36	15.58	5.39	96.61
Feb	8	8.70	17.32	2.24	90.58
Feb-Mar	9	7.92	16.32	3.67	97.45
Mar	10	8.57	17.80	3.83	96.77
Mar	11	8.75	16.63	5.41	94.87
Mar	12	7.42	13.16	3.83	99.03
Mar	13	7.54	15.99	3.20	98.72
Mar-Abr	14	7.70	13.28	4.35	100.00
Abr	15	8.10	14.58	4.97	99.11
Abr	16	7.39	15.15	3.91	99.98
Abr	17	8.07	16.70	5.33	98.69
Abr-May	18	7.95	16.99	4.19	98.19
May	19	8.17	16.44	4.69	95.57
May	20	8.15	15.34	5.10	96.72
May	21	8.03	17.51	4.25	97.04
May	22	7.30	13.79	4.06	99.94
Jun	23	7.94	15.65	4.35	91.96
Jun	24	7.53	15.18	4.40	99.40
Jun	25	8.22	16.42	4.12	89.21
Jun	26	7.57	16.39	3.06	89.53
Jun-Jul	27	8.75	18.27	3.04	87.49
Jul (del 6 al 11)	28	7.85	14.31	5.15	97.15

### Anexo 3. Identificación y Número de especies en cuadrantes

Especie	Familia	Cuadrantes						Promedio Ind/cuadr	Clasificación
		C15	C25	C30	C32	C49	C83		
<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	Ericaceae	15	17	16	26	14	19	18	Dicotiledónea
<i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC.	Ericaceae	16	10	11	22	30	15	17	Dicotiledónea
<i>Hypericum laricifolium</i> Juss.	Hypericaceae	14	24	19	25	20	15	20	Dicotiledónea
<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl) Steud.	Poaceae	23	49	49	37	60	27	41	Monocotiledónea
<i>Carex jamesonii</i> Boott	Cyperaceae	23	14	21	22	63	18	27	Monocotiledónea
<i>Cortaderia nitida</i> (Kunth) Pilg.	Poaceae	8	4	0	3	0	1	3	Monocotiledónea
<i>Brachyotum ledifolium</i> (Desr.) Triana	Melastomataceae	3	7	6	6	9	3	6	Dicotiledónea
<i>Gynoxys buxifolia</i> (Kunth) Cass	Asteraceae	14	2	1	6	6	2	5	Dicotiledónea
<i>Baccharis macrantha</i> Kunth	Asteraceae	0	1	2	1	1	4	2	Dicotiledónea
<i>Monnina crassifolia</i> (Bonpl.) Kunth	Polygalaceae	7	10	9	3	6	3	6	Dicotiledónea
<i>Pentacalia arbutifolia</i> (Kunth) Cuatrec.	Asteraceae	17	13	0	6	0	3	7	Dicotiledónea
<i>Diplostegium ericoides</i> (Lam.) Cabrera	Asteraceae	7	3	0	0	4	0	2	Dicotiledónea
<i>Hesperomeles ferruginea</i> (Pers.) Benth.	Rosaceae	1	2	2	1	0	1	1	Dicotiledónea
<i>Baccharis buxifolia</i> (Lam.) Pers.	Asteraceae	2	1	0	0	1	1	1	Dicotiledónea
<i>Valeriana microphylla</i> Kunth	Caprifoliaceae	1	8	4	8	17	3	7	Dicotiledónea
<i>Lycopodium clavatum</i> L.	Lycopodiaceae	5	20	0	0	0	26	9	Pteridophyta
<i>Equisetum bogotense</i> Kunth	Equisetaceae	0	0	20	9	5	4	6	Pteridophyta
<i>Bidens andicola</i> Kunth	Asteraceae	4	10	1	0	2	6	4	Dicotiledónea
<i>Geranium reptans</i> R. Knuth	Geraniaceae	1	3	0	4	0	4	2	Dicotiledónea
<i>Lachemilla vulcanica</i> (Schltdl. & Cham.) Rydb.	Rosaceae	0	9	0	15	5	17	8	Dicotiledónea
<i>Hydrocotyle bonplandii</i> A. Rich.	Araliaceae	4	6	0	5	2	3	3	Dicotiledónea
<i>Azorella pedunculata</i> (Spreng.) Mathias & Constance	Apiaceae	3	3	2	4	2	2	3	Dicotiledónea
<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav.) Rydb.	Rosaceae	12	6	0	1	4	1	4	Dicotiledónea
<i>Lachemilla hirta</i> (L.M. Perry) Rothm.	Rosaceae	12	29	0	8	10	17	13	Dicotiledónea
<i>Galium pseudotriflorum</i> Dempster & Ehrend.	Rubiaceae	5	11	0	0	8	0	4	Dicotiledónea
<i>Galium hypocarpium</i> (L.) Endl. ex Griseb.	Rubiaceae	1	2	0	0	1	0	1	Dicotiledónea
<i>Vicia andicola</i> Kunth	Fabaceae	1	1	0	1	3	4	2	Dicotiledónea
<i>Hieracium frigidum</i> Wedd.	Asteraceae	12	12	7	15	6	5	10	Dicotiledónea
<i>Elaphoglossum engelii</i> (H. Karst.) Christ	Dryopteridaceae	2	0	4	0	0	10	3	Pteridophyta
<i>Acaena elongata</i> L.	Rosaceae	6	1	0	0	0	2	2	Dicotiledónea
<i>Berberis pichinchensis</i> Turcz.	Berberidaceae	1	0	0	3	9	2	3	Dicotiledónea
<i>Dorobaea pimpinellifolia</i> (Kunth) B. Nord.	Asteraceae	0	1	0	2	0	1	1	Dicotiledónea
<i>Bomarea caldasii</i> (Kunth) Asch. & Graebn.	Alstroemeriaceae	0	0	2	5	1	4	2	Monocotiledónea
<i>Polystichum orbiculatum</i> (Desv.) J. Rémy & Fée	Dryopteridaceae	0	0	1	3	0	2	1	Pteridophyta
<i>Tanacetum parthenium</i> (L.) Sch. Bip.	Asteraceae	0	0	0	4	0	5	2	Dicotiledónea
<i>Halenia weddelliana</i> Gilg	Gentianaceae	2	8	6	11	3	11	7	Dicotiledónea
<i>Bartsia laticrenata</i> Benth.	Orobanchaceae	4	2	5	2	3	4	3	Dicotiledónea
<i>Castilleja pumila</i> (Benth.) Wedd.	Orobanchaceae	3	0	0	4	1	2	2	Dicotiledónea
<i>Rubus glabratus</i> Kunth	Rosaceae	0	2	0	1	1	1	1	Dicotiledónea
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.	Caryophyllaceae	1	0	0	2	2	0	1	Dicotiledónea
<i>Gynoxys acostae</i> Cuatrec.	Asteraceae	2	1	2	0	0	3	1	Dicotiledónea
<i>Rhynchospora macrochaeta</i> Steud. ex Boeckeler	Cyperaceae	11	6	10	9	27	8	12	Monocotiledónea

## Anexo 4. Altura de arvenses

Especies	Cuadrante 15			Cuadrante 25			Cuadrante 30			Cuadrante 32			Cuadrante 49			Cuadrante 83			PROME DIO
	A1	A2	Promedio	A1	A2	Promedio	A1	A2	Promedio	A1	A2	Promedio	A1	A2	Promedio	A1	A2	Promedio	
<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	1	1,2	1,1	0,5	0,6	0,53	0,85	1	0,93	0,9	1	0,95	0,6	0,9	0,75	0,83	0,9	0,87	0,853
<i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC.	0,6	0,5	0,55	0,7	0,8	0,75	0,65	1	0,83	0,4	0,65	0,53	0,7	0,77	0,74	0,43	0,7	0,57	0,658
<i>Hypericum laricifolium</i> Juss.	1,4	1,5	1,45	1,47	1,6	1,55	1,6	1,73	1,67	1	1,5	1,25	1,66	1,7	1,68	1,17	1,3	1,24	1,472
<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl) Steud.	0,9	1,5	1,2	1,1	1,2	1,13	1,1	1,25	1,18	1,2	1,1	1,15	1	1,2	1,1	1,07	1,1	1,09	1,139
<i>Carex jamesonii</i> Boott	0,9	1	0,95	1,1	0,8	0,95	0,9	1,1	1	0,7	0,9	0,8	0,9	1	0,95	0,8	0,7	0,75	0,900
<i>Cortaderia nitida</i> (Kunth) Pilg.	1,07	1,2	1,14	1,45	1,2	1,33				1,1	1	1,05				0,9		0,9	1,103
<i>Brachyotum ledifolium</i> (Desr.) Triana	1,86	1	1,43	0,9	1,5	1,18	2,8	2,3	2,55	1,3	1,4	1,35	2,2	2,5	2,35	1,38	0,76	1,07	1,654
<i>Gynoxys buxifolia</i> (Kunth) Cass	1,8	1,1	1,45	1,4	1,6	1,50	2,17		2,17	1,8	1,67	1,74	1,6	1,78	1,69	1,1	1,15	1,13	1,611
<i>Baccharis macrantha</i> Kunth				1,4		1,4	1,4	1,2	1,3	1,5		1,5	1,67		1,67	1,6	1,5	1,55	1,484
<i>Monnina crassifolia</i> (Bonpl.) Kunth	1,4	0,9	1,15	1,3	1,2	1,23	0,6	0,75	0,68	1,3	0,48	0,89	1,4	1,95	1,68	1,3	1,5	1,4	1,169
<i>Pentacalia arbutifolia</i> (Kunth) Cuatrec.	0,8	1	0,9	1,8	1,8	1,8				0,9	0,63	0,77				1,2	1,17	1,19	1,163
<i>Diplostegium ericoides</i> (Lam.) Cabrera	1,07	1	1,04	1,25	0,8	1,01							1,1	1,8	1,45				1,163
<i>Hesperomeles ferruginea</i> (Pers.) Benth.	1,8		1,8	0,8	1	0,9	0,9	0,5	0,7	0,7		0,7				1,16		1,16	1,052
<i>Baccharis buxifolia</i> (Lam.) Pers.	1,5	1,3	1,4	1,15		1,15						1,5		1,5	0,95			0,95	1,250
<i>Valeriana microphylla</i> Kunth	1,2	1	1,1	1,2	1,1	1,15	0,9	1,2	1,05	1,2	1,1	1,15	1,15	1,45	1,3	1	0,94	0,97	1,120
<i>Lycopodium clavatum</i> L.	0,18	0,12	0,15	0,2	0,3	0,25										0,3	0,26	0,28	0,227
<i>Equisetum bogotense</i> Kunth							0,7	0,54	0,62	0,5	0,4	0,45	0,17	0,25	0,21	0,35	0,32	0,34	0,404
<i>Bidens andicola</i> Kunth	0,5	0,3	0,4	0,15	0,2	0,18	0,2		0,2				0,3	0,26	0,28	0,5	0,45	0,48	0,306
<i>Geranium reptans</i> R. Knuth	0,1		0,1	0,09	0,1	0,10				0,18	0,2	0,19				0,12	0,16	0,14	0,131
<i>Lachemilla vulcanica</i> (Schtdl. & Cham.) Rydb.				0,05	0,1	0,06				0,15	0,2	0,18	0,1	0,12	0,11	0,11	0,1	0,11	0,113
<i>Hydrocotyle bonplandii</i> A. Rich.	0,14	0,12	0,13	0,04	0,1	0,05				0,05	0,07	0,06	0,08	0,06	0,07	0,2	0,15	0,18	0,080
<i>Azorella pedunculata</i> (Spreng.) Mathias & Constance	0,05	0,03	0,04	0,05	0,1	0,05	0,01	0,03	0,02	0,05	0,06	0,06	0,05	0,08	0,07	0,06	0,04	0,05	0,047
<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav.) Rydb.	0,15	0,1	0,13	0,05	0,1	0,06				0,14		0,14	0,12	0,15	0,14	0,06	0,1	0,08	0,108
<i>Lachemilla hirta</i> (L.M. Perry) Rothm.	0,15	0,2	0,18	0,06	0,1	0,08				0,12	0,18	0,15	0,16	0,15	0,16	0,45	0,26	0,36	0,183
<i>Galium pseudotriflorum</i> Dempster & Ehrend.	0,13	0,15	0,14	0,17	0,2	0,16							0,2	0,3	0,25				0,092
<i>Galium hypocarpium</i> (L.) Endl. ex Griseb.	1		1	0,3	0,3	0,28							0,35		0,35				0,543
<i>Vicia andicola</i> Kunth	0,2		0,2	0,11		0,11				0,16	0,18	0,17	0,13	0,2	0,17	0,16	0,2	0,18	0,138
<i>Hieracium frigidum</i> Wedd.	0,02	0,02	0,02	0,03	0	0,03	0,01	0,01	0,01	0,07	0,03	0,05	0,07	0,03	0,05	0,11	0,05	0,08	0,039
<i>Elaphoglossum engelii</i> (H. Karst.) Christ	0,12	0,17	0,15				0,5	0,4	0,45							0,16	0,2	0,18	0,258
<i>Acaena elongata</i> L.	0,6	0,72	0,66	0,56		0,56										0,6	0,8	0,7	0,640
<i>Berberis pichinchensis</i> Turcz.	0,17		0,17							0,07	0,1	0,09	0,08	0,1	0,09	0,15	0,1	0,13	0,078
<i>Dorobaea pimpinellifolia</i> (Kunth) B. Nord.				0,22		0,11				0,16	0,1	0,13				0,1		0,1	0,113
<i>Bomarea caldasii</i> (Kunth) Asch. & Graebn.							0,24	0,9	0,57	0,17	0,25	0,21	0,1		0,1	0,14	0,18	0,16	0,260
<i>Polystichum orbiculatum</i> (Desv.) J. Rémy & Fée							0,55		0,55	0,8	0,5	0,65				0,55	0,65	0,6	0,300
<i>Tanacetum parthenium</i> (L.) Sch. Bip.										0,07	0,05	0,06				0,09	0,12	0,11	0,083
<i>Halenia weddelliana</i> Gilg	0,1	0,13	0,12	0,15	0,2	0,18	0,11	0,8	0,46	0,8	0,6	0,7	0,11	0,8	0,46	0,12	0,1	0,11	0,335
<i>Bartsia laticrenata</i> Benth.	0,2	0,28	0,24	0,26	0,3	0,27	0,29	0,33	0,31	0,3	0,26	0,28	0,16	0,2	0,18	0,35	0,33	0,34	0,270
<i>Castilleja pumila</i> (Benth.) Wedd.	0,3	0,36	0,33							0,25	0,28	0,27	0,15		0,15	0,16	0,2	0,18	0,231
<i>Rubus glabratus</i> Kunth							0,34	0,4	0,37	0,29		0,29	0,32		0,32	0,26		0,26	0,310
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.	0,6		0,6							0,33	0,36	0,35	0,41	0,35	0,38				0,442
<i>Gynoxys acostae</i> Cuatrec.	1,2	0,8	1	0,9		0,9	1,1	1	1,05							0,9	1,05	0,98	0,654
<i>Rhynchospora macrochaeta</i> Steud. ex Boeckeler	0,7	0,6	0,65	0,8	0,7	0,75	0,7	0,9	0,8	0,9	1	0,95	1	1,1	1,05	0,9	0,7	0,8	0,833

## Anexo 5. Características físicas del suelo: textura

<b>Muestra</b>	<b>Arena (%)</b>	<b>Limo (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>Clase Textural</b>
C15	66	30	4	FoAo
C25	68	26	6	FoAo
C30	66	28	6	FoAo
C32	68	26	6	FoAo
C49	66	28	6	FoAo
C83	68	28	4	FoAo

**FoAo: Franco Arenoso**

## Anexo 6. Conductividad Eléctrica

<b>Muestra</b>	<b>Conductividad Eléctrica (ds/m)</b>
C15 (Cuadrante 1)	0,227
C25 (Cuadrante 2)	0,176
C30 (Cuadrante 3)	0,175
C32 (Cuadrante 4)	0,194
C49 (Cuadrante 5)	0,195
C83 (Cuadrante 6)	0,158

## **Anexo 7. Datos Generales de las muestras de suelo**

Tipo de Muestra: Suelo
Cultivo: Mortiño Silvestre
Provincia: Pichincha
Cantón: Mejía
Parroquia: El Chaupi
Muestreado por: Renata Hidalgo, Wilson Vásquez
Fecha de muestreo: 26/Abr/2015
Fecha de recepción de la muestras: 5/May/2015
Conservación de la muestras: Sitio aireado, sin contacto directo con el sol
Fecha de Inicio de análisis: 5/May/2015
Fecha de Finalización de análisis: 8/May/2015

### Anexo 8. Resultados análisis de suelo Cuadrante 1

<b>Código de muestra</b>	<b>Identificación de Campo de la Muestra</b>	<b>Parámetro Analizado</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
C1	1	pH	Potenciométrico	...	5,90
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	5,67
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0,28
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	4.83
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	0,18
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	5,49
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	1,51
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	750,8
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	27,28
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	3.15
		Zinc	Absorción Atómica	ppm	4.17

## Anexo 9. Resultados análisis de suelo Cuadrante 2

<b>Código de muestra</b>	<b>Identificación de Campo de la Muestra</b>	<b>Parámetro Analizado</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
C2	1	pH	Potenciométrico	...	5,98
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	5,19
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0,26
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	6.53
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	0,20
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	6,30
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	1.54
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	707,0
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	24,66
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	3,60
		Zinc	Absorción Atómica	ppm	3,44

### Anexo 10. Resultados análisis de suelo Cuadrante 3

<b>Código de muestra</b>	<b>Identificación de Campo de la Muestra</b>	<b>Parámetro Analizado</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
C3	1	pH	Potenciométrico	...	5,90
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	5,56
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0,28
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	7.00
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	0,21
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	5,19
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	1,25
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	728,9
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	20,65
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	3,90
		Zinc	Absorción Atómica	ppm	3,93

### Anexo 11. Resultados análisis de suelo Cuadrante 4

<b>Código de muestra</b>	<b>Identificación de Campo de la Muestra</b>	<b>Parámetro Analizado</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
C4	1	pH	Potenciométrico	...	5,99
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	5,38
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0,27
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	10.3
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	0,21
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	4,90
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	1,25
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	750,4
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	19,39
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	3,86
		Zinc	Absorción Atómica	ppm	3,25

## Anexo 12. Resultados análisis de suelo Cuadrante 5

<b>Código de muestra</b>	<b>Identificación de Campo de la Muestra</b>	<b>Parámetro Analizado</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
C5	1	pH	Potenciométrico	...	5,95
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	5,67
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0,28
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	5.5
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	0,23
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	6,35
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	1,53
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	706,4
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	26,11
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	3,70
		Zinc	Absorción Atómica	ppm	4,68

**Anexo 13. Resultados análisis de suelo Cuadrante 6**

<b>Código de muestra</b>	<b>Identificación de Campo de la Muestra</b>	<b>Parámetro Analizado</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
C6	1	pH	Potenciométrico	...	6,02
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	5,60
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0,28
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	6.4
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	0,19
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	6,29
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	1,42
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	754,0
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	19,39
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	4,21
		Zinc	Absorción Atómica	ppm	3,94

### Anexo14. Matrices de ufc/gsuelo de *Bacillus* sp. en suelo y raíz

<b>Bacillus sp. en suelo</b>					
Cuadrantes	R1	R2	R3	Promedio	ufc/gsuelo
1	38	41	55	44,67	44666,67
2	10	46	31	29,00	29000,00
3	44	67	46	52,33	52333,33
4	48	41	35	41,33	41333,33
5	102	117	94	104,33	104333,33
6	55	79	54	62,67	62666,67

<b>Bacillus sp. en raíz</b>					
Cuadrantes	R1	R2	R3	Promedio	ufc/gsuelo
1	42	32	44	39,33	39333,33
2	38	33	38	36,33	36333,33
3	55	87	69	70,33	70333,33
4	43	24	35	34,00	34000,00
5	19	10	18	15,67	15666,67
6	43	38	25	35,33	35333,33

Repeticiones	Tratamientos	ufc/gsuelo <i>Bacillus</i> sp. en suelo	ufc/gsuelo <i>Bacillus</i> sp. en raíz
1	1	38000	42000
1	2	10000	38000
1	3	44000	55000
1	4	48000	43000
1	5	102000	19000
1	6	55000	43000
2	1	41000	32000
2	2	46000	33000
2	3	67000	87000
2	4	41000	24000
2	5	117000	10000
2	6	79000	38000
3	1	55000	44000
3	2	31000	38000
3	3	46000	69000
3	4	35000	35000
3	5	94000	18000
3	6	54000	25000

**Anexo 15. Presencia (1) y Ausencia (0) de hongos en el suelo de los cuadrantes estudiados**

	<b>Cuadr. 1</b>	<b>Cuadr. 2</b>	<b>Cuadr. 3</b>	<b>Cuadr. 4</b>	<b>Cuadr. 5</b>	<b>Cuadr. 6</b>
<i>Trichoderma</i> sp.	1	1	1	1	1	1
<i>Verticillium</i> sp.	1	1	1	1	1	1
<i>Phacilomyces</i> sp.	1	1	1	1	1	1
<i>Periconia</i> sp.	1	0	0	0	0	0
<i>Cephalosporium</i> sp.	1	0	0	0	0	0
<i>Phialophora</i> sp.	1	1	0	1	1	1
<i>Fusarium</i> sp.	1	1	1	1	0	1
<i>Pyrenochaeta</i> sp.	1	0	0	0	0	0
<i>Pythium</i> sp.	1	1	1	1	1	1
<i>Cladosporium</i> sp.	0	1	1	0	0	1
<i>Mammaria</i> sp.	0	1	0	0	0	0
<i>Briosia</i> sp.	0	1	0	0	0	0
<i>Rhizoctonia</i> sp.	0	1	1	0	1	0
<i>Mucor</i> sp.	0	1	0	0	1	0
<i>Pithomyces</i> sp.	0	0	1	0	0	0
<i>Sporobolomyces</i> sp.	0	0	1	0	0	0
<i>Papulaspora</i> sp.	0	0	1	0	0	0
<i>Dematophora</i> sp.	0	0	1	1	0	0
<i>Penicillium</i> sp.	0	0	0	1	0	1
<i>Alternaria</i> sp.	0	0	0	0	0	1
<i>Colletotrichum</i> sp.	0	0	0	0	0	1
<i>Acremonium</i> sp.	0	0	0	0	0	1
<i>Gliocladium</i> sp.	0	0	0	0	0	1
<i>Chaetomium</i> sp.	0	0	0	0	0	1

## Anexo 16. Índice de biomasa

Índice de Biomasa de Especies/Cuadrante						
CUADRANTES	1	2	3	4	5	6
Vacc-flor	16,5	8,9	14,8	24,7	10,5	16,4
Pern-pros	8,8	7,5	9,1	11,6	22,1	8,5
Hyp-lari	20,3	37,2	31,6	31,3	33,6	18,5
Cala-inter	27,6	55,1	57,6	42,6	66,0	29,3
Carex-jame	21,9	13,3	21,0	17,6	59,9	13,5
Brachy-ledi	4,3	8,2	15,3	8,1	21,2	3,2
Gyn-buxi	20,3	3,0	2,2	10,4	10,1	2,3
Monn-crass	8,1	12,3	6,1	2,7	10,1	4,2
Vale-micro	1,1	9,2	4,2	9,2	22,1	2,9
Azor-pedun	0,1	0,2	0,0	0,2	0,1	0,1
Hiera-frig	0,2	0,3	0,1	0,8	0,3	0,4
Hale-wedd	0,2	1,4	2,7	7,7	1,4	1,2
Barts-latic	1,0	0,5	1,6	0,6	0,5	1,4
Rhyn-macr	7,2	4,5	8,0	8,6	28,4	6,4
Bacch-macra	0,0	1,4	2,6	1,5	1,7	6,2
Hesper-ferru	1,8	1,8	1,4	0,7	0,0	1,2
Bide-andi	1,6	1,8	0,2	0,0	0,6	2,9
Hydro-bonp	0,5	0,3	0,0	0,3	0,1	0,5
Lache-orbic	1,5	0,4	0,0	0,1	0,5	0,1
Lache-hirta	2,1	2,3	0,0	1,2	1,6	6,0
Vicia-andi	0,2	0,1	0,0	0,2	0,5	0,7
Corta-nit.	9,1	5,3	0,0	3,2	0,0	0,9
Penta-arbuti	15,3	23,4	0,0	4,6	0,0	3,6
Bacch-buxi	2,8	1,2	0,0	0,0	1,5	1,0
Equis-bogo	0,0	0,0	12,4	4,1	1,1	1,3
Gera-rept	0,1	0,3	0,0	0,8	0,0	0,6
Lache-vulca	0,0	0,5	0,0	2,6	0,6	1,8
Gal-pseu	0,7	1,8	0,0	0,0	2,0	0,0
Berb-pichin	0,2	0,0	0,0	0,3	0,8	0,3
Bom-cal	0,0	0,0	1,1	1,1	0,1	0,6
Casti-pumi	1,0	0,0	0,0	1,1	0,2	0,4
Rub-glabr	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3
Gyn-acost	2,0	0,9	2,1	0,0	0,0	2,9
Lyco-clav	0,8	5,0	0,0	0,0	0,0	7,3
Diplos-eri	7,2	3,0	0,0	0,0	5,8	0,0
Gal-hypo	1,0	0,6	0,0	0,0	0,4	0,0
Elap-enge	0,3	0,0	1,8	0,0	0,0	1,8

Aca-elong	4,0	0,6	0,0	0,0	0,0	1,4
Dorob-pimpi	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1
Polyst-orbic	0,0	0,0	0,6	2,0	0,0	1,2
Dry-cord	0,6	0,0	0,0	0,7	0,8	0,0
Tana-parth	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,5
<b>Índice de biomasa total/ cuadrante</b>	190,2	212,2	196,4	200,8	304,5	151,7
<b>Índice de Biomasa Dicotiledóneas/ Cuadrante</b>	123,5	129,0	93,9	121,9	149,1	89,3
<b>Índice de Biomasa Monocotiledóneas/Cuadrante</b>	65,7	78,2	87,7	72,9	154,3	50,7
<b>Índice de Biomasa Pteridophytas/Cuadrante</b>	1,0	5,0	14,8	6,0	1,1	11,6

**Anexo 17. Medidas de espesor de los horizontes identificables en el perfil del suelo ubicado bajo la planta de mortiño y fotografías**

- Todo el perfil 46cm
- Horizonte con raíces 21 cm
- Horizonte con materia orgánica 18cm



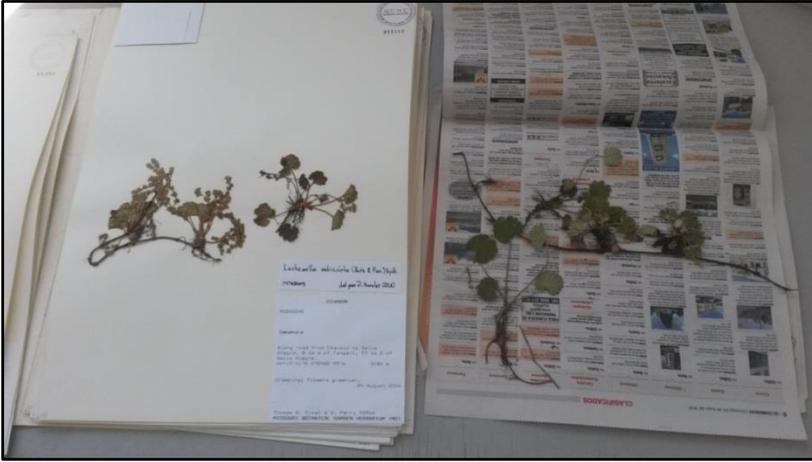


Perfil del suelo en barreno y medida del horizonte de materia orgánica

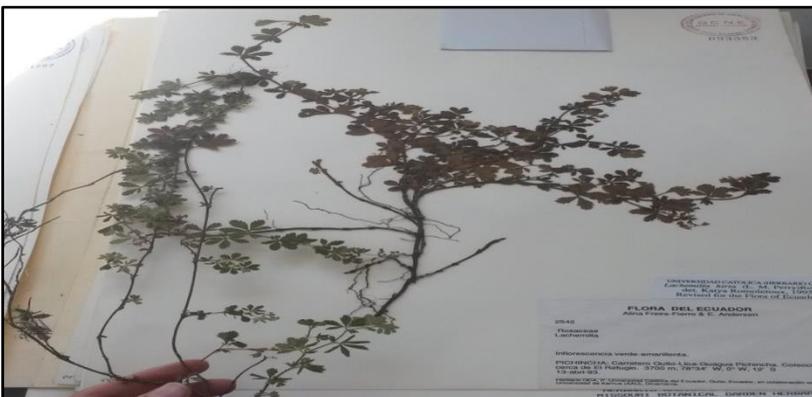
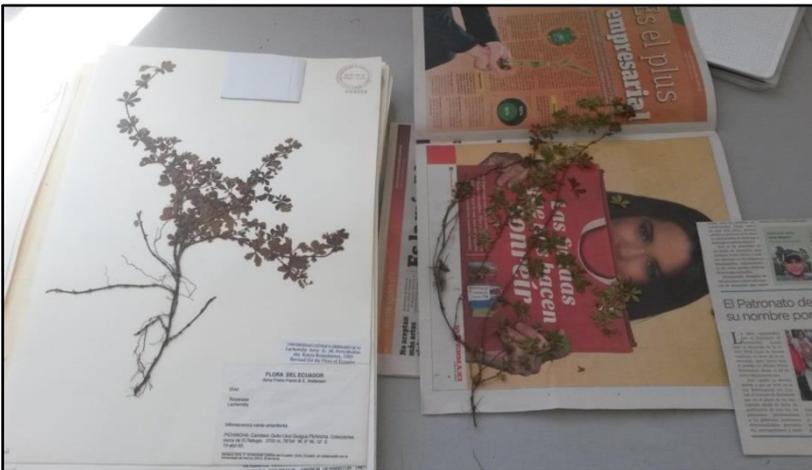


## Anexo 19. Arvenses identificadas

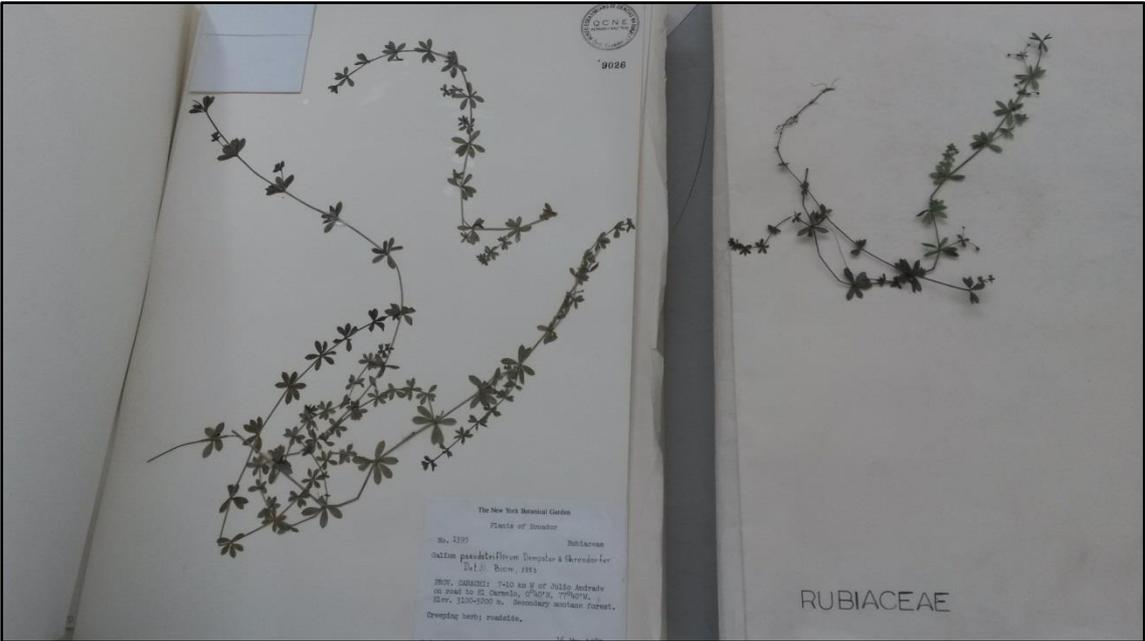
*Lachemilla orbiculata* (Ruiz & Pav.) Rydb.



*Lachemilla hirta* (L.M. Perry) Rothm.



*Galium pseudotriflorum* Dempster & Ehrend.



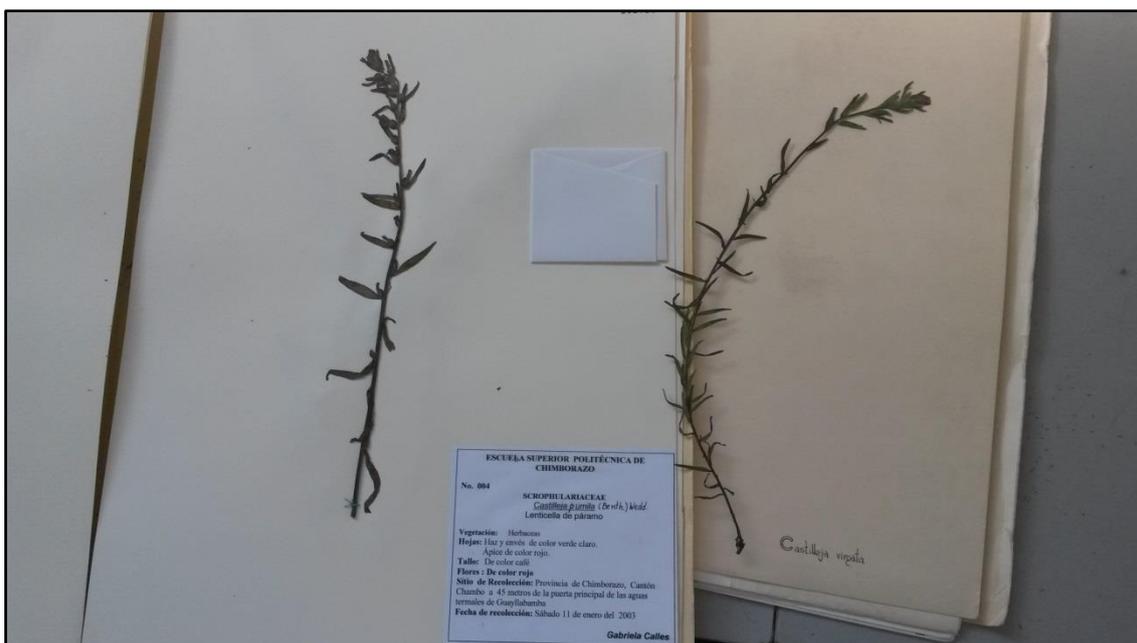
*Valeriana microphylla* Kunth



*Bomarea caldasii* (Kunth) Asch. & Graebn.



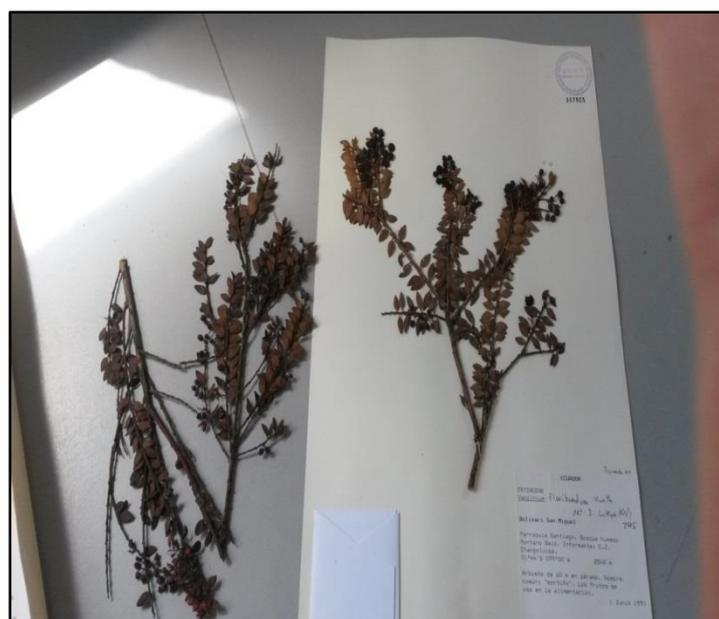
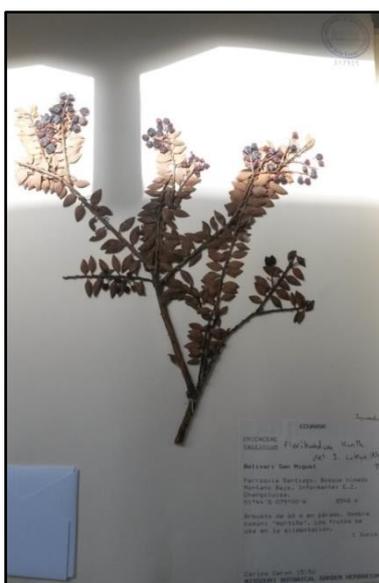
*Castilleja pumila* (Benth.) Wedd.



*Pernettya prostrata* (Cav.) DC.



*Vaccinium floribundum* Kunth



*Hypericum laricifolium* Juss.



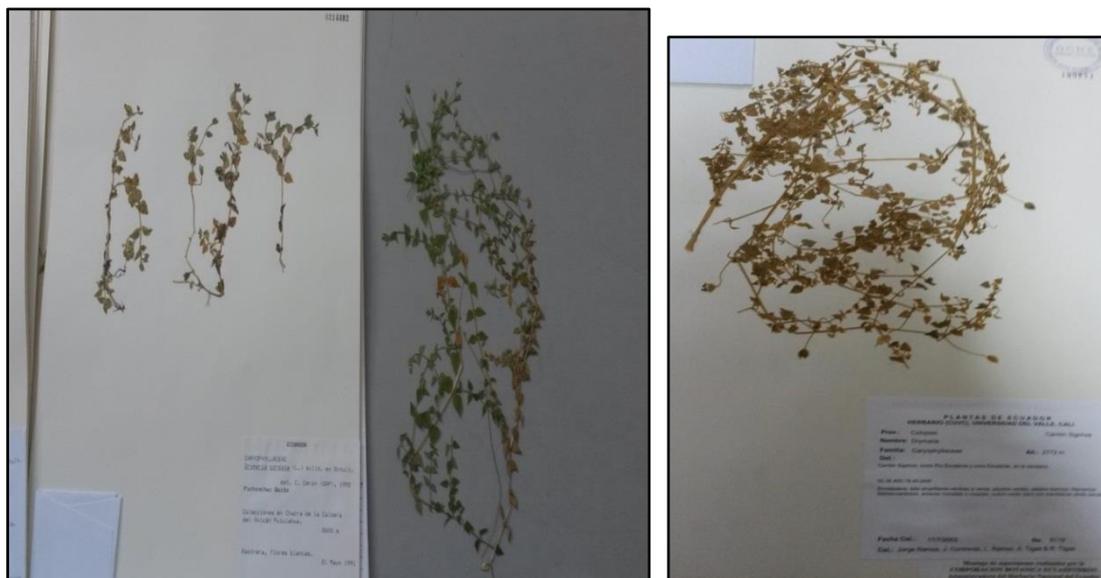
*Geranium reptans* R. Knuth



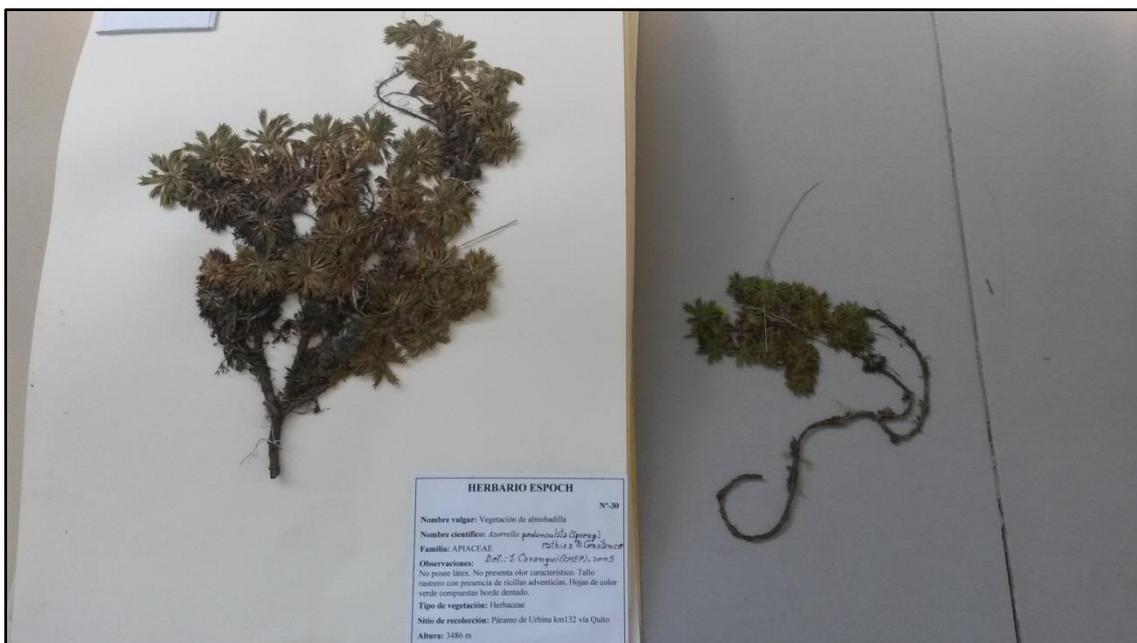
*Rubus glabratus* Kunth



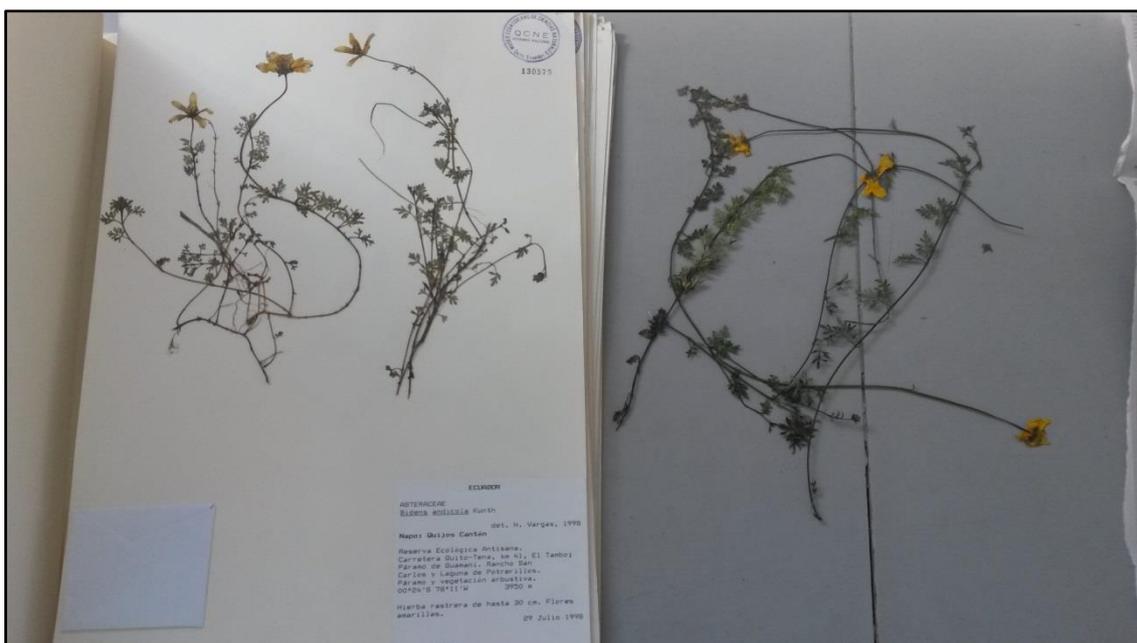
*Drymaria cordata* (L.) Willd. ex Schult.



*Azorella pedunculata* (Spreng.) Mathias & Constance



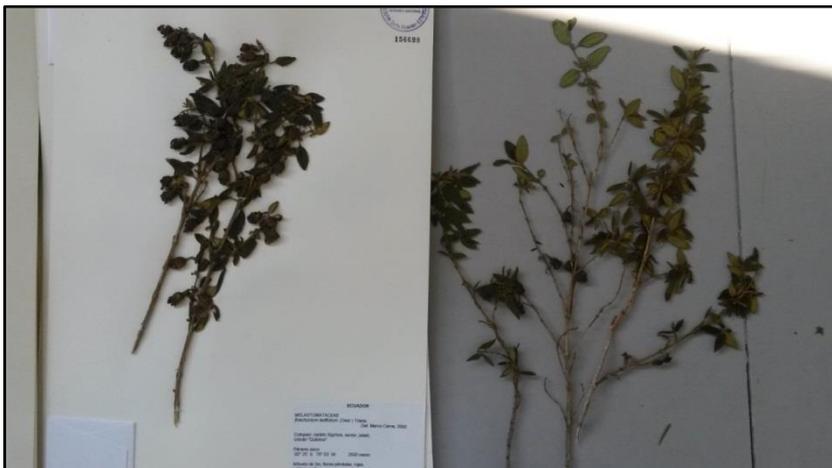
*Bidens andicola* Kunth



*Pentacalia arbutifolia* (Kunth) Cuatrec.



*Brachyotum ledifolium* (Desr.) Triana



*Gynoxys buxifolia* (Kunth) Cass



*Hieracium frigidum* Wedd.



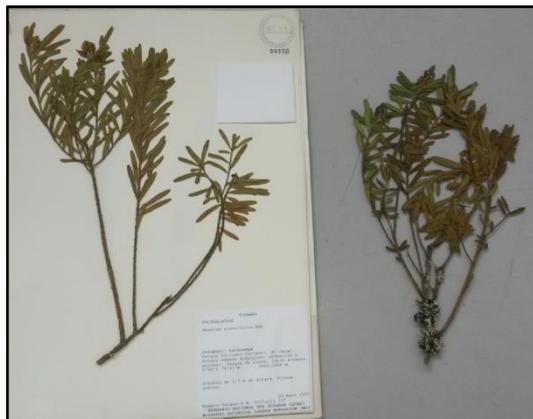
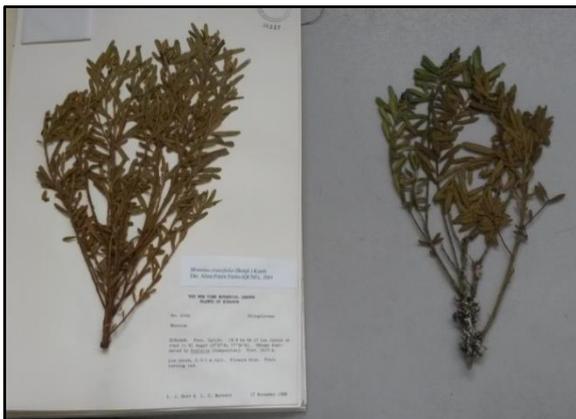
*Gynoxys acostae* Cuatrec.



*Hesperomeles ferruginea* (Pers.) Benth.



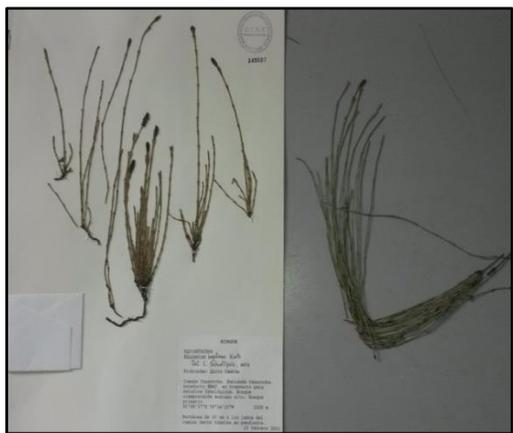
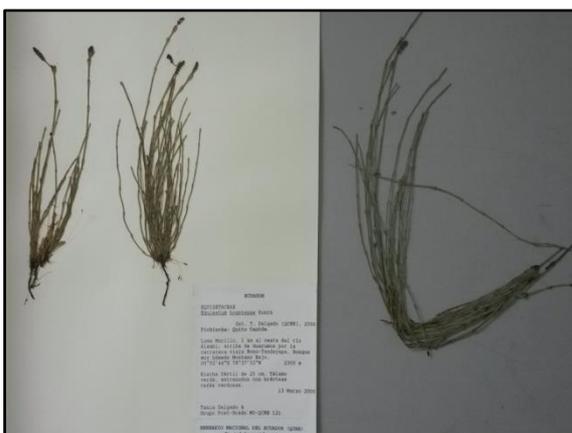
*Monnina crassifolia* (Bonpl.) Kunth



*Cortaderia nitida* (Kunth) Pilg.



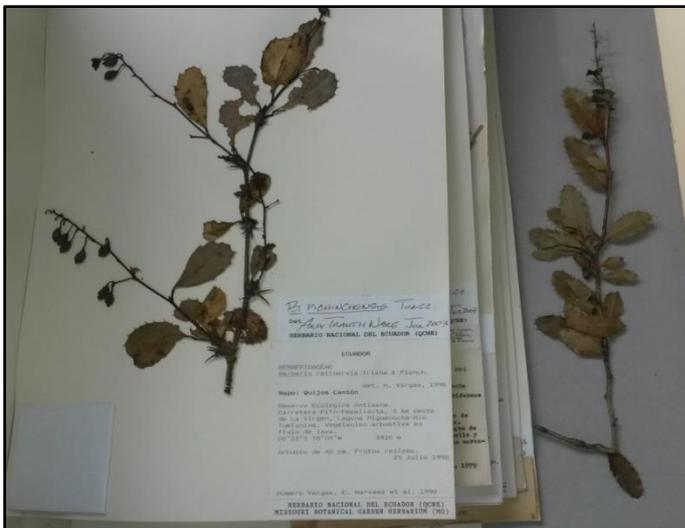
*Equisetum bogotense* Kunth



*Elaphoglossum engelii* (H. Karst.) Christ



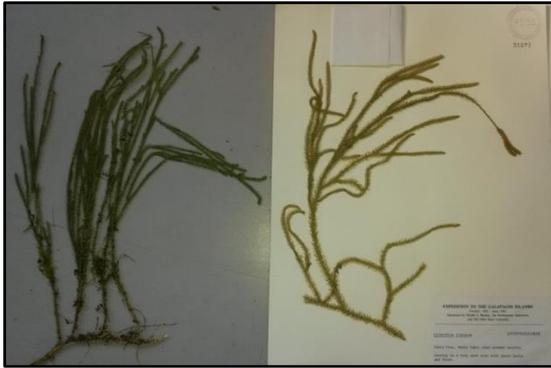
*Berberis pichinchensis* Turcz.



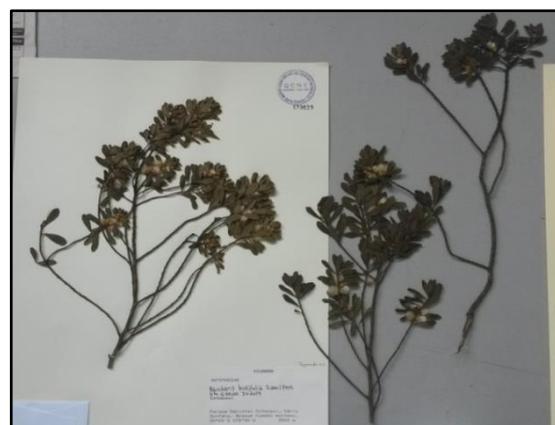
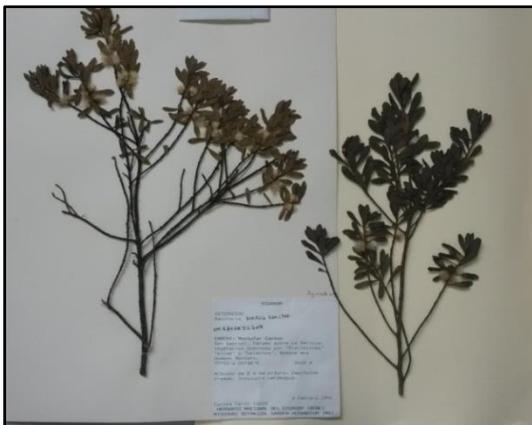
*Polystichum orbiculatum* (Desv.) J. Rémy & Fée



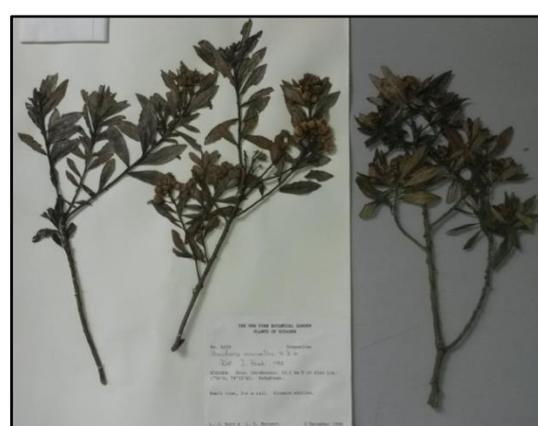
*Lycopodium clavatum* L.



*Baccharis buxifolia* (Lam.) Pers.



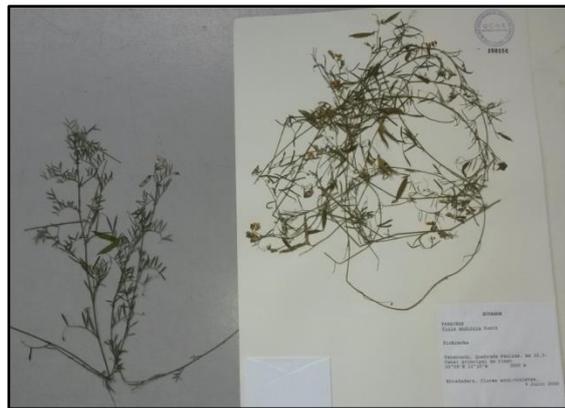
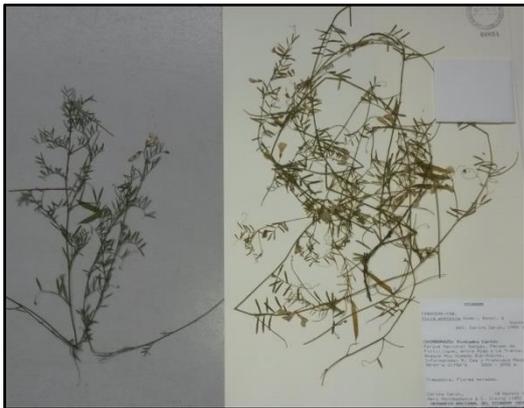
*Baccharis macrantha* Kunth



*Galium hypocarpium* (L.) Endl. ex Griseb.



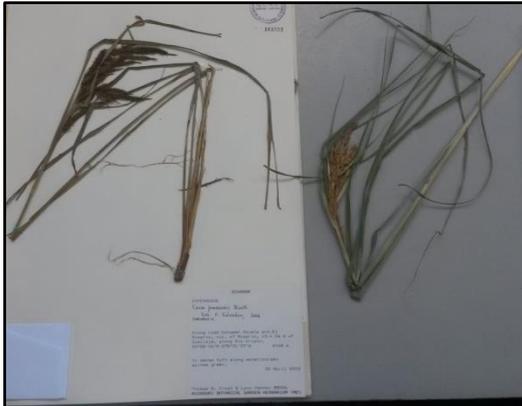
*Vicia andicola* Kunth



*Rhynchospora macrochaeta* Steud. ex Boeckeler



*Carex jamesonii* Boott



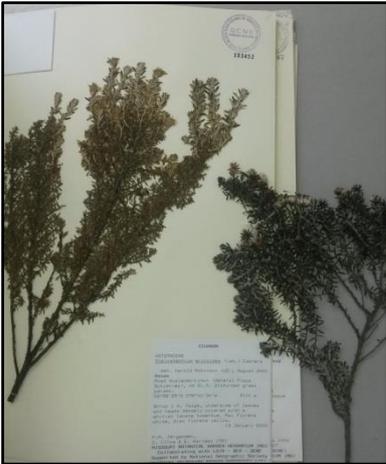
*Acaena elongata* L.



*Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud.



*Diplostegium ericoides* (Lam.) Cabrera



*Dorobaea pimpinellifolia* (Kunth) B. Nord.



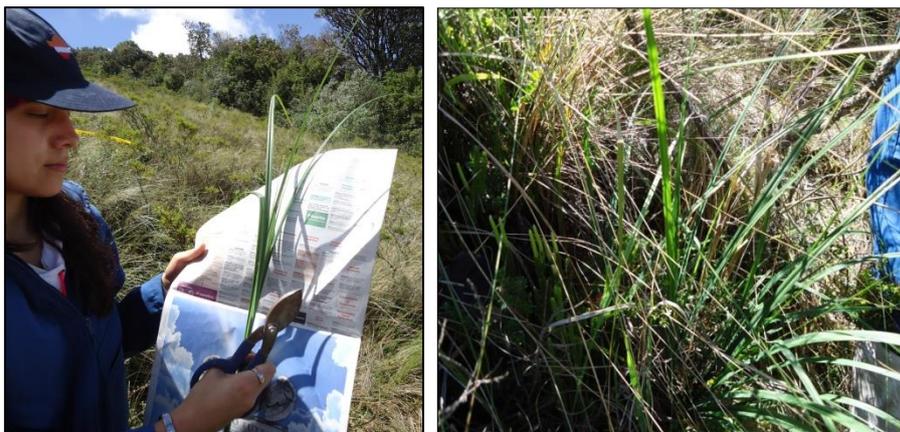
*Tanacetum parthenium* (L.) Sch. Bip.



**Anexo 21. Fotografías delimitación de los cuadrantes de estudio y especies vegetales en campo**



*Carex jamesonii* Boott (Colecta para identificación)



*Pentacalia arbutifolia* (Kunth) Cuatrec.



*Gynoxys buxifolia* (Kunth) Cass



*Diplostephium ericoides* (Lam.) Cabrera



*Baccharis macrantha* Kunth



*Brachyotum ledifolium* (Desr.) Triana



*Rhynchospora macrochaeta* Steud. ex Boeckeler



*Elaphoglossum engelii* (H. Karst.) Christ



*Equisetum bogotense* Kunth



*Azorella pedunculata* (Spreng.) Mathias & Constance



*Polystichum orbiculatum* (Desv.) J. Rémy & Fée



*Vaccinium floribundum* Kunth



*Acaena elongata* L.



*Galium hypocarpium* (L.) Endl. ex Griseb.



*Lachemilla hirta* (L.M. Perry) Rothm.



*Geranium reptans* R. Knuth



*Lachemilla vulcanica* (Schltdl. & Cham.) Rydb.



*Vicia andicola* Kunth



*Bomarea caldasii* (Kunth) Asch. & Graebn.



*Tanacetum parthenium* (L.) Sch. Bip.



*Dorobaea pimpinellifolia* (Kunth) B. Nord.



*Halenia weddelliana* Gilg



*Baccharis buxifolia* (Lam.) Pers.



*Hesperomeles ferruginea* (Pers.) Benth.



*Galium pseudotriflorum* Dempster & Ehrend.



*Berberis pichinchensis* Turcz.



*Gynoxys acostae* Cuatrec.



Musgo



Anexo 20. Algunas placas de *Bacillus* sp. y hongos

Bacterias



## Hongos

Placas de hongos en medio PDA y S, en los caules se realizó la identificación.

*Trichoderma sp.* (color verde)



*Phacelomyces spp.*



Placa de la muestra del cuadrante 2



Placa de la muestra del cuadrante 4



Placa de la muestra del cuadrante 6



Placa de la muestra del cuadrante 3



Placa de la muestra del cuadrante 5



Placa de la muestra del cuadrante 2



Purificación de hongos de interés

