



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL

TITULO:

“CARACTERIZACION ECOLOGICA DE LA HACIENDA EL
SINCHE EN EL SECTOR EL ARENAL PARROQUIA GUANUJO
CANTON GUARANDA PROVINCIA DE BOLIVAR.”

Trabajo de titulación para optar por el grado académico de

INGENIERO FORESTAL

AUTOR: RODRIGO GERMAN GUANGASI MORALES

RIOBAMBA – ECUADOR

2016

HOJA DE CERTIFICACIÓN

El tribunal de tesis CERTIFICA que:

El tribunal de tesis, CERTIFICA: que el trabajo de investigación titulado “*CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LA HACIENDA EL SINCHE EN EL SECTOR EL ARENAL PARROQUIA GUANUJO CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR*” de responsabilidad de los señor Egresado Rodrigo German Guangasi Morales, ha sido prolijamente revisado, quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Lucía Mercedes Abarca Villalba



DIRECTOR

Ing. Hugo Rodríguez Guerra



MIEMBRO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES.

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL.

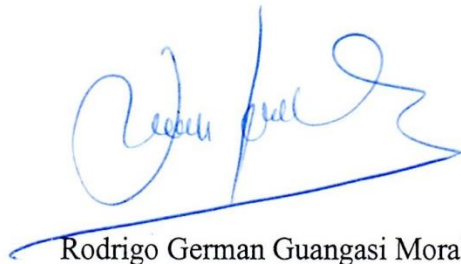
2016

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Rodrigo German Guangasi Morales, declaro que el presente trabajo de tesis es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos u originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo.

Riobamba, 15 de marzo del 2016



Rodrigo German Guangasi Morales
CI: 1600409310

AUTORÍA

La autoría del presente trabajo investigativo es de propiedad intelectual y exclusiva del autor y de la escuela de ingeniería Forestal de la ESPOCH.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a Dios, a mis padres y familiares por su apoyo incondicional en todo el proceso educativo, porque me ha dado la fuerza necesaria en cada paso que he dado y doy, cuidándome y dándome mucha fortaleza para continuar hacia adelante.

A mis padres, quienes con su amor, cariño, apoyo y comprensión estuvieron siempre a lo largo de mi vida estudiantil, esforzándose por mi bienestar y superación, siendo el pilar fundamental en todo momento de mi vida estudiantil, confiando en cada reto que se me presentaba sin dudar un solo momento en mi capacidad para salir adelante durante toda mi carrera ya que ellos han estado en los momentos difíciles dándome la fuerza para salir adelante y cumplir con mi meta planteada.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios quien me dio la vida y la oportunidad de vivir en este mundo y ha colmado de bendiciones en toda mi vida, y su infinito amor me ha dado la sabiduría para cumplir con mi sueño hecho realidad en mi carrera universitaria.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento, reconocimiento y amor a mis padres por todo el esfuerzo que hicieron para darme una profesión y hacer de mí una persona de bien y agradecida, de todos los esfuerzos y el sacrificio que hicieron durante los años de mi carrera universitaria.

Mi eterno agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por medio de la Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, y a todos los docentes por guiarme y sembrar conocimientos que los llevaremos siempre en nuestra vida profesional en beneficio del país.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	CARACTERIZACION ECOLOGICA EN LA HACIENDA EL SINCHE EN EL SECTOR EL ARENAL PARROQUIA GUANUJO CANTON GUARANDA PROVINCIA DE BOLIVAR.....	1
II.	INTRODUCCIÓN.....	1
A.	JUSTIFICACIÓN.....	2
B.	OBJETIVOS.....	2
1.	Objetivo General.....	2
2.	Objetivos Específicos.....	2
C.	HIPOTESIS.....	3
1.	Hipótesis Nula.....	3
2.	Hipótesis Alternante.....	3
III.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
A.	CLASIFICACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL DE LOS PÁRAMOS.....	4
1.	Bosques Altimontanos y Altoandinos Húmedos de los Andes del Norte.....	5
2.	Páramo Húmedo de los Andes del Norte.....	6
3.	Páramo de pajonal.....	7
4.	Páramo herbáceo de almohadillas.....	8
5.	Páramo herbáceo de pajonal y almohadillas.....	8
6.	Páramo Pantanoso.....	9
B.	CARACTERÍSTICAS FLORÍSTICAS.....	9
1.	Vegetación Subnival de los Andes del Ecuador.....	10
C.	SUELOS DE LOS PÁRAMOS DEL ECUADOR.....	11
D.	CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL PÁRAMO.....	12
E.	DIVERSIDAD ALFA Y BETA.....	12
F.	EVALUACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD.....	13
1.	Tipos de biodiversidad.....	13
2.	Aplicaciones prácticas de la alfa-, beta- y gamma-diversidad.....	13
3.	Aplicaciones de la beta-diversidad.....	14
4.	Cálculo del alfa-, beta- y gamma-diversidad.....	14
h.	Valor de importancia de familia.....	18
G.	PROPIEDADES DE LOS SUELOS EN LOS PÁRAMOS DEL ECUADOR.....	19
1.	El potencial de hidrogeno en el suelo.....	19
2.	Factores que afectan al pH.....	22
H.	MATERIA ORGÁNICA.....	23

1.	Los suelos de los páramos del Ecuador.....	24
2.	El páramo y su diversidad.....	24
I.	CONDICIONES DE FORMACIÓN DE LOS SUELOS	26
1.	El tipo de roca madre	26
2.	Roca madre de origen volcánico.....	26
3.	Roca madre de origen no volcánico.....	27
J.	CONDICIONES CLIMÁTICAS	27
1.	La temperatura	27
2.	La humedad	28
3.	La edad de los suelos	28
4.	Las propiedades de los suelos que se desarrollan sobre depósitos volcánicos	29
5.	Parámetros morfológicos	29
K.	EL PARÁMETRO CLIMÁTICO.....	30
L.	FACTORES QUE AFECTAN LA ABSORCIÓN DE POTASIO POR LAS PLANTAS.....	34
1.	Fosforo.....	34
2.	Formas de fosforo en el suelo	39
3.	La interacción de nutrientes y el fósforo.....	39
M.	ELEMENTOS QUÍMICOS EN EL AGUA	40
1.	Demanda química de oxígeno.....	40
2.	Potencial de Hidrogeno.....	40
3.	Medición del pH	41
4.	Medida de calidad de agua: el pH.....	42
5.	Métodos de determinación del pH	43
6.	El electrodo de pH	43
7.	Ácidos y bases	44
8.	Determinación de cloruros en el agua.....	44
9.	La determinación de cloruros puede hacerse mediante tres métodos.	45
N.	OBSERVACIONES	45
1.	Generalidades.....	46
2.	Almacenaje de la muestra	46
3.	Determinación de sulfatos en el agua	47
4.	Hierro en las aguas subterráneas.....	49
5.	Bicarbonatos en el agua	50
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	52
A.	CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR.....	52
1.	Localización.....	52

2.	Ubicación Geográfica.....	52
3.	Características climáticas.....	52
4.	Características de la Zona.....	52
5.	Geología.....	52
6.	Hidrografía.....	53
7.	Climatología.....	53
8.	Actividad Económica.....	53
9.	Clasificación ecológica.....	53
10.	Extensión.....	54
B.	MATERIALES.....	54
1.	Materiales de oficina.....	54
2.	Materiales de campo.....	54
C.	METODOLOGÍA.....	54
1.	Fase de campo.....	54
2.	Distribución de parcelas.....	54
D.	Diseño de las parcelas.....	55
E.	Fase de gabinete.....	57
1.	Inventario de especies.....	57
F.	Estudio y análisis de los suelos y agua.....	58
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
A.	DESCRIPCIÓN DEL SITIO.....	59
B.	INVENTARIO DE LA VEGETACION DE LA HACIENDA EL SINCHE.....	60
1.	Vegetación en la parte media.....	61
2.	Vegetación en la parte alta.....	63
3.	Composición florística en la hacienda el Sinche.....	64
C.	DIVERSIDAD FLORÍSTICA.....	66
1.	Valor de Importancia (V.I.) de especie.....	66
D.	ANÁLISIS DEL SUELO DE LA HACIENDA EL SINCHE.....	77
1.	Potencial de hidrogeno.....	77
2.	Materia orgánica.....	78
3.	Amonio (NH ₄ (mg/L)).....	78
4.	Fosforo.....	78
5.	Potasio.....	78
E.	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA HACIENDA EL SINCHE.....	79
1.	Contenido de bicarbonatos.....	79
2.	Cloruros.....	79

3.	Demanda Química Oxígeno.....	79
4.	Hierro.....	79
5.	Potencial de Hidrogeno.....	80
6.	Sulfatos	80
VI.	CONCLUSIONES.....	81
VII.	RECOMENDACIONES.....	82
VIII.	RESUMEN.....	83
IX.	SUMMARY.....	834
X.	BIBLIOGRAFIA	855
XI.	ANEXOS	866

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°. 1. Ecosistemas ecológicos de los páramos del Ecuador	4
Cuadro N°.2. Fórmulas para medir el índice de diversidad	17
Cuadro N°.3. Medición de índices de diversidad.	17
Cuadro N°. 4. Peligro de bicarbonato (HCO_3) en aguas de regadío (meq/L)	51
Cuadro N°.5. Coordenadas y alturas de las parcelas de vegetación	59
Cuadro N°.6. Vegetación en la parte baja	60
Cuadro N°.7. Vegetación parte media	61
Cuadro N°.8. Vegetación parte alta.	63
Cuadro N°.9. Composición florística.	64
Cuadro N°. 10. Valor de Importancia de especie en la parte baja.	66
Cuadro N°.11. Valor de Importancia de especies en la parte media.	67
Cuadro N°.12. Valor de Importancia parte alta.	68
Cuadro N°. 13. Índice de Shannon Weaver	69
Cuadro N°.14. Índice de diversidad de Simpson.	69
Cuadro N°.15. Índice de sorencen	70
Cuadro N°. 16. Porcentaje de similitud	71
Cuadro N°.17. Porcentaje de similitud	72
Cuadro N°. 18. Porcentaje de similitud	73
Cuadro N°.19. Importancia de familia por diferencias altitudinales.	74
Cuadro N°.20. Importancia de familia en las diferentes alturas.	75
Cuadro N°.21.Importancia de familia.	76
Cuadro N°.22. Resultado de las muestras de suelos analizadas.	77
Cuadro N°.23. Resultado de los análisis del agua hacienda el Sinche.	80

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico N°. 1. Diseño de parcela de 25 m ²	56
Gráfico N°. 2. Diseño de subparcelas de 1 m ²	56
Gráfico N°. 3. Mapa de ubicación de la hacienda del Sinche	59
Gráfico N°. 4. Composición florística en la hacienda el Sinche.	65

I. CARACTERIZACION ECOLOGICA EN LA HACIENDA EL SINCHE EN EL SECTOR EL ARENAL PARROQUIA GUANUJO CANTON GUARANDA PROVINCIA DE BOLIVAR.

II. INTRODUCCIÓN

La Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, ubicada en las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Bolívar, es una de las áreas protegidas más importantes del PANE (Patrimonio de Áreas Naturales del Estado) con una superficie de 58.560 hectáreas dedicado parte de su accionar a la conservación de páramos, camélidos andinos y especies silvestres como las aves.

En esta reserva, se encuentra el predio denominado “El Sinche” con 1400 Ha. aproximadamente 8% fuera de la reserva, la totalidad del área es hábitat de camélidos, se firmó el comodato efectuado entre el Sr Ernesto Cordovéz Dávalos y el MAECH. En el año de (1995).

El principal objetivo del Área Protegida es mantener el ecosistema de páramo, así como el hábitat de los camélidos nativos de los Andes, como la vicuña, llama y alpaca. Para fomentar la crianza de estas especies, ligadas a la identidad cultural de sus comunidades y desarrollar el turismo la recreación como alternativas económicas sostenibles para sus comunidades. Con el uso apropiado de sus recursos y la disponibilidad de una infraestructura turística como vialidad se puede mejorar el nivel de vida de esta población marginada.

En los páramos del Ecuador se encuentran cerca de 125 familias, 500 géneros y 3400 especies de plantas vasculares según Mena P (2006). En tanto que León, Yáñez (2000), indican que son alrededor de 1.500 especies, Sklenář et al. (2005), dice que hasta la fecha, se ha registrado en los ecosistemas de páramos del Ecuador un total de 1.524 especies, por lo que se considera el país con la flora más diversa de la región andina.

Los páramos son ecosistemas sensibles, en los que el pajonal cumple una función natural interesante, capta las partículas corpusculares presentes en forma de niebla, propias de estas áreas montañosas andinas, además del agua a través de sus fibras. Las almohadillas convertidas en verdaderas esponjas naturales, de las cuales se va

escurriendo gradualmente el líquido vital para formar pequeños hilos de plata y alimentar otros más grandes tanto de escorrentía como internos que permite alimentar el manto freático y la vida misma, además contribuye de manera formidable a la fijación de CO₂ uno de los causantes del efecto invernadero y con ello del cambio climático a nivel local y mundial según Mena P (2006).

A. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio busca, caracterizar, identificar y evaluar los recursos naturales contiguos a la “Reserva de Fauna Chimborazo” a través del muestreo de la flora del sector, análisis de laboratorio y campo de suelos y agua los mismos que en un futuro, podrían ser considerados en la toma de decisiones, además de conocer sobre el estado actual y su posterior contribución al manejo de estos recursos presentes en el sector denominado El SINCHE. El lugar tiene gran cantidad de recursos naturales tanto de flora como fauna además fuentes de agua que las comunidades cercanas y pueblos están beneficiándose de estos recursos por lo que es muy importante su conservación ya que dependen de estos para su subsistencia diaria y llevar una vida saludable en este entorno.

B. OBJETIVOS

1. Objetivo General

- Caracterizar ecológicamente la hacienda el Sinche en el sector el arenal parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia de Bolívar.

2. Objetivos Específicos

- Realizar el inventario de las especies existentes de flora en la zona de estudio.
- Determinar las características físicas químicas del suelo y el agua mediante pruebas de laboratorio.

C. HIPOTESIS

1. Hipótesis Nula

- La diversidad biológica del lugar es escasa por lo que no es de importancia su conservación.

2. Hipótesis Alternante

- La diversidad biológica del lugar es alta por lo que es muy importante su conservación.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La vegetación de los Andes y su diversidad son el producto de gran variedad de factores bióticos, geológicos y antrópicos que han interactuado a través del tiempo. El levantamiento final de los Andes trajo consigo la aparición de ambientes con características que brindaron oportunidades excepcionales para los procesos de especiación y adaptación (Kessler & Beck 2001). Gran parte de los bosques montanos en Sudamérica están ubicados dentro de la cadena montañosa de los Andes tropicales, los que son considerados como uno de los principales centros de diversidad en el mundo (Araujo & Zenteno 2006).

A. CLASIFICACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL DE LOS PÁRAMOS

A nivel de sistemas ecológicos, y con los códigos correspondientes a los utilizados en (Josse et 2009), en los páramos del Ecuador se encuentran presentes los siguientes ecosistemas (Cuadro 1): Los resultados del presente estudio, evidencian el hecho de que los ecosistemas de páramo son predominantemente mixtos por lo cual se hace difícil identificarlos por separado.

Esto se debe principalmente a las limitaciones que presentan los sensores remotos y a la necesidad de mayor investigación en campo, por lo que fue necesario combinar los diferentes sistemas ecológicos entre sí para poder representarlos de forma espacial. (Josse et al. 2009)

Cuadro N°. 1. Ecosistemas ecológicos de los páramos del Ecuador

SISTEMA ECOLÓGICO CÓDIGO	
Bosques Altimontanos Norte-Andinos Siempreverdes	CES409.105
Bosques Altimontanos Norte-Andinos de <i>Polylepis</i>	CES409.104
Bosques Montanos Pluviales de los Andes del Norte	CES409.110
Pajonales Altimontanos y Montanos Paramunos	CES409.123
Pajonales Arbustivos Altimontanos Paramunos	CES409.124
Pajonal Edafoxerófilo Altimontano Paramuno	CES409.126

Arbustales Bajos y Matorrales Altoandinos Paramunos	CES409.096
Arbustales y Frailejonales Altimontanos Paramunos	CES409.099
Matorrales Edafoixerófilos en Cojín Altoandinos Paramunos	CES409.122
Bofedales Altimontanos Paramunos	CES409.102
Bofedales Altoandinos Paramunos	CES409.103
Vegetación geliturbada y edafoixerófila subnival Paramuna	CES409.130

Fuente: (Jose et 2009)

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

1. Bosques Altimontanos y Altoandinos Húmedos de los Andes del Norte

Este macrogrupo incluye los sistemas ecológicos de bosque bajos a medios, esclerófilos a subesclerófilos, generalmente densos y con dos estratos leñosos, abundantes epífitas y musgos. Se agrupan aquí los bosques de *Polylepis* que se encuentran dispersos limitando con ecosistemas de páramo, en situaciones de relictos sobre laderas abruptas, así como protegidos entre derrubios de grandes bloques o rocas en el piso altoandino. Se incluye también la llamada ceja de páramo o ceja andina que es básicamente la faja boscosa ubicada a mayor elevación y que limita por arriba con el páramo.

Todos estos son bosques de baja estatura que crecen de los 3.000 m hacia arriba, en suelos muy húmedos pero bien drenados, a menudo con una gruesa capa de musgo. Géneros característicos de este macrogrupo son *Polylepis sp.*, *Escallonia sp.*, *Hesperomeles sp.*, *Weinmannia sp.*, *Diplostephium sp.*, *Libanothamnus sp.*, *Espeletia sp.*, *Gynoxys sp.*, *Clethra sp.*, *Ilex sp.* Y *Miconia sp.* *Bosques Altimontanos Norte-Andinos Siempre verdes (CES 409.105)..*

En este sistema se encuentra vegetación zonal correspondiente a bosques bajos a medios, esclerófilos a subesclerófilos y lauroides, generalmente densos con dos estratos leñosos, abundantes epífitas y musgos. Estos bosques se caracterizan por encontrarse en laderas montañosas con suelos bien drenados, donde el bioclima correspondiente para este sistema es Su-pratropical húmedo a hiperhúmedo. Se la encuentra entre los 3.000-3.200 hasta los 4.000 m. Las especies diagnósticas utilizadas se presentan en la siguiente lista 7: *Weinmannia mariquitae*, *Clethrasp.*, *Ilexsp.*, *Miconias p.*, *Diplostephium floribundum*, *Cervantesia tomentosa*, *Gynoxys tolimensis*, *Gynoxys*

baccharoides, *Oreopanax* sp., *Myrsine dependens*, *Escallonia myrtilloides*, *Drimys granadensis*, *Persea ferruginea*, *Clethra fimbriata*, *Buddleja incana* y *Alnu sacuminata*.

En el Ecuador, este sistema ecológico está presente en las siguientes unidades fisiográficas: los Páramos de Galeras-Chiles, los Páramos del Norte de la Cordillera Occidental Ecuatoriana, los Páramos del Norte de la Cordillera Real Oriental, los Páramos Centrales de la Cordillera Occidental Ecuatoriana, los Páramos del Sur de la Cordillera Real Oriental, los Páramos del Macizo del Cajas, los Páramos de Azuay-Morona Santiago-Zamora Chinchipe y los Páramos del Sur de la Cordillera Occidental Ecuatoriana. *Bosques Altimontanos Norte-Andinos de Polylepis (CES 409.104)*

2. Páramo Húmedo de los Andes del Norte

Se incluyeron en este macrogrupo todos los tipos de páramos diferenciados a nivel de sistemas ecológicos; esto implica que se agrupan páramos arbustivos, páramos dominados por pajonales, aquellos dominados por frailejones y los de almohadillas. Estos páramos se distribuyen desde Venezuela hasta el norte del Perú como una especie de islas confinadas a las cumbres de los volcanes y montañas andinas, representando un archipiélago continental rodeado de una inmensidad de bosques montanos.

Así mismo, debido a las variaciones de clima local y suelos, este macrogrupo abarca la gama desde páramos muy húmedos hasta los más estacionales, ubicados principalmente en los extremos norte y sur de la distribución biogeográfica de los páramos. *(CES 409.104)*

La característica que los unifica es la de ser ecosistemas ubicados a gran altitud en zonas tropicales donde la vegetación arbórea es ausente o muy discontinua. Varios autores/as que han descrito la vegetación de los páramos definen consistentemente tres grandes unidades de acuerdo a la fisonomía y estructura de la vegetación paramera: (1) el subpáramo arbustivo, (2) el páramo de pajonal, a veces dominado por rosetas del género *Espeletia* del género *Puya*, y (3) el superpáramo (ubicado en otro macrogrupo).

El subpáramo arbustivo cubre el ecotono entre la transición del bosque altoandino y el límite arbóreo y en muchos casos se encuentra dominado por arbustos erectos y esclerófilos de los géneros *Valeriana*, *Gynoxys*, *Diplostephium*, *Pentacalia*, *Monticalia*, *Chuquiraga*, *Berberis*, *Hypericum*, *Gnaphalium*, *Lupinus*, *Loricaria*, *Calceolariay*

Hesperomeles. Lastimosamente, este tipo de vegetación en extensas regiones ya no existe debido al avance de la frontera agrícola.

El páramo de pajonal aparece de manera gradual conforme los efectos de la elevación y el clima reducen las formas de vida arbustivas y la dominancia de las gramíneas amacolladas o en penacho (*Festuca*, *Calamagrostis* y *Stipa*) es evidente, junto con las rosetas gigantes (como *Espeletia* sp. y *Puya* sp.) y asociaciones de arbustos xerofíticos de los géneros *Diplostegium*, *Hypericum* y *Pentacalia* y parches de bosques monotípicos de *Polylepis*, *Gynoxys* o *Buddleja*. *Pajonales Altimontanos* y *Montanos Paramunos* (CES 409, Son característicos de este sistema los pajonales amacollados o en penacho generalmente altos, con pocas plantas no gramíneas creciendo entre las gramíneas.

No existe un estrato arbustivo y la humedad del suelo, así como del ambiente, puede ser variable. A menudo son el resultado de las quemadas frecuentes de los páramos arbustivos, donde el estrato leñoso pierde diversidad y capacidad de regeneración. Crecen en laderas y llanos de montañas con suelos profundos y medianamente bien drenados.

Las especies diagnósticas de este sistema son las Poáceas *Calamagrostis intermedia*, *Calamagrostis effusa*, *Calamagrostis recta*, *Festuca sublimis*, *Stipa ichu* y *Agrostis breviculmis*. Este sistema ecológico está presente en todas las montañas del Ecuador.

3. Páramo de pajonal

Este tipo de vegetación es poco diverso y muy homogéneo. Ocupan la mayor parte de las tierras entre los 3.400 y 4.000 msnm. Se extiende hasta el límite superior de la vegetación arbórea o de los campos cultivados y se caracterizan por presentar extensiones cubiertas por penachos de gramíneas de varios géneros, con parches aislados de vegetación arbustiva que se encuentran creciendo en depresiones o sitios cercanos a peñas que los protegen del fuerte viento. Entremezclados con las gramíneas también es común encontrar poblaciones de achupallas o puyas en altas concentraciones.

El páramo es un ecosistema de pajonales, principalmente abierto, localizado en la franja comprendida entre el bosque montano y el límite superior de la nieve perpetua; este ecosistema presenta una gran biodiversidad y endemismo, pero desde el punto de vista ecológico es un ambiente frágil. Desde una perspectiva general, los páramos de Colombia se asimilan a áreas altas, frías, húmedas, nubladas y con vegetación abierta hasta arbustiva, dentro de la que se destacan los emblemáticos frailejones. Los ecosistemas paramuno nos brindan una serie de servicios ambientales gracias a sus características ecológicas especiales, proveen de agua en cuanto a calidad y cantidad a la población, además almacenan carbono atmosférico que ayuda a controlar el calentamiento global, la diversidad paisajística que estos presentan se podría considerar como un servicio ambiental, sin embargo la intervención antrópica ha acelerado el proceso de transformación del paisaje general, lo que hace que tanto los páramos como bosques alto andinos están siendo fuertemente intervenidos por actividades humanas y en ocasiones están siendo reemplazados por plantaciones forestales o por sistemas agropecuarios a diferentes escalas. (CES 409.)

4. Páramo herbáceo de almohadillas

Estos páramos se distribuyen entre altitudes entre 4.000 y 4.500 msnm sobre suelos bien drenados en pendientes. A diferencia del páramo de pajonal, la diversidad de este tipo de páramo es muy alta, donde las gramíneas aún persisten pero también aparecen arbustos y almohadillas, estos últimos como dominantes.

5. Páramo herbáceo de pajonal y almohadillas

La asociación de páramo herbáceo y almohadillas este es un páramo que recibe precipitaciones entre los 1.000 y 2.000 msnm, con rangos altitudinales que superan los 3.500 msnm. Este tipo es una combinación de los páramos herbáceos y almohadillas sin que uno predomine sobre otro. La vegetación de esta zona se caracteriza por la presencia de pequeños arbustos y la gran cantidad de especies herbáceas especialmente de pajonales, además de las formaciones en almohadillas en los lugares más húmedos. (León-Yáñez, 1993).

6. Páramo Pantanoso

Este tipo de vegetación se encuentra en valles o depresiones con drenaje pobre, donde se acumula agua permanentemente. Los páramos pantanosos son asociaciones de plantas adaptadas a estas condiciones. Se encuentra cubierto en su mayoría por musgos aunque también incluye almohadillas y arbustos. Aproximadamente un 20% de la superficie está cubierto por agua, pero la diversidad puede llegar hasta 50 especies en 50 m² (León-Yáñez, 1993). El Páramo Pantanoso es muy importante porque existen varias especies que son específicas a este hábitat. Un ejemplo son los helechos del género *Isoetes*, que crecen exclusivamente en áreas anegadas. Son especies muy sensibles a los cambios en el agua y su ambiente por lo que pueden ser considerados como buenos indicadores de la salud del hábitat. Cubre un total de 4.344,336 ha que representan el 1,26% del total.

B. CARACTERÍSTICAS FLORÍSTICAS

El páramo es un ecosistema de alta montaña situado sobre la línea de bosques andinos hasta donde la vegetación existe por debajo las nieves eternas. Este ecosistema tropical de clima generalmente frío y húmedo se encuentra comúnmente entre los 3.200 y 4.200 msnm (Mena et al. 2001).

En el Ecuador específicamente este ecosistema tropical se encuentra comúnmente a una altitud promedio de 3.300 msnm, valor que varía debido a condiciones geológicas, climáticas y antrópicas, haciendo que lleguen a encontrarse incluso desde los 2.800 msnm, principalmente al sur del país (Smith y Cleef, 1988; Acosta-Solis 1984).

En términos de flora, la vegetación de los páramos (Cuatrecasas 1958; Harling 1979; Cleef 1981; Acosta-Solís 1986; Ramsay 1992; Jørgensen y Ulloa Ulloa 1994; Ramsay y Oxley 1996) se puede clasificar en tres grandes unidades de acuerdo con su fisonomía y estructura: subpáramo arbustivo, páramo de pajonal y superpáramo. A esto se suma la presencia de parches de bosques a veces monotípicos de *Polylepis*, *Gynoxys* y *Buddleja*—aparentemente remanentes de una extensión histórica mucho mayor de los bosques altoandinos— que caracteriza en términos generales los hábitats de los páramos (Fjeldså 1992; Lægaard 1992).

El subpáramo arbustivo cubre el ecotono entre el bosque altoandino y el páramo de pajonal. En muchos casos se encuentra dominado por arbustos erectos y esclerófilos de los géneros *Valeriana*, *Gynoxys*, *Diplostephium*, *Pentacalia*, *Monticalia*, *Chuquiraga*, *Berberis*, *Hypericum*, *Gnaphalium*, *Lupinus*, *Loricaria*, *Calceolaria* y *Hesperomeles*. Lastimosamente, este tipo de vegetación en extensas regiones ya no existe debido al avance de la frontera agrícola.

El páramo de pajonal aparece de manera gradual conforme la elevación aumenta y el clima tiene su efecto; la vegetación se reduce a formas de vida arbustivas con dominancia de Poáceas amacolladas o en penachos (principalmente de los géneros *Festuca*, *Calamagrostis* y *Stipa*), junto con las rosetas gigantes (*Espeletia* y *Puya*), manchas de arbustos xerofíticos de los géneros *Diplostephium*, *Hypericum* y *Pentacalia* (Ramsay y Oxley 1996) y parches de bosques monotípicos de *Polylepis*, *Gynoxys* o *Buddleja*. El superpáramo se encuentra restringido al centro y norte del país, en las faldas de las montañas y cumbres más altas entre los 4.100 y 4.800 m de elevación y puede ser dividido en dos cinturones altitudinales (Sklenár 2000): superpáramo inferior y superpáramo superior.

El superpáramo inferior se caracteriza por una vegetación cerrada de arbustos postrados (*Loricaria*, *Pentacalia*), cojines o almohadillas (*Plantago rigida*, *Xenophyllum*, *Azorella*), rosetas acaulescentes (*Hypochaeris*, *Oritrophium*) y hierbas amacolladas o en penacho (*Calamagrostis*, *Festuca*), mientras que el superpáramo superior está distribuido entre los 4.400 y 4.500 metros de elevación, carece de arbustos postrados y hierbas amacolladas o en penacho.

1. Vegetación Subnival de los Andes del Ecuador.

Este macrogrupo, conocido también como superpáramo, comprende las comunidades vegetales dispersas y escasas ubicadas a mayor altitud, sobre los 4.200 m, donde únicamente habitan las plantas más resistentes a las bajas temperaturas y los cambios del suelo provocados por la alternancia diaria del hielo y deshielo, en zonas con bioclimas pluviestacional húmedo y pluvial húmedo a hiperhúmedo, del piso bioclimático criorotropical. El superpáramo ha sido dividido en dos cinturones altitudinales, el superpáramo inferior se caracteriza por una vegetación cerrada de

arbustos postrados (como *Loricaria* sp., *Pentacalia* sp.), cojines o almohadillas (*Plantago rigida*, *Xenophyllum* sp., *Azorella* sp.), rosetas acaulescentes (*Hypochaeris* sp., *Oritrophium* sp.), y hierbas amacolladas o en penacho (*Calamagrostis* sp., *Festuca* sp.). El superpáramo superior distribuido entre los 4.400-4.500 metros de elevación carece de arbustos postrados y hierbas amacolladas o en penacho y la cobertura vegetal es muy localizada. (Mena et al. 2001).

Observaciones recientes indican que la composición florística del superpáramo depende de la disponibilidad de agua a escala de sitio, la cual está altamente correlacionada con los patrones de precipitación.

C. SUELOS DE LOS PÁRAMOS DEL ECUADOR

El suelo es el escenario sobre el cual se desarrollan la mayor parte de los procesos dinámicos en los ecosistemas terrestres, como la distribución del suelo y del clima están íntimamente relacionadas con los esquemas globales de formaciones vegetales (Poveda-M et al. 2004).

Por otro lado, la mayoría de los suelos del páramo son de origen volcánico, los cuales forman un manto uniforme que cubre las rocas terciarias de las cordilleras Andinas. Los suelos del páramo se desarrollan en función de los efectos convergentes de las bajas temperaturas, alto contenido de humedad del suelo y la disponibilidad de aluminio (Buytaert et al. 2006).

El clima frío y húmedo, y la baja presión atmosférica favorecen la acumulación de la materia orgánica en el suelo. Esta acumulación además es reforzada por la formación de complejos órgano metálicos fuertemente resistentes a la destrucción microbiana que los convierten en suelos oscuros, húmicos y de estructura abierta y porosa, gracias a lo cual poseen una gran capacidad de retención de agua. (Buytaert et al. 2006).

Los suelos más comunes en el páramo son los Andisoles, Entisoles, Inceptisoles y los Histosoles según la clasificación de la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2003), o los Andosoles, Regosoles, Umbrisoles y los Histosoles de acuerdo con la World Reference Base for Soil Resources de la FAO (FAO/ISRIC/ISSS, 1998, Cuesta et al. en prep.).

D. CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL PÁRAMO

El recurso hídrico además de ser un elemento esencial para la vida y desarrollo, tanto de las comunidades biológicas como del ser humano, resulta ser un claro indicador del estado de conservación de ecosistemas estratégicos como el páramo, y más aún si se tiene en cuenta que la generación y almacenamiento de dicho recurso se constituye en su principal función ambiental, puesto que sus características climáticas, físicas y biológicas le permite capturar y almacenar el agua en un ciclo, que origina las principales redes hidrográficas alrededor de las cuales las comunidades se organizan para su desarrollo. (Buytaert et al. 2006).

El estudio de la cantidad y calidad del agua al interior de este tipo de ecosistemas, da cuenta del funcionamiento de diversos procesos entre los que se pueden mencionar, el desarrollo de grupos biológicos acuáticos como macro invertebrados y algas con características muy específicas de adaptación a las condiciones climáticas, los cuales a su vez constituyen la base de sostenimiento de grupos superiores. Del mismo modo el estado del recurso determina la presencia de oferta hídrica suficiente para el desarrollo de las actividades humanas productivas y de consumo en las zonas bajas.

Este apartado presenta un análisis de la calidad del recurso hídrico del páramo, tomando como base las fuentes de agua que se encuentran en la zona de estudio, partiendo de las mediciones in situ de parámetros físicos y químicos del agua, de observaciones en campo y comparaciones con parámetros biológicos como vegetación circundante y presencia de macro invertebrados. En este sentido, el agua además de indicar el estado de conservación del ecosistema, lo convierte en un elemento objeto de protección, desde la perspectiva de que constituye el hábitat para muchas especies y el principal eje de conexión con las comunidades.

E. DIVERSIDAD ALFA Y BETA

La biodiversidad o diversidad biológica es el número de especies presentes en una determinada región. La biodiversidad es dinámica, por lo que varía en el tiempo y el espacio en función de la extinción de las especies, su variación genética en el tiempo y/o

el espacio (procesos de especiación). Hoy día la biodiversidad no se considera exclusivamente respecto al número de especies si no que incluye también todos los niveles de organización biológica: desde la genética hasta el paisaje.

Esto implica que a la hora de plantear estrategias de conservación de las especies sea necesario establecer cuál es el objetivo a realizar: si sólo es conservar el número de especies, el número de ecosistemas o si se va a incluir el conservar las interacciones entre los individuos de manera que los ecosistemas se conserven lo más intactos posibles. Aun así, los ecosistemas son procesos vivos en el tiempo que varían siempre y no son estáticos.

F. EVALUACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

1. Tipos de biodiversidad

- **Diversidad alfa:** es el número de especies en un área pequeña siendo ésta área uniforme. El índice de Shannon mide este tipo de diversidad.
- **Diversidad beta:** es la diversidad que hay entre hábitats dentro de un mismo ecosistema, es decir, la variación en el número de especies que se produce entre un hábitat y otro, o también definido por (Meffe& Carroll en 1997) como “recambio de especies de un hábitat a otro”. Para medir este tipo de biodiversidad se utilizan índices de similitud y disimilitud entre muestras.
- **Diversidad gamma:** es el número total de especies observadas en todos los hábitats de una determinada región que no presenta barreras para la dispersión de los organismos.

2. Aplicaciones prácticas de la alfa-, beta- y gamma-diversidad.

Aplicaciones de alfa- y gamma-diversidad

El alfa-diversidad, medida sobre comunidades concretas, y la gamma-diversidad, medida sobre paisajes o zonas concretos, poseen una aplicación muy importante en la gestión del territorio: la cartografía. Muchos de los espacios protegidos se basan en tres

premisas: la conservación del mayor número posible de especies y endemismos y la preservación de taxones amenazados, por lo tanto, para la primera premisa, es fundamental poder identificar las zonas de mayor biodiversidad de un territorio. Para ello, se pueden obtener mapas en los que se muestra la diversidad medida como número de taxones en un área del territorio dada, generalmente cuadrados UTM. (Meffe & Carroll en 1997)

3. Aplicaciones de la beta-diversidad

La beta-diversidad se emplea fundamentalmente para estudiar la heterogeneidad del paisaje igualmente, se ha usado para evaluar el efecto de añadir una comunidad diferente a un espacio protegido o de aumentar la superficie de éste. Además, también se puede emplear en una escala temporal, para analizar la tasa de cambio de las comunidades vegetales a lo largo de una sucesión ecológica.

4. Cálculo del alfa-, beta- y gamma-diversidad

a. Cálculo del alfa-diversidad

La forma más sencilla de estimar alfa-diversidad de una comunidad vegetal concreta es mediante el número (o riqueza) de especies que la componen. Sin embargo, esta medida no tiene en cuenta la uniformidad o equilibrio. En una comunidad vegetal dada, generalmente existen pocas especies con un alto grado de dominancia (medida como número de individuos o como cobertura), y muchos individuos con una abundancia relativa baja.

Cuanto mayor sea la uniformidad de la comunidad, las distintas especies aparecerán de forma más equilibrada en cuanto a su proporción. Una comunidad será más diversa si, además de poseer un alto número de especies, posee además una alta uniformidad. .

b. Medición de la biodiversidad

La diversidad tiene dos componentes fundamentales: Riqueza específica: número de especies que tiene un ecosistema.

Equitabilidad: mide la distribución de la abundancia de las especies, es decir, cómo de uniforme es un ecosistema

Para medir la biodiversidad existen varios índices que se utilizan para poder comparar la biodiversidad entre diferentes ecosistemas o zonas.

Es importante tener en cuenta que la utilización de estos índices aporta una visión parcial, pues no dan información acerca de la distribución espacial de las especies, aunque sí intentan incluir la riqueza y la equitabilidad.

c. Cálculo de la beta-diversidad

La beta diversidad puede calcularse de diferentes modos. Cuando se tienen registradas las especies de dos comunidades entre las cuales se desea calcular la beta-diversidad, se puede obtener el cociente entre el número de especies distintas y el número de especies total considerando el conjunto de ambas comunidades. Una forma análoga de estimar la beta-diversidad del paisaje es obtener la tasa de aumento de alfa-diversidad a medida que se incorporan las comunidades que lo integran. Al reflejar diferencias en la composición de las especies, la beta-diversidad también puede calcularse a partir de coeficientes de similitud o disimilitud o a partir de distancias.

Los coeficientes de similitud (o disimilitud) entre comunidades se emplean cuando solo consideramos la presencia o ausencia de especies y no sus proporciones. (Ecuación).

$$B = \frac{2C}{S1 + S2}$$

Índice de similitud de Sorensen. S1 es el número de especies de la comunidad 1, S2 es el número de especies de la comunidad 2, y c el número de especies comunes a ambas comunidades. Oscila entre 0, cuando no existen especies comunes, y 1, cuando ambas comunidades son idénticas.

d. Cálculo de la gamma-diversidad

La gamma-diversidad de una región o paisaje suele evaluarse mediante el número de especies que la componen (listas regionales de especies, catálogos, etc.). Sin embargo,

esta medida no permite conocer si la diversidad observada se debe a las presencias de comunidades pocas o muy distintas entre sí o más o menos ricas intrínsecamente.

e. Índice de Shannon – Weaver (1949)

Se conoce también como el índice de Shannon. El índice de Shannon se basa en la teoría de la información y por tanto en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. Se calcula de la siguiente forma:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \bullet \log_2(p_i)$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde

- n_i = número de individuos en el sistema de la especie determinada i
- N = número total de individuos
- S = número total de especies
- El valor máximo suele estar cerca de 5, pero hay ecosistemas excepcionalmente ricos que pueden superarlo.
- 18A mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

f. Índice de Simpson

Se parte de la base de que un sistema es más diverso cuanto menos dominancia de especies hay, y la distribución es más equitativa.

$$diversidad = \frac{N(N-1)}{\sum_i n_i(n_i-1)}$$

El valor mínimo para este índice es 1 que indica que no hay diversidad.

Cuadro N°.2. Fórmulas para medir el índice de diversidad

Parámetro	Modelo	Descripción
Índice Shannon	$H = - \sum_{i=1}^s (P_i) (\log_n P_i)$	H = Índice de Shannon S = Número de especies P _i = Proporción del número total de individuos que constituye la especie
Índice de Sorensen	$I_{ss} = \frac{2C}{A + B}$	A = Número de especies en el sitio 1 B = Número de especies en el sitio 2 C = Número de especies similares presentes en ambos sitios A y B.
Interpretación de la diversidad	Valores 0,00 - 0,35 0,35 - 0,75 0,76 - 1,00	Interpretación Diversidad baja Diversidad mediana Diversidad alta

Fuente: (Ordoñez, L. et al. 2009)

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

Cuadro N°.3. Medición de índices de diversidad.

Índice de diversidad de Simpson (IDS)	$D = \sum (n/N)^2$ $IDS = 1 - D$	D = Índice de Simpson n = Número de individuos de las especies P _i = número total de individuos de todas las especies.
Interpretación de la diversidad	Valores Si se acerca a 0 Si se acerca a 1	Interpretación Diversidad baja Diversidad alta
Porcentaje de similitud	%PS = $\sum < \%sp$ comunes	

Fuente:(Smith R. 2007).

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

g. Valor de Importancia de especies (V.I. sp)

Este valor indica la importancia de una especie dentro de la comunidad vegetal. La especie que tiene el número más alto significa, entre otras cosas que es dominante ecológicamente, que absorbe muchos nutrientes, que ocupa mayor espacio físico, que controla en un porcentaje alto la energía que llega a ese ecosistema como la luz del sol (Ordoñez, L. et al. 2009).

h. Valor de importancia de familia

Esta dada por la característica y comportamiento de especies en una determinada área o comunidad biótica. Es el porcentaje de especies diferentes que se pueden cuantificar en una determinada superficie de estudio o tierras. (Ordoñez, L. et al. 2009).

i. Metodología para calcular el valor de importancia de las especies.

Valor de importancia (familia y especie)

Valor de importancia = frecuencia relativa + densidad relativa

Dónde:

Abundancia o densidad relativa

$$Dr = \frac{\text{total de individuos, especie A}}{\text{total de individuos de todas las especies}}$$

Frecuencia relativa

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{valor de frecuencia de la especie A}}{\text{valor total de frecuencia, todas las especies}}$$

Dónde: **Frecuencia**

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{intervalos o puntos donde aparece la especie A}}{\text{número total de parcelas o puntos muestreados}}$$

j. Fórmulas para elaboración del inventario florística.

- IVI (Valor de Importancia)
- $IVI = DR + FR$
- DR = Densidad Relativa
- $DR = \# \text{ de individuos de especie} / \# \text{ total de individuos en el muestreo} \times 100$
- FR = Frecuencia Relativa
- $FR = \# \text{ de unidades de muestreo por especie} / \text{sumatoria de las frecuencias de todas las especies} \times 100.$
- El número de unidades de muestreo por rango altitudinal fue de 2 parcelas por piso altitudinal.

G. PROPIEDADES DE LOS SUELOS EN LOS PÁRAMOS DEL ECUADOR.

1. El potencial de hidrogeno en el suelo

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad en los suelos, el pH del suelo es considerado como una de las principales variables en los suelos, ya que controla muchos procesos químicos que en este tienen lugar. Afecta específicamente la disponibilidad de los nutrientes de las plantas, mediante el control de las formas químicas de los nutrientes. El rango de pH óptimo para la mayoría de las plantas oscila entre 5,5 y 7,0 sin embargo muchas plantas se han adaptado para crecer a valores de pH fuera de este rango.

El pH del suelo aporta una información de suma importancia en diversos ámbitos de la edafología. Uno de la más importante deriva del hecho de que las plantas tan solo pueden absorber los minerales disueltos en el agua, mientras que la variación del pH modifica el grado de solubilidad de los minerales. Por ejemplo, el aluminio y el manganeso son más solubles en el agua edáfica a un pH bajo, y cuando tal hecho ocurre, pueden ser absorbidos por las raíces, siendo tóxicos a ciertas concentraciones. Por el contrario, determinadas sales minerales que son esenciales para el desarrollo de las plantas, tal como el fosfato de calcio, son menos solubles a un pH alto, lo que tiene como resultado que bajo tales condiciones sean menos disponibles con vistas a ser absorbidos y nutrir las plantas. Obviamente en la naturaleza, existen especies vegetales adaptadas a ambientes extremadamente ácidos y básicos. Empero las producciones agropecuarias suelen basarse en cultivares que soportan ambientes iónicos de las soluciones del suelo menos extremos. En la práctica, resulta infrecuente encontrar suelos con pH inferiores a 3,5 o superiores a 10. En este post, destinado a los estudiantes, relataremos algunos aspectos básicos sobre la importancia que atesora este indicador del estado del medio edáfico.

El pH es una medida de la concentración de hidrógeno expresado en términos logarítmicos. Los valores del pH se reducen a medida que la concentración de los iones de hidrógeno incrementan, variando entre un rango de 0 a 14. Los valores por debajo 7.0 son ácidos, valores superiores a 7.0 son alcalinos y/o básicos, mientras que los que rondan 7.0 son denominados neutrales. Por cada unidad de cambio en pH hay un cambio 10 veces en magnitud en la acidez o alcalinidad (por ejemplo: un pH 6.0 es diez

veces más ácido que uno de pH 7.0, mientras que un pH 5.0 es 100 veces más ácido que el de 7.0).

Dicho de otro modo, La acidez de un suelo depende pues de la concentración de hidrogeniones $[H^+]$ en la solución de las aguas y se caracteriza por el valor del pH., que se define como el logaritmo negativo de base 10 de la concentración de H^+ : $pH. = -\log_{10} [H^+]$. Es un elemento de diagnóstico de suma importancia, siendo el efecto de una serie de causas y a su vez causa de muchos problemas agronómicos.

Las letras pH son una mera abreviación de “pondus hydrogenii“, traducido del latín como potencial de hidrógeno. Sorensen en 1909, introdujo el concepto para referirse a concentraciones muy pequeñas de iones hidrógeno. Se trata pues del proponente del concepto de pH. Puede decirse en términos muy básicos, que las sustancias capaces de liberar iones hidrógeno (H^+) son ácidas y las capaces de ceder grupos hidroxilo (OH^-) son básicas o alcalinas.

El pH del suelo es generalmente considerado adecuado en agricultura si se encuentra entre 6 y 7. En algunos suelos, incluso con un pH natural de 8, pueden obtenerse buenos rendimientos agropecuarios. Sin embargo, a partir de tal umbral las producciones de los cultivos pueden mermarse ostensiblemente. En la mayoría de los casos, los pH altos son indicadores de la presencia de sales solubles, por lo que se requeriría acudir al uso de cultivos adaptados a los ambientes salinos. Del mismo modo, un pH muy ácido, resulta ser otro factor limitante para el desarrollo de los cultivares, el cual puede corregirse mediante el uso de enmiendas como la cal. Del mismo modo, a veces se aplican de compuestos de azufre con vistas a elevar el pH de los suelos fuertemente ácidos.

El pH de un suelo es el resultado de múltiples factores, entre los que cabe destacar:

- Tipo de minerales presentes en un suelo
- Meteorización (de tales minerales y los que contiene la roca madre)
- Humificación en sentido amplio (descomposición de la materia orgánica)
- Dinámica de nutrientes entre la solución y los retenidos por los agregados
- Propiedades de los agregados del suelo y en especial lo que se denomina intercambio iónico

Cuando nos referimos al pH del suelo, solemos hacerlo a la solución de las aguas del suelo en un momento dado, aunque ya veremos que existen otros tipos de estimaciones. En consecuencia, estimamos la fracción activa de iones hidrógeno $[H^+]$. En base a esta última podemos clasificar los suelos según su grado de acidez en los siguientes tipos:

Muy ácido $pH. < 5,5$

Ácido $5,6 < pH. < 6,5$

Neutro $6,6 > pH < 7,5$

Básico o ligeramente alcalino $7,6 > pH > 8,5$

Muy alcalino $pH > .8,6$

Las condiciones de acidez se dan con mayor frecuencia en:

- Las regiones de alta pluviometría
- Cuando las bases son desplazadas por los hidrogeniones o captadas por las plantas
- Secreción de sustancias ácidas por las raíces de las plantas
- Compuestos ácidos formados en la descomposición de la materia orgánica
- Suelo jóvenes desarrollados sobre substratos sumamente ácidos
- Contaminación atmosférica que da lugar a las denominadas lluvias ácidas
- Drenaje de ciertos suelos hídricos o encharcados ricos en piritita (suelos ácido sulfáticos), como ocurre con los manglares

Por tanto, en muchos países Latinoamericanos los problemas de acidez son muy relevantes en lo que concierne a las producciones agro-pastorales. Lo contrario es cierto, con frecuencia, para los suelos alcalinos. En otras palabras, las condiciones de alcalinidad se dan preferentemente en:

- En regiones con escasez de agua (áridas y semiáridas)
- Cuando el complejo de cambio (complejo coloidal) se encuentra saturado de bases
- Escasa actividad biológica de los suelos (debido generalmente a déficits prolongados de agua)

- Cuando por determinadas circunstancias la meteorización de minerales produce cationes que no se lavan o lixivian (por ejemplo, debido a la susodicha aridez)
- Cuencas endorreicas en donde se acumulan los iones lixiviados de las aguas que drenan allí
- Suelos poco desarrollados sobre sustratos ricos en sales.
- Deficiente manejo del agua en los regadíos.

2. Factores que afectan al pH.

Obviamente nos referimos a todos aquellos que influyen sobre la concentración de $[H^+]$ en el suelo:

- Producción de CO_2 que pasa a H_2CO_3 generando Hidrogeniones (la atmósfera del suelo suele ser mucho más rica en anhídrido carbónico que la que se encuentra sobre él)
- Presencia en el suelo de ácidos orgánicos de bajo peso molecular como acético, cítrico, oxálico, etc. (los residuos de ciertos tipos de plantas suelen tener mucho que ver)
- Presencia en el suelo de ácidos fuertes como nítrico y sulfúrico desprendidos por la actividad microbiana.
- Humus que contienen grupos funcionales de tipo carboxílicos, fenólicos, enólicos, etc. (de nuevo la naturaleza de los residuos vegetales que se aporten al suelo son de suma importancia)
- Abundancia en el suelo de óxidos de Fe y Al, que en medio ácido pueden modificar considerablemente el pH.
- Sales solubles ácidas, básicas o neutras, las cuales se acumulan en el suelo ya sea por
- Meteorización de los minerales presentes en el medio edáfico.
- Mineralización (descomposición) de la materia orgánica que se incorpora al suelo.
- Composición de las aguas de riego (resulta de suma importancia corregirla cuando no es de buena calidad respecto al tema que aquí nos ocupa)
- Adición de ciertos tipos de fertilizantes
- Estado de óxido reducción de los tipos de suelo o edafotaxa (es decir. grado de drenaje-encharcamiento del agua)

Pueden estimarse dos tipos de pH:

- pH actual: Es la derivada de la concentración de $[H^+]$ en la solución del suelo.
- pH de cambio o acidez potencial: Considera la concentración y proporción de los hidrogeniones que se encuentran absorbidos o retenidos por el complejo de cambio (principalmente en los agregados del suelo).

El rango óptimo de pH sobre el que crecen vigorosamente la mayor parte de las plantas cultivadas oscila entre 6.0 a 7.0. Es decir hablamos de suelos moderadamente ácidos o neutros. Este hecho es debido a que la mayor parte de las sustancias nutritivas para las plantas, presentes en la solución del suelo, son fácilmente asimilables o absorbidas por las raíces en el susodicho intervalo, el pH del suelo influye en el desarrollo de las plantas y viceversa, la acidez también, en parte, el resultado de los lixiviados y descomposición de los restos vegetales, así como de la actividad biológica del suelo. A modo de ejemplo, el intercambio catiónico realizado por las raíces de las plantas disminuye la estima del pH del suelo, influyendo también la descomposición del humus, así como la respiración de los organismos del suelo.

H. MATERIA ORGÁNICA

La característica fundamental de los páramos es almacenar y regular el agua que reciben de las precipitaciones y del descongelamiento de la nieve y el hielo que pueden encontrarse más arriba. Esta propiedad se debe principalmente a la gran acumulación de materia orgánica y a la morfología de ciertas plantas de páramo.

Los suelos típicos de páramo son negros y húmedos. Precisamente debido a la alta humedad y al clima frío, la descomposición de materia orgánica es muy lenta, lo que hace que se acumule una gruesa capa de suelo orgánico. El suelo es retenido por una intrincada red de raíces y rizomas que hacen parte de la cubierta vegetal continua de los páramos en buen estado.

En general, los suelos de los páramos ecuatorianos se hallan sobre depósitos volcánicos, aunque hacia el sur del país, existen páramos que descansan sobre depósitos no volcánicos a altitudes sobre los 3.000 m. En cada caso, las condiciones son distintas

pero los suelos volcánicos de los páramos comparten ciertas características químicas como la asociación entre aluminio Activo y materia orgánica. Las más importantes características físicas y químicas inherentes a esta asociación son densidad aparente baja, consistencia untuosa, alta retención de humedad, deshidratación irreversible, alta estabilidad estructural, alta fijación de fósforo, alta capacidad reguladora y alto pH en NaF.

Los suelos de los páramos del norte y centro del país (ándicos) gracias a su estructura granular estable, tienen alta porosidad lo que produce una buena permeabilidad, que a su vez hace que sean resistentes a la erosión.

Los suelos ándicos muestran cambios drásticos cuando son sometidos al secado con aire, este secado produce contracción y reacomodación de los agregados del suelo, dando origen a una dinámica diferente en las propiedades físicas. Como resultado la permeabilidad se reduce y en consecuencia, la susceptibilidad a la erosión por agua y por viento se aumenta.

En general, la erosión hídrica no es tan importante en estos suelos, pero si lo son los movimientos en masa provocados por una propensión excepcional de estos materiales a estos movimientos debido a las fuertes pendientes y a las condiciones muy húmedas en que frecuentemente se encuentran los suelos ándicos.

1. Los suelos de los páramos del Ecuador.

Más abajo todavía, en otra zona de unas 300 toesas de altura, el terreno está de ordinario cubierto de un fuerte gramen abierto que sube hacia un pie y medio o dos pies y que se llama uchuc en la lengua de los Incas. Esta especie de heno o paja, como se la llama en el país, es la característica propia que distingue las montañas que los españoles llaman páramos. No dan este nombre, al menos en América del Sur, más que a las tierras incultas de un terreno demasiado alto para que los bosques crezcan allí y donde la lluvia no cae sino en forma de nieve, aunque se funde casi enseguida.

2. El páramo y su diversidad

Entre el límite superior de altura de los bosques andinos (entre 3.000 y 3.500 m) y el límite inferior de las nieves (entre 4.800 y 5.000 m), toma lugar, en los Andes

septentrionales y ecuatoriales, un medio particular: el páramo. Estos prados de altura (Neotropical alpine grasslands) dominados por gramíneas formadoras de penachos, se enfrentan a un clima rudo: el promedio de las temperaturas anuales es bajo, hay una alta humedad a pesar de las precipitaciones moderadas y una débil evaporación. En tal entorno climático y altitudinal, se desarrolla un tipo de vegetación muy particular que presenta un alto grado de endemismo.

En primer lugar, resulta que este medio está definido por la presencia de algunas asociaciones vegetales típicas. Pero dentro del nombre genérico de páramo existe una fuerte diversidad, tanto a nivel botánico como en lo concerniente a las condiciones climáticas y edafológicas.

En el Ecuador, los páramos cubren una superficie de 12.560 km², que representa un 5% del territorio nacional y que aseguran el aprovechamiento de agua para la mayor parte de la población de la Sierra ecuatoriana (Proyecto Páramo 1999). Esta fuente de agua se debe principalmente a los suelos de los páramos que tienen una capacidad de regulación de los flujos de agua y permiten su aprovechamiento permanente.

Hay pocos estudios sobre los suelos de los páramos. En las publicaciones se encuentran diferentes definiciones. El trabajo del IRD3 está enfocado sobre sitios representativos de diferentes tipos de suelos en los páramos del Ecuador y propone hacer una síntesis de los suelos presentes en esta zona.

En el Ecuador, los páramos cubren la parte superior de las dos cordilleras que corren en sentido norte-sur. La distribución de los páramos en escalonamientos alrededor de las cumbres andinas más altas produce una discontinuidad de ese medio. Ésta, ligada a la 3 El Instituto de Investigación para el Desarrollo, IRD (ex ORSTOM), es un instituto público científico y técnico francés que se propone hacer investigaciones científicas en los países del Sur, en cooperación con institutos locales sobre temas tan diversos como ciencias de la tierra, del agua, biológicas y sociales. 9 distribución compleja de las condiciones climáticas sobre cada una de esas cumbres, es el origen de la diversidad de los páramos.

A pesar de esa diversidad, cierto número de caracteres comunes puede ser encontrado en el conjunto de los diferentes tipos de páramos. El más grande denominador común

reside en la presencia de especies herbáceas formadoras de penacho como Calamagrostis y Festuca spp. que, en algunos lugares, presentan una cobertura vegetal próxima al 100%.

I. CONDICIONES DE FORMACIÓN DE LOS SUELOS

Las condiciones de formación de los suelos dependen de tres factores principales que son el clima, la roca madre y la edad de los suelos. El clima es común a la mayor parte de los páramos del Ecuador. Es el principal factor de la pedogénesis (es decir, el proceso de formación de suelos) pero la diferenciación de los suelos de páramos se debe principalmente a la diferencia de roca madre entre el norte y el sur del país. Esta diferencia determina dos grupos de suelos distintos.

1. El tipo de roca madre

Más de cien volcanes (cinco de ellos en actividad) emergen de estas cordilleras en su parte norte. Estos volcanes generan dos áreas totalmente distintas que diferencian los suelos de los páramos: los suelos sometidos a las actividades volcánicas recientes y la zona que no ha tenido esta actividad.

2. Roca madre de origen volcánico

Estos depósitos son del Cuaternario reciente por lo que son muy nuevos; sin embargo, su alterabilidad es muy grande. Hay muchas formas de depósitos volcánicos como lavas, flujos piroclásticos, lahares, etc. pero la forma dominante que cubre la mayor parte de los páramos son depósitos de cenizas, lapillis y piedra pómez que se diferencian por su tamaño. Estos depósitos se distribuyen en función de la distancia al punto de emisión y de la dirección de los vientos. En el Ecuador, para las 10 partículas más finas, la dirección de extensión máxima está orientada al suroeste, mientras más finos son los depósitos, mayor es la superficie específica y mayor la cinética de alteración. Entonces, para piroclastos de la misma edad, las cenizas se ubican más lejos de su punto de emisión, son más finas y más alteradas. Esta distribución se llama litosecuencia (Winckell et al. 1991a).

La calidad química y mineralógica de los depósitos está en función del tipo de erupción volcánica. Los materiales como los piroxenos y anfíbolos que liberan una gran cantidad

de cationes útiles para las plantas, son mucho más alterables que el cuarzo (Winckell et al. 1991b).

3. Roca madre de origen no volcánico

Cuando no hay cobertura de cenizas, la roca madre está compuesta de muchos tipos de rocas que forman la base de la Cordillera Andina. Son rocas de tipo sedimentario con intercalación de eventos volcánicos antiguos y también rocas metamórficas en el sur del país. Su alteración es mucho más lenta que las cenizas volcánicas y el tipo de suelo se diferencia por la textura de la roca madre (maciza o con esquistosidad) y por su mineralogía. El suelo puede contener arcillas por herencia y la cantidad de minerales alterables va a determinar su evolución.

J. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las condiciones climáticas tienen marcadas consecuencias sobre la evolución de los suelos. Es así que la temperatura promedio baja y/o las condiciones de humedad definen la evolución de los suelos. Generalmente los páramos tienen un clima frío y húmedo (Pourrut 1994).

1. La temperatura

La temperatura es el factor principal. Ésta baja entre 0,5°C y 0,7°C por cada 100 m de altitud (a partir de los 2000 m). La variación de temperaturas es alta en el día (frecuentemente más de 15°C con una radiación solar importante). A temperaturas medias bajas, la actividad biológica se reduce. Como consecuencia, la mineralización de la materia orgánica baja y eso permite su acumulación en grandes cantidades. La 11 temperatura disminuye la velocidad de la alteración de la roca madre en parte por una disminución en la actividad de bacterias que incrementan la alteración meteorológica. Las cenizas del subpáramo, con temperaturas medias superiores a las del superpáramo más frío, tienen un grado de alteración más grande. Esta evolución de un mismo evento geológico en función del clima se llama climatosecuencia.

Los suelos de los páramos también han registrado las variaciones de temperatura que ocurrieron durante la última glaciación que terminó hace 12.000 años. En esta época el

clima era más frío, pero también había mucho más viento que en los periodos actuales (Pourrut 1994).

2. La humedad

La cantidad de lluvia en el páramo puede tener una variación importante (entre 500 y más de 3.000 mm/año). Más que la cantidad de lluvia es la humedad constante con las precipitaciones ocultas (neblina, lloviznas, etc.) lo que da al suelo una humedad permanente y permite su evolución rápida. Raramente la estación seca pasa de un mes. Hay zonas particulares que por ubicarse fuera del alcance de los vientos amazónicos, reciben vientos fuertes de poca humedad que generan un microclima árido y forman la zona del Arenal, particularmente al oeste del Chimborazo. En estas áreas, el desarrollo de los suelos es muy débil y se diferencia mucho de los otros páramos.

3. La edad de los suelos

Los suelos del sur que no se desarrollan sobre rocas madres volcánicas tienen una edad mucho mayor que la de los suelos sobre cenizas. Frecuentemente tienen una historia compleja debido a los cambios climáticos ocasionados por la tectónica o los eventos glaciares. En las cumbres, las últimas glaciaciones tuvieron un efecto de rejuvenecimiento de todos los suelos. La edad de la capa de cenizas volcánicas y la sucesión de las capas condicionan el grado de evolución de los suelos. Generalmente, los suelos volcánicos son muy jóvenes y, contrariamente a todos los otros tipos de suelo, se rejuvenecen en su parte superior con cada caída de cenizas, mientras que en todos los otros tipos de suelo es la parte superior la que siempre evoluciona más.

La evolución de cada capa de cenizas volcánica depende del tiempo de exposición a los eventos climáticos que afectan la parte superior del suelo. Esta evolución de las cenizas en función de su edad se llama cronosecuencia.

4. Los suelos que se desarrollan sobre depósitos volcánicos

Las cenizas volcánicas cubren toda la parte norte del Ecuador hasta el sur de Cuenca y evolucionan según una clima-crono-litosecuencia a la escala del país, pero también a la escala de un área más reducida. En inglés, estos suelos se llaman volcanic ash soils. Las cenizas volcánicas, por efecto de su depósito y alteración generan una difuminación de

las formas del relieve. Las cimas son suavemente onduladas y rebajadas con cumbres anchas, redondas o aplanadas, de donde emergen localmente espinazos rocosos, la pedogénesis de este tipo de suelo depende de diferentes factores (Colmet-Daage et al. 1967).

4. Las propiedades de los suelos que se desarrollan sobre depósitos volcánicos

El tipo general de suelo que se forma sobre las cenizas volcánicas es un ANDOSOL del japonés Hondo, que significa oscuro debido a la composición de los depósitos volcánicos con gran parte de vidrios, su alteración es muy rápida y conduce a la formación de complejos aluminio-orgánicos y/o de minerales poco cristalizados como los alófanos y la imogolita. Los andosoles son suelos jóvenes con horizontes poco diferenciados (Soil Survey Staff 1998).

5. Parámetros morfológicos

- El color general del horizonte superior es negro debido a la alta tasa de materia orgánica;
- La estructura es muy estable con microagregación y alta porosidad;
- Son suelos resistentes a la erosión, con una buena tasa de humedad y una gran permeabilidad que permite un buen desarrollo de las raíces.

La tasa de carbono orgánico es muy alta. Son los suelos, después de los histosoles (turbas), que retienen la más alta cantidad de carbono. Esto se explica por el régimen de temperatura con promedio bajo y por la formación de complejos aluminio-orgánicos muy estables y parcialmente tóxicos para algunos microorganismos que descomponen la materia orgánica. Los andosoles ácidos de tipo no alofánicos tienen una capacidad de fijación de carbono más alta que los alofánicos. Esta materia orgánica se caracteriza por la presencia de ácidos húmicos con fuerte poder de coloración negra. Este proceso se llama melanismo. Este tipo de ácidos húmicos está relacionado con la presencia de gramíneas (Poaceae) en los páramos (Shoji et al. 1990)

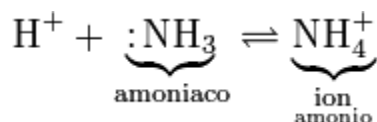
K. EL PARÁMETRO CLIMÁTICO

Se usan los siguientes regímenes de temperatura del suelo para definir las clases de taxonomía:

El régimen de temperatura: su cambio es debido a la altitud de los páramos. Puede ser un parámetro edafológico para diferenciar los páramos de los super-páramos. Críco: los suelos en este régimen tienen una temperatura media anual mayor a 0°C pero menor a 8°C a 50 cm de profundidad. Desde la parte de arriba hasta abajo tenemos los vitricryands, haplocryands y melanocryands; Mésico: los suelos en este régimen tienen una temperatura media anual mayor a 8°C pero menor a 15°C a 50 cm de profundidad. Cuando esta temperatura difiere en menos de 5°C al año, se utiliza el término de isomésico. Todos estos suelos en Ecuador son melanudands: típico melanudand e hidrico melanudand para los suelos no alofánicos, que son los más evolucionados.

Amonio NH₄

El **amonio** es un catión poliatómico cargado positivamente, de fórmula química NH₄⁺. Tiene un peso molecular de 18,04 y se forma mediante la protonación del amoníaco(NH₃).

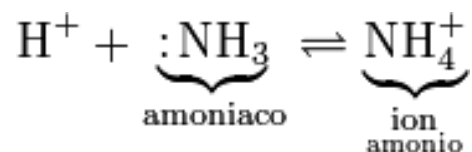


El ion resultante tiene un pK_a de 9,25. Los nombres amonio y aminio también son nombres generales para las aminas sustituidas protonadas o cargadas positivamente, y los cationes amonio cuaternario N⁺R₄, donde uno o más átomos de hidrógeno son reemplazados por grupos alquilo (que pueden ser simbolizados como **R**).

Humos de ácido clorhídrico y amoniaco formando una nube blanca de cloruro de amonio.

El amoníaco es una base débil: reacciona con ácidos de Brønsted (donantes de protones) para producir el ion amonio. Cuando se disuelve amoníaco en agua, una cantidad pequeña de él reacciona con los iones hidronio en el agua para producir iones amonio. El ion amonio resultante es un ácido conjugado comparativamente fuerte, y reacciona

con cualquier base, regenerando la molécula de amoníaco neutra. En solución acuosa, el grado en que el amoníaco forma ion amonio depende del pH de la solución y de la concentración de amoniaco.

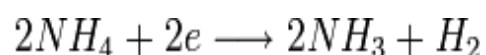


El par electrónico libre en el nitrógeno (N) en el amoníaco está representado como un par de puntos. Este par de electrones forma el enlace con el catión hidrógeno H^+ .

En el ion amonio, el átomo de nitrógeno forma cuatro enlaces covalentes, en vez de tres como en el amoníaco, formando una estructura que es isoelectrónica a la molécula de metano y, en consecuencia, es energéticamente favorable.

La formación de los compuestos de amonio también puede suceder en la fase de vapor; por ejemplo, cuando vapores de amoníaco entran en contacto con vapores de cloruro de hidrógeno, se forma una nube blanca de cloruro de amonio, que eventualmente se deposita como una capa delgada de sólido sobre las superficies. Los cationes amonio se asemejan a los metales alcalinos como el Na^+ o el K^+ y puede ser encontrado en sales como el bicarbonato de amonio, cloruro de amonio, y nitrato de amonio. Las sales de amonio más simples son muy solubles en agua.

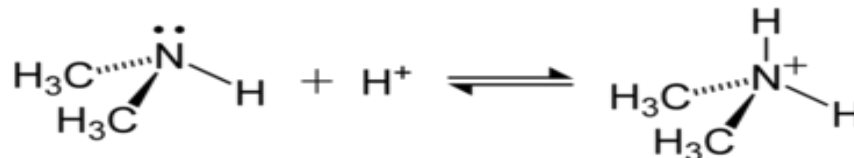
La reducción del catión amonio libera gas amoníaco e hidrógeno:



Grupos de radicales orgánicos se puede llamar a catión de amonio primario, secundario, terciario o cuaternario existen en equilibrio con su respectiva amina sustituida, dependiendo del Ph.

Solo los cationes de amonio cuaternarios están cargados permanentemente. Estos cationes, vg. el catión tetra-*n*-butilamonio son usados algunas veces para reemplazar a los iones sodio o potasio e incrementar la solubilidad global de los compuestos en solventes orgánicos, basados en los principios HSAB. Las sales de amonio cuaternario son usados frecuentemente como catalizadores de transferencia de fase por la misma razón.

Un ejemplo de una reacción que forma un ion amonio es la que hay entre la dimetilamina, $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$, con un ácido para producir el catión dimetilaminio, $(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+$:



Los iones amonio son un producto tóxico de desecho del metabolismo en los animales. En los peces e invertebrados acuáticos, se excreta directamente en el agua. En mamíferos, tiburones, y anfibios, se convierte en el ciclo de la urea en urea, debido a que es menos tóxica y puede ser almacenada más eficientemente. En aves, reptiles y serpientes terrestres, el amonio metabólico es convertido en ácido úrico, que es sólido, y puede ser excretado con mínimas pérdidas de agua.

El amonio es tóxico para los humanos en altas concentraciones, y puede causar daños en la mucosa que recubre los pulmones, o quemaduras alcalinas.

- **Potasio**

Elemento relativamente abundante en la naturaleza. Es junto a N y P, de los más utilizados como fertilizantes inorgánicos.

- **Absorción**

El potasio se encuentra en los suelos como componente de la roca madre en forma de silicatos, en el interior de las láminas de la arcilla, fijado al complejo arcillo-húmico y en la disolución del suelo. Únicamente el que está en la disolución de suelo, es el asimilable por las plantas. Su absorción es activa y rápida, en forma de catión potasio.

El potasio participa en el antagonismo catiónico, proceso poco específico que depende de concentración, y en el que participan otros cationes como Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ . Si uno de los cationes se encuentra en menor concentración, el resto de los cationes tiende a compensar ese déficit, de forma que la suma total de cationes en el tejido vegetal tiende a permanecer constante.

- **Potasio en el Suelo**

Formas de Potasio en el Suelo:

El potasio en el suelo se clasifica generalmente en cuatro formas:

Potasio estructural / potasio de reserva

Potasio fijado

Potasio intercambiable

Potasio en la solución de suelo

La base para la clasificación, de las formas del potasio en el suelo, es la disponibilidad para la absorción de potasio por parte de la planta. Dependiendo del tipo de suelo y las condiciones ambientales, la disponibilidad de potasio puede variar.

Potasio mineral se encuentra en el suelo en la estructura cristalina de los feldespatos, arcillas y micas. Las plantas no pueden utilizar el potasio en estas formas insolubles. Sin embargo, con el tiempo, en procesos lentos de meteorización, estos minerales liberan cantidades pequeñas de potasio a la solución del suelo.

Potasio fijado – es el potasio que está atrapado en el espacio interior de las arcillas. Los minerales de arcilla en el suelo tienen la capacidad de fijar potasio. El potasio fijado no es disponible para las plantas. A través de cambios en la humedad del suelo, el potasio fijado se libera lentamente a la solución del suelo. En los análisis de suelos regulares no se miden el potasio fijado.

Potasio intercambiable una forma disponible del potasio en el suelo, que las plantas pueden extraer fácilmente. Esta fracción de potasio está absorbida en la superficie de las partículas de arcilla y materia orgánica en el suelo. Se encuentra en equilibrio con la solución del suelo y se desplaza rápidamente cuando las plantas absorben el potasio de la solución del suelo. En la mayoría de los análisis de suelos se miden el potasio intercambiable.

Potasio en la solución del suelo el potasio disuelto en la solución del suelo está inmediatamente disponible para las plantas. Sin embargo, las cantidades presentes en la solución del suelo son muy pequeñas. Cuando la planta extrae el potasio de la solución

del suelo, su concentración se repone inmediatamente por el potasio en la forma intercambiable.

Al disminuir la concentración de potasio intercambiable, éste se moverá desde zonas más distantes del sistema radicular hasta restablecer nuevamente el equilibrio. Por lo tanto, medir el potasio en la solución del suelo no representa la cantidad total de potasio disponible para las plantas.

L. FACTORES QUE AFECTAN LA ABSORCIÓN DE POTASIO POR LAS PLANTAS

Varios factores pueden afectar la capacidad de la planta para absorber el potasio del suelo.

- El nivel de oxígeno - el oxígeno es necesario para el funcionamiento adecuado de las raíces, incluyendo la absorción de potasio.
- Humedad del suelo – las plantas absorben mejor el potasio cuando el suelo está húmedo.
- La labranza del suelo – cuando se labra el suelo con regularidad, la absorción de potasio es mejor.
- La temperatura del suelo - 15 a 26 Celsius es el rango de temperatura del suelo ideal para la actividad de las raíces y para la mayoría de los procesos fisiológicos en las plantas. Cuanto menor sea la temperatura, la absorción del potasio y otros nutrientes será más lenta.

1. Fosforo

- **Aspectos básicos sobre el fosforo del suelo**

El fósforo (P) es uno de los 17 nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de P para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima.

El P se clasifica como un nutriente primario, razón por la cual es comúnmente deficiente en la producción agrícola y los cultivos lo requieren en cantidades relativamente grandes. La concentración total de P en los cultivos varía de 0.1 a 0.5 %. Hay que ver primero lo que se entiende por fosforo (elemento cuyo simbol químico es

P) y por el fosfato, compuesto que las plantas absorben primordialmente y que se representa por la fórmula P_2O_5 .

- **Absorción y transporte de fósforo**

El P penetra en la planta a través de las capas externas de las células de los pelos radiculares y de la punta de la raíz.

La absorción también se produce a través de las micorrizas, que son hongos que crecen en asociación con las raíces de muchos cultivos. El P es absorbido por la planta principalmente como ion orto fosfato primario ($H_2PO_4^-$), pero también se absorbe como ion fosfato secundario (HPO_4^{2-}), la absorción de esta última forma se incrementa a medida que se sube el pH. Una vez dentro de la raíz, el P puede quedarse almacenado en esta área o puede ser transportado a las partes superiores de la planta.

A través de varias reacciones químicas el P se incorpora a compuestos orgánicos como ácidos nucleicos (ADN y ARN), fosfoproteínas, fosfolípidos, enzimas y compuestos fosfatados ricos en energía como la adenosina trifosfato (ATF). El P se mueve en la planta en forma de iones orto fosfato y como P incorporado en los compuestos orgánicos formados. De esta forma el P se mueve a otras partes de la planta donde estará disponible para más reacciones.

- **Formas y cantidades de fósforo nativo del suelo**

El fósforo inorgánico consiste primordialmente de fosfato, de hierro y aluminio y fosfatos ocluidos relativamente insolubles, en los cuales el fósforo se encuentra asociado con el hierro y aluminio. Los fosfatos de calcio están presentes solamente en muy pequeñas cantidades.

Los suelos derivados de cenizas volcánicas contienen muy altas cantidades de fósforo si se comparan con otros suelos de los trópicos. A pesar de que los suelos derivados de cenizas volcánicas tienen un alto contenido de fósforo total, los cultivos que crecen en ellos generalmente responden marcadamente a la fertilización con fósforo. Esto sugiere que la habilidad de las plantas para tomar las formas “activas” del fósforo inorgánico es muy diferente para el caso de los suelos volcánicos, comparados con la de otros suelos.

- **Factores que influyen en las formas del fósforo inorgánico**

Las formas del fósforo inorgánico presentes en un suelo, están relacionadas con el grado de meteorización química que haya tenido lugar. Los factores que determinan la formación de los compuestos de fósforo en el suelo son: a) Actividad de los cationes b) pH c) Productos de solubilidad de los compuestos del fósforo. d) Propiedades mineralógicas del suelo e) Condiciones de topografía y drenaje. La transformación de los fosfatos de un compuesto a otro está controlada principalmente por el pH. A medida que los suelos se tornan ácidos, las actividades del hierro y el aluminio aumentan y los fosfatos de Calcio relativamente solubles, se convierten en compuestos de hierro y aluminio menos solubles. El régimen de humedad del suelo también produce un efecto importante en las formas del fósforo presente. Suelos en áreas con estación marcada de sequía de humedad, tienen una alta proporción de su fósforo inorgánico en formas de fosfato de hierro, lo mismo se encontró que el mal drenaje favorece la formación de fosfatos de aluminio. Los fertilizantes fosfatados cuando se añaden a un suelo ácido mineral, reaccionan con los compuestos de hierro y aluminio para formar compuestos de fósforo poco solubles.

- **Como determinar el fósforo del suelo para estimar el fósforo aprovechable.**

Los factores que influyen en el suministro del fosforo para las plantas han sido representados por Gunary y Sultan, en la siguiente forma: 7 K1 P suelo P en la solución del suelo Difusión Raíces de la planta K2 Capacidad Intensidad Tasa La concentración del fósforo en la solución del suelo es importante en la nutrición vegetal debido a que las raíces de las plantas absorben fósforo de esta solución.

El movimiento del fósforo hacia las raíces por difusión para reemplazar al que ha sido tomado por las plantas, es dependiente del gradiente de concentración de fósforo en la solución y de las interacciones entre el fósforo de la solución y de la fase sólida. La cantidad de fósforo en la solución del suelo es una función de la capacidad de adsorción del fósforo y del porcentaje de la saturación de la capacidad de adsorción. En suelos ácidos minerales, la capacidad de adsorción está determinada principalmente por las cantidades y naturaleza de los óxidos hidratados de hierro y aluminio y de las cantidades de aluminio intercambiable.

- **El fósforo orgánico y su metabolismo en los suelos:**

El fósforo orgánico que ha sido considerado como la reserva fosforada de los suelos tropicales, se le atribuye dos orígenes: a) Proveniente de la síntesis microbial. b) Residuos orgánicos que en general, llegan al suelo con un contenido de fósforo variable entre 0.05% y 0.5% La actividad microbial es afectada por diferentes factores entre los que se destacan:

- **Temperatura:**

La mineralización del fósforo aumenta marcadamente cuando la temperatura es de 30°C o mayor.

Humedad: los diferentes niveles de humedad, hasta un 70% de saturación, no parece influir mucho en los cambios de la tasa de mineralización, pero cuando las condiciones se toman más anaeróbicas, el fósforo disponible aumenta, aunque parece bastante probable que se confundan las reacciones de mineralización y de solubilización de fósforo inorgánico.

Reacción del suelo:

La mineralización más adecuada ocurre en medios próximos a la neutralidad. Sin embargo, el encalamiento de suelos naturalmente ácidos puede no producir los efectos esperados, porque el calcio, y también el magnesio, inhiben la acción de las hidrolasas fosfóricas.

Efecto residual de fosforo en andisoles

Es conocido que los suelos derivados de cenizas volcánicas (andisoles) tienen un alto poder de fijación de P. por otro lado, existe evidencia de que el efecto residual de aplicación alta de este elemento es variable. Los principales resultados sobre el efecto residual de P en andisoles se pueden resumir de la siguiente manera:

Existen diferencias en la capacidad de fijación de p por los andisoles, en suelos recientes el aluminio activo asociado con los complejos (Al – humus) sería el responsable de la fijación.

La capacidad de fijación de P de los suelos resistentes es alta y aparentemente difícil satisfacer todo el poder de fijación.

El análisis de suelo no predice adecuadamente el estado del para ciertos cultivos y se hace necesario determinar parámetros adicionales para predecir adecuadamente los requerimientos de P.

Diferentes cultivos tiene diferentes niveles críticos de P en un mismo andisol. Los suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisoles) cubren una gran extensión de América Central y América del Sur. La fracción arcilla de estos suelos está dominada por alófana e imogolita (minerales amorfos de rango corto) que provienen de la meteorización de los materiales piroclásticos producto de recientes deposiciones volcánicas.

Investigación conducida en los últimos años ha demostrado que los complejos humus aluminio (Al) juegan también un significativo papel en el comportamiento de los Andisoles. Una de las características más importantes de los Andisoles es su capacidad para inmovilizar (fijar) fósforo (P) en la superficie de los minerales amorfos. Esta es la principal limitante química de los Andisoles. Aparentemente, la capacidad de fijación de P de los Andisoles varía con el tipo de arcilla presente y esto a su vez cambia el efecto residual de las aplicaciones de fosfato. En ciertos cultivos, los estudios de calibración, no han logrado correlacionar adecuadamente el contenido de P en el suelo con las recomendaciones de fertilización.

Mecanismos de fijación de p en andisoles

Inicialmente se consideró que la fijación de P en los Andisoles ocurría solamente en las superficies activas de la alófana y la imogolita. Los mecanismos de fijación de P en la alófana e imogolita incluyen procesos como quemiasorción, desplazamiento de silicio (Si) estructural y precipitación. Sin embargo, se ha reconocido la importancia de los complejos humus-Al en este proceso.

La fracción humus en Andisoles forma fácilmente complejos con metales como el Al. El carbono (C) atrapado en estos complejos es inactivo y deja de ser parte del Carbono de activo de la fracción orgánica. Por otro lado, los grupos hidroxilo combinados con el Al acomplejado entran en reacciones de intercambio de ligandos con HPO_4^{2-} y H_2PO_4^- como se observa en la Figura 3, fijando fuertemente el P aplicado. De igual manera, este fuerte acomplejamiento del Al con el humus limita la posibilidad de coprecipitación de Al con Si, liberados de la descomposición de la ceniza volcánica, lo que a su vez limita también la formación de alófana. Estos procesos se han documentado en Andisoles de Japón, Colombia y Ecuador (Wada y Kakuto, 1985)

El contenido de fosfolípidos del humus es siempre bajo. Frecuentemente tan pequeño como 0.1%, o algunas veces más del 5% y en otras ocasiones un poco más de del fosforo orgánico está vinculado con estos compuestos. Una parte importante de esta fracción puede ser fosfatidiletanolamina y fosfatidilcolina, que se encuentran también en plantas y microorganismos. Se asegura que los fosfolípidos en el suelo, indudablemente, tienen origen microbiológico. De otra parte, su descomposición microbiológica es rápida.

2. Formas de fósforo en el suelo

El fósforo del suelo se presenta casi exclusivamente como orto fosfatos derivados del ácido fosfórico, H_3PO_4 , Ca y Al. Los compuestos formados pueden encontrarse en forma de sales en solución, sales cristalinas o sales absorbidas por los coloides del suelo. El ion fosfato puede, además, ser directamente absorbido por los coloides del suelo o puede formar enlaces de gran estabilidad con los hidróxidos de Fe, Al o Mn que forman parte de los coloides del suelo. Estos últimos constituyen el "fósforo fijado". Las principales formas de fosfatos orgánicos son el fosfato de inositol y los ácidos nucleicos. Tanto el inositol como los ácidos nucleicos parecen tener origen principalmente microbiano.

3. La interacción de nutrientes y el fósforo.

Nitrógeno (N). El fósforo y el N están involucrados en funciones vitales para las plantas como lo son: la fotosíntesis, formación de proteína y la fijación (simbiótica) de N. El beneficio principal de la aplicación en banda de fertilizantes con P y N amoniacal es el incremento de absorción de P por las plantas debido a que la solubilidad del P se

incrementa. Además, fertilizantes con N-amoniaco aumentan la absorción de P por las plantas, mejorando así el crecimiento del cultivo y la eficiencia del fertilizante fosfatado.

M. ELEMENTOS QUÍMICOS EN EL AGUA

1. Demanda química de oxígeno

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO_2/l). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros), que también se reflejan en la medida.

Es un método aplicable en aguas continentales (ríos, lagos o acuíferos), aguas negras, aguas pluviales o agua de cualquier otra procedencia que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. Este ensayo es muy útil para la apreciación del funcionamiento de las estaciones depuradoras. No es aplicable, sin embargo, a las aguas potables, ya que al tener un contenido tan bajo de materia oxidable la precisión del método no sería adecuada. En este caso se utiliza el método de oxidabilidad con permanganato potásico.

La DQO varía en función de las características de las materias presentes, de sus proporciones respectivas, de sus posibilidades de oxidación y de otras variables. Es por esto que la reproductividad de los resultados y su interpretación no pueden ser satisfechas más que en condiciones de metodología de ensayo bien definida y estrictamente respetadas.

2. Potencial de Hidrogeno

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio $[\text{H}_3\text{O}]^+$ presentes en determinadas disoluciones. La

sigla significa: potencial hidrógeno, potencial de hidrógeno o potencial de hidrogeniones.

Este término fue acuñado por el bioquímico danés S. P. L. Sørensen (1868-1939), quien lo definió en 1909, como el opuesto del logaritmo en base 10 o el logaritmo negativo, de la actividad de los iones hidrógeno. Esto es:

$$\text{pH} = -\log_{10} [a_{H^+}]$$

Esta expresión es útil para disoluciones que no tienen comportamientos ideales, disoluciones no diluidas. En vez de utilizar la concentración de iones hidrógeno, se emplea la actividad (a), que representa la concentración efectiva.

El término "pH" se ha utilizado universalmente por lo práctico que resulta para evitar el manejo de cifras largas y complejas. En disoluciones diluidas, en lugar de utilizar la actividad del ion hidrógeno, se le puede aproximar empleando la concentración molar del ion hidrógeno.

En disolución acuosa, la escala de pH varía, típicamente, de 0 a 14. Son ácidas las disoluciones con pH menores que 7 (el valor del exponente de la concentración es mayor, porque hay más iones hidrógeno en la disolución). Por otro lado, las disoluciones alcalinas tienen un pH superior a 7. La disolución se considera neutra cuando su pH es igual a 7, por ejemplo el agua.

3. Medición del pH

El valor del pH se puede medir de forma precisa mediante un potenciómetro, también conocido como pH-metro (/pe achímetro/o /pe ache metro/), un instrumento que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia (generalmente de plata/cloruro de plata) y un electrodo de vidrio que es sensible al ion de hidrógeno.

El pH de una disolución se puede medir también de manera aproximada empleando indicadores: ácidos o bases débiles que presentan diferente color según el pH.

Generalmente se emplea un papel indicador, que consiste en papel impregnado con una mezcla de indicadores cualitativos para la determinación del pH. El indicador más

conocido es el papel de litmus o papel tornasol. Otros indicadores usuales son la fenolftaleína y el naranja de metilo.

A pesar de que muchos potenciómetros tienen escalas con valores que van desde 1 hasta 14, los valores de pH también pueden ser menores que 1 o mayores que 14. Por ejemplo el ácido de las baterías de automóviles tienen valores de pH menores que uno. Por contraste, el hidróxido de sodio 1 M varía de 13.5 a 14.

A 25 °C, un pH igual a 7 es neutro, uno menor que 7 es ácido, y si es mayor que 7 es básico. A distintas temperaturas, el valor de pH neutro puede variar debido a la constante de equilibrio del agua: K_w .

La determinación del pH es uno de los procedimientos analíticos más importantes y más utilizados en química y bioquímica. El pH determina muchas características notables de la estructura y de la actividad de las moléculas, por lo tanto, del comportamiento de células y organismos.

El pH que es medido en el laboratorio, generalmente no es el mismo que el calculado mediante la ecuación: $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$, porque el valor numérico de la concentración de iones hidrógeno, no es igual al valor de su actividad, excepto, para las disoluciones diluidas.

4. Medida de calidad de agua: el pH

La calidad del agua y el pH son a menudo mencionados en la misma frase. El pH es un factor muy importante, porque determinados procesos químicos solamente pueden tener lugar a un determinado pH. Por ejemplo, las reacciones del cloro solo tienen lugar cuando el pH tiene un valor de entre 6,5 y 8.

El pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H^+) en una sustancia.

La acidez es una de las propiedades más importantes del agua. El agua disuelve casi todos los iones. El pH sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua.

El resultado de una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones H^+) y el número de iones hidroxilo (OH^-). Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra. Tendrá entonces un pH alrededor de 7.

El pH del agua puede variar entre 0 y 14. Cuando el pH de una sustancia es mayor de 7, es una sustancia básica. Cuando el pH de una sustancia está por debajo de 7, es una sustancia ácida.

Cuanto más se aleje el pH por encima o por debajo de 7, más básica o ácida será la solución.

El pH es un factor logarítmico; cuando una solución se vuelve diez veces más ácida, el pH disminuirá en una unidad. Cuando una solución se vuelve cien veces más ácida, el pH disminuirá en dos unidades. El término común para referirse al pH es la alcalinidad.

5. Métodos de determinación del pH

Existen varios métodos diferentes para medir el pH. Uno de estos es usando un trozo de papel indicador del pH. Cuando se introduce el papel en una solución, cambiará de color. Cada color diferente indica un valor de pH diferente. Este método no es muy preciso y no es apropiado para determinar valores de pH exactos. Es por eso que ahora hay tiras de test disponibles, que son capaces de determinar valores más pequeños de pH, tales como 3.5 or 8.5.

El método más preciso para determinar el pH es midiendo un cambio de color en un experimento químico de laboratorio. Con este método se pueden determinar valores de pH, tales como 5.07 and 2.03.

Ninguno de estos métodos es apropiado para determinar los cambios de pH con el tiempo.

6. El electrodo de pH

Un electrodo de pH es un tubo lo suficientemente pequeño como para poder ser introducido en un tarro normal. Está unido a un pH-metro por medio de un cable. Un

tipo especial de fluido se coloca dentro del electrodo; este es normalmente “cloruro de potasio 3M”. Algunos electrodos contienen un gel que tiene las mismas propiedades que el fluido 3M. En el fluido hay cables de plata y platino. El sistema es bastante frágil, porque contiene una pequeña membrana. Los iones H^+ y OH^- entrarán al electrodo a través de esta membrana. Los iones crearán una carga ligeramente positiva y ligeramente negativa en cada extremo del electrodo. El potencial de las cargas determina el número de iones H^+ y OH^- y cuando esto haya sido determinado el pH aparecerá digitalmente en el pH-metro. El potencial depende de la temperatura de la solución. Es por eso que el pH-metro también muestra la temperatura.

7. Ácidos y bases

Cuando los ácidos entran en contacto con el agua, los iones se separan. Por ejemplo, el cloruro de hidrógeno se disociará en iones hidrógeno y cloro ($HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$). Las bases también se disocian en sus iones cuando entran en contacto con el agua. Cuando el hidróxido de sodio entra en el agua se separará en iones de sodio e hidroxilo ($NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$).

Cuando una sustancia ácida acaba en el agua, le cederá a ésta un protón. El agua se volverá entonces ácida. El número de protones que el agua recibirá determina el pH. Cuando una sustancia básica entra en contacto con el agua captará protones. Esto bajará el p del agua.

Cuando una sustancia es fuertemente ácida cederá más protones al agua. Las bases fuertes cederán más iones hidroxilo.

8. Determinación de cloruros en el agua

Las aguas naturales tienen contenidos muy variables en cloruros dependiendo de las características de los terrenos que atraviesen pero, en cualquier caso, esta cantidad siempre es menor que las que se encuentran en las aguas residuales, ya que el ClNa es común en la dieta y pasa inalterado a través del aparato digestivo.

El aumento en cloruros de un agua puede tener orígenes diversos. Si se trata de una zona costera puede deberse a infiltraciones de agua del mar. En el caso de una zona árida el aumento de cloruros en un agua se debe al lavado de los suelos producido por

fuertes lluvias. En último caso, el aumento de cloruros puede deberse a la contaminación del agua por aguas residuales.

Los contenidos en cloruros de las aguas naturales no suelen sobrepasar los 50-60 mg/l. El contenido en cloruros no suele plantear problemas de potabilidad a las aguas de consumo. Un contenido elevado de cloruros puede dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal.

La reglamentación técnico-sanitaria española establece como valor orientador de calidad 250 mg/l de Cl y, como límite máximo tolerable, 350 mg/l de Cl, ya que no representan en un agua de consumo humano más inconvenientes que el gusto desagradable del agua.

9. La determinación de cloruros puede hacerse mediante tres métodos.

El método argentométrico o volumétrico es recomendable para agua con concentraciones entre 1,5 y 100 mg/l de cloruros.

Este método es aplicable para la determinación de cloruros en aguas potables o superficiales, siempre que no tengan excesivo color o turbidez. Se basa en el método de Mohr. Sobre una muestra ligeramente alcalina, con pH entre 7 y 10, se añade disolución de AgNO_3 valorante, y disolución indicadora K_2CrO_4 . Los Cl^- precipitan con el ión Ag^+ formando un compuesto muy insoluble de color blanco. Cuando todo el producto ha precipitado, se forma el cromato de plata, de color rojo ladrillo, que es menos insoluble que el anterior y nos señala el fin de la valoración.

N. OBSERVACIONES

En el caso de aguas cuya concentración de cloruros sea inferior a 30 ppm no utilizar este método. 2º El pH de la muestra debe estar entre 7 y 10, ya que si: $\text{pH} < 7$ se disolvería el Ag_2CrO_4 y dificultaría la detección del punto final de la valoración. $\text{pH} > 7$ precipitaría el AgOH , de color pardo, y cometeríamos error. 3º Interferencias: La materia orgánica debe eliminarse. Los Br^- , I^- , y CN^- se registran como concentraciones equivalentes de Cl^- . Los iones sulfuro, tiosulfuro y sulfito interfieren pero se eliminan con agua oxigenada, al 30%. Los fosfatos interfieren por encima de

25 ppm por precipitar como Ag_3PO_4 . El Fe^{2-} interfiere por encima de 10 ppm al reaccionar con K_2CrO_4 y enmascarar el punto final.

Otro método para determinar los cloruros es el método del nitrato de mercurio. Éste tiene la ventaja que el punto final de la reacción es fácilmente apreciable.

El Método potenciométrico se aplica mediante un potenciómetro y un electrodo de cloruros.

Este método es recomendable para aguas con elevado color y turbidez.

1. Generalidades

Los cloruros son una de las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua y de drenaje.

El sabor salado del agua, producido por los cloruros, es variable y dependiente de la composición química del agua, cuando el cloruro está en forma de cloruro de sodio, el sabor salado es detectable a una concentración de 250 ppm de NaCl .

Cuando el cloruro está presente como una sal de calcio o de magnesio, el típico sabor salado de los cloruros puede estar ausente aún a concentraciones de 1000 ppm.

El cloruro es esencial en la dieta y pasa a través del sistema digestivo, inalterado.

Un alto contenido de cloruros en el agua para uso industrial, puede causar corrosión en las tuberías metálicas y en las estructuras.

La máxima concentración permisible de cloruros en el agua potable es de 250 ppm, este valor se estableció más por razones de sabor, que por razones sanitarias.

2. Almacenaje de la muestra

Las muestras se pueden guardar en botellas de vidrio o de plástico, no se requieren cuidados especiales en su almacenaje.

3. Determinación de sulfatos en el agua

Al igual que los cloruros, el contenido en sulfatos de las aguas naturales es muy variable y puede ir desde muy pocos miligramos por litro hasta cientos de miligramos por litros.

Los sulfatos pueden tener su origen en que las aguas atraviesen terrenos ricos en yesos o a la contaminación con aguas residuales industriales.

El contenido de sulfatos no suele presentar problema de potabilidad a las aguas de consumo pero, en ocasiones, contenidos superiores a 300 mg/l pueden ocasionar trastornos gastrointestinales en los niños. Se sabe que los sulfatos de sodio y magnesio pueden tener acción laxante, por lo que no es deseable un exceso de los mismos en las aguas de bebida.

La reglamentación técnico-sanitaria española establece como valor orientador de calidad 250 mg/l y como límite máximo tolerable 400 mg/l, concentración máxima admisible.

El sulfato (SO_4) se encuentra en casi todas las aguas naturales. La mayor parte de los compuestos sulfatados se originan a partir de la oxidación de las menas de sulfato, la presencia de esquistos, y la existencia de residuos industriales. El sulfato es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia.

Una alta concentración de sulfato en agua potable tiene un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza del agua.

Las bacterias, que atacan y reducen los sulfatos, hacen que se forme sulfuro de hidrógeno gas (H_2S).

El nivel máximo de sulfato sugerido por la organización Mundial de la Salud (OMS) en las Directrices para la Calidad del Agua Potable, establecidas en Génova, 1993, es de 500 mg/l. Las directrices de la Unión Europea son más recientes, 1998, completas y estrictas que las de la OMS, sugiriendo un máximo de 250 mg/l de sulfato en el agua destinada al consumo humano.

Riesgos por consumir aguas con niveles altos de sulfatos

Las personas que no están acostumbradas a beber agua con niveles elevados de sulfato pueden experimentar diarrea y deshidratación. Los niños son a menudo más sensibles al sulfato que los adultos como precaución, aguas con un nivel de sulfatos superior a 400 mg/l no deben ser usadas en la preparación de alimentos para niños mayores y adultos se acostumbran a los niveles altos de sulfato después de unos días.

Efectos de los sulfatos en los animales

Los animales también son sensibles a altos niveles de sulfatos en animales jóvenes, altos niveles pueden estar asociados con diarrea crónica y grave, y en algunos casos, la muerte como ocurre en los humanos, los animales tienden a acostumbrarse al sulfato con el tiempo diluir agua de alta concentración de sulfatos con agua de baja concentración de sulfatos puede ayudar a evitar problemas de diarrea y deshidratación en animales jóvenes y animales no acostumbrados a beber agua con muchos sulfatos.

La proporción de agua de elevada concentración de sulfatos/agua de baja concentración de sulfatos puede incrementarse gradualmente hasta que los animales puedan tolerar el agua de elevada concentración de sulfato.

Otros efectos por consumir aguas con niveles altos de sulfatos

Si el sulfato en el agua supera los 250 mg/l, un sabor amargo o medicinal puede hacer que sea desagradable beber esa agua.

Los altos niveles de sulfato pueden también corroer tuberías, particularmente las de cobre. En áreas con altos niveles de sulfato, normalmente se utilizan materiales más resistentes a la corrosión para las tuberías, tales como tubos de plástico.

Cómo se puede eliminar el sulfato del agua

Tres tipos de sistemas de tratamiento pueden eliminar el sulfato del agua potable: ósmosis inversa, destilación, o intercambio iónico. Los ablandadores del agua, los filtros de carbón, y los filtros de sedimentación **no** eliminan el sulfato. Los ablandadores del

agua simplemente cambian el sulfato de calcio o de magnesio por el sulfato de sodio, que es algo más laxante.

4. Hierro en las aguas subterráneas

El hierro en los suministros de aguas procedentes del subsuelo en zonas rurales es muy frecuente: los niveles de concentración van entre rangos de 0 a 50mg/L, mientras la OMS recomienda niveles de <0.3mg/L. El hierro ocurre de manera natural en acuíferos pero los niveles de aguas subterráneas pueden aumentar por disolución de rocas ferrosas. Las aguas subterráneas que tienen hierro son normalmente de color naranja y provoca el destiño en las ropas lavadas, y además tienen un sabor desagradable, que se puede notar en el agua y en la cocina.

El hierro que es disuelto en las aguas subterráneas se reduce a su forma hierro II. Esta forma es soluble y normalmente no causa ningún problema por sí misma. El hierro II se oxida a formas de hierro III que son hidróxidos insolubles en agua. Estos son compuestos rojos corrosivos que tiñen y provocan el bloqueo de pantallas, bombas, tuberías y sistemas de recirculación, etc. Si los depósitos de hidróxido de hierro se producen por bacterias del hierro entonces son pegajosos y los problemas de manchas y bloqueo de sistemas son todavía más graves. La presencia de bacterias de hierro puede venir indicada por sustancias limosas corrosivas dentro de lugares de distribución, la reducción del flujo del agua, olor desagradable del agua bombeada del agujero, depósitos limosos y pegajosos que bloquean líneas de distribución principales y laterales, manchas en el pavimento, caída de paredes.

La eliminación de hierro biológico significa la eliminación del hierro de las aguas subterráneas dentro de filtros de aguas. Los microbiólogos reconocen por muchos años que ciertas bacterias son capaces de oxidar e inmovilizar el hierro. Las bacterias responsables de este proceso se encuentran naturalmente en el medio.

Hierro El hierro es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre. Está presente en aguas dulces naturales en concentraciones de 0,5 a 50 mg/l. También puede haber hierro en el agua de consumo debido a la utilización de coagulantes de hierro o a la corrosión de tuberías de acero o hierro colado durante la distribución del agua.

El hierro es un elemento esencial en la nutrición humana. Las necesidades diarias mínimas de este elemento varían en función de la edad, el sexo, el estado físico y la biodisponibilidad del hierro, y oscilan entre 10 y 50 mg/día. En 1983, el JECFA estableció una MIDTP de 0,8 mg/kg de peso corporal para prevenir la acumulación excesiva de hierro en el organismo, aplicable al hierro de todas las fuentes excepto a los óxidos de hierro utilizados como colorantes y a los complementos de hierro que se toman durante el embarazo y la lactancia o por necesidades clínicas concretas. Si se asigna un 10% de la MIDTP al agua de consumo, se obtiene un valor de unos 2 mg/l, que no supone un peligro para la salud. A concentraciones inferiores se verán afectados generalmente el sabor y aspecto del agua de consumo. No se propone ningún valor de referencia para el hierro en el agua de consumo. Antecedentes de la determinación del valor de referencia Las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 sugirieron que concentraciones de hierro superiores a 1,0 mg/l afectarían notablemente a la potabilidad del agua.

Las Normas internacionales de 1963 y 1971 conservaron este valor como concentración máxima admisible o permisible. En la primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicada en 1984, se estableció un valor de referencia de 0,3 mg/l para el hierro como valor de compromiso entre su utilización para el tratamiento del agua y consideraciones relativas a las características organolépticas. En las Guías de 1993 no se propuso ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el hierro en el agua de consumo, pero se mencionó que puede calcularse un valor de unos 2 mg/l a partir de la MIDTP establecida por la JECFA en 1983 para prevenir la acumulación excesiva de hierro en el organismo. El hierro mancha la ropa lavada y los accesorios de fontanería en concentraciones mayores que 0,3 mg/l; concentraciones de hierro inferiores a 0,3 mg/l generalmente no confieren sabor apreciable al agua, y concentraciones de 1-3 mg/l pueden resultar aceptables para quienes beben agua de pozos anaerobios.

5. Bicarbonatos en el agua

La mayoría de la nuestra aguas contienen bicarbonatos disueltos, las que son bases y por lo tanto agregan al suelo material de encalado. El riego con estas aguas puede limitar la producción de algunos frutales y plantas, causada por la elevación excesiva

del pH del suelo o del medio. La magnitud del efecto depende del contenido de bicarbonatos en el agua, la cantidad de agua aplicada, la capacidad buffer del suelo y de la sensibilidad de la planta referida.

Para comprender mejor las soluciones a aplicar en fuentes de agua con estos problemas, es necesario entender los conceptos de pH, alcalinidad y capacidad buffer o tampón. pH La lectura del valor de pH es una medida que indica la concentración de iones de hidrógeno de una solución, indicando cuan ácida o alcalina es la misma, y el rango de lectura va desde 0 (más ácida) hasta 14 (más alcalina). La disponibilidad de los micronutrientes puede ser severamente reducida por pH elevados del suelo y del agua de riego.

Las recomendaciones de pH del agua de riego y del sustrato dependen del tipo de plantación, pero en general podemos decir que este valor debe estar entre 5,2 y 6,5 si el pH y la alcalinidad del agua son mayores, requiere un tratamiento con ácido, si el pH es menor, un tratamiento de encalado.

Cuadro N°. 4. Peligro de bicarbonato (HCO_3) en aguas de regadío (meq/L)

	Ninguno	Ligero a moderado	Severo
(meq/L)	<1.5	1.5-7.5	>7.5
RSC	<1.25	1.25 to 2.5	>2.5

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

Alcalinidad

La alcalinidad es la capacidad del agua a neutralizar los ácidos. Es la concentración de álcalis solubles en la solución. Los bicarbonatos disueltos, tales como el bicarbonato de calcio.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el sector el Sinche parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar.

2. Ubicación Geográfica.

Latitud: 9838067

Longitud: 730084

Altura: 3880 hasta los 4500 msnm.

3. Características climáticas.

Temperatura entre: 3-14 °C

Precipitación media anual: 250-500 mm²

4. Características de la Zona.

La hacienda el Sinche se encuentra formando parte de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, con 1500 ha. En esta área se encuentra gran cantidad de flora y fauna característica de los páramos andinos además recursos hídricos que son aprovechados por las comunidades y el objetivo del Ministerio del Ambiente es conservar el ecosistema de páramo, hábitat de los camélidos nativos de los Andes, insertados en esta área en el año de 1988, como la vicuña, llama y la alpaca, para fomentar la crianza de estas especies, ligadas a la identidad cultural de sus comunidades, desarrollar el turismo y la recreación paisajística.

5. Geología.

La hacienda el Sinche se encuentra en la provincia de Bolívar en la sierra ecuatoriana sus suelos se han formado por intemperización de las rocas volcánicas del

Chimborazo como resultado del arrastre del material piro clástico, llevados por corrientes de los deshielos y de los vientos fuertes hacia partes bajas. Estos flujos de lodo de material volcánico cubren superficies muy extensas formando planicies y valles pocas veces interrumpidas por elevaciones rocosas existentes en estos lugares. (INEN 2012)

6. Hidrografía.

En la hacienda el Sinche existen múltiples fuentes y cursos naturales de agua que aseguran que este territorio provea de recursos necesarios para el desarrollo de las poblaciones en el sector y partes bajas de la provincia de Bolívar ya que esta es utilizada para el consumo humano y el riego de los cultivos.

7. Climatología.

Las mesetas altas de la hacienda tiene clima frío andino, esta se ubica entre los 3800 y 4500 metros de altitud con temperaturas que fluctúan entre los 3°C y 14°C centígrados, con lluvias escasas lluvias de 250-500 mm² en los meses de agosto y septiembre se presentan vientos fuertes debido a la época de verano en la zona andina (INAMHI 2009)

8. Actividad Económica.

Las personas que se encuentran en el sector de la hacienda el Sinche se dedican al pastoreo de ovejas, alpacas y llamas ya que es la única actividad permitida por ser un área que forma parte de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo ya que esta no causa un impacto considerable a los recursos naturales del Área Protegida.

9. Clasificación ecológica.

Según Holdrige, 1982, la clasificación del lugar en estudio pertenece a una vegetación de páramo seco, con la mayor parte del área cubierta por paja de páramo, humedales y unas pocas áreas abiertas de vegetación baja.

10. Extensión

Para el estudio se consideró 1217 hectáreas las que se encuentran dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo del total de las 1500 ha de la hacienda el Sinche.

B. MATERIALES

1. Materiales de oficina

Computadora, impresora, lápiz, calculadora, marcadores, borrador, hojas de papel bond programa ARCGIS.

2. Materiales de campo

Cámara fotográfica digital, marcadores, vehículo, piola, una malla cuadrada de 1m x 1m, calculadora, cinta métrica de 5 m, tijera de podar, hojas de campo, tablero apoya manos, fundas plásticas, mochila, botas de campo, papel periódico, prensa, masking, marcadores, brújula (360°), GPS (geoposicionador).

C. METODOLOGÍA

1. Fase de campo

Determinación del área de estudio

Selección del lugar de estudio

Para seleccionar el área de estudio se realizó un reconocimiento de la hacienda el Sinche con la ayuda de un guía, se tomaron puntos referenciales usando un GPS de Navegación Marca Garmin, posteriormente con el software ArcGIS se determinó el área de la hacienda de la misma manera se realizó la distribución de las parcelas para el inventario de especie como para determinar las características físicas y químicas del suelo.

2. Distribución de parcelas

Para el establecimiento de parcelas se tomó en cuenta la altura sobre el nivel del mar de cada sector, además se consideró lugares homogéneos, que no se encuentren alterados y

posean vegetación característica de la zona. Dentro de la hacienda se realizaron seis parcelas, dos parcelas fueron ubicadas a una altura similar para tener mayor información, teniendo dos parcelas en la zona baja, dos en la zona media y dos en la zona alta.

D. Diseño de las parcelas

1. Inventario de especies

El método empleado fue el diseño de parcelas GLORÍA (acrónimo de “Global Observatiun Research Iniative in Alpine Envirimenments”), es decir, la iniciativa para la investigación y seguimiento global de los ambientes alpino 2003.

La parcela GLORIA es un cuadrante de 5x 5 metros dando una superficie de estudio de 25m², la misma que posee en cada uno de sus vértices una subparcela de 1 x 1 m., la toma de datos de vegetación se llevó a cabo únicamente en las cuatro parcelas de las esquinas o extremos, ya que los otros pueden quedar alterados por el pisoteo de los investigadores a lo largo del muestreo según (Caranqui O (2013).

Para trazar la parcela se ubicó el punto de inicio teórico con la ayuda de un GPS, obteniendo el punto de inicio de campo (P1), al que se lo oriento aun azimut de 0 ° (norte franco), a partir de este se midió 5 m. horizontales con el mismo azimut anterior ubicando el punto 2 (P2), a 5 m. con un azimut de 90° (este franco) se instaló el punto 3 (P3), finalmente a 5 metros y un azimut de 180° (sur franco) se instaló el punto 4 (P4).

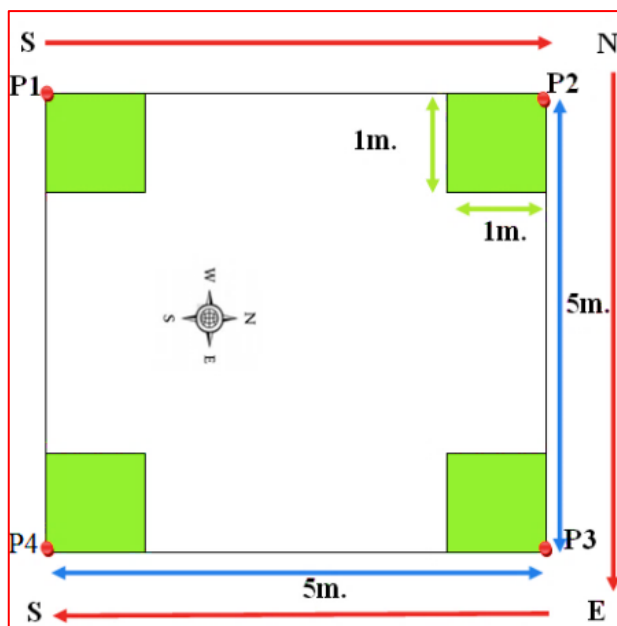


Gráfico N°. 1. Diseño de parcela de 25 m²

Posteriormente se procedió a ubicar en los vértices de la parcela las subparcelas de 1 m², esta fue realizada con un armazón de madera de 1m² con celdas cuadradas de 0,10m x 0,10m, teniendo un total de 100 celdas, cada celda constituye el 1% del cuadrante. La subparcela se posesiono directamente sobre el suelo y vegetación baja.

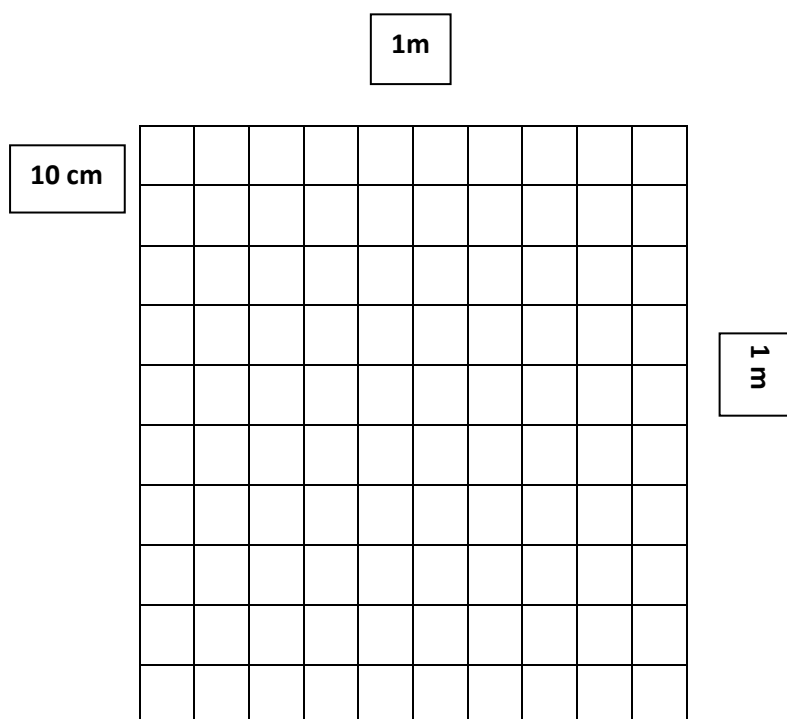


Gráfico N°. 2. Diseño de subparcelas de 1 m²

Una vez instaladas las subparcelas se registró la vegetación existente, observando con la vista perpendicular al terreno; se le dio un porcentaje en base al número de celdas que ocupó cada tipo de Familia, dentro de las parcelas la suma de los tipos de cobertura vegetal en las celdas dio como resultado el 100 % del área de estudio. Posteriormente se procedió a registrar en la libreta de campo el número de individuos de cada especie dentro de la parcela, con el objetivo de obtener datos cuantitativos de vegetación, las especies que no fueron identificadas en campo, fueron colectadas apropiadamente para su posterior identificación en el herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) con la colaboración del Ingeniero Jorge Caranqui responsable del mismo.

2. Toma de muestra de suelo.

Se establecieron 10 puntos de muestreo en zigzag con la finalidad de abarcar la totalidad del área, se procedió a elaborar una calicata en cada uno de ellos, con las siguientes dimensiones: (20x20x20) cm. (ancho, largo y profundidad); la muestra de suelo fue recolectada en una funda plástica.

Posteriormente se realizó una mezcla entre las muestras recolectadas, obteniendo una muestra representativa para su posterior análisis químico.

3. Toma de muestra de agua.

Se identificaron cuatro riachuelos los mismo fueron considerados como fuentes hídricas, en cada uno se tomaron dos muestras de 500ml, en botellas de vidrio identificadas con la rotulación correspondiente al lugar de procedencia, las mismas fueron colocadas dentro de un recipiente apto para su traslado al laboratorio permitiendo mantener las características propias de las muestras para su análisis correspondiente.

E. Fase de gabinete

1. Inventario de especies

Con los datos de campo se determinó la densidad relativa, frecuencia relativa, dominancia, dominancia relativa, valor de importancia de especie y familia, índices de diversidad de

Simpson, Shannon-Weaver, Sorensen y Porcentaje de Similitud aplicando los métodos y fórmulas presentados en la revisión bibliográfica.

F. Estudio y análisis de los suelos y agua

Para la determinación de estas características se siguieron tres etapas:

1. Revisión de información

Se analizó la información consignada en la literatura sobre los diferentes suelos que existen en los páramos del Ecuador con sus principales características, físicas, químicas y biológicas, condiciones climáticas y cómo actúan sobre la formación de los suelos en la región sierra.

2. Análisis de la muestra de suelo.

Para determinar el potencial Hidrogeno (pH), Porcentaje de Materia Orgánica (%M.O), Amonio (NH₄), Fósforo (P) y Potasio (K) la muestra fue entregada en el laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH.

3. Análisis de la muestra de agua.

Las muestras de agua se analizaron en el laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) se determinaron los siguientes componentes: Bicarbonatos, Cloruros, Demanda Química de Oxígeno, Hierro, Ph y Sulfatos.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. DESCRIPCIÓN DEL SITIO

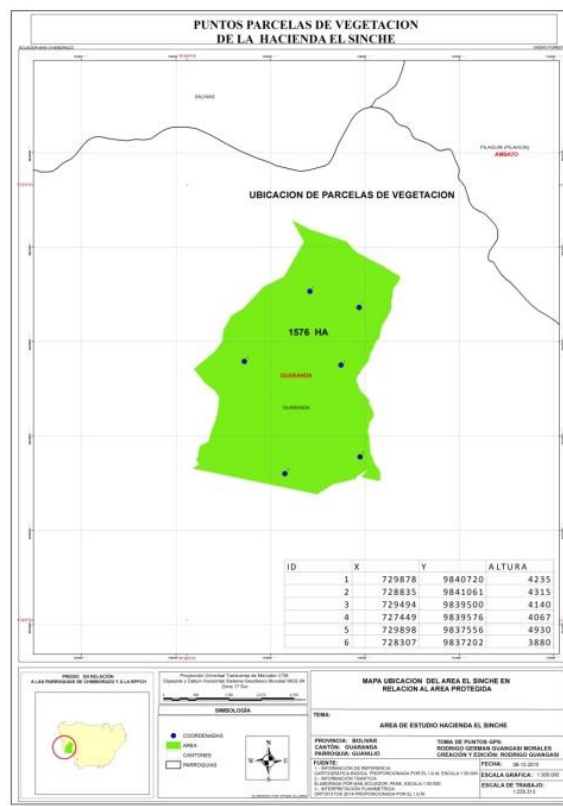


Gráfico N°. 3. Mapa de ubicación de la hacienda del Sinche

El predio “El Sinche” posee una extensión de 1576 Hectáreas corresponde a un ecosistema de paramo herbáceo de pajonales y almohadillas, que alberga una gran cantidad de especies de fauna silvestre como vicuñas y conejos, además existen esteros que alimentan las cuencas de los ríos Guaranda y Chimbo; un 92% del área, es decir, 1449 hectáreas se encuentra en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (Área Protegida del Estado).

Cuadro N°.5. Coordenadas y alturas de las parcelas de vegetación

ID	X	Y	ALTURAS	
1	729878	9840720	4235	Parte alta
2	728835	9841061	4315	Parte alta
3	729494	9839500	4140	Parte media
4	727449	9839576	4067	Parte media
5	729898	9837556	3930	Parte baja
6	728307	9837202	3880	Parte baja

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

B. INVENTARIO DE LA VEGETACION DE LA HACIENDA EL SINCHE

Cuadro N°.6. Vegetación en la parte baja

Familia	N° de Sp	Nombre Científico	# de Individuos	%Frecuencia	%Cobertura	Cober tura (m ²)
Apiaceae	4	Azorella pedunculata	23	1	0,025	0,002
		Azorella Lycopodioides	18	1	0,025	0,002
		Daucus montana	4	2	0,025	0,002
		Azorella aretoides	22	1	0,025	0,002
Asteraceae	6	Werneria nubigena	24	1	0,025	0,002
		Baccharis caepitosa	18	2	0,0625	0,005
		Chuquiragua Jussieui	20	1	0,0375	0,003
		Hypochaeris sessiliflora Kunth	1	1	0,0125	0,001
		Xenophyllum roseum	83	1	0,0625	0,005
		Xenophyllum humile	9	1	0,05	0,004
Campanulaceae	1	Lysipomia vitreola	2	1	0,0125	0,001
Fabaceae	1	Lupinus microphyllus	42	1	0,05	0,004
Geranaceae	1	Geranium multipartitum	67	1	0,0375	0,003
Gentianaceae	3	Gentiana sedifolia	19	1	0,0375	0,003
		Gentinella Cerastoides	48	1	0,025	0,002
		Halenia weddeliana	1	1	0,0125	0,001
Lamiaceae	1	Clinopodium nubigenum	56	1	0,025	0,002
Malvacea		Nototriche hartwegii	30	1	0,0125	0,001
Lycopodiaceae	1	Lycopodium clavatum	5	1	0,0125	0,001
Poaceae	2	Cortadeira	15	1	0,025	0,002
		Calamagrostis intermedia	27	1	0,0375	0,003
Plantaginaceae	1	Plantago Rigida	639	2	0,3125	0,025
Rosaceae	1	Lachemilla Nivalis	15	1	0,025	0,002
Ranunculaceae	1	Ranuculus praemorsus	2	1	0,0125	0,001
Rubiaceae	1	Galium sp	3	1	0,0125	0,001
Total	25		1193	28	1	0,08

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

En la parte baja se registró 1193 individuos pertenecientes a 25 especies, 21 géneros y 14 familias. La familia Asteraceae registró el mayor número de especies (6) y géneros (6), seguida por la Familia Apiaceae con 4 especies y 2 géneros; las familias restantes están representadas por 2 y 3 especies, como se indica en el (Cuadro 04). La especie *Plantago rigida* Kunth registro el mayor número de individuos con 639 por m². *Ranúnculos praemorsus*, *Galium sp*, *Nototriche hartwegii*, *Lycopodium clavatum*, *Halenia weddeliana* *Lysipomia vitreola* y *Hypochaeris sessiliflora* Kunth presentaron menor cobertura con 0.001m²

(Pujos, L. 2013) en su estudio realizado en los páramos de Tungurahua sector de Chibuleo manifiesta que las familias dominantes a una altura similar son Asteraceae y Apiaceae lo que coincide con los resultados del presente estudio esto posiblemente se debe a las características climáticas o del suelo ya que son de origen volcánico y presentan propiedades similares en su formación.

1. Vegetación en la parte media.

Cuadro N°.7. Vegetación parte media

Familia	N° de Especies	Nombre Científico	# de Individuos	% Frecuencia	% Cobertura	Cobertura m ²
Apiaceae	1	<i>Daucus montana</i>	84	2	0,125	0,01
Asteraceae	5	<i>Werneria nubigena</i>	39	1	0,05	0,004
		<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	39	2	0,0625	0,005
		<i>Gamochoaeta americana</i>	15	1	0,0125	0,001
		<i>Chuiragua jussieui</i>	20	1	0,0375	0,003
		<i>Baccharis caepitosa</i>	61	2	0,1	0,008
Cyperaceae	1	<i>Uncinia hamata</i>	12	1	0,0125	0,001
Caprifoliac	1	<i>Phyllactis rigida</i>	12	1	0,025	0,002

Geranaceae	1	Geranium laxicaule	5	1	0,0125	0,001
Gentianaceae	2	<i>Halenia serpyllifolia</i>	98	1	0,0625	0,005
		Gentianella sedifolia	16	2	0,0625	0,005
Juncaceae	1	Distichia muscoides	5	1	0,0125	0,001
Lamiaceae	1	<i>Clinopodium nubigenum</i>	5	1	0,0375	0,003
Lycopodiaceae	1	<i>Lycopodium clavatum</i>	5	1	0,025	0,002
Poaceae	2	Agrostis breviculmis	12	1	0,0375	0,003
		<i>Calamagrostis intermedia</i>	42	2	0,0375	0,003
Plantaginaceae	1	<i>Plantago rigida Kunth</i>	135	1	0,1375	0,011
Rosaceae	2	<i>Lachemilla Nivalis</i>	88	1	0,0125	0,001
		Lachemilla orbiculata	26	1	0,05	0,004
Rubiaceae	1	<i>Galium sp</i>	7	1	0,025	0,002
Valerianaceae	1	Valeriana rigida	31	2	0,0625	0,005
Total	21		757	27	1	0,08

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

En la parte media se registraron 757 individuos pertenecientes a 21 especies, 20 géneros y 13 familias. La familia Asteraceae registró 5 especies y 5 géneros, seguida por la Familia Rosaceae, Gentianaceae y Poaceae con 2 especies y 2 géneros cada una. Las familias restantes registraron 1 especie como se indica en el (Cuadro 05). *Plantago rigida* es la especie dominante con 135 individuos, seguida por *Lachemilla nivalis* con 88 individuos. Las especies con menor cantidad fueron Cyperaceae, Caprifoliaceae, Juncaceae, Lycopodiaceae, Plantaginaceae y Rubiaceae. *Plantago rigida* siendo la

mayor cobertura 0,011 m y las especies de menor cobertura fueron *Daucus montana*, *Werneria nubigena* Kunth, *Hypochaeris sessiliflora*, *Gamochaeta americana*, *Chuquiragua jussieui*, *Baccharis caepitosa*, *Uncinia hamata* (sw), *Phyllactis rigida*, *Geranium laxicaule*, *Halenia serpyllifolia*, *Gentianella sedifolia*, *Distichia muscoides*, *Clinopodium nubigenum*, *Lycopodium clavatum*, *Agrostis breviculmis*, *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud, *Lachemilla Nivalis*, *Lachemilia orbiculata*, *Galium* sp y *Valeriana rigida* con 0.005 a 0.001 cada una de ellas por m².

Estos resultados concuerdan con (Mena P.2008) quien indica que *Plantago rigida* es una planta característica del páramo y se encuentra formando almohadillas, es una de las especies con mayor frecuencia relativa en este tipo de ecosistemas especialmente donde existe humedad.

2. Vegetación en la parte alta

Cuadro N°8. Vegetación parte alta.

Familia	Nº Sp	Nombre Científico	Cantidad	% Frecuencia	% Cobertura	Cobertura (m ²)
Apiaceae	3	Azorella lycopodioides	12	1	0,0125	0,001
		Azorella aretioides	10	1	0,0375	0,003
		<i>Daucus montana</i>	20	2	0,0625	0,005
Asteraceae	7	Hypochaeris sessiliflora	16	2	0,0375	0,003
		<i>Xenophyllum humile</i>	2	1	0,025	0,002
		<i>Hypochaeris sonchoides</i>	9	2	0,0375	0,003
		Gamochaeta americana	21	2	0,075	0,006
		Chuquiragua jussieui	23	2	0,1	0,008
		Werneria nubigena	29	2	0,05	0,004
		<i>Baccharis caepitosa</i>	18	1	0,05	0,004
Brassicaceae	1	<i>Descurainia myriophylla</i>	16	2	0,075	0,006
Cyperaceae	1	Uncinia hamata	10	2	0,05	0,004
Caprifoliaceae	1	Phyllactis rigida	13	1	0,0125	0,001
Fabaceae	1	<i>Lupinus microphyllus</i>	13	2	0,0375	0,003

Gentiana ceae	1	Geranium multipartitum	20	2	0,025	0,002
	1	Helenia weddelliana	10	2	0,025	0,002
	1	Gentianella sedifolia	28	2	0,0625	0,005
Juncasac eae	1	Distichia muscoides	21	1	0,0125	0,001
Lamiace ae	1	<i>Clinopodium nubigenum</i>	5	1	0,0125	0,001
Piperace ae	1	Piper sp.	3	1	0,025	0,002
Poaceae	2	Agrostis breviculmis	17	1	0,025	0,002
	1	Cortaderia	7	1	0,0125	0,001
		<i>Calamagrostis intermedia</i>	29	2	0,075	0,006
Rosaceae	1	Lachemilia orbiculata	44	2	0,05	0,004
Rubiacea e	1	<i>Galium sp</i>	3	1	0,0125	0,001
Total	25		399		1	0,08

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

Dentro de la parcela de estudio se registró 399 especies correspondientes a 25 especies, 24 géneros y 25 familias. La familia Asteraceae fue la dominante con 7 especies y 7 géneros, seguida de la familia Apiaceae que registró 2 especies. Las familias restantes presentan una especie como se indican en el (cuadro 06). *Lachemilia orbiculata* muestra 44 individuos siendo la especie representativa en esta parte de la hacienda mientras *Xenophyllum humile* es la especie con menor cantidad de individuos (dos).

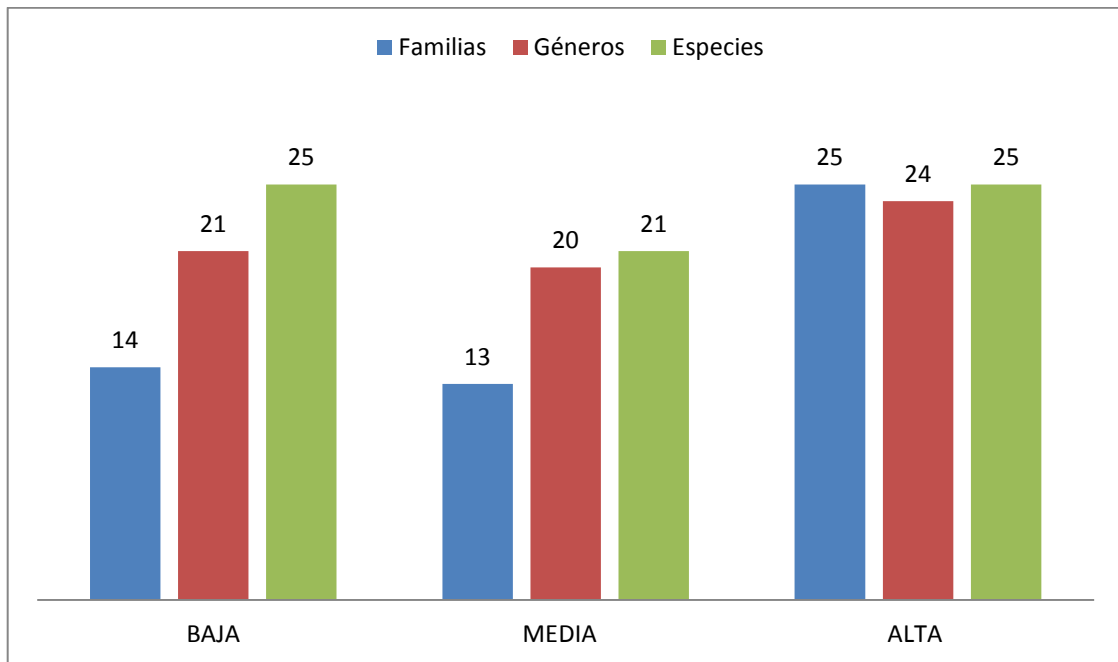
La especie Calamagrostis Sp presenta la mayor cobertura con 0,006 m² dentro del área de estudio.

3. Composición florística en la hacienda el Sinche

Cuadro N°.9. Composición florística.

COMPOCISION FLORISTICA	VEGETACION DE LA HACIENDA EL SINCHE		
	BAJA	MEDIA	ALTA
Familias	14	13	25
Géneros	21	20	24
Especies	25	21	25

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

Gráfico N°. 4. Composición florística en la hacienda el Sinche.

Fuente: Cuadro N°9

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

Según el cuadro en la parte baja, media y alta la composición florística es similar existe una diferencia pequeña con la parte alta que es donde existe mayor diversidad en familias y géneros.

C. DIVERSIDAD FLORÍSTICA

(Valor de importancia (V.I) de especie y familia, índice de Simpson, Shannon-Weaver, Sorensen y Porcentaje de Similitud).

1. Valor de Importancia (V.I.) de especie

a. Vegetación en la parte baja.

Cuadro N°. 10. Valor de Importancia de especie en la parte baja.

Nº Sp	NOMBRE CIENTIFICO	% abundancia	% frecuencia relativa	%dominancia relativa	VI ESPECIE
1	Azorella pedunculata	1,93	3,571428571	2,5	2,67
2	Azorella Lycopodioides	1,51	3,571428571	2,5	2,53
3	Daucus montana	0,34	7,142857143	2,5	3,33
4	Azorella aretoides	1,84	3,571428571	2,5	2,64
5	Werneria nubigena	2,01	3,571428571	2,5	2,69
6	Baccharis caepitosa	1,51	7,142857143	6,25	4,97
7	Chuquiragua Jussieui	1,68	3,571428571	3,75	3,00
8	Hypochaeris sessiliflora	0,08	3,571428571	1,25	1,64
9	Xenophyllum roseum	6,96	3,571428571	6,25	5,59
10	Xenophyllum humile	0,75	3,571428571	5	3,11
11	Lysipomia vitreola	0,17	3,571428571	1,25	1,66
12	Lupinus microphyllus	3,52	3,571428571	5	4,03
13	Geranium multipartitum	5,62	3,571428571	3,75	4,31
14	Gentiana sedifolia	1,59	3,571428571	3,75	2,97
15	Gentinella Cerastoides	4,02	3,571428571	2,5	3,36
16	Halenia weddeliana	0,08	3,571428571	1,25	1,64
17	Clinopodium nubigenum	4,69	3,571428571	2,5	3,59
18	Nototriche hartwegii	2,51	3,571428571	1,25	2,45
19	Lycopodium clavatum	0,42	3,571428571	1,25	1,75
20	Cortadeira	1,26	3,571428571	2,5	2,44
21	Calamagrostis intermedia	2,26	3,571428571	3,75	3,19
22	Plantago Rigida	53,56	7,142857143	31,25	30,65
23	Lachemilla Nivalis	1,26	3,571428571	2,5	2,44
24	Ranuculus praemorsus	0,17	3,571428571	1,25	1,66
25	Galium sp	0,25	3,571428571	1,25	1,69

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

En la parte baja la especie con mayor importancia fue *Plantago rigida* que pertenece a la familia Plantaginaceae con 30.65%, por su dominancia y mayor densidad como indica en el (cuadro 09) y le sigue *Xenophyllum roseum* con 5,59.

Estos resultados son similares a los de Pujos, L. (2013), en los trabajos realizados en los páramos de Tungurahua en el sector de Chibuleo donde las especies más importantes en su estudio fue *Plantago rigida* por poseer valores altos en frecuencia y dominancia relativa.

Las especies *Daucus montana*, *Baccharis caepitosa*, *Chuquiragua Jussieui*, *Xenophyllum roseum*, *Geranium multipartitun* identificadas en la parte baja son especies que le siguen en valor de importancia y son especies propias de los páramos esta clasificación fue dada por el Proyecto Páramo (1999) donde manifiesta que este tipo de vegetación es característico de un páramo herbáceo con pajonal y almohadillas.

b. Valor de importancia en la parte media

Cuadro N°.11. Valor de Importancia de especies en la parte media.

N° Sp	Nombre Científico	% Abundancia	% Frecuencia Relativa	% Dominancia Relativa	v/i Especie
1	<i>Daucus montana</i>	11,096	7,407	12,500	10,335
2	<i>Werneria nubigena</i> Kunth	5,152	3,704	5,000	4,619
3	<i>Hypochoeris sessiliflora</i>	5,152	7,407	6,250	6,270
4	<i>Gamochaeta americana</i>	1,982	3,704	1,250	2,312
5	<i>Chuquiragua jussieui</i>	2,642	3,704	3,750	3,365
6	<i>Baccharis caepitosa</i>	8,058	7,407	10,000	8,489
7	<i>Uncinia hamata</i> (sw)Urb	1,585	3,704	1,250	2,180
8	<i>Phyllactis rigida</i>	1,585	3,704	2,500	2,596
9	<i>Geranium laxicaule</i>	0,661	3,704	1,250	1,871
10	<i>Halenia serpyllifolia</i>	12,946	3,704	6,250	7,633
11	<i>Gentianella sedifolia</i>	2,114	7,407	6,250	5,257
12	<i>Distichia muscoides</i>	0,661	3,704	1,250	1,871
13	<i>Clinopodium nubigenum</i>	0,661	3,704	3,750	2,705
14	<i>Lycopodium clavatum</i>	0,661	3,704	2,500	2,288
15	<i>Agrostis breviculmis</i>	1,585	3,704	3,750	3,013
16	<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl)	5,548	7,407	3,750	5,569
17	<i>Plantago rígida</i> Kunth	17,834	3,704	13,750	11,762
18	<i>Lachemilla Nivalis</i>	11,625	3,704	1,250	5,526
19	<i>Lachemilla orbiculata</i>	3,435	3,704	5,000	4,046
20	<i>Galium sp</i>	0,925	3,704	2,500	2,376
21	<i>Valeriana rigida</i>	4,095	7,407	6,250	5,918

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

En la parte media la especie con mayor importancia fue *Plantago rigida* con 11.76 seguido por *Daucus montana* con 10.33, individuos. *Calamagrostis intermedia* su valor es de 5.569 es una de las especies importantes en este tipo de ecosistemas y la con menor valor de importancia fue *Geranium laxicaule* con un porcentaje de 1.87 registrado en esta parte media como lo registra el (cuadro 10)

Ramirez, G (2013), manifiesta que *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud. Es importante ya que registro la frecuencia y dominancia relativa más altas en esta altura por lo que concuerda ya que en este estudio realizado en el sector de Chibuleo Tungurahua esta especie se encuentra entre las más importantes.

c. Valor de importancia de especie parte alta.

Cuadro N°.12. Valor de Importancia parte alta.

N. Sp	Nombre Científico	% abundancia	% frecuencia relativa	% dominancia relativa	vi especie
1	<i>Azorella lycopodioides</i>	3,008	2,564	1,25	2,274
2	<i>Azorella aretioides</i>	2,506	2,564	3,75	2,940
3	<i>Daucus montana</i>	5,013	5,128	6,25	5,464
4	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	4,010	5,128	3,75	4,296
5	<i>Xenophyllum humile</i>	0,501	2,564	2,5	1,855
6	<i>Hypochaeris sonchoides</i>	2,256	5,128	3,75	3,711
7	<i>Gamochaeta americana</i>	5,263	5,128	7,5	5,964
8	<i>Chuquiragua jussieui</i>	5,764	5,128	10	6,964
9	<i>Werneria nubigena</i>	7,268	5,128	5	5,799
10	<i>Baccharis caepitosa</i>	4,511	2,564	5	4,025
11	<i>Descurainia myriophylla</i>	4,010	5,128	7,5	5,546
12	<i>Uncinia hamata</i>	2,506	5,128	5	4,211
13	<i>Phyllactis rigida</i>	3,258	2,564	1,25	2,357
14	<i>Lupinus microphyllus</i>	3,258	5,128	3,75	4,045
15	<i>Geranium multipartitum</i>	5,013	5,128	2,5	4,214
16	<i>Helenia weddelliana</i>	2,506	5,128	2,5	3,378
17	<i>Gentianella sedifolia</i>	7,018	5,128	6,25	6,132
18	<i>Distichia muscoides</i>	5,263	2,564	1,25	3,026
19	<i>Clinopodium nubigenum</i>	1,253	2,564	1,25	1,689
20	<i>Piper sp.</i>	0,752	2,564	2,5	1,939
21	<i>Agrostis breviculmis</i>	4,261	2,564	2,5	3,108
22	<i>Cortaderia</i>	1,754	2,564	1,25	1,856
23	<i>Calamagrostis intermedia</i>	7,268	5,128	7,5	6,632
24	<i>Lachemilia orbiculata</i>	11,028	5,128	5	7,052
25	<i>Galium sp</i>	0,752	2,564	1,25	1,522

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

Las diferencias para el valor de importancia entre especies son bajas. La especie con el valor más alto fue *Lachemilia orbiculata* con (7.05%) seguida por *Calamagrostis intermedia* con un valor de (6.63%). *Xenophyllum humile*, *Clinopodium nubigenum*, *Piper sp.* y *Galium sp.* registraron los menores valores de importancia con (1%) como se lo indica en el (cuadro 11)

d. Índice de Shannon-Weaver

Cuadro N°. 13. Índice de Shannon Weaver

ZONA	Valor Calculado	Valor Referencial		Interpretación
BAJA	0,61	0,76 - 1	Diversidad Alta	Diversidad media
MEDIA	0,64	0,36-0,75	Diversidad media	Diversidad media
ALTA	0,77	0,00-0,35	Diversidad baja	Diversidad alta

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

Según el índice de Shannon la diversidad es media en la parte baja como en la parte media con un valor de 0,61 y 0,64 respectivamente; mientras en la zona de mayor altitud la diversidad es alta con un índice de 0.77 como se observa en el cuadro #12.

El resultado obtenido en la zona de estudio corresponde a un porcentaje similar al realizado por Pujos, L. (2013), en los páramos de Chibuleo Tungurahua ya que en alturas similares la diversidad es alta y media con un resultado de 0.67 y 0.77.

e. Índice de Simpson

Cuadro N°.14. Índice de diversidad de Simpson.

ZONA	Valor Calculado	Valor Referencial		Interpretación
BAJA	0,70	> a 0,5	Diversidad Alta	Diversidad Alta
MEDIA	0,96	< a 0,5	Diversidad Baja	Diversidad Alta
ALTA	0,96	> a 0,5	Diversidad Alta	Diversidad Alta

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

El índice de Simpson en la parte baja, media y alta registraron una diversidad alta con 0.70, 0,96 y 0,96.

Esta información coincide con los resultados obtenida por Pujos, L. (2013) con los trabajos realizados a una altura similar en los páramos de Chibuleo Tungurahua los cuales tienen una diversidad alta de vegetación de paramo.

f.Índice de Sorensen

Cuadro N°.15. Índice de sorencen

ALTURAS	ESPECIES COMUNES	% DE SIMILITUD	VALOR REFERENCIAL%	INTERPRETACION
Baja- Media	13	0.57	0,36-0,70	Medianamente Similar
Media- Alta	16	64		Medianamente Similar
Baja -Alta	15	0,65		Medianamente Similar

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

En la parte baja y media el Índice de Sorensen muestra una similitud ya que en el primeras alturas poseen 25 especies y 21 en el siguiente las especies similares que se encontraron en esta altura fue de 13 especies similares dentro de las parcelas de estudio y en la altura media y el índice de sorences es de 0,57 %.

En la parte baja y alta el índice de sorencen nos da una similitud de 25 especies en cada piso altitudinal esto se debe a las características similares en el terreno por su posesión geográfica además en estas diferentes alturas existen 16 especies similares de las 25 que existen en las dos alturas el % de sorences es 0,64 de similitud dentro de estas dos alturas.

Dentro de estas dos alturas de 4031-4180 en esta altura se encuentran 21 especies y a 4181-4330 se encuentran 35 especies en la zona de estudio el % de similitud de especies es de 15 especies similares, y el porcentaje de sorences nos da como resultado 0,65 que es un número considerado como similar.

g. Porcentaje de similitud

Parte baja y media

Cuadro N°. 16. Porcentaje de similitud

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	BAJO	MEDIO	TOTAL	% DE SIMILITUD
Apiaceae	Daucus montana	0,2	1	0,2	2,5
Asteraceae	Werneria nubigena	0,2	0,4	0,2	2,5
	Chuquiragua jussieui	0,3	0,3	0,3	3,75
	Baccharis caepitosa	0,5	0,8	0,5	6,25
	Hypochaeris sessiliflora	0,1	0,4	0,1	1,25
Gentianaceae	Gentianella sedifolia	0,3	0,5	0,3	3,75
	Halenia serpyllifolia	0,1	0,5	0,1	1,25
Lamiaceae	Clinopodium nubigenum	0,2	0,3	0,2	2,5
Lycopodiaceae	Lycopodium clavatum	0,1	0,2	0,1	1,25
Poaceae	Calamagrostis intermedia	0,3	0,3	0,3	3,75
Plantaginaceae	Plantago rígida Kunth	2,5	1,1	1,1	13,75
Rosaceae	Lachemilla Nivalis	0,2	0,1	0,1	1,25
Rubiaceae	Galium sp	0,1	0,2	0,1	1,25
% DE SIMILITUD ENTRE LA PARTE BAJA Y MEDIA					45

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

El porcentaje de similitud entre esta altitud es de 45 % en total la especies que mayor similitud tiene es *Plantago rígida* de la familia plantaginaceae con un 13,75 seguido de *Baccharis caepitosa* con 6,25 y las que menor porcentaje poseen son *Galium sp*, *Lachemilla Nivalis*, *Lycopodium clavatum*, *Halenia serpyllifolia* y *Hypochaeris sessiliflora* con un porcentaje de 1,25 %.

Parte Baja Y Alta

Cuadro N°.17. Porcentaje de similitud

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	BAJO	ALTO	TOTAL	% SIMILITUD
Apiaceae	Azorella Lycopodioides	0,2	0,1	0,1	1,25
Asteraceae	Hypochaeris sessiliflora	0,1	0,3	0,1	1,25
	Daucus montana	0,2	0,5	0,2	2,5
	Chuquiragua jussieui	0,3	0,8	0,3	3,75
	Xenophyllum humile	0,4	0,2	0,2	2,5
	Baccharis caepitosa	0,5	0,4	0,4	5
	Werneria nubigena	0,2	0,4	0,2	2,5
Fabaceae	Lupinus microphyllus	0,4	0,3	0,3	3,75
Geranaceae	Geranium multipartitum	0,3	0,2	0,2	2,5
Gentianaceae	Gentiana sedifolia	0,3	0,5	0,3	3,75
	Halenia weddeliana	0,1	0,2	0,1	1,25
Lamiaceae	Clinopodium nubigenum	0,2	0,1	0,1	1,25
Poaceae	Cortadeira	0,2	0,5	0,2	2,5
	Calamagrostis intermedia	0,3	0,6	0,3	3,75
Rosaceae	Azorella aretoides	0,2	0,3	0,2	2,5
Rubiaceae	Galium sp	0,1	0,1	0,1	1,25
% DE SIMILITUD ENTRE PARTE MEDIA Y ALTA					41,25

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

El % de similitud entre las partes baja y alta es de 41,24 de similitud dentro de estos porcentajes de altura siendo las especies de *Calamagrostis intermedia*, *Gentiana sedifolia*, *Lupinus microphyllus* y *Chuquiragua jussieui* las con mayor porcentaje ya que cada una registraron un porcentaje de 3,75 % de similitud cada una de las especies.

Parte Media – Alta

Cuadro N°. 18. Porcentaje de similitud

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	MEDIO	ALTO	Total	% similitud
Apiaceae	<i>Daucus montana</i>	1	0,5	0,5	6,25
Asteraceae	<i>Werneria nubigena</i> Kunth	0,4	0,4	0,4	5
	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	0,5	0,3	0,3	3,75
	<i>Gamochaeta americana</i>	0,1	0,6	0,1	1,25
	<i>Chuquiragua jussieui</i>	0,3	0,8	0,3	3,75
	<i>Baccharis caepitosa</i>	0,8	0,4	0,4	5
Cyperaceae	<i>Uncinia hamata</i> (sw)Urb	0,1	0,4	0,1	1,25
Caprifoliaceae	<i>Phyllactis rigida</i>	0,2	0,1	0,1	1,25
Gentianaceae	<i>Gentianela sedifolia</i>	0,5	0,5	0,5	6,25
	<i>Distichia muscoides</i>	0,1	0,1	0,1	1,25
Juncasaceae	<i>Clinopodium nubigenum</i>	0,3	0,1	0,1	1,25
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i>	0,2	0,2	0,2	2,5
Poaceae	<i>Calamagrostis intermedia</i>	0,3	0,6	0,3	3,75
Rosaceae	<i>Lachemilia orbiculata</i>	0,4	0,4	0,4	5
Rubiaceae	<i>Galium sp</i>	0,2	0,1	0,1	1,25
% DE SIMILITUD ENTRE LAS PARTES MEDIA Y ALTA					48,75

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

La similitud es de 48,75% en la parte media y alta las especies más representativas son: *Gentianela sedifolia* y *Daucus montana* con 6.25% cada una como se lo indica en el (cuadro 17) el resto de especies *Werneria nubigena*, *Baccharis caepitosa* y *Lachemilia orbiculata* tiene un rango de 5% cada una el resto de especies tienen rangos muy pequeños en comparación con las mencionadas anteriormente.

h. Valor de importancia familia parte baja

Cuadro N°.19. Importancia de familia por diferencias altitudinales.

FAMILIA	D.R %	DIV.R %	Dm.R%	V.I %
Apiaceae	5,616094	16	10	10,539
Asteraceae	12,99246	24	25	20,664
Campanulaceae	0,167645	4	1,25	1,8059
Fabaceae	3,520536	4	5	4,1735
Geranaceae	5,616094	4	3,75	4,4554
Gentianaceae	5,699916	12	7,5	8,4
Lamiaceae	4,694049	4	2,5	3,7313
Malvacea	2,514669	4	1,25	2,5882
Lycopodiaceae	0,419111	4	1,25	1,8897
Poaceae	3,520536	8	6,25	5,9235
Plantaginaceae	53,56245	4	31,25	29,604
Rosaceae	1,257334	4	2,5	2,5858
Ranunculaceae	0,167645	4	1,25	1,8059
Rubiaceae	0,251467	4	1,25	1,8338
				100

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

Las familias más importantes son: Asteraceae con 20,66 % y Plantaginaceae con 29.60 % con los valores más altos, el resto de familias tiene valores bajos ya que no pasa el 10 % del valor de importancia de familia y esta es la suma de la densidad relativa, dominancia relativa y diversidad relativa de cada familia en los sitios inventariados en el sector el Sinche. Como de lo indica en el (cuadro 18).

Estos resultados obtenidos en el estudio tienen similitud con los obtenidos por Bayas L (2014) en los páramos de del cantón Tisaleo sector Pampas de Salasaca y Puñalica ya que estas familias son las más importantes.

i.Valor de importancia familia en la altura media

Cuadro N°.20. Importancia de familia en las diferentes alturas.

FAMILIA	D.R %	DIV.R %	Dm.R%	V.I %
Apiaceae	11,10	4,76	12,50	9,45
Asteraceae	22,99	23,81	26,25	24,35
Cyperaceae	1,59	4,76	1,25	2,53
Caprifoliaceae	1,59	4,76	2,50	2,95
Geranaceae	0,66	4,76	1,25	2,22
Gentianaceae	15,06	9,52	12,50	12,36
Juncasaceae	0,66	4,76	1,25	2,22
Lamiaceae	0,66	4,76	3,75	3,06
Lycopodiaceae	0,66	9,52	2,50	4,23
Poaceae	7,13	4,76	7,50	6,47
Plantaginaceae	17,83	9,52	13,75	13,70
Rosaceae	15,06	4,76	6,25	8,69
Rubiaceae	0,92	4,76	2,50	2,73
Valerianaceae	4,10	4,76	6,25	5,04
				100

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

Dentro de esta altura la familia dominante es Asteraceae y Plantaginaceae con 24.35 y 13.70 cada una de ellas estos resultados concuerda con Bayas D.(2014) en el estudio realizado en el sector de Pampas de Salasaca cantón Tisaleo.

La familia que le sigue en V.I. % es *Gentianaceae*, *Apiaceae* y *Rosaceae* con 13.75 y 12, 50 respectivamente el resto de familias tienen porcentajes muy bajos en comparación con las mencionadas.

j.Valor de importancia familia parte alta**Cuadro N°.21.Importancia de familia.**

FAMILIA	D.R %	DIV.R %	Dm.R%	V.I %
Apiaceae	10,53	12	11,25	11,2587719
Asteraceae	29,57	28	37,5	31,6913116
Brassicaceae	4,01	4	7,5	5,17000835
Cyperaceae	2,51	4	5	3,83542189
Caprifoliaceae	3,26	4	1,25	2,83604845
<i>Fabaceae</i>	3,26	4	3,75	3,66938179
Gentianaceae	14,54	12	11,25	12,595447
Juncasaceae	5,26	4	1,25	3,50438596
Lamiaceae	1,25	4	1,25	2,16771094
Piperaceae	0,75	4	2,5	2,41729323
Poaceae	13,28	12	11,25	12,177736
Rosaceae	11,03	4	5	6,67585631
Rubiaceae	0,75	4	1,25	2,00062657
				100

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

El valor de importancia de familia en esta altura pertenece a la familia Asteraceae con 31, 69 % seguido de las familias Poaceae con 12,17 y Apiaceae con 11, 25% el resto de familias poseen valores pequeños en comparación con el resto de familias.

D. ANÁLISIS DEL SUELO DE LA HACIENDA EL SINCHE

Cuadro N°.22. Resultado de las muestras de suelos analizadas.

Muestra	pH (mg/l)	%M.O (mg/l)	NH4 (mg/l)	P (mg/l)	K (mg/l)
1	5.6 L. Ac.	4.2 M	12.7 B	3.4 B	384.2 M
2	5.5 L. Ac.	5.2 M	13.0 B	10.5 B	401.6 A
3	5.6 L. Ac.	3.5 M	12.1 B	6.3 B	376.1 M
4	5.9 L. Ac.	4.8 M	7.6 B	3.1 B	431.8 A
5	5.6 L. Ac.	4.6 M	15.3 B	12.4 B	458.9 A
6	5.6 L. Ac.	4.6 M	12.1 B	7.5 B	372.4M
7	5.4 Ac.	4.0 M	13.2 B	6.9 B	504.8 A
8	5.3 Ac.	5.4 M	13.0 B	11.6 B	541.7 A
9	5.4 Ac.	4.7 M	11.3 B	9.1 B	581.9 A
10	5.4 Ac.	4.2 M	13.0 B	15.6 B	601.4 A
Total	5.45 L.Ac	4.52 M	12.33 B	8.64B	415.54 A

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

CODIGO	
N: Neutro	A: alto
Ac: ácido	M: medio
L.Ac. Lig.ácido	B: bajo

1. Potencial de hidrogeno

El pH en los suelos del sector el Sinche son ligeramente ácidos con (5.45 mg/L) según los análisis realizado.

Estos resultados posiblemente se debe al contenido alto de humus por la descomposición del pajonal y de otras especies, material de origen, precipitación y profundidad del suelo, presencia de suelos ácidos, abundancia de óxidos de hierro y aluminio, meteorización de los minerales (Potash instituto 1997)

2. Materia orgánica

En base a la muestra el suelo de la hacienda El Sinche registra un contenido medio de materia orgánica (4.52 mg/L)

Esto se debe posiblemente a la descomposición de las plantas y a las condiciones climáticas de la zona dando como resultado un contenido medio de materia orgánica en los suelos muestreados ya que esta procede tanto de los seres que mueren como de la actividad biológica de los organismos.

3. Amonio (NH₄ (mg/L)

El contenido de este elemento en la muestra analizada es bajo (12.33 mg/L).

Posiblemente se debe a que este elemento se volatiliza con facilidad además por la lixiviación e infiltración por el tipo de suelo y el tipo de vegetación del área.

4. Fosforo

El contenido de este elemento fue bajo (8.64 mg/L) Esto se debe posiblemente a que este elemento es químicamente muy reactivo por esta razón no se encuentra en estado puro en la naturaleza, se encuentra solamente en combinaciones químicas con otros.

El Fosforo se clasifica como un nutriente primario, razón por la cual es comúnmente deficiente en la producción agrícola y los cultivos lo requieren en cantidades relativamente grandes. La concentración total de P en los cultivos varía de 0.1 a 0.5 %.

5. Potasio

El porcentaje de potasio tiene valores altos (465.48 mg/L) estos datos fueron obtenidos en los análisis realizados en el laboratorio de suelos de la ESPOCH en la facultad de Recursos Naturales.

Los valores altos obtenidos en las muestras posiblemente se debe a que es uno de los minerales más esenciales y abundantes de la corteza terrestre ya que su movimiento lo hace por el proceso denominado difusión en desplazamientos lentos y de corto recorrido por las películas de agua que rodean las partículas de suelo (Potash instituto 1997)

E. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA HACIENDA EL SINCHE

1. Contenido de bicarbonatos

Una vez realizados los análisis del agua de ocho muestras en el sector del Sinche se pudo obtener un promedio de (54.98mg/L) de bicarbonatos en el agua lo que significa que no existe una dureza en el agua lo que facilita el consumo ya que esta no supera los (75mg/L) que es el límite de la Norma de Calidad Ambiental. (MAE 2015)

La mayoría de la nuestra aguas contienen bicarbonatos disueltos esto se debe exclusivamente al pH alcalino.

2. Cloruros

El contenido de cloruros en el agua analizada del sector el Sinche muestra un contenido bajo ya que el valor obtenido es de (0.73mg/L) y puede ser aprovechado por los moradores del sector y de partes bajas de la provincia de Bolívar. Este análisis se lo realiza basándose en la tabla establecida por libro del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente en la Norma de Calidad Ambiental de los recursos Naturales.

3. Demanda Química Oxígeno

Es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua, la Demanda Química de Oxígeno, en los análisis realizado de las 8 muestras en el laboratorio de servicios ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo presenta un contenido alto de este elemento con (31mg/L) por lo que esta agua no presenta problemas al ser consumida.

Este resultado posiblemente se debe a que en el lugar no existen fuentes de contaminación hídrica como viviendas cercanas a las fuentes, actividad agrícola o minera. (SENAGUA 2015)

4. Hierro

El contenido de hierro en las muestras analizadas es bajo por lo que no representa un riesgo para las personas y animales que lo consuman su contenido es de (1.62mg/L) este resultado es aceptable considerando los parámetros de la tabla de niveles permisibles de

los elementos en el agua establecida en el libro del TULAS, este resultado posiblemente se debe a que en el sector no existen yacimientos de rocas ferrosas, el agua con un alto contenido de hierro tienen color amarillento y un sabor desagradable que se nota con facilidad.

5. Potencial de Hidrogeno

El potencial de hidrogeno o Ph. en las muestras analizadas presenta un (7.01mg7L) por lo que es un agua con un PH neutro en el cual no existe ningún grado de acides ni alcalinidad presentado condiciones óptimas para ser consumida sin problemas por las comunidades cercanas al sector.

Este resultado posiblemente se debe a que en el sector no existen fuentes que alteren las condiciones físicas y químicas de las fuentes de agua.

6. Sulfatos

El contenido de sulfatos es de 5.37mg/L por lo que el agua presenta un ligero contenido de sulfatos esto puede ser por la oxidación bacteriana de los compuestos azufrados reducidos incluyendo sulfuros metálicos y compuestos orgánicos.

Cuadro N°.23. Resultado de los análisis del agua hacienda el Sinche.

Muestra	Bicarbonatos(mg/L)	Cloruros(mg/L)	DQO(mg/L)	Hierro(mg/L)	PH(H*)	Sulfatos(mg/L)
1	56.74	0.35	45	5.80	6.66	8
2	58.57	1.06	32	0.22	6.93	2
3	54.91	0.75	30	0.23	7.30	3
4	48.81	0.70	35	0.36	7.28	6
5	57.35	0.74	47	0.22	7.17	7
6	57.96	0.77	33	0.18	6.95	4
7	56.13	0.74	31	0.24	7.02	10
8	49.42	0.76	37	5.70	6.79	3
Total	54.98	0.73	36.25	1.62	7.01	5.37

Elaborado por: Rodrigo German Guangasi Morales

VI. CONCLUSIONES

- El área de páramo de la hacienda el Sinche es de 1500 ha y el estudio se realizó en 1217 ha las cuales se encuentran dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo y se determinó que existe una alta riqueza Florística ya que en 24 m² se registraron 2349 individuos agrupados en 21 familias, 25 géneros y 26 especies registradas en el campo.
- La Familias más importantes fueron Asteraceae y Apiaceae las cuales registraron el mayor número de individuos por m², la menor cantidad de especies registró *Clinopodium nuvigenum* es una especie no muy común. Las especies *Plantago rigida*, *calamagrosris impermedia* y *Lácemela orbiculata* fueron las más importantes.
- Los suelos de la hacienda el Sinche presentan un pH ligeramente ácido y el % de Materia Orgánica es medio el contenido de Amonio de es bajo el único elemento alto en el sector es el Potasio con (415mg/L)
- El Sinche presenta un contenido de bicarbonatos de 54.98mg/L por lo que no existe dureza en el agua al igual que el cloruro con un contenido bajo con 0.73mg/L el hierro en las muestras de igual forma es bajo con 1.62mg/L en general el agua existente en las fuentes de agua analizadas presentan condiciones aceptables para ser aprovechadas.

VII. RECOMENDACIONES

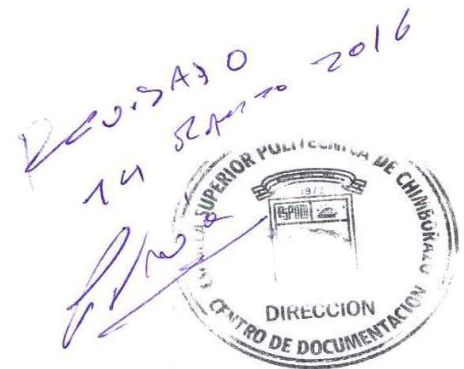
- Es muy importante conservar la vegetación de paramo que existe en el lugar de estudio ya que en este lugar se encuentra una riqueza florística muy representativa de los páramos y que día a día se están perdiendo por el avance de la frontera agrícola y los incendios forestales.
- Realizar una guía de todas las familias, especies y géneros más comunes que se encuentran en estudios anteriores realizados en ecosistemas similares en la serranía ecuatoriana.
- En los suelos de paramo es muy importante adicionar abonos orgánicos para mejorar la fertilidad en los mismo ya que los contenidos de nutrientes son bajos por las condiciones climáticas y edafológicas.
- Es muy importante no alterar los cauces naturales de agua de los páramos ya que estos no presentan contaminación y pueden ser aprovechados tanto para la agricultura como el consumo por las comunidades.

VIII. RESUMEN

Esta investigación propone: caracterizar ecológicamente la hacienda el Sinche en el sector El Arenal parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia de Bolívar; determinando el número de especies de flora para establecer medidas de conservación de estos recursos que brindan varios servicios ambientales a las comunidades de la parte baja en donde se realizó este estudio, se realizó el recorrido de reconocimiento del área y luego se georeferenció, estableciendo tres zonas de estudio de la vegetación de acuerdo al rango altitudinal desde los 3800 m.s.n.m hasta los 4300 metros de altura, se realizaron un total 24 parcelas de las cuales fueron 8 a diferente altura dentro del sector. El método de estudio fue el de parcelas GLORIA donde se determinó el valor de importancia de especies y familias, densidad relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa, índices de diversidad de Simpson, Shannon Weaver, Sorencen y porcentajes de similitud. El total de individuos en la parte alta fue de 399, en la parte media 757 y en la parte baja 1193, además en el agua analizada en las fuentes del sector dio como resultado que no tiene ningún tipo de contaminación de igual forma los suelos del sector contienen porcentajes medios en sus elementos analizados como pH, materia orgánica, NH₄, fósforo y potasio por lo que se debe cuidar los páramos.

Palabras Claves: caracterización ecológica, porcentaje de similitud, flora nativa del páramo, especies forestales.

Por: **Rodrigo Guangasi**



IX. SUMMARY

This research proposes: Ecologically characterize the hacienda “El Sinche” in El Arenal, Guanujo parish, canton Guaranda, in the Province of Bolivar; determining the number of species of flora to establish conservation measures for these resources which provide various environmental services to communities in the lower part where this study was conducted, the route recognition of the area was done and georeferenced, establishing three areas of study of vegetation according to the altitude range from 3,800 meters to 4,300 meters high, a total of 24 plots were developed of which 8 were at different heights within the sector.

The study method used was GLORIA plots which determined the importance value of species and families, relative density, relative frequency, relative dominance, diversity indices of Simpson, Shannon Weaver, Sorencen and similarity percentages.

The total number of individuals in the higher part was 399, in the middle part 757 and 1193 in the lower part, furthermore no pollution was found on water analyzed in the sources of the area also the soil contains medium percentages of elements analyzed such as: pH, organic matter, NH₄, phosphorus and potassium so moors must be protected.

KEYWORDS: ECOLOGICAL CHARACTERIZATION, SIMILARITY PERCENTAGE, MOORLAND NATIVE FLORA, FOREST SPECIES.



IX. BIBLIOGRAFIA

- Jorgensen, P.M. y S. León-Yáñez . (1999). *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador*. . Missouri Botanical Garden.
- Laaegard, S. (1992). *Influence of fire in the grass páramo vegetation of Ecuador*. In: *H.Balslev&J.Luteyn (eds.). Páramo- An Andean Ecosystem under Human Influence*.
- León-Yáñez, S. (2000.). *La flora de los páramos ecuatorianos*. En: *La biodiversidad de los páramos. Serie Páramo 7: 5-21*. . Quito: GTP/AbyaYala.
- Mena, P., & Hofstede, R. (2006). *Los páramos ecuatorianos*. *Botánica Económica de los Andes Centrales.*, 91-109.
- Pauli H., M. Gottfried, D. Hohenwallner, K. Reiter, R. Casale, G. Grabherr. (2003). *Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA*. Instituto de ecología y conservación biológica.
- Rodriguez, M. (2011). *Estudio de la diversidad florística a diferentes altitudes en el páramo de almohadillas de la comunidad de Yatzaputzan, cantón Ambato*.ESPOCH. Tesis de grado. . Riobamba – Ecuador: Escuela de Ingeniería Forestal.
- Sierra, R. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental*. . Quito – Ecuador.
- Sklenář, P. (2009). *Presence of cushion plants increases community diversity in the high equatorial Andes*. *Flora*, 204, 270-277.
- Sklenář, P., Luteyn, J. L., Ulloa, C., Jorgensen, P. M. Y Dillon, M. O. (2005). *Flora Genérica de los Páramos. Guía Ilustrada de las Plantas Vasculares*. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 92, 3-499.

X. ANEXOS



Recolección de muestras de vegetación



Flora característica del lugar



Recipientes para la toma de muestras de agua



Toma de muestras e etiquetado



Realización de las parcelas de estudio

Pruebas de laboratorio de agua de la Hacienda El Sinche



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Ing. Paulina Moreno INFORME N°: 006 - 14
 EMPRESA: Ministerio de Ambiente Fondo Ambiental Nacional N° SE: 006 - 14
 DIRECCIÓN: Quinta Macaji. FECHA DE RECEPCIÓN: 12 - 02 - 14
 TELÉFONO: 2610021 FECHA DE INFORME: 17 - 02 - 14

NÚMERO DE MUESTRAS: 09

TIPO DE MUESTRA:

Agua

IDENTIFICACIÓN:

MA - 012-14
 MA - 013-14
 MA - 014-14
 MA - 015-14
 MA - 016-14
 MA - 017-14
 MA - 018-14
 MA - 019-14

M2
 M3
 M4
 M5
 M2.1
 M3.1
 M4.1
 M5.1

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 012-14

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Bicarbonatos	mg/l	PE-LSA-05	56.74	13-02-14
Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E mod	0.35	13-02-14
DQO	mg/l	PE-LSA-03	37	13-02-14
Hierro	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Fe - 3111B	5.80	13-02-14
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	6.79	13-02-14
Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO ₄ -E	2	13-02-14

MA - 013-14

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Bicarbonatos	mg/l	PE-LSA-05	58.57	13-02-14
Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E mod	1.06	13-02-14
DQO	mg/l	PE-LSA-03	31	13-02-14
Hierro	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Fe - 3111B	0.22	13-02-14
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	7.02	13-02-14
Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO ₄ -E	8	13-02-14

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01

Página 1 de 3

L.S.A. Campus Master Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.


LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

MA - 014-14

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Bicarbonatos	mg/l	PE-LSA-05	54.91	13-02-14
Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E mod.	0.71	13-02-14
DQO	mg/l	PE-LSA-03	33	13-02-14
Hierro	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Fe - 3111B	0.23	13-02-14
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	6.95	13-02-14
Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO4-E	3	13-02-14

MA - 015-14

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Bicarbonatos	mg/l	PE-LSA-05	48.81	13-02-14
Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E mod.	0.70	13-02-14
DQO	mg/l	PE-LSA-03	47	13-02-14
Hierro	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Fe - 3111B	0.36	13-02-14
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	7.17	13-02-14
Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO4-E	6	13-02-14

MA - 016-14

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Bicarbonatos	mg/l	PE-LSA-05	57.35	13-02-14
Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E mod.	0.74	13-02-14
DQO	mg/l	PE-LSA-03	35	13-02-14
Hierro	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Fe - 3111B	0.22	13-02-14
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	7.28	13-02-14
Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO4-E	7	13-02-14

MA - 017-14

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Bicarbonatos	mg/l	PE-LSA-05	57.56	13-02-14
Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E mod.	0.77	13-02-14
DQO	mg/l	PE-LSA-03	30	13-02-14
Hierro	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Fe - 3111B	0.18	13-02-14
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	7.30	13-02-14
Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO4-E	4	13-02-14

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.


LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

MA - 018-14

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Bicarbonatos	mg/l	PE-LSA-05	56.13	13-02-14
Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E.mod	0.74	13-02-14
DQO	mg/l	PE-LSA-03	32	13-02-14
Hierro	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Fe - 3111B	0.24	13-02-14
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	6.93	13-02-14
Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO ₄ -E	10	13-02-14

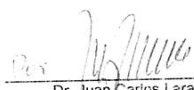
MA - 019-14

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Bicarbonatos	mg/l	PE-LSA-05	49.42	13-02-14
Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E.mod	0.76	13-02-14
DQO	mg/l	PE-LSA-03	45	13-02-14
Hierro	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Fe - 3111B	5.70	13-02-14
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	6.66	13-02-14
Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO ₄ -E	3	13-02-14

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados de: STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Jinsop Mario Ruiz B.
Dr. Juan Carlos Lara R.


Dr. Juan Carlos Lara R.
Técnico L.S.A.



-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01

Página 3 de 3

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 1/2 vía a Guano Bloque Administrativo.

Resultados de los cálculos de vegetación en las zonas de estudio

Cantidad	%cobertura	frecuencia	%Cobertura	m ² cobertura	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO
12	0.1	1	0.0125	0.001	Apiaceae	<i>Azorella lycopodioides</i>
10	0.3	1	0.0375	0.003		<i>Azorella aretioides</i>
20	0.5	2	0.0625	0.005		<i>Daucus montana</i>
16	0.3	2	0.0375	0.003	ASTERACEAE	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>
2	0.2	1	0.025	0.002		<i>Xenophyllum humile</i>
9	0.3	2	0.0375	0.003		<i>Hypochaeris sonchoides</i>
21	0.6	2	0.075	0.006		<i>Gamochaeta americana</i>
23	0.8	2	0.1	0.008		<i>Chuquiragua jussieui</i>
29	0.4	2	0.05	0.004		<i>Werneria nubigena</i>
18	0.4	1	0.05	0.004		<i>Baccharis caepitosa</i>
16	0.6	2	0.075	0.006		Brassicaceae
10	0.4	2	0.05	0.004	Cyperaceae	<i>Uncinia hamata</i>
13	0.1	1	0.0125	0.001	CAPRIFOLIACEAE	<i>Phyllactis rigida</i>
13	0.3	2	0.0375	0.003	<i>Fabaceae</i>	<i>Lupinus microphyllus</i>
20	0.2	2	0.025	0.002	GENTIANACEAE	<i>Geranium multipartitum</i>
10	0.2	2	0.025	0.002		<i>Helenia weddelliana</i>
28	0.5	2	0.0625	0.005		<i>Gentianella sedifolia</i>
21	0.1	1	0.0125	0.001	JUNCASACEAE	<i>Distichia muscoides</i>
5	0.1	1	0.0125	0.001	LAMIACEAE	<i>Cimopoarium rubiginosum</i>
3	0.2	1	0.025	0.002	Piperaceae	<i>Piper sp.</i>
17	0.2	1	0.025	0.002	POACEAE	<i>Agrostis breviculmis</i>
7	0.1	1	0.0125	0.001		<i>Cortaderia</i>
29	0.6	2	0.075	0.006		<i>Calamagrostis intermedia (L Presl)</i>
44	0.4	2	0.05	0.004	ROSACEAE	<i>Lachemilia orbiculata</i>
3	0.1	1	0.0125	0.001	RUBIACEAE	<i>Galium sp</i>
399	8.00		1	0.08	TOTAL	

Abundancia	% abundancia	Frecuencia	% frecuencia	frecuencia relativa	% frecuencia relativa	dominancia	% dominancia	dominancia relativa	%dominancia relativa	IVI	% IVI
0.0301	3.01	0.50	50	0.026	2.56	0.013	1.250	0.013	1.25	3.41081	3.41
0.0251	2.51	0.50	50	0.026	2.56	0.038	3.750	0.038	3.75	4.41018	4.41
0.0501	5.01	1.00	100	0.051	5.13	0.063	6.250	0.063	6.25	8.19537	8.20
0.0401	4.01	1.00	100	0.051	5.13	0.038	3.750	0.038	3.75	6.44412	6.44
0.0050	0.50	0.50	50	0.026	2.56	0.025	2.500	0.025	2.50	2.78268	2.78
0.0226	2.26	1.00	100	0.051	5.13	0.038	3.750	0.038	3.75	5.56692	5.57
0.0526	5.26	1.00	100	0.051	5.13	0.075	7.500	0.075	7.50	8.94568	8.95
0.0576	5.76	1.00	100	0.051	5.13	0.100	10.000	0.100	10.00	10.44631	10.45
0.0727	7.27	1.00	100	0.051	5.13	0.050	5.000	0.050	5.00	8.69819	8.70
0.0451	4.51	0.50	50	0.026	2.56	0.050	5.000	0.050	5.00	6.03769	6.04
0.0401	4.01	1.00	100	0.051	5.13	0.075	7.500	0.075	7.50	8.31912	8.32
0.0251	2.51	1.00	100	0.051	5.13	0.050	5.000	0.050	5.00	6.31724	6.32
0.0326	3.26	0.50	50	0.026	2.56	0.013	1.250	0.013	1.25	3.53612	3.54
0.0326	3.26	1.00	100	0.051	5.13	0.038	3.750	0.038	3.75	6.06818	6.07
0.0501	5.01	1.00	100	0.051	5.13	0.025	2.500	0.025	2.50	6.32037	6.32
0.0251	2.51	1.00	100	0.051	5.13	0.025	2.500	0.025	2.50	5.06724	5.07
0.0702	7.02	1.00	100	0.051	5.13	0.063	6.250	0.063	6.25	9.19787	9.20
0.0526	5.26	0.50	50	0.026	2.56	0.013	1.250	0.013	1.25	4.53863	4.54
0.0125	1.25	0.50	50	0.026	2.56	0.013	1.250	0.013	1.25	2.53362	2.53
0.0075	0.75	0.50	50	0.026	2.56	0.025	2.500	0.025	2.50	2.90799	2.91
0.0426	4.26	0.50	50	0.026	2.56	0.025	2.500	0.025	2.50	4.66238	4.66
0.0175	1.75	0.50	50	0.026	2.56	0.013	1.250	0.013	1.25	2.78424	2.78
0.0727	7.27	1.00	100	0.051	5.13	0.075	7.500	0.075	7.50	9.94819	9.95
0.1103	11.03	1.00	100	0.051	5.13	0.050	5.000	0.050	5.00	10.57789	10.58
0.0075	0.75	0.50	50	0.026	2.56	0.013	1.250	0.013	1.25	2.28299	2.28
		19.50			100.00				100.00		150.00

Pi	PI * Pi	Lng PI	LgnPi x Pi
0.0301	0.00090452	-3.50405477	-0.10538511
0.0251	0.00062814	-3.68637632	-0.09239038
0.0501	0.00251255	-2.99322914	-0.15003655
0.0401	0.00160803	-3.21637269	-0.12897735
0.0050	2.5125E-05	-5.29581424	-0.02654543
0.0226	0.00050879	-3.79173684	-0.0855279
0.0526	0.00277008	-2.94443898	-0.15497047
0.0576	0.00332284	-2.8534672	-0.16448558
0.0727	0.00528263	-2.62166559	-0.19054712
0.0451	0.00203516	-3.09858966	-0.139786
0.0401	0.00160803	-3.21637269	-0.12897735
0.0251	0.00062814	-3.68637632	-0.09239038
0.0326	0.00106155	-3.42401206	-0.11155929
0.0326	0.00106155	-3.42401206	-0.11155929
0.0501	0.00251255	-2.99322914	-0.15003655
0.0251	0.00062814	-3.68637632	-0.09239038
0.0702	0.00492459	-2.65675691	-0.18643908
0.0526	0.00277008	-2.94443898	-0.15497047
0.0125	0.00015703	-4.3795235	-0.05488125
0.0075	5.6532E-05	-4.89034913	-0.03676954
0.0426	0.00181532	-3.15574807	-0.13445543
	0.03682138		-2.49308092
LN(25)	3.21887582	Shannon	0.77
		Simpson	0.96

N°	Cantidad	cobertura	RECUENCIA	% Cobertura	2cobertura	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO
1	23	0.2	1	0.025	0.002	APIACEAE	<i>Azorella pedunculata (Spreng.) Mathias & Constance</i>
2	18	0.2	1	0.025	0.002		<i>Azorella Lycopodioides</i>
3	4	0.2	2	0.025	0.002		<i>Daucus montana</i>
4	22	0.2	1	0.025	0.002		<i>Azorella aretoides (Spreng.) Mathias & Constance</i>
5	24	0.2	1	0.025	0.002	ASTERACEAE	<i>Werneria nubigena</i>
6	18	0.5	2	0.0625	0.005		<i>Baccharis caepitosa</i>
7	20	0.3	1	0.0375	0.003		<i>Chuquiragua Jussieui</i>
8	1	0.1	1	0.0125	0.001		<i>Hypochaeris sessiliflora Kunth</i>
9	83	0.5	1	0.0625	0.005		<i>Xenophyllum roseum</i>
10	9	0.4	1	0.05	0.004		<i>Xenophyllum humile</i>
11	2	0.1	1	0.0125	0.001	CAMPANULACEAE	<i>Lysipomia vitreola</i>
12	42	0.4	1	0.05	0.004	FABACEAE	<i>Lupinus microphyllus</i>
13	67	0.3	1	0.0375	0.003	GERANACEAE	<i>Geranium multipartitum Kunth.</i>
14	19	0.3	1	0.0375	0.003	GENTIANACEAE	<i>Gentiana sedifolia Kunth</i>
15	48	0.2	1	0.025	0.002		<i>Gentinella Cerastoides</i>
16	1	0.1	1	0.0125	0.001		<i>Halenia weddeliana</i>
17	56	0.2	1	0.025	0.002	LAMIACEAE	<i>Clinopodium nubigenum</i>
18	30	0.1	1	0.0125	0.001	MALVACEA	<i>Nototriche hartwegii</i>
19	5	0.1	1	0.0125	0.001	LYCOPODIACEAE	<i>Lycopodium clavatum</i>
20	15	0.2	1	0.025	0.002	POACEAE	<i>Cortadeira</i>
21	27	0.3	1	0.0375	0.003		<i>Calamagrostis intermedia (J. Presl) Steud.</i>
22	639	2.5	2	0.3125	0.025	PLANTAGINACEAE	<i>Plantago Rigida</i>
23	15	0.2	1	0.025	0.002	ROSACEAE	<i>Lachemilla Nivalis (Kunth)</i>
24	2	0.1	1	0.0125	0.001	RANUNCULACEAE	<i>Ranuculus praemorsus</i>
25	3	0.1	1	0.0125	0.001	RUBIACEAE	<i>Galium sp</i>
	1193	8.00	28	1	0.08	TOTAL	

abundancia	abundancia	frecuencia	frecuencia	frecuencia	frecuencia	dominancia	dominancia	dominancia	dominancia	IVI	% IVI
0.0193	1.93	0.50	50	0.036	3.57	0.025	2.500	0.025	2.50	3.99967	4.00
0.0151	1.51	0.50	50	0.036	3.57	0.025	2.500	0.025	2.50	3.79011	3.79
0.0034	0.34	1.00	100	0.071	7.14	0.025	2.500	0.025	2.50	4.98907	4.99
0.0184	1.84	0.50	50	0.036	3.57	0.025	2.500	0.025	2.50	3.95776	3.96
0.0201	2.01	0.50	50	0.036	3.57	0.025	2.500	0.025	2.50	4.04158	4.04
0.0151	1.51	1.00	100	0.071	7.14	0.063	6.250	0.063	6.25	7.45083	7.45
0.0168	1.68	0.50	50	0.036	3.57	0.038	3.750	0.038	3.75	4.49894	4.50
0.0008	0.08	0.50	50	0.036	3.57	0.013	1.250	0.013	1.25	2.45263	2.45
0.0696	6.96	0.50	50	0.036	3.57	0.063	6.250	0.063	6.25	8.38934	8.39
0.0075	0.75	0.50	50	0.036	3.57	0.050	5.000	0.050	5.00	4.66291	4.66
0.0017	0.17	0.50	50	0.036	3.57	0.013	1.250	0.013	1.25	2.49454	2.49
0.0352	3.52	0.50	50	0.036	3.57	0.050	5.000	0.050	5.00	6.04598	6.05
0.0562	5.62	0.50	50	0.036	3.57	0.038	3.750	0.038	3.75	6.46876	6.47
0.0159	1.59	0.50	50	0.036	3.57	0.038	3.750	0.038	3.75	4.45703	4.46
0.0402	4.02	0.50	50	0.036	3.57	0.025	2.500	0.025	2.50	5.04745	5.05
0.0008	0.08	0.50	50	0.036	3.57	0.013	1.250	0.013	1.25	2.45263	2.45
0.0469	4.69	0.50	50	0.036	3.57	0.025	2.500	0.025	2.50	5.38274	5.38
0.0251	2.51	0.50	50	0.036	3.57	0.013	1.250	0.013	1.25	3.66805	3.67
0.0042	0.42	0.50	50	0.036	3.57	0.013	1.250	0.013	1.25	2.62027	2.62
0.0126	1.26	0.50	50	0.036	3.57	0.025	2.500	0.025	2.50	3.66438	3.66
0.0226	2.26	0.50	50	0.036	3.57	0.038	3.750	0.038	3.75	4.79232	4.79
0.5356	53.56	1.00	100	0.071	7.14	0.313	31.250	0.313	31.25	45.97765	45.98
0.0126	1.26	0.50	50	0.036	3.57	0.025	2.500	0.025	2.50	3.66438	3.66
0.0017	0.17	0.50	50	0.036	3.57	0.013	1.250	0.013	1.25	2.49454	2.49
0.0025	0.25	0.50	50	0.036	3.57	0.013	1.250	0.013	1.25	2.53645	2.54
	100.00	14.00	1400		100.00				100.00		150.00

Pi	PI * Pi	Lng PI	LgnPi x Pi
0.0193	0.0003717	-3.948732	-0.07613
0.0151	0.0002276	-4.193855	-0.06328
0.0034	1.124E-05	-5.697932	-0.0191
0.0184	0.0003401	-3.993184	-0.07364
0.0201	0.0004047	-3.906173	-0.07858
0.0151	0.0002276	-4.193855	-0.06328
0.0168	0.000281	-4.088494	-0.06854
0.0008	7.026E-07	-7.084226	-0.00594
0.0696	0.0048403	-2.665386	-0.18544
0.0075	5.691E-05	-4.887002	-0.03687
0.0017	2.81E-06	-6.391079	-0.01071
0.0352	0.0012394	-3.346557	-0.11782
0.0562	0.0031541	-2.879534	-0.16172
0.0159	0.0002536	-4.139787	-0.06593
0.0402	0.0016188	-3.213025	-0.12928
0.0008	7.026E-07	-7.084226	-0.00594
0.0469	0.0022034	-3.058875	-0.14359
0.0251	0.0006324	-3.683029	-0.09262
0.0042	1.757E-05	-5.474789	-0.02295
0.0126	0.0001581	-4.376176	-0.05502
0.0226	0.0005122	-3.78839	-0.08574
0.5356	0.2868936	-0.624322	-0.3344
0.0126	0.0001581	-4.376176	-0.05502
0.0017	2.81E-06	-6.391079	-0.01071
0.0025	6.324E-06	-5.985614	-0.01505
	0.3036159		-1.97728
	Shannon	0.61	
	Simpson	0.70	
3.258097			

N°	Cantidad	%cobertura	FRECUENCIA	%Cobertura	n ² cobertura	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO
1	84	1	2	0.125	0.01	APIACEAE	<i>Daucus montana</i>
2	39	0.4	1	0.05	0.004	ASTERACEAE	<i>Werneria nubigena Kunth</i>
3	39	0.5	2	0.0625	0.005		Hypochaeris sessiliflora
4	15	0.1	1	0.0125	0.001		Gamochaeta americana
5	20	0.3	1	0.0375	0.003		Chuquiragua jussieui
6	61	0.8	2	0.1	0.008		<i>Baccharis caepitosa</i>
7	12	0.1	1	0.0125	0.001		CYPERACEAE
8	12	0.2	1	0.025	0.002	CAPRIFOLIACEAE	Phyllactis rigida
9	5	0.1	1	0.0125	0.001	GERANACEAE	Geranium laxicaule
10	98	0.5	1	0.0625	0.005	GENTIANACEAE	<i>Halenia serpyllifolia</i>
11	16	0.5	2	0.0625	0.005		Gentianella sedifolia
12	5	0.1	1	0.0125	0.001	JUNCASACEAE	Distichia muscoides
13	5	0.3	1	0.0375	0.003	LAMIACEAE	<i>Clinopodium nubigenum</i>
14	5	0.2	1	0.025	0.002	LYCOPODIACEAE	<i>Lycopodium clavatum</i>
15	12	0.3	1	0.0375	0.003	POACEAE	Agrostis breviculmis
16	42	0.3	2	0.0375	0.003		<i>Calamagrostis intermedia (J. Presl)</i>
17	135	1.1	1	0.1375	0.011	PLANTAGINACEAE	<i>Plantago rigida Kunth</i>
18	88	0.1	1	0.0125	0.001	ROSACEAE	<i>Lachemilla Nivalis</i>
19	26	0.4	1	0.05	0.004		Lachemilla orbiculata
20	7	0.2	1	0.025	0.002	RUBIACEAE	<i>Galium sp</i>
21	31	0.5	2	0.0625	0.005	VALERIANACEAE	Valeriana rigida
	757	8.00	27	1	0.08	TOTAL	

Abundancia	% abundancia	Frecuencia	% frecuencia	cuencia rela	cuencia rela	dominancia	% dominancia	minancia rela	minancia rela	IVI	% IVI
0.1110	11.10	1.00	100	0.074	7.41	0.125	12.500	0.125	12.50	15.50192	15.50
0.0515	5.15	0.50	50	0.037	3.70	0.050	5.000	0.050	5.00	6.92781	6.93
0.0515	5.15	1.00	100	0.074	7.41	0.063	6.250	0.063	6.25	9.40466	9.40
0.0198	1.98	0.50	50	0.037	3.70	0.013	1.250	0.013	1.25	3.46760	3.47
0.0264	2.64	0.50	50	0.037	3.70	0.038	3.750	0.038	3.75	5.04786	5.05
0.0806	8.06	1.00	100	0.074	7.41	0.100	10.000	0.100	10.00	12.73277	12.73
0.0159	1.59	0.50	50	0.037	3.70	0.013	1.250	0.013	1.25	3.26945	3.27
0.0159	1.59	0.50	50	0.037	3.70	0.025	2.500	0.025	2.50	3.89445	3.89
0.0066	0.66	0.50	50	0.037	3.70	0.013	1.250	0.013	1.25	2.80710	2.81
0.1295	12.95	0.50	50	0.037	3.70	0.063	6.250	0.063	6.25	11.44977	11.45
0.0211	2.11	1.00	100	0.074	7.41	0.063	6.250	0.063	6.25	7.88551	7.89
0.0066	0.66	0.50	50	0.037	3.70	0.013	1.250	0.013	1.25	2.80710	2.81
0.0066	0.66	0.50	50	0.037	3.70	0.038	3.750	0.038	3.75	4.05710	4.06
0.0066	0.66	0.50	50	0.037	3.70	0.025	2.500	0.025	2.50	3.43210	3.43
0.0159	1.59	0.50	50	0.037	3.70	0.038	3.750	0.038	3.75	4.51945	4.52
0.0555	5.55	1.00	100	0.074	7.41	0.038	3.750	0.038	3.75	8.35281	8.35
0.1783	17.83	0.50	50	0.037	3.70	0.138	13.750	0.138	13.75	17.64363	17.64
0.1162	11.62	0.50	50	0.037	3.70	0.013	1.250	0.013	1.25	8.28927	8.29
0.0343	3.43	0.50	50	0.037	3.70	0.050	5.000	0.050	5.00	6.06916	6.07
0.0092	0.92	0.50	50	0.037	3.70	0.025	2.500	0.025	2.50	3.56420	3.56
0.0410	4.10	1.00	100	0.074	7.41	0.063	6.250	0.063	6.25	8.87626	8.88
1.0000	100.00	13.50	1350	1.000	100.00	1.000	100.000	1.000	100.00	150.00000	150.00

Pi	PI * Pi	Lng PI	LgnPi x Pi
0.0704	0.00495767	-2.65340962	-0.18682851
0.0327	0.00106868	-3.42066478	-0.11182391
0.0327	0.00106868	-3.42066478	-0.11182391
0.0126	0.00015809	-4.37617622	-0.05502317
0.0168	0.00028105	-4.08849415	-0.06854139
0.0511	0.00261444	-2.97335256	-0.15203228
0.0101	0.00010118	-4.59931977	-0.04626307
0.0101	0.00010118	-4.59931977	-0.04626307
0.0042	1.7565E-05	-5.47478851	-0.02294547
0.0821	0.00674794	-2.49925894	-0.20530375
0.0134	0.00017987	-4.3116377	-0.05782582
0.0042	1.7565E-05	-5.47478851	-0.02294547
0.0042	1.7565E-05	-5.47478851	-0.02294547
0.0042	1.7565E-05	-5.47478851	-0.02294547
0.0101	0.00010118	-4.59931977	-0.04626307
0.0352	0.00123942	-3.3465568	-0.11781675
0.1132	0.01280521	-2.17895164	-0.24657039
0.0738	0.00544107	-2.60688961	-0.19229362
0.0218	0.00047497	-3.82612988	-0.0833859
0.0059	3.4428E-05	-5.13831627	-0.03014938
0.0260	0.00067522	-3.65023922	-0.09485114
	0.03812053		-1.94484099
3.04452244	Shannon	0.64	
	Simpson	0.96	

