



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

**“DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELO Y
BIOMASA DEL PÁRAMO DE LA COMUNIDAD CHOCAVÍ DE LA
PARROQUIA SAN ISIDRO.”**

TESIS DE GRADO
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL

AUTOR
ANDREA CATHERINE CORONEL CHICAIZA

RIOBAMBA – ECUADOR

2016

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO DE LA COMUNIDAD CHOCAVÍ DE LA PARROQUIA SAN ISIDRO.”**, de responsabilidad de la señorita egresada ANDREA CATHERINE CORONEL CHICAIZA, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dra. Magdy Echeverría

DIRECTOR(A) DE TESIS

Dra. Jenny Moreno

MIEMBRO DE TRIBUNAL

Yo, **Andrea Catherine Coronel Chicaiza** soy responsable de las ideas, doctrinas y Resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

ANDREA CATHERINE CORONEL CHICAIZA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Andrea Catherine Coronel Chicaiza, declaro que la presente Tesis de Grado es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y 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 esta Tesis de Grado.

Riobamba, 06 de enero de 2016

Andrea Catherine Coronel Chicaiza

C.I.: 060393112-2

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA

CERTIFICACIÓN

DECLARACION DE RESPONSABILIDAD

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS

INDICE DE GRÁFICOS

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE ANEXOS

RESUMEN

SUMMARY

INTRODUCCION xiii

CAPÍTULO 1

1.	MARCO TEÓRICO	1
1.1.	Páramo	1
1.1.1.	<i>Condiciones ambientales de los páramos</i>	2
1.2.	Páramos en Ecuador	3
1.2.1.	Tipos de páramos en Ecuador	4
1.2.2.	<i>Páramos de la provincia de Chimborazo</i>	9
1.2.3.	<i>Usos de los páramos ecuatorianos</i>	9
1.2.4.	<i>Importancia ambiental de los páramos</i>	11
1.2.5.	<i>Selva húmeda tropical vs páramos</i>	11
1.3.	Ciclo del Carbono.....	12
1.3.1.	<i>Carbono en la atmósfera</i>	13
1.3.2.	<i>Captura de carbono en plantas</i>	14

1.3.3.	<i>Captura de carbono en suelos</i>	15
1.4.	Efecto invernadero y cambio climático	17
1.4.1.	<i>Protocolo de Kioto enmarcado en el Calentamiento Global</i>	18

CAPÍTULO II

2.	PARTE EXPERIMENTAL	20
2.1.	Área de estudio.....	20
2.1.1.	<i>Ubicación</i>	20
2.1.2.	<i>Altitud</i>	21
2.1.3.	<i>Límites</i>	21
2.2.	Población y muestra	21
2.2.1.	<i>Población</i>	21
2.2.2.	<i>Muestra</i>	22
2.3.	Metodología	22
2.3.1.	<i>Métodos y técnicas</i>	23
2.3.	Materiales y Equipos	37

CAPÍTULO III

3.	CALCULOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	38
3.3.	Cálculos.....	38
3.3.1.	<i>Elaboración de la curva de calibración y ecuación lineal para obtención del porcentaje de carbono orgánico</i>	38
3.4.	Resultados y Discusión.....	43
3.2.1.	<i>Resultados de Carbono Orgánico en Suelo</i>	43
3.2.2.	<i>Resultados y Discusión de los valores de Carbono Orgánico en Biomasa</i>	54
3.2.3.	<i>Análisis de resultados de Carbono Orgánico en Suelo y Biomasa</i>	65

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Tipos de páramos en el ecuador	4
Tabla 2-1	Distribución de los páramos en el Ecuador	5
Tabla 3-2.	Codificación de las muestras de suelo	32
Tabla 4-2.	Codificación de muestras de biomasa	33
Tabla 5-3.	Relación para elaborar soluciones de concentración conocida de carbono.....	39
Tabla 6-3.	Valores de absorbancia para elaborar curva de calibración	39
Tabla 7-3.	Valores de carbono orgánico en la punto 1 - suelo	43
Tabla 8-3.	Valores promedio de absorbancia en cada uno de los muestreos del suelo del páramo de la comunidad Chocaví – San Isidro	48
Tabla 9-3.	Valores promedio de carbono orgánico en cada uno de los muestreos del suelo del páramo de la comunidad Chocaví – San Isidro.....	48
Tabla 10-3.	Porcentaje de carbono orgánico presente en la biomasa en cada uno de los muestreo	61
Tabla 11-3.	Valores promedio de carbono orgánico en biomasa.	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2.	Curva de calibración absorbancia vs. % carbono orgánico	40
Gráfico 2-3.	Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en el suelo del punto 1	44
Gráfico 3-3.	Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en el suelo del punto 2.....	45
Gráfico 4-3.	Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en el suelo del Punto 3.....	46
Gráfico 5-3.	Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en el suelo del punto 4.....	47
Gráfico 6-3.	Promedio del % de carbono orgánico en el suelo del páramo de la comunidad Chocaví – San Isidro.....	49
Gráfico 7-3.	Relación carbono orgánico vs. Altura	52
Gráfico 8-3.	Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en la biomasa del Punto 1	54
Gráfico 9-3.	Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en la biomasa del Punto 2.....	55
Gráfico 10-3.	Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en la biomasa del Punto 3.....	56
Gráfico 11-3.	Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en la biomasa del Punto 4	57
Gráfico 12-3.	Promedio de contenido de carbono orgánico en cada componente de la biomasa...63	
Gráfico 13-3.	Relación de la cantidad de carbono orgánico en biomasa vs. Altura	64
Gráfico 14-3.	Distribución porcentual del carbono orgánico en una unidad.....	65
Gráfico 15-3.	Valores de carbono orgánico en biomasa y suelo.....	66

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1. Ubicación del Páramo de Chocaví	20
Ilustración 2-2. Delimitación de los puntos de muestreo.....	22

INDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Marco Legal
- Anexo 2.** Acuerdo de París COP 21 – Naciones Unidas
- Anexo 3.** Análisis Físico Químico de los Suelos
- Anexo 4.** Análisis de Carbono Orgánico en Biomasa
- Anexo 5.** Análisis Microbiológico de Suelos
- Anexo 6.** Absorbancias en suelo
- Anexo 7.** Absorbancias para biomasa
- Anexo 8.** Valores de carbono orgánico para suelo del páramo de la comunidad Chocaví
- Anexo 9.** Valores de carbono orgánico para biomasa del páramo de la comunidad Chocaví
- Anexo 10.** Análisis Estadístico

RESUMEN

Determinar la cantidad de carbono orgánico en suelo y biomasa del páramo de la comunidad Chocaví de la parroquia San Isidro del cantón Guano de la provincia de Chimborazo. En un inicio se investigó sobre la importancia de los páramos así como también las prácticas ancestrales de la comunidad de Chocaví, se delimitó el área de investigación con la ayuda de un GPS y se diferenciaron los cuatro puntos de muestreo. Las muestras tomadas de trencillas, paja y almohadilla se lavaron, las mismas junto con las muestras de suelo de dos profundidades tomadas con el barreno de 1,20 m se las dejó secar al aire libre para ser analizadas en el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias empleando la técnica de Walkley – Black, la misma que consiste en la oxidación del dicromato de potasio con ácido sulfúrico concentrado, se estableció la curva de calibración, las muestras se leyeron en el espectrofotómetro. Como resultado de la investigación tenemos que cantidad de Carbono Orgánico en el páramo de Chocaví es: 3,39 % en el suelo 60 – 120 cm de profundidad, 6,21 % en el suelo 0 – 60 cm de profundidad, 40,03 % en la raíz de la almohadilla, 41,00 % en la almohadilla, 43,76 % en la raíz de la paja, 45,84 % en la paja, 49,09 % en la trencilla y 50,87 % en la raíz de la trencilla. Con lo cual se concluye que el promedio de Carbono Orgánico para la biomasa es de 44,12% y para el suelo es de 4,80%, con lo cual la hipótesis propuesta es aceptada. Se evidenció que las actividades de quema de pajonal para rebrote afectan a la biomasa del páramo, causándole pérdidas de alrededor del 9% de Carbono Orgánico en biomasa; en las actividades de pastoreo se pierde 4% de Carbono Orgánico siendo el suelo el componente más afectado. Se recomienda informar de los hallazgos de esta investigación a las instituciones de control como el Ministerio del Ambiente además a entidades sin fines de lucro para que se resguarde el páramo de la comunidad Chocaví que es una fuente de agua y un acumulador de carbono.

Palabras clave: <CARBONO ORGÁNICO>, <BIOMASA DEL PÁRAMO>, <CHOCAVÍ [COMUNIDAD]>, <SAN ISIDRO [PARROQUIA]>, <GUANO [CANTÓN]>, <CHIMBORAZO [PROVINCIA]>, <TRENCILLA [*Loricaria stenophylla*]>, <ALMOHADILLA [*Plantago rígida*]>

SUMMARY

Determine the amount of organic carbón in soil and biomass of moorland in Chocaví community of Ssn Isidro Parish in Guano canton, Chimborazo province. Initially, it was investigated yhe importance of the moors as well as the ancestral practices in Chocaví community. The research area was delimited with a GPS an the four sampling points were differentiated. Samples taken from braids, straw, and pad were washed, with the same soil samples of two depths with an auger of 1,20m same were allowed to air dry in order to be reviewed at the Water Laboratory of the Scieence Faculty using the Walkley – Black technique. The technique is based in the potassium dichromate oxidation with concentrated sulfuric acid. The calibration curve was established and samples were read in spectrophotometer. As a result of this research it was obtained the following quantity of organic carbon in the Chocaví moor: soil 3,39% with 60-120 cm depth; soil 6,21% with 0-60 cm of depth; at the root of pad 40,03%, pad 41,00%, straw root 43,76%, traw 45,84%, braid 49,09% and root braid 50,87%. Thus, it is concluded that the average of organic carbon for biomass is 44,12% and for soil with 4,80%, in which the hypothesis proposed is accepted. It was evidenced that the activities of burning grassland for biomass regrowth affected the moor causing organic carbon loss in biomass of 9%; in grazing activities with 4% of organic carbon, being the soil the most affected component. It is recommended to report the findings of this research to the control institutions such as: the Ministry of Environment and to non-profit entities to safeguard the moor in Chocaví community which is a water sours and carbon accumulation.

Keywords: <ORGANIC CARBON >, <BIOMASS MOOR>, <CHOCAVÍ [COMMUNITY]>, <SAN ISIDRO [PARISH]>, <GUANO [CANTON]>, <CHIMBORAZO [PROVINCE]>, <BRAID [*Loricaria stenophylla*]>, <PAD [*Plantago rígida*]>

INTRODUCCION

Antecedentes

Desde hace un poco más de dos décadas, los científicos ambientales están alertando al mundo por los efectos de un alza de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. Este incremento está siendo causado principalmente por el alto uso de combustibles fósiles, lo que ha aumentado mucho desde hace 200 años a causa de la revolución industrial. El dióxido de carbono es el principal gas invernadero, es decir, las concentraciones aumentadas causan un calentamiento general del planeta, lo que a su vez causa un cambio climático con graves efectos, como desertificación en ciertas áreas e inundaciones en otras.

El Carbono por encima de la superficie terrestre, se refiere a la materia vegetal (viva y muerta) en distintas fases de descomposición. Por ejemplo, árboles, arbustos, pasturas, hojarasca y otras formas de materia en descomposición. El Carbono por debajo de la superficie del suelo se encuentra como material orgánico en forma de humus, conformando raíces vivas o muertas y en la biota del suelo (microbios y artrópodos), que pueden estar distribuidas a diferentes profundidades del suelo, aunque principalmente están en la parte superior de los perfiles (FAO 2000 p.31).

No sólo el hecho del uso de los combustibles fósiles incrementa la concentración de CO₂, también se debe este problema a la quema de la selva tropical, al avance que tiene la frontera agrícola en sectores donde encontramos gran cantidad de páramos, deforestación y erosión.

El verdadero problema del aumento de la concentración de CO₂ se da en el hecho de que los gases se dispersan sobre toda la atmósfera y no se concentran alrededor de sus fuentes. Por esto, todo el mundo siente el efecto del calentamiento global, es la preservación del páramo una de las acciones que se puede tomar para mitigar estos efectos.

En la provincia de Chimborazo se revelan datos de la Cantidad de Carbono que absorben ciertos páramos como ejemplo contamos con valores: 580,78 Tm/ha en San Isidro y 628.46 Tm/ha en

Cotojuan, en comparación con estudios similares realizados en el austro ecuatoriano que según Acoger, existen 400 Tm/ha, páramo natural, y según Aertsen y Jansen, asegura que hay, 150 Tm/ha, páramos forestados con pino; en cambio, en el norte del país, según Hofstede, (1999) hay 1700 Tm/ha, y explica Chimner y Karberg, (2008), que en los suelos del norte hay 1400 Tm/ha. (Mena 2009 p. 508).

Justificación

La importancia de los páramos radica en la capacidad de éstos de absorber y almacenar el CO₂ de las emisiones gaseosas por las actividades donde se usan combustibles fósiles, la disminución de los páramos significaría una reducción de esta absorción y por ende el incremento de los efectos del Cambio Climático por el que está atravesando el planeta. El pajonal de los páramos tiene aproximadamente 40 toneladas por hectárea de carbono elemental, pero el suelo de los páramos puede almacenar 1700 toneladas por hectárea de este mismo elemento (Mena 2009 p. 507).

Al albergar nuestra provincia aproximadamente un 15,52 % de páramos siendo éste el valor más alto a nivel del país, se ve en la necesidad de estimar su importancia y analizar la contribución de almacenar grandes cantidades de CO₂. Este gas se encuentra en el primer lugar de importancia en los estudios del Protocolo de Kyoto, por la gran cantidad de emisiones del mismo y por el daño que los gases de efecto invernadero en su conjunto causan a nivel atmosférico.

Los páramos a más de capturar el CO₂ de la atmósfera son también los encargados de almacenar el agua lluvia y el vapor generado para proveer de agua a las comunidades que en sus faldas se asientan así como también a las quebradas y ríos que de estos páramos se desprenden para suministrar agua al país entero. Este proceso de almacenamiento de agua no sólo lo realizan en la época de lluvias sino también en la época de estiaje, ya que una gran cantidad el agua se almacena en las almohadillas que actúan como colchones de agua (Medina 1999 p. 57).

Las actividades realizadas por la Comunidad de Chocaví de la Parroquia San Isidro actualmente están produciendo una mayor cantidad de carbono atmosférico, debido al avance la frontera agrícola, así como también por la quema del pajonal que en el lugar se da con el fin de convertir al

suelo del páramo de esta comunidad en suelo para el uso agrícola. El aumento en la población fomenta también a un avance acelerado de la frontera agrícola, disminuyendo de esta manera la extensión territorial de páramo y con esto, la reducción de sumideros de carbono (Alvarado 2012 p. 507).

En la provincia actualmente no sólo trabaja el Consejo Provincial con el proyecto ANDES, sino también el proyecto REDD, el cual está a cargo de FUNDACION MARCOS, la iniciativa es la misma, cuantificar la cantidad de carbono orgánico en los páramos de la provincia, para de esta manera preservar la existencia de los mismo valorando los aportes que éstos brindan.

La provincia de Chimborazo al albergar gran cantidad de páramos en su superficie, se ha visto en la necesidad de cuantificar la cantidad de CO₂ que sus páramos pueden almacenar. Por ello se implementó el convenio ESPOCH – CDF ITALIA – CONSEJO PROVINCIAL DE CHIMBORAZO, el cual busca la manera de relacionar la cantidad de CO₂ almacenada con el avance que ha tenido el calentamiento global y cuanto éste afecta a los páramos ecuatorianos. Brindando nuevos valores referenciales bajos los cuales se podrá establecer la importancia de preservar estos sumideros de Carbono, motivando a las comunidades aledañas para que sean ellas las encargadas del cuidado y preservación de estos potenciales descontaminantes de la atmósfera.

La presente investigación contó con el apoyo del convenio ESPOCH – CDF ITALIA – CONSEJO PROVINCIAL DE CHIMBORAZO.

Objetivos

Objetivo General

Determinar la cantidad de Carbono Orgánico presente en biomasa y suelo del páramo de la Comunidad de Chocaví – San Isidro.

Objetivos Específicos

- Georeferenciar de la zona de estudio de la Comunidad de Chocaví – San Isidro.
- Identificar los pisos altitudinales del área de estudio.
- Determinar el contenido de Carbono Orgánico en el pajonal, almohadilla, raíces y suelo de la comunidad del páramo de la Comunidad Chocaví.
- Elaboración de la línea base del Carbono Orgánico en el suelo y biomasa del Páramo de la Comunidad de Chocaví

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Páramo

La palabra páramo es el vocablo utilizado para referirse a aquellos ecosistemas naturales situados a grandes alturas, extendidas principalmente en los Andes de América del Sur, sin dejar de destacar su presencia en América Central. Este ecosistema está caracterizado por su clima frío. Las altitudes entre las que se encuentra este ecosistema típicamente tropical de altura, varían bastante, pero, en términos generales, se encuentra sobre la línea de los bosques andinos y llega hasta la línea de las nieves eternas (Luteyn 1999 p. 138).

Según la Ley de Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad del Ecuador se define Páramo como:

Páramo: *“Ecosistema tropical alto andino que se extiende en los Andes septentrionales, entre el actual o potencial límite superior de bosque andino cerrado y la línea de nieve perpetua, caracterizado por una vegetación dominante no arbórea, alta irradiación ultravioleta, bajas temperaturas y alta humedad.”*

Los páramos albergan especies específicas de elevadas alturas y bajas temperaturas, es por ello que en flora podemos encontrar gran cantidad de almohadillas, pajonales, rosetas y arbustos, helechos, trencillas, entre otras especies, en lo referente a fauna, a pesar de ser condiciones extremas de clima podemos encontrar en este ecosistema gran cantidad de anfibios, mamíferos, y aves de alturas (Luteyn 1999 p. 139).

Destacando la importancia del páramo como sostén de vida, también podemos de esta manera rescatar la importancia turística generada por la gran extensión a lo largo de nuestro Sistema montañoso, apreciable desde cualquier lugar del Ecuador.

1.1.1. Condiciones ambientales de los páramos

1.1.1.1. Temperatura

Una de las características ambientales que hace de este ecosistema tan particular es la temperatura, la misma que en promedio a lo largo del día puede ser de 4 – 10° Celsius pero que también puede llegar a tener momentos de frío extremo llegando a una temperatura de aproximadamente -6° C, así como también temperaturas un poco más cálidas para estos ecosistemas, estamos hablando de temperaturas que oscilan entre los 18 – 20° C. El grosor de la capa atmosférica que cubre a estos ecosistemas de gran altura es menor al grosor de la misma en cualquier otro ecosistema de baja altura, permitiendo a estos ecosistemas gozar de una capacidad que muy pocos lugares en el mundo posee, esta capacidad es la de que sobre estos ecosistemas no se produce efecto invernadero, ya que la delgada capa atmosférica permite que los rayos solares ingresen a la superficie terrestre y sean eliminados de manera rápida impidiendo se dé lugar al efecto invernadero (Mena 2006 p. 93).

1.1.1.2. Precipitación

La precipitación en los páramos es generalmente abundante y relativamente continua a lo largo del año, de modo que, a pesar de que se puede hablar de estaciones más y menos lluviosas, la diferencia no es drástica. Al ser un ecosistema tropical, las estaciones en los páramos no se refieren a los cambios de temperatura a lo largo del año (la estacionalidad es diaria y no anual) sino a los cambios en la precipitación. En otras palabras, hay meses más lluviosos (invierno) que otros (verano). La duración de una y otra estación y los meses exactos en que ocurren varían según las condiciones de cada localidad. El rango de precipitación en todo el páramo, está entre 700 y 3.000 mm por año. Así

mismo, la humedad relativa tiene un rango entre 25 y 100%, con un promedio de 70-85% (Luteyn 1999 p. 138).

1.1.1.3. Geomorfología

La distribución de flora y fauna está relacionada con el drenaje del lugar y ambos a su vez dependen de la pendiente del sitio. Pajonal y almohadillas se han convertido en las especies predominantes de estos biomas, los bosques en el pasado formaron también parte de los mismos pero por las actividades antropogénicas que han sido introducidas en los páramos, estos bosques han ido mermando.

Las áreas más conservadas son aquellas donde el acceso se vuelve más difícil, por ende las más afectadas son aquellas que prestan mayor facilidad de acceso. Los sitios con planicies usualmente tienden a convertirse en pantanos por la acumulación de agua (Haro 2012 p. 15).

1.2. Páramos en Ecuador

En Ecuador se usa comúnmente la altitud de 3.500 m. como límite inferior, pero las condiciones geológicas, climáticas y antrópicas hacen que este límite varíe mucho y que se encuentren a veces páramos desde los 2.800 m., especialmente en el sur del país, o bosques cerrados hasta por sobre los 4.000 m (Medina, Mena & Hofstede 2001 p. 301).

Los páramos en nuestro país ocupan alrededor de 1.250.000 ha. del territorio nacional total, es decir aproximadamente un 6% de este territorio corresponde al ecosistema páramo, convirtiéndonos de esta manera en uno de los países que más páramos alberga, respecto con la extensión territorial ocupada, países como Colombia tiene la mayor extensión de páramos en términos globales, mientras que otros países de la región los tienen en proporciones menores (Medina, Mena & Hofstede 2001 p. 302).

1.2.1. Tipos de páramos en Ecuador

En Ecuador existen aproximadamente 10 tipos de páramos claramente diferenciados por la presencia de especies vegetales. Por esta razón la clasificación de los páramos en Ecuador se muestra en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Tipos de páramos en Ecuador

Tipo de páramo	Extensión (Ha)
Páramo Arbustivo de los Andes del Sur	13.947
Páramo de Frailejones	24.593
Páramo de Pajonal	911.367
Páramo Herbáceo de Almohadillas	147.229
Páramo Herbáceo de Pajonal y Almohadillas	70.363
Páramo Pantanoso	32.257
Páramo Seco	17.797
Páramo sobre Arenales	16.298
Superáramos	18.951
Superáramo Azonal	7.416

Fuente: Los páramos del Ecuador, 2006

De acuerdo a la distribución provincial de los páramos en Ecuador, tenemos la Tabla 2-1., donde se aprecia de mejor manera la distribución de este ecosistema.

Tabla 2-1 Distribución de los páramos en el Ecuador

PROVINCIA	REGIÓN	EXTENSIÓN TOTAL DE PÁRAMOS POR PROVINCIA (Ha)	REPRESENTATIVIDAD DEL TOTAL PÁRAMOS POR PROVINCIA (%)	EXTENSIÓN TOTAL DE CADA PROVINCIA (Ha)	% REGIONAL
Chimborazo	Sierra	194.695	15.52	652.706	29.83
Azuay	Sierra	188.513	15.03	800.846	23.54
Napo	Oriente	183.186	14.60	1.316.629	13.19
Pichincha	Sierra	164.334	13.10	1.304.366	12.60
Cotopaxi	Sierra	105.048	8.37	595.689	17.63
Tungurahua	Sierra	84.030	6.70	347.091	24.21
Cañar	Sierra	82.963	6.61	316,531	26.21
Morona Santiago	Oriente	54.036	4.31	2.392.937	2.26
Zamora Chinchipe	Oriente	42.454	3.38	1.058.334	4.01
Imbabura	Sierra	41.255	3.29	461.575	8.94
Bolívar	Sierra	37.854	3.02	393.798	9.61
Loja	Sierra	31,824	2.54	1.085.280	2.93
Carchi	Sierra	27,598	2.20	360.436	7.66
El Oro	Costa	10,672	0.85	573.644	1.86
Sucumbíos	Oriente	6.104	0.49	1.773.472	0.34
Esmeraldas	Costa	69	0.01	1.523481	0.00
Total		1.254.634	100	14.956.716	

Fuente: Los páramos del Ecuador, 2006

1.2.1.1. *Páramo de Pajonal*

Es el más extenso y responde de manera común a la idea que tenemos del páramo. Son extensiones cubiertas por pajonal de varios géneros (especialmente *Calamagrostis*, *Festuca* y *Stipa*). Los páramos de pajonal cubren alrededor del 70 % de la extensión del Ecuador. Es obvio que nadie ha sembrado los pajonales y por lo tanto el ecosistema es natural, pero también es cierto que las acciones humanas sobre la vegetación original la han transformado, por lo menos en parte, en los pajonales actuales (Alvarado & Gavilanes 2012 p. 7).

1.2.1.2. *Páramo de Frailejones*

Es un páramo dominado por el frailejón (*Espeletia pycnophylla*). Presente en las provincias de Carchí y Sucumbíos, con una pequeña presencia de estos en los Llanganates. Con flora semejante al páramo de pajonal, como única diferencia con este es la presencia de frailejón (Alvarado & Gavilanes 2012 p. 8).

1.2.1.3. *Páramo Herbáceo de Almohadillas.*

Dominado por la presencia de almohadillas duras de los géneros *Azorella*, *Werneria* y *Plantago*. También se encuentran arbustos diseminados y herbáceos *Lycopodium*, *Jamesonia*, *Gentiana*, *Gentianella*, *Satureja*, *Halenia*, *Lachemilla*, *Silene* y *Bartsia*. La Reserva Cayambe – Coca alberga gran cantidad de este tipo de páramo. Un ejemplo claro de este tipo de páramo se encuentra en el sector de las antenas, cerca del páramo de la Virgen en la Reserva Ecológica Cayambe Coca. Al igual que en el caso del páramo de pajonal, la vegetación original y la influencia humana en el ecosistema son motivo de discusión (Alvarado & Gavilanes 2012 p. 9).

1.2.1.4. *Páramo Herbáceo de Pajonal y Almohadillas*

La combinación de un páramo de pajonal con uno de almohadillas ha dado como origen a esta división, en la cual la presencia de vegetación mencionada en los apartados 1.2.1.1. y 1.2.1.3. es constante y combinada. (Alvarado & Gavilanes 2012 p. 9)

1.2.1.5. *Páramo Pantanoso.*

Escaso drenaje es el causante de la formación de este tipo de páramos, su nombre no hace mención a pantanos como tal, sino más bien hace referencia a esta condición referente a drenaje. Localizado en los páramos de Cayambe, Llanganates, Antisana y Sangay. la vegetación típica incluye plantas de los géneros *Isoëtes*, *Lilaeopsis*, *Cortaderia*, *Chusquea*, *Neurolepis*, almohadillas y formadores de las mismas del género *Oreobolus* ciertas especies de musgos siendo el más predominante el del género *Sphagnumma gellanicum* (Alvarado & Gavilanes 2012 p. 10).

1.2.1.6. *Páramo Seco.*

Debido a las variaciones en las condiciones climáticas, la vegetación cambia en los páramos donde las precipitaciones van escaseando. Son muy pocas especies que sobreviven a estas extremas condiciones, *Orthrosanthus* y *Buddleja*. En la frontera entre las provincias de Azuay y Loja se encuentra este tipo de páramo. (Alvarado & Gavilanes 2012 p. 10.)

1.2.1.7. *Páramo Sobre Arenales.*

Esta clase de páramos la conforman aquellos que se disponen sobre arenales, dan la imagen de ser páramos erosionados, pero no es así, a pesar de no serlo son fácilmente erosionables. Uno de los lugares donde se los puede encontrar es en los arenales del Chimborazo. (Alvarado & Gavilanes 2012 p. 10)

1.2.1.8. *Páramo Arbustivo del Sur.*

Debido a la ubicación ha adquirido este nombre haciendo referencia al sur del país, de manera principal a la provincia de Loja. De vegetación poco común para un páramo, más bien cargado de flora arbustiva podría confundirse con otro tipo de bioma. (Alvarado & Gavilanes 2012 p. 12).

1.2.1.9. *Súper Páramo*

Aproximadamente a los 4.200 m, es decir, sólo en las montañas que alcanzan estas altitudes, las condiciones climáticas se parecen superficialmente a las tundras templadas, donde únicamente las plantas más resistentes al frío, la desecación fisiológica y el viento pueden sobrevivir. El suelo se presenta con mayores áreas descubiertas, aunque en las zonas protegidas por grietas y rocas, crecen plantas de los géneros *Draba*, *Culcitium*, *Chuquiraga*, *Cortaderia*, *Baccharis* y *Gentiana*, entre otros, y líquenes.

1.2.1.10. *Súper Páramo Azonal*

El súper páramo azonal recibe este nombre porque posee ciertas características semejantes a las del súper páramo típico pero se presenta a menores altitudes (por ejemplo, donde debería haber páramo de pajonal). La razón de esta anomalía está en que estos sitios se encuentran sobre lahares recientes

que crean características edáficas locales y que además están muy expuestas, lo que impide el crecimiento de las especies que normalmente se encuentran a estas altitudes. Por ello solo hay especies como las del súper páramo y, especialmente, líquenes foliosos.

1.2.2. Páramos de la provincia de Chimborazo

En la provincia de Chimborazo existen 6 tipos de páramos.

- Páramo de pajonal con una extensión de 184.757 hectáreas
- Páramo de herbáceo de almohadillas con una extensión de 3.660 hectáreas
- Páramo de seco con una extensión de 1.464 hectáreas
- Páramo de sobre arenales con una extensión de 2.666 hectáreas
- Súper Páramo con una extensión de 2.148 hectáreas
- Áreas diferentes a páramos con una extensión de 458.012 hectáreas. (Mena 2009 p. 509).

1.2.3. Usos de los páramos ecuatorianos

Según estimaciones, el estado de conservación de los páramos de pajonal en el país es bajo, únicamente el 10 % del total de este tipo de páramos se ha encontrado en un buen estado. Una de las razones fundamentales en las cuales se basa la explicación de este patrón, es que la Sierra central ecuatoriana, de manera especial la cordillera occidental, ha tenido mayor cantidad de asentamientos y por ende mayor cantidad de habitantes, debido a su fácil accesibilidad; por otra parte las zonas orientales cuentan con una topografía de difícil acceso y clima poco adecuado, por lo cual no presenta facilidades para que en este sector se produzcan asentamientos y el desarrollo de actividades humanas (Mena *et al.*, 2001 p 301).

Desde épocas preincaicas, los páramos ecuatorianos, principalmente los páramos ubicados en la sierra central, distribuidos a lo largo de las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar y Cañar, han sido utilizados como miradores, fortalezas, reservorios, puntos estratégicos, de las culturas Puruha, Caranqui, Palta, Cañari, que en épocas

antiguas realizaron sus asentamientos en las partes altas de los Andes ecuatorianos. Tan importantes fueron los páramos para el Imperio Inca que este ecosistema alberga al Gran Camino del Inca, agrícolamente el páramo prestaba todas las facilidades de cultivo, y con ello se introdujo técnicas para agricultura como el uso de camélidos (Mena *et al.*, 2001 p 301).

La segunda colonización de los páramos llegó también con la invasión española en el siglo XV, ganadería y agricultura en las partes bajas de los páramos, así como pastoreo de camélidos, éstas fueron las actividades introducidas de acuerdo con las tradiciones de vida europeas ya que encontraron semejanzas entre sus páramos y nuestros ecosistemas alto andinos. En cuanto a la ganadería se destacó la cría de cuyes y otras especies menores, también introdujeron especies como ovejas, vacas y caballos traídos desde Europa, pero la especie que más rápido se adoptó fueron las ovejas, por cuanto se desarrollaron grandes cantidades de rebaños de las mismas. El número de rebaños de ovejas se incrementó de manera rápida, esto llevó al auge de la Industria de la lana, y por ende el número de rebaños de ovejas se incrementó aún más.

Los impactos negativos causados por esta industria y su necesidad de gran cantidad de cabezas de ovejas fueron grandes, la necesidad de alimentar y criar a estas especies, los llevó a invadir el ecosistema páramos, causándole un gran daño por el peso de estos herbívoros, la forma roma de sus cascos, el daño que estas especies le causan al suelo y a la vegetación al caminar y al alimentarse.

El daño producido por estas actividades a la raíces de las especies vegetales de estos ecosistema es irreversible, debido a que este tipo de flora poseen poca capacidad regenerativa. Todos estos daños al ecosistema aún son visibles en la actualidad.

El excesivo pastoreo de estas especies, junto con la quema de pajonal para dar paso al nacimiento de plantas jóvenes para el ganado, el avance apresurado de la frontera agrícola, plantaciones de especies arbóreas introducidas, actividades de turismo y minería sin control alguno, han causado un impacto negativo en este ecosistema, pérdida de la diversidad propia del mismo, cambios en el ciclo del ambiente, causando un deterioro del ecosistema y de la vida que dentro de él se desarrollaba, así como también afectación a la calidad de vida no sólo de las comunidades indígenas que viven de las actividades desarrolladas en el páramo, sino también a quienes se han favorecido indirectamente del mismo, con todos los beneficios que de éste ecosistema gozado (Mena *et al.*, 2001 p 302).

1.2.4. *Importancia ambiental de los páramos*

El mecanismo de mercado para el carbono desarrollado bajo el Protocolo de Kioto se denomina el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Desafortunadamente para el páramo, este mecanismo no se aplica a carbono almacenado en los suelos y vegetación, sino únicamente a la vegetación o siembra. Por esto, la gran cantidad de carbono que hay en sus suelos, que colabora de manera indirecta pero importante a mitigar el efecto invernadero, todavía no puede ser considerada ni utilizada como una alternativa económica viable para las comunidades u otros dueños del páramo (Mena & Medina 1999 p 43)

La capacidad del páramo como almacenador y distribuidor del agua proveniente de las lluvias, los deshielos y la condensación de la neblina se basa en una estructura especial de sus suelos, salvaguardada por la vegetación que crece sobre ellos, y que los hace funcionar como una esponja que recoge y distribuye el agua de manera constante y limpia, incluso en épocas de sequía. Al igual que en el caso anterior, se trata de una característica muy frágil que se perturba profundamente por prácticamente cualquier intervención en el páramo. Esta estructura no se recupera como lo hace la de una esponja típica y por tanto pierde su capacidad hidrofílica una vez que se ha alterado (Mena & Medina 1999 p 20).

1.2.5. *Selva húmeda tropical vs páramos*

La selva húmeda tropical tiene una biomasa con un valor de hasta 500 toneladas de materia seca por hectárea, lo que es equivalente a 250 toneladas de carbono. Si no se protege este bosque, y alguien decide tumbarlo para hacer un cultivo, se emiten 250 toneladas de carbono elemental (una unidad de carbono elemental, C, equivale a 3,6 unidades de CO₂). El pajonal de páramo tiene máximo 40 toneladas por hectárea de materia seca en su vegetación, o sea, al quemar la vegetación se pierden máximo 20 toneladas de carbono elemental (Mena & Medina 1999 p 43).

En la selva tropical, el suelo casi no contiene materia orgánica (carbono). La descomposición de la hojarasca es tan rápida que los restos vegetales son en la mayoría de los casos totalmente oxidados antes de ser incorporados en el suelo y obtenemos una cantidad de carbono en el suelo de 50 toneladas por hectárea. En el páramo, los suelos típicamente son muy negros y húmedos. Por el clima frío, la alta humedad y el hecho de que los suelos son formados en cenizas volcánicas recientes, la descomposición de materia orgánica es muy lenta (Mena & Medina 1999 p 45).

Con un mal manejo del páramo, especialmente al dejar la tierra expuesta al aire, se seca el suelo superficial y la descomposición aumenta. Esto resulta en una oxidación de la materia orgánica y una emisión de carbono a la atmósfera. En muchos casos, con un cambio de uso de la tierra en el páramo, esta pérdida de materia orgánica no está compensada por una entrada de nueva hojarasca. O sea que la erosión es también una fuente de emisión de CO₂; con un mejor control de la erosión se obtiene una conservación de la materia orgánica almacenada (Mena & Medina 1999 p 45).

1.3. Ciclo del Carbono

En la atmósfera encontramos el carbono en forma de CO₂, este es un gas que tiene características que lo hacen imperceptible a los sentidos de los seres humanos, las cuales son: incoloro, inodoro e insípido. El carbono también se encuentra contenido en sedimentos y en rocas, en forma sólida. Se lo puede encontrar en el suelo, en los océanos en forma de bicarbonatos y carbonatos y biomasa terrestre.

El CO₂ se produce durante los procesos vitales de las células aeróbicas, proceso conocido como Fotosíntesis; durante la Respiración las células producen CO₂; la quema de combustibles fósiles en industrias, todo tipo de motores que use combustibles fósiles dentro de los cuales también se encuentran los autos; durante las erupciones volcánicas las rocas de la corteza terrestre se funden y desprenden Carbono. Estos procesos son los causantes de la emisión de carbono.

Existen 700 billones de kilogramos de CO₂ en la atmósfera, el 20% de esta cantidad es transformada cada año por plantas y organismos, debido a la fotosíntesis, mecanismo principal del cual se obtiene el C necesario para la respiración de los seres vivos. Este mecanismo transforma el

CO₂ atmosférico y el agua absorbida por la planta, junto con la acción de la luz solar, en hidratos de carbono y produciendo oxígeno.

Dicho proceso es realizado exclusivamente por las plantas terrestres, el fitoplancton marino y diversos organismos vegetales de los océanos. La dinámica de este mecanismo comienza con la absorción de la luz solar de las células clorofílicas presentes en los organismos antes mencionados; el oxígeno producido es devuelto a la atmósfera mientras que los hidratos de carbono producidos son fijados en las plantas, y por medio de la ingesta estos hidratos de carbono son ingeridos por animales herbívoros.

El CO₂ también es expulsado hacia la atmósfera por los procesos de respiración animal y descomposición, estos dos procesos se encuentran equilibrados en la naturaleza, sólo un ligero cambio que se dé, cualquier alteración al ciclo preestablecido, afecta de manera irreversible a la formación del CO₂. Cambios como quema de las formas fijas de carbono o destrucción de la biomasa, son las causantes de un desequilibrio en el ciclo del carbono.

1.3.1. Carbono en la atmósfera

La atmósfera es una mezcla de gases y pequeñas partículas líquidas o sólidas que envuelven a la Tierra. Se compone de varias capas que se denominan: Tropósfera, Estratósfera e Ionósfera.

La atmósfera tiene un espesor aproximado de 10.000 km y cerca del 95 % de su masa se encuentra en los primeros 19 km. Los principales componentes son el Nitrógeno y el Oxígeno entre otros gases.

El CO₂ es un gas sin color, sin olor y sin sabor. Los reservorios de C anuales en la atmósfera son de 720×10^{15} g/año. La concentración atmosférica de CO₂ ha sufrido incrementos importantes comparando con la última glaciación del último período interglaciar, esto es en los últimos 160 mil años (Starr y Taggart, 2004).

La actual concentración atmosférica de CO₂ es de aproximadamente 345 ppm y su incremento anual es de 0.5%. De acuerdo con diferentes escenarios de concentración atmosférica de CO₂, se estima que está, alcanzará un nivel aproximado de 440 a 660 ppm en el año 2050.

1.3.2. *Captura de carbono en plantas*

La captura de Carbono (C) en las plantas se produce mediante las reacciones foto-dependientes del Ciclo de Calvin-Benson de la fotosíntesis. En este proceso, intervienen dos moléculas químicas que son la ATP y la NADPH.

Las moléculas de ATP son las encargadas de dotar de la energía necesaria para que dichas reacciones se produzcan, mientras que las moléculas de NADPH transportan hidrógeno y electrones que son requeridos en las reacciones que se producen en las células clorofílicas de las plantas. El CO_2 es el elemento químico que las plantas toman del aire, estas moléculas proveen a las células fotosintéticas dos elementos que son carbono y oxígeno (Starr y Taggart, 2004).

Una vez que el CO_2 ha ingresado en una célula fotosintética se difumina a lo largo de la estructura plasmática llegando a ubicarse dentro del estroma del cloroplasto; la fijación del carbono en la célula se produce cuando el átomo de carbono de la molécula de CO_2 se adhiere a una RuBP, molécula con un enlace de 5 átomos de carbono. Esta unión de C con RuBP se divide en dos moléculas de PGA, el ATP dona un grupo fosfato a cada grupo PGA. El NADPH dona hidrógeno y electrones al resultado intermedio formando PGAL. El PGAL combinado forma un azúcar fosfatado de 6 carbono (Starr y Taggart, 2004).

El azúcar formado en el ciclo participa en la composición de todas las estructuras necesarias para que el árbol o la planta pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y tronco). Al crecer, éste incrementa su follaje, ramas, flores, frutos y yemas de crecimiento, así como su altura y el grosor de su tronco o tallo. Todos estos productos finales tienen un tiempo de vida determinado, después del cual se degradan aportando CO_2 al suelo y a la atmósfera, (Ordoñez, 1999 citado por Rodríguez *et al*, 2006).

El contenido de carbono almacenado en la vegetación corresponde a la suma del contenido de la biomasa aérea que corresponde a aquella biomasa presente en el tronco, hojas ramas y follaje y de la biomasa de las raíces.

Las comunidades vegetales dispuestas en los páramos juegan un rol de vital importancia en el equilibrio del CO₂ presente en la atmósfera y el que se encuentra presente en el suelo, por ende el futuro balance o desbalance del CO₂ atmosférico depende de la actividad adecuada de las plantas, es aquí donde radica la importancia de la preservación de los ecosistemas, pero de sobremanera de ecosistemas que han estado captando CO₂ desde la antigüedad como son los páramos, únicamente el crecimiento y sucesión de estas comunidades vegetales fortalecerá el ecosistema con mayor fuente de captación de carbono atmosférico.

Aproximadamente el 90 % del CO₂ almacenado lo podemos encontrar en la biomasa es decir en la materia seca. La vegetación aérea contiene aproximadamente de 5 a 25 toneladas de carbono por hectárea.

A medida que la planta realiza el proceso de la fotosíntesis, ésta va creciendo, pero a su vez las hojas y los tallos secos, conocidas como hojarasca, caen al suelo descomponiéndose de manera natural.

En las raíces de las plantas es muy común encontrar mayor cantidad de carbono, respecto a la cantidad de carbono en la biomasa aérea, estas raíces crecen de igual manera así como lo hace la planta en el exterior, tallos y hojas, varias de estas raíces mueren y se descomponen con el pasar del tiempo, pero esta vez la descomposición de esta materia se produce gracias a la intervención de los microorganismos propios del suelo.

Estas tres fuentes de C, como son, la vegetación viva (biomasa aérea y raíces), hojarasca, y el carbono del suelo, forman los 3 reservorios de C, que contribuyen al proceso de acumulación de C en el suelo.

1.3.3. *Captura de carbono en suelos*

La cantidad de carbono atmosférico, en los últimos 150 años se ha incrementado en aproximadamente un 30 %. Ante la necesidad de reducir este incremento se ha buscado métodos que contribuyan a la reducción del mismo. Debido a los estudios realizados que han surgido

modelos de uso de suelo, los mismos que han destacado la capacidad de captación de CO₂ atmosférico, por los suelos y las plantas, de esta manera se mitigaría el incremento de este gas en la atmósfera.

Estimaciones de estudios realizados, sugieren que la cantidad de carbono presente en los suelos es el doble de la cantidad de este gas presente en las plantas, la misma relación existente en la relación del mismo gas establecida entre suelo – atmósfera. En consecuencia, incluso los cambios relativamente pequeños en el almacenamiento de carbono en el suelo por unidad de área, tendrían un significativo impacto en el balance global de carbono (Mena & Medina 1999 p 39).

La reserva global de C en el suelo asciende a 2, 500 Gt y se divide en las formas de Carbono Inorgánico del Suelo y Carbono Orgánico del Suelo (COS). De esta división realizada se puede mencionar que el COS es importante en el ciclo global del C, este tipo de C controla el desarrollo del suelo, porque cumple un papel importante en el ciclo de los nutrientes del suelo, y por ende alerta de un cambio en el mismo, de esta manera el COS se toma como un indicador de la productividad del suelo, además cabe recalcar que las reservas del mismo son las más grandes en el planeta, incrementando de esta manera su importancia (FAO 2000 p 53.)

Estudios realizados y presentados en el año 2002 por la FAO estiman que el carbono orgánico presente en el suelo es de 1550 Gt; determinándose el valor de la relación suelo - atmósfera en 2.1, esto quiere decir que existe 2.1 veces más carbono en el suelo comparado con la cantidad de carbono en la atmósfera, y que la relación de carbono suelo – plantas es de 2.7 (FAO 200 p 53.).

La conversión de CO₂ a materia orgánica es realizada por las plantas bajo la influencia de la luz solar, proceso conocido como fotosíntesis. De todo el CO₂ fotosintéticamente fijado, del 30 al 70% es respirado otra vez por los productores primarios.

Los microorganismos presentes en el suelo aprovechan la existencia de CO₂ existente en la materia orgánica muerta respirándola en forma de CO₂ y H₂O por períodos de tiempo que pueden ser de meses a años. Parte del C orgánico proveído es almacenado en forma de materia orgánica humificada en el suelo. La respiración radicular también provee CO₂ al suelo.

Dependiendo del cuidado que se le dé al suelo éste puede ser una fuente captadora de CO₂ ó a su vez puede convertirse en una fuente emisora de CO₂, esta variación en el comportamiento adecuado del suelo se puede deber a dos factores de gran importancia, en primer lugar puede darse un decremento de materia orgánica en el suelo, por lo cual los microorganismos presentes en el suelo no tengan materia orgánica para ser degradada. O a su vez la segunda razón por la cual se da este desbalance es por el incremento de la tasa heterotrófica de respiración, en este caso la cantidad de microorganismos del suelo supera la cantidad de materia orgánica, hasta agotarla.

Actividades de origen humano también desgastan los suelos, disminuyendo su capacidad de captación de CO₂ , procesos como el uso excesivo de abonos de carácter inorgánico, o a su vez el abuso de abonos en cortos periodos de tiempo, el sobrepastoreo, el monocultivo, la quema de suelo, tecnologías que usan maquinaria pesada sin control y prácticas inadecuadas del manejo de los suelos, determinan la pérdida de C sobre todo en los perfiles superficiales del suelo, de manera principal en la capa de humus del mismo.

1.4. Efecto invernadero y cambio climático

El efecto invernadero es un fenómeno natural que da al planeta Tierra una de sus más importantes condiciones para su habitabilidad: permite a la Tierra mantener una temperatura estable al retener calor proveniente de la radiación Solar.

Parte del aporte energético recibido del Sol se refleja directamente por la superficie terrestre, y otro porcentaje es retornado en forma de radiación infrarroja, menos energética, al enfriarse ésta. La radiación reemitida por la Tierra es absorbida por diferentes componentes atmosféricos Dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), el vapor de agua, el CFC y derivados (HCFC y HFC) y el ozono troposférico (O₃). Estos compuestos desprenden calor produciendo un calentamiento natural.

La Temperatura del planeta Tierra ha aumentado desde la revolución industrial y especialmente a partir del uso de combustibles fósiles, al cambio en las prácticas agrícolas (deforestación) y a procesos industriales (uso de Cloro Fluoro Carbonos, CFC's) que incrementan las cantidades de

Dióxido de Carbono, CO₂, y otros gases en la atmósfera, reteniendo aún más el calor alrededor del globo. Este calentamiento produce reajustes en el clima, y es lo que se ha llamado Cambio Climático.

Por un incremento de 1° Fahrenheit en la temperatura global, el fondo de los océanos se calienta y las naciones insulares se hunden; los glaciares se derriten y las enfermedades infecciosas se diseminan con mayor facilidad, el temporal violento se intensifica y los tiempos de las estaciones han cambiado. El IPCC, o Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, ha predicho un incremento de 3°-10 ° Fahrenheit para este siglo.

Al contrario de otras formas de contaminación del aire, el aumento de la concentración de CO₂ es un verdadero problema global: los gases se dispersan sobre toda la atmósfera y no se concentran alrededor de sus fuentes (áreas industriales, ciudades grandes o selvas quemadas). Por esto, todo el mundo siente el efecto del calentamiento global pero se pueden ejecutar acciones para mitigar su efecto en todo el planeta, incluyendo el páramo.

1.4.1. Protocolo de Kioto enmarcado en el Calentamiento Global

La comunidad global empezó a ejecutar acciones para detener este proceso mediante convenciones mundiales donde se acordaron programas y obligaciones para que los países industrializados disminuyan las emisiones de los gases de efecto invernadero. El Protocolo de Kioto es el más importante (Medina et. al. 1999 p 12).

Junto a la disminución de las emisiones de los países industrializados se acordaron otras herramientas para compensar las emisiones mediante proyectos en otros países. Esto quiere decir que un país como Ecuador puede efectuar proyectos de desarrollo con ayuda de países industrializados. Esta herramienta es denominada Implementación Conjunta (Medina et. al. 1999 p 18).

1.4.1.1. Control del nivel de carbono

Las líneas de acción para controlar el nivel de CO₂ en la atmósfera se pueden generalizar en dos tipos. La mayoría de las acciones se dirige a la disminución de las emisiones de carbono. Esto incluye campañas de disminución del uso de energía y el desarrollo de técnicas para aumentar la eficiencia de aparatos que funcionan con combustible fósil (plantas eléctricas, vehículos, calefones, etc.).

El control de emisión también incluye actividades como el control de incendios de la selva tropical, porque con la quema de biomasa actual, y el asociado cambio de uso de la tierra, se emite mucho carbono a la atmósfera. La otra línea de acción es la fijación de la aumentada cantidad de carbono en la atmósfera. Esto actualmente se hace más que todo por actividades forestales (Medina et. al. 1999 p 8).

Cuando una planta crece, asimila CO₂ y lo convierte en biomasa. Si esta biomasa está almacenada en una forma más o menos estable, se retira esta cantidad de carbono de la atmósfera durante bastante tiempo.

En ambas líneas de acción mencionadas para la mitigación del efecto del aumento de concentración de CO₂ (reducción de emisión y fijación), el páramo puede jugar un papel importante. Primero, el ecosistema paramero es un gran reservorio para carbono y al conservarlo se evita más emisión de este elemento a la atmósfera. Segundo, el páramo incluye grandes áreas abiertas (sin bosques) con relativamente baja productividad agrícola que por esta razón se presta para hacer actividades de forestación a gran escala, con el objetivo de fijar CO₂ atmosférico (Medina et. al. 1999 p 9).

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Área de estudio

2.1.1. Ubicación

La comunidad de Chocaví, se encuentra ubicada en la parroquia San Isidro del cantón Guano provincia de Chimborazo.

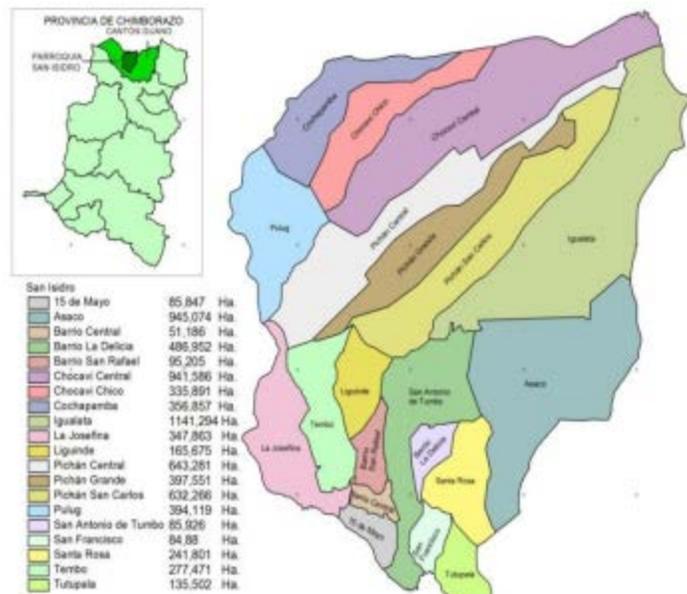


Ilustración 2-1.

Ubicación del Páramo de Chocaví

Fuente: PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARROQUIA SAN ISIDRO, 2015

2.1.2. *Altitud*

El páramo de Chocaví se encuentra a una altura de 4000 m.s.n.m.

2.1.3. *Límites*

Norte: Parroquia Yanayacu, nudo del Igualata

Sur: Comunidad Pichán Grande

Este: Comunidad Pichán Central

Oeste: Chocaví Chico.

2.2. Población y muestra

2.2.1. *Población*

Páramo de la Comunidad de Chocaví, parroquia San Isidro, cantón Guano, Provincia de Chimborazo.

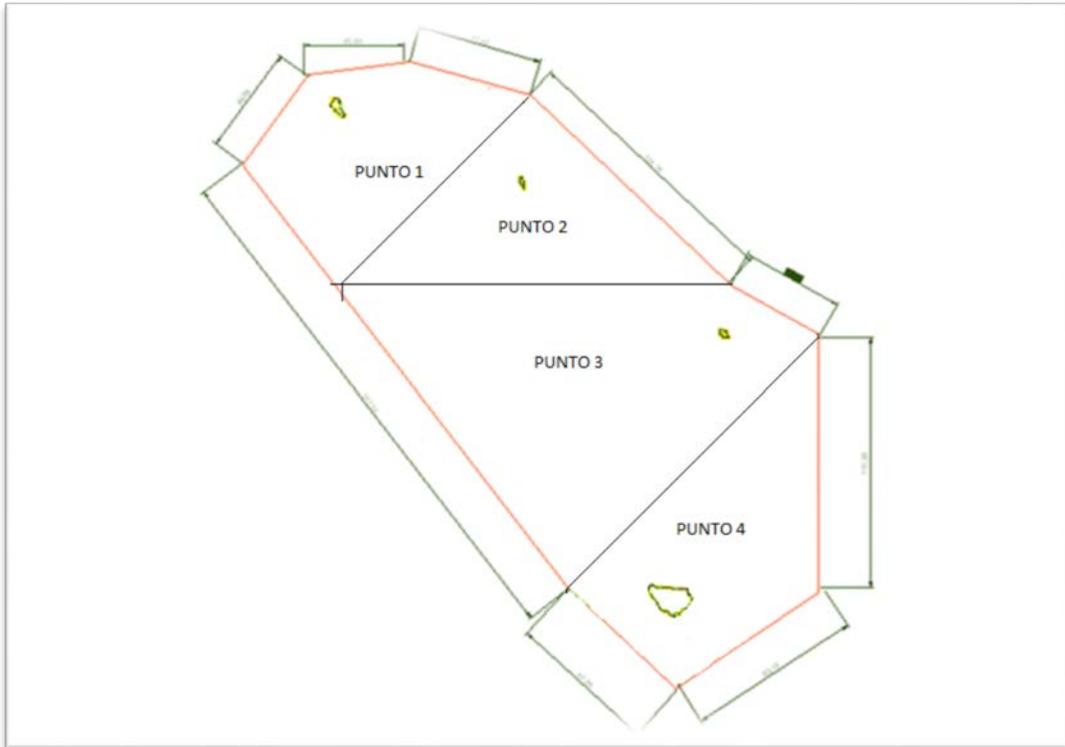


Ilustración 2-2. Delimitación de los puntos de muestreo.

Fuente: Coronel A., 2015

2.2.2. Muestra

Pajonal, Almohadilla, Trecilla, Raíces de cada uno de las especies a estudiar, Suelo (0-60m) y Suelo (60-120m) de los dos pisos altitudinales identificados del páramo de la Comunidad Chocaví.

2.3. Metodología

La toma de muestras se realizó en el páramo de la Comunidad de Chocaví, de biomasa como es el caso de Paja, Raíz Paja, Almohadilla, Raíz Almohadilla, Trecilla y Raíz Trecilla en los dos

puntos donde se podía encontrar este tipo de Biomasa; y Suelo en las dos profundidades muestreadas que es de 0 m. a 60 m. la primera muestra y de 60 m. a 120 m. la segunda muestra.

Cada una de estas muestras fue almacenada in situ en fundas estériles pre nombradas, una vez tomadas las muestras cada una de ellas con su respectiva nomenclatura fueron llevadas hacia el lugar de almacenamiento en la ciudad de Riobamba, donde ese procedió a su respectivo procedo de pre-tratamiento. Una vez preparadas las muestras estas fueron analizadas en el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.3.1. Métodos y técnicas

2.3.1.1. Métodos

2.3.1.1.1. Georeferenciación del páramo de Chocaví

Para realizar la georeferenciación del área de estudio analizada se realizó el cronograma de salida visita al sector cada 15 días debido a que las condiciones climáticas presentes en el sector no era favorables para que las visitas sean realizadas con mayor frecuencia. Otra de las razones fundamentales para realizar con el intervalo de tiempo antes indicado es la dificultad de accesibilidad al sector.

La Georeferenciación del sector se lo realizó gracias al uso del dispositivo GPS, mediante el cual se tomaron los puntos necesarios del área de influencia del estudio. Una vez recolectados estos datos de ubicación geográfica y usando el software libre gvSIG se plasmó la ubicación geográfica del páramo de Chocaví.

2.3.1.1.2. Selección de los puntos de muestreo

Teniendo en cuenta la distribución poco homogénea de la flora a lo largo del páramo de Chocaví, se establecieron 4 áreas de estudio; tomando en cuenta para ello la disposición de biomasa en cada una de estas áreas, debido a que la presencia de trencillas era muy variable.

Es por ello que a lo largo del presente estudio únicamente en dos (punto 1 y punto 3) de las cuatro áreas se expresaran datos de la cantidad de carbono orgánico presente en las trencillas y en sus respectivas raíces.

La selección de los puntos de muestreo en este caso se lo realizó tomando en consideración la distribución de biomasa a lo largo de la extensión del páramo y la presencia de humedales en el mismo.

Una vez determinadas estas consideraciones se estableció realizar un muestreo aleatorio seleccionando lugares donde se encontraban los cuatro factores bióticos de muestreo (paja, almohadilla, trencillas y suelo) en los puntos uno y tres; por otro lado en los puntos dos y cuatro de muestreo se seleccionó lugares que presenten únicamente tres de los factores a ser analizados, como es el caso de la paja, almohadilla y suelo.

- **Punto 1:** ubicado en las coordenadas UTM Zona 17, latitud 760031, longitud 9833896, altura 4087msnm. Punto en el cual se encontró la presencia de los 4 factores bióticos a ser muestreados, de este punto se contó con 8 diferentes tipos de muestras:
 - Paja *festuca*
 - Raíz Paja
 - Almohadilla *Plantago rígida*
 - Raíz Almohadilla
 - Trencillas *Loricaria stenophylla*
 - Raíz Trencillas
 - Suelo 0 cm – 60 cm
 - Suelo 60 cm – 120 cm

- **Punto 2:** ubicado en las coordenadas UTM Zona 17, latitud 760122, longitud 9833845, altura 4111 msnm. A diferencia del Punto 1, en este punto se tuvo la presencia únicamente de tres de los factores de interés, por lo tanto sólo se contó con 6 muestras para el análisis:

- Paja *festuca*
- Raíz Paja
- Almohadilla *Plantago rígida*
- Raíz Almohadilla
- Suelo 0 cm – 60 cm
- Suelo 60 cm – 120 cm

- **Punto 3:** ubicado en las coordenadas UTM Zona 17, latitud 760205, longitud 9833740, altura 4129 msnm. de características biológicas semejantes a las encontradas en el Punto 1. También se obtuvieron 8 muestras de los componentes bióticos analizables:

- Paja *festuca*
- Raíz Paja
- Almohadilla *Plantago rígida*
- Raíz Almohadilla
- Trencillas *Loricaria stenophylla*
- Raíz Trencillas
- Suelo 0 cm – 60 cm
- Suelo 60 cm – 120 cm

- **Punto 4:** ubicado en las coordenadas UTM Zona 17, latitud 760190, longitud 9833680, altura 4132msnm. Semejante al Punto 2, en este punto no se encontró la presencia de trencillas por lo que solo 6 muestras serán consideradas en este punto:

- Paja *festuca*
- Raíz Paja
- Almohadilla *Plantago rígida*
- Raíz Almohadilla

- Suelo 0 cm – 60 cm
- Suelo 60 cm – 120 cm

Se seleccionó el punto más adecuado para realizar el muestreo, este proceso se lo realizó por triplicado, es decir se tomó unas muestras cada cuatro semanas (un mes), obteniendo al final doce muestras de cada elemento a ser estudiadas; paja, almohadilla, sus respectivas raíces y suelo en sus dos profundidades. Para el caso de las trencillas únicamente se tendrán seis (6) muestras con sus respectivas raíces para ser analizadas.



Fotografía 1. Biomasa del área de estudio

Fuente: Coronel A., 2015

A pesar de encontrarse el área de estudio en un lugar donde las condiciones climáticas muchas de las veces no han sido favorables para desarrollar el trabajo adecuadamente, se ha logrado establecer un ritmo de trabajo bastante adecuado para el desarrollo del mismo. Otro de los factores que han hecho difícil la toma y transporte de muestras ha sido la dificultad de acceso al lugar de estudio.

Sin embargo y a pesar de estos factores se ha logrado muestrear los cuatro puntos en un mismo día, debido a la accesibilidad al lugar, condiciones climáticas, y peso de las muestras; se realizó un muestreo al mes con tres repeticiones, cumpliendo un total de tres meses de muestreo, sin tomar en

cuenta las visitas que se realiza para georeferenciar el sitio, tomar datos de condiciones climáticas y seleccionar los posibles puntos de muestreo.

2.3.1.1.3. Toma de muestras

Una de las primeras medidas de prevención al tomar las muestras ha sido no dejar desperdicios de ningún tipo en el sector para no alterar las condiciones y de esta manera causar el menor impacto negativo en el páramo de Chocaví.

- **Biomasa:** con la ayuda de un azadón se extrajeron las muestras de almohadilla tratando de causar el menor impacto negativo en el entorno, en el caso de pajas y trencillas se realizó una extracción manual para no dañar las raíces de las mismas. De cada uno de los elementos a ser muestreados se extrajeron por completo sus raíces.
- **Suelos:** una vez tomadas las muestras de biomasa se procedió a retirar las raíces que quedaron en el suelo. Se introdujo el barreno de 120 cm. De longitud previamente marcado para poder realizar la diferenciación de las dos muestras de suelo, siendo estas de 0-60 cm. y de 60-120 cm.

Las muestras fueron recolectadas en fundas plásticas de la más alta resistencia encontrada en la ciudad de Riobamba y cada muestra fue recolectada en una funda diferente.

Para las muestras de paja, almohadillas y trencillas se usó fundas plásticas de 58*71 cm, una funda diferente para cada una de las muestras.



Fotografía 2. Toma de muestras de paja

Fuente: Coronel A., 2015



Fotografía 2. Toma de muestras de almohadilla

Fuente: Coronel A., 2015



Fotografía 3. Almacenamiento de muestras

Fuente: Coronel A., 2015

Para almacenar las muestras de suelo se usaron fundas Reynolds con cierre de 14.9*16.5 cm.



Fotografía 4. Separación de muestras de suelo

Fuente: Coronel A., 2015



Fotografía 5. Rotulación de bolsas

Fuente: Coronel A., 2015



Fotografía 6. Almacenaje de muestras de suelo

Fuente: Coronel A., 2015

Cada una de las fundas se encontraba correctamente rotulada, de manera sencilla, ya que debido a las condiciones climáticas una etiqueta de papel no era suficiente. De igual manera, cada grupo de muestras tomadas, en los cuatro puntos de muestreo respectivos fueron almacenadas juntas, para poder ser transportadas de manera más efectiva, sin riesgo de pérdida, ruptura o confusión.

Una vez transportadas las muestras se las almacenó con la ventilación necesaria, no fueron expuestas directamente al sol ni al aire libre, con la finalidad de encontrar la menor cantidad de interferencias externas debido a la caída de ceniza continua que existía en la ciudad de Riobamba causada por la continua explosión del Volcán Tungurahua.

- **Biomasa:** Las raíces de las almohadillas, trencillas y paja fueron separadas del resto de la planta, obteniéndose de esta manera seis muestras para ser analizadas previo al secado. Se quitó el exceso de tierra de las muestras en especial de las raíces y se lavaron con flujo de agua bajo, para no dañarlas. Se dejó secar sobre un papel periódico en el cual también fueron rotuladas las muestras, para que no exista confusión.
- **Suelos:** como las muestras de suelo fueron diferenciadas in situ, únicamente se extrajo las pocas raíces que quedaron y se puso los suelos en papel periódico al igual que las muestras de biomasa para secarlos, identificados de manera adecuada.

No se realizó secado mecánico de las muestras ya que llevándolas a la estufa estas muestra hubieron perdido toda la parte orgánica, eliminando de manera irreversible el contenido de carbono orgánico, haciendo imposible el desarrollo de esta investigación.

2.3.1.1.4. Codificación de las muestras

Tabla 3-2. Codificación de las muestras de suelo

Punto de muestreo	Repetición	Profundidad (cm)	Codificación
Punto 1	M1	0 – 60	S1 – 1
		60 – 120	S1* – 1
	M2	0 – 60	S1 – 2
		60 – 120	S1* – 2
	M3	0 – 60	S1 – 3
		60 – 120	S1* – 3
Punto 2	M1	0 – 60	S2 – 1
		60 – 120	S2* – 1
	M2	0 – 60	S2 – 2
		60 – 120	S2* – 2
	M3	0 – 60	S2 – 3
		60 – 120	S2* – 3
Punto 3	M1	0 – 60	S3 – 1
		60 – 120	S3* – 1
	M2	0 – 60	S3 – 2
		60 – 120	S3* – 2
	M3	0 – 60	S3 – 3
		60 – 120	S3* – 3
Punto 4	M1	0 – 60	S4 – 1
		60 – 120	S4* – 1
	M2	0 – 60	S4 – 2
		60 – 120	S4* – 2
	M3	0 – 60	S4 – 3
		60 – 120	S4* – 3

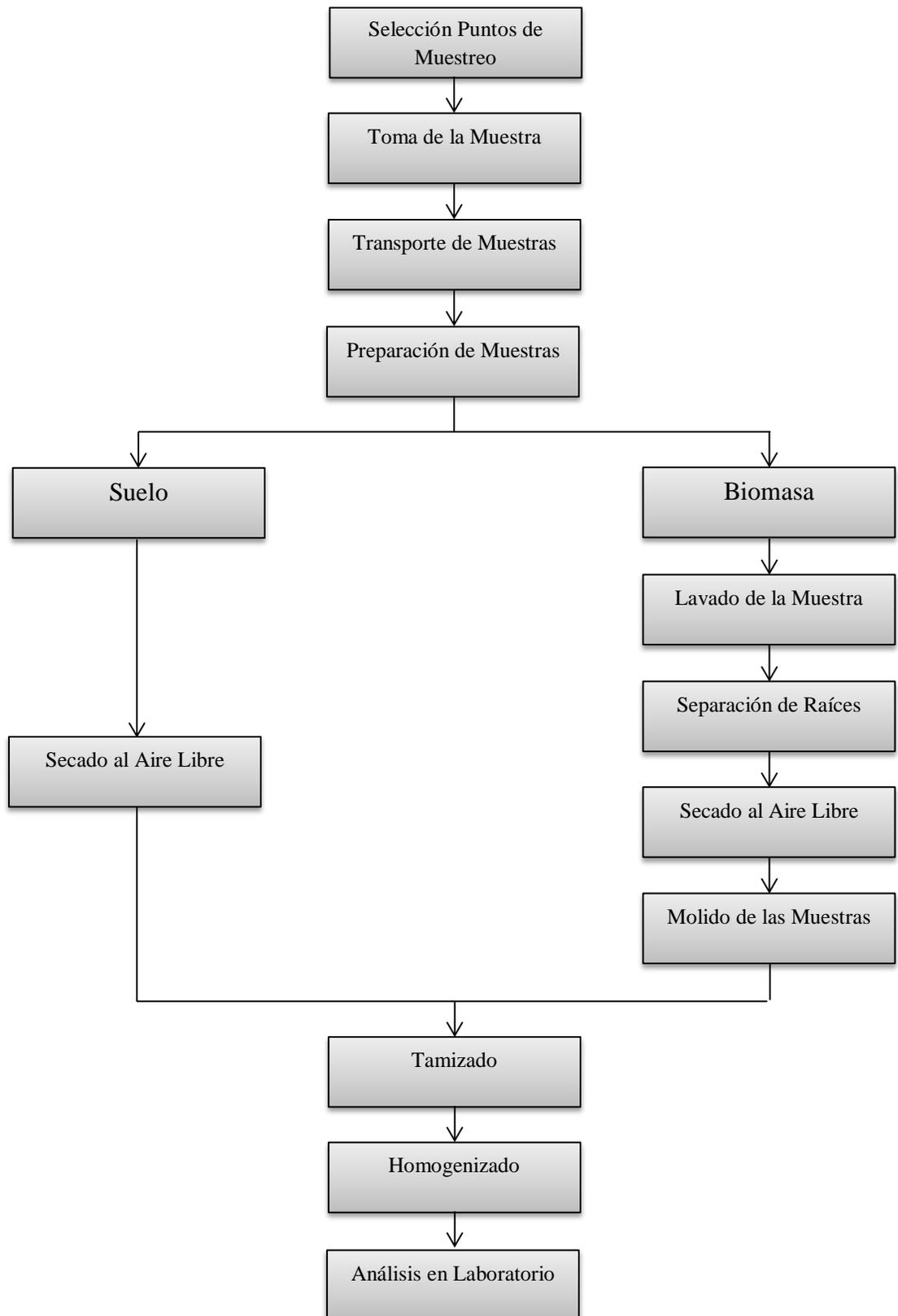
Fuente: Coronel A., 2015

Tabla 4-2. Codificación de muestras de biomasa

Punto	Repetición	Codificación Paja	Codificación Raíz Paja	Codificación Almohadilla	Codificación Raíz Almohadilla	Codificación Trecilla	Codificación Raíz Trecilla
PUNTO 1	M1	P1-1	RP1-1	A1-1	RA1-1	T1-1	RT1-1
	M2	P1-2	RP1-2	A1-2	RA1-2	T1-2	RT1-2
	M3	P1-3	RP1-3	A1-3	RA1-3	T1-3	RT1-3
PUNTO 2	M1	P2-1	RP2-1	A2-1	RA2-1	No se toma muestras	
	M2	P2-2	RP2-2	A2-2	RA2-2		
	M3	P2-3	RP2-3	A2-3	RA2-3		
PUNTO 3	M1	P3-1	RP3-1	A3-1	RA3-1	T3-1	RT3-1
	M2	P3-2	RP3-2	A3-2	RA3-2	T3-2	RT3-2
	M3	P3-3	RP3-3	A3-3	RA3-3	T3-3	RT3-3
PUNTO 4	M1	P4-1	RP4-1	A4-1	RA4-1	No se toma muestras	
	M2	P4-2	RP4-2	A4-2	RA4-2		
	M3	P4-3	RP4-3	A4-3	RA4-3		

Fuente: Coronel A., 2015

2.3.1.1.5. Diagrama de muestreo y preparación de las muestras para análisis de biomasa y suelo.



2.3.1.2. Técnicas.

2.3.1.2.1. Introducción

La técnica utilizada en esta determinación fue la Técnica de Walkley Black, conocida también como la Técnica de la Combustión Húmeda del Carbono, la misma que consiste, en la oxidación del Carbono Orgánico, con el uso de una mezcla de Dicromato de Potasio y con el calor producido de la dilución de Ácido Sulfúrico concentrado en agua, produciéndose un cambio de color en la muestra, dicho cambio es leído por espectrofotometría.

2.3.1.2.1. Técnica Colorimétrica

Las ventajas que tiene el uso de técnicas colorimétricas es la rapidez con la que se obtiene el resultado, sencillez debido a la facilidad con la que se la realiza, disminución en el consumo de reactivos y disminución de las fuentes de error.

La técnica colorimétrica se basa en la ley de Lambert Beer que señala:

“La absorbancia de una solución es directamente proporcional a la concentración y a la longitud del paso de la luz”.

El principio en el cual se resume su análisis es el siguiente:

$$A = e \cdot b \cdot c$$

Dónde:

A: absorbancia. Es adimensional

e: coeficiente de extinción molar o de absorción. Es constante para un compuesto dado siempre que se fijen condiciones de longitud de onda, pH, temperatura, etc. Su unidad es “1/ (mol/cm)”.

b: es la longitud de paso de la luz. Expresada en “cm”.

c: es la concentración del absorbente. Su unidad es “mol/L”.

Para la aplicación del método colorimétrico es necesario establecer la curva de calibración la misma que ayudará a establecer la ecuación lineal en la cual se basarán los cálculos, para realizar la curva de calibración es necesario preparar soluciones conocidas de Glucosa.

Una vez graficada la curva de calibración se procede a establecer la ecuación de regresión de la curva de calibración la misma que debe tener un factor de r lo más próximo a 1, mientras más cercano a este valor se encuentre la ecuación será más confiable y por ende la investigación más certera.

Procedimiento

Una vez que las muestras se hayan secado al ambiente y hayan sido molidas y cernidas en un tamiz de 2 mm, pesar 0,5 g de muestra, agregar 5 ml de dicromato de potasio 1N y rotar suavemente la mezcla; agregar por goteo 10 ml de ácido sulfúrico al 98 % sin dejar de agitar por 5 a 10 segundos. Dejar reposar por 30 minutos y agregar 50 ml de agua destilada, mezclar y dejar reposar durante 24 horas. Trasvasar la solución sobrenadante a celdas fotocolorimétricas y leer a longitud de onda de 590 μm la absorbancia en un fotocolorímetro.

La curva de calibración se establece con soluciones de concentración de 1% a 25% de carbono, sometidas estas soluciones al mismo tratamiento que se les dá a las muestras y con la ayuda de un blanco para el cual se usó agua destilada sometido al mismo tratamiento de las muestras a ser estudiadas se estableció la curva de calibración, a partir de la cual se obtuvo la ecuación de regresión con la cual se trabajó para interpolar los valores de las muestras de esta investigación.

Para las muestras del suelo, bastó con el uso de la ecuación de regresión, pero en el caso de las muestras de biomasa fue necesario diluir las muestras debido a la gran carga de carbono presente en las mismas.

$$\%CO = \%CO(formula) * factor\ de\ dilución$$

Donde el factor de dilución se calculó con la siguiente formula.

$$factor\ de\ diluci3n = \frac{volumen_{final}}{volumen_{concentrado}}$$

Donde el volumen final y el volumen concentrado, son expresados en mL. El factor de diluci3n es adimensional.

2.3. Materiales y Equipos

Materiales

- Barreno
- Fundas Ziploc
- Espátula
- Marcador
- Flexómetro
- Pipeta 5 mL y 10 mL
- Probeta 200 mL 1000 mL
- Bal3n de 100 mL y 250 mL
- Bal3n de 1000 mL
- Erlenmeyer 100 mL, 250 mL y 500 mL
- Vaso de precipitaci3n de 1000 mL
- Bureta
- Soporte Universal
- Piseta

Equipos

- GPS
- Balanza
- Sorbona
- Espectrofot3metro
- Estufa

CAPÍTULO III

3. CALCULOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.3. Cálculos

3.3.1. *Elaboración de la curva de calibración y ecuación lineal para obtención del porcentaje de carbono orgánico.*

Para obtener la curva de calibración de la Glucosa es necesario preparar soluciones con concentraciones conocidas de esta. El primer paso es conocer el peso molecular de la Glucosa.

Glucosa $C_6H_{12}O_6$

$$PM_{glucosa} = 6 * PM_{carbono} + 12 * PM_{hidrógeno} + 6PM_{oxígeno}$$

$$PM_{glucosa} = 6 * \left(12,01 \frac{g}{mol}\right) + 12 * \left(1 \frac{g}{mol}\right) + 6 * \left(15,99 \frac{g}{mol}\right)$$

$$PM_{glucosa} = 72,06 \frac{g}{mol} + 12 \frac{g}{mol} + 95,94 \frac{g}{mol}$$

$$PM_{glucosa} = 180 \frac{g}{mol}$$

Para preparar una solución al 50 % de carbono sabiendo que la relación de carbono en la glucosa es de 0,4; entonces se necesita pesar 125 g de glucosa y llevarlo a 100 ml de agua destilada para tener

una solución al 50 % (g/ml) de carbono, esta será la solución patrón. Una vez lograda esta solución, preparar soluciones de 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 10%, 25%, para lo cual se tienen la siguiente relación:

Tabla 5-3. Relación para elaborar soluciones de concentración conocida de carbono

Concentración	mL. Solución patrón
1%	1
2%	2
3%	3
4%	4
5%	5
10%	10
25%	25

Fuente: Coronel A., 2015

Establecidas las relaciones existentes para preparar las soluciones necesarias con la finalidad de realizar la curva de calibración, tomar las alícuotas correspondientes en un balón aforado de 50 mL y aforar el mismo con agua destilada. Se trata a las muestras como se encuentra detallada en la técnica y se tienen los siguientes valores.

Tabla 6-3. Valores de absorbancia para elaborar curva de calibración

Concentración de Carbono	Absorbancia
0%	0,000
1%	0,028
2%	0,060
3%	0,088
4%	0,120
5%	0,145
10%	0,250
25%	0,580

Fuente: Coronel A., 2015

Graficando tenemos:

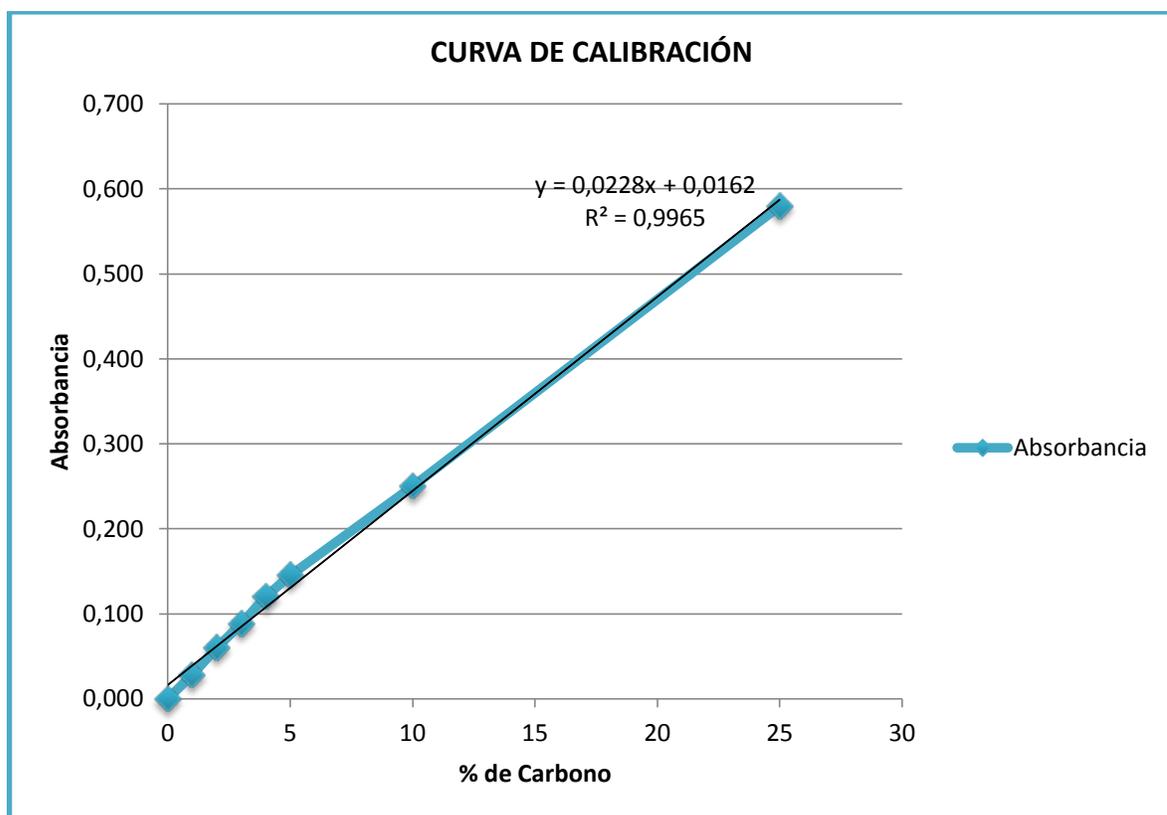


Gráfico 1-2. Curva de calibración % carbono orgánico vs. Absorbancia.

Fuente: Coronel A., 2015

La curva de calibración obtenida nos arroja:

$$y = 0,0228x + 0,0162$$

Donde;

y: es el valor de la absorbancia

x: es el porcentaje de carbono orgánico

Despejando tenemos que:

$$x = \frac{y - 0,0162}{0,0228}$$

Una vez obtenida la ecuación de regresión lineal de la curva elaborada en base a soluciones de concentraciones conocidas de carbono y con un coeficiente de regresión de 0,99653 se establece que el error existente en la elaboración de la curva de calibración es despreciable. Por lo cual se selecciona esta curva junto con la ecuación lineal para establecer mediante interpolación directa los valores de la presente investigación.

De la ecuación lineal obtenida se despeja y se deja en incógnita el valor de x, para ser calculado en base al valor de la absorbancia, el mismo que se obtiene en el laboratorio como indica la técnica.

Por ejemplo en el caso de la muestra de suelo 0-60 cm del punto 1 (S1-1), como valor de absorbancia tenemos un valor promedio de 0,156 con una desviación estándar de 0,001. Aplicando la ecuación despejada de la ecuación de regresión lineal de la curva de calibración tenemos que:

$$x = \frac{y - 0,0162}{0,0228}$$

$$x = \frac{0,156 - 0,0162}{0,0228}$$

$$x = 6,13$$

Recordemos que en la ecuación el valor de y es el valor de la absorbancia y el valor de x representa el valor de la cantidad de carbono orgánico.

En el caso de la biomasa se realizó una dilución de la muestra debido a que la carga de carbono orgánica superaba el 25 % de concentración. La curva establecida para esta investigación es representativa para valores de 0% a 25 % de carbono.

Se tomó 50 ml de la muestra y se lo aforó a 100 ml en un valor aforado. En todos los casos de biomasa se establecieron las mismas consideraciones de dilución. Para hallar el factor de dilución se aplicó la ecuación:

$$\text{factor de dilución} = \frac{\text{volumen}_{\text{final}}}{\text{volumen}_{\text{concentrado}}}$$

$$\text{factor de dilución} = \frac{100 \text{ ml}}{50 \text{ ml}}$$

$$\text{factor de dilución} = 2$$

El factor de dilución es adimensional.

Por ejemplo, en el caso de la muestra de paja del punto 1 (P1-1) tenemos un valor promedio de absorbancia de 0,545.

$$x = \frac{y - 0,0162}{0,0228}$$

$$x = \frac{0,545 - 0,0162}{0,0228}$$

$$x = 23,17 \% \text{ C. O.}$$

Una vez obtenidos los valores de carbono orgánico en la biomasa y el factor de dilución aplicado para cada una de las muestras tenemos que:

$$\%CO = \%CO(\text{formula}) * \text{factor de dilución}$$

$$\%CO = 23,17 \% \text{ C. O.} * 2$$

$$\%CO = 46,34 \% \text{ C. O.}$$

3.4. Resultados y Discusión.

3.2.1. Resultados de Carbono Orgánico en Suelo

Una vez determinada la ecuación se procede a realizar los análisis en el laboratorio y se obtienen los siguientes datos de absorción para las muestras de suelo.

3.2.1.1. Resultados de Suelo Muestra 1

Tabla 7-3. Valores de carbono orgánico en la punto 1 - suelo

PORCENTAJE DE CARBONO ORGÁNICO PRESENTE EN EL SUELO DEL PUNTO 1				
PUNTO		PRIMER MUESTREO	SEGUNDO MUESTREO	TERCER MUESTREO
	Prof.	CARBONO ORGÁNICO	CARBONO ORGÁNICO	CARBONO ORGÁNICO
	Cm	%	%	%
1	0 - 60	6,13	7,02	7,45
	60 - 120	3,61	3,88	4,06

Fuente: Coronel A., 2015

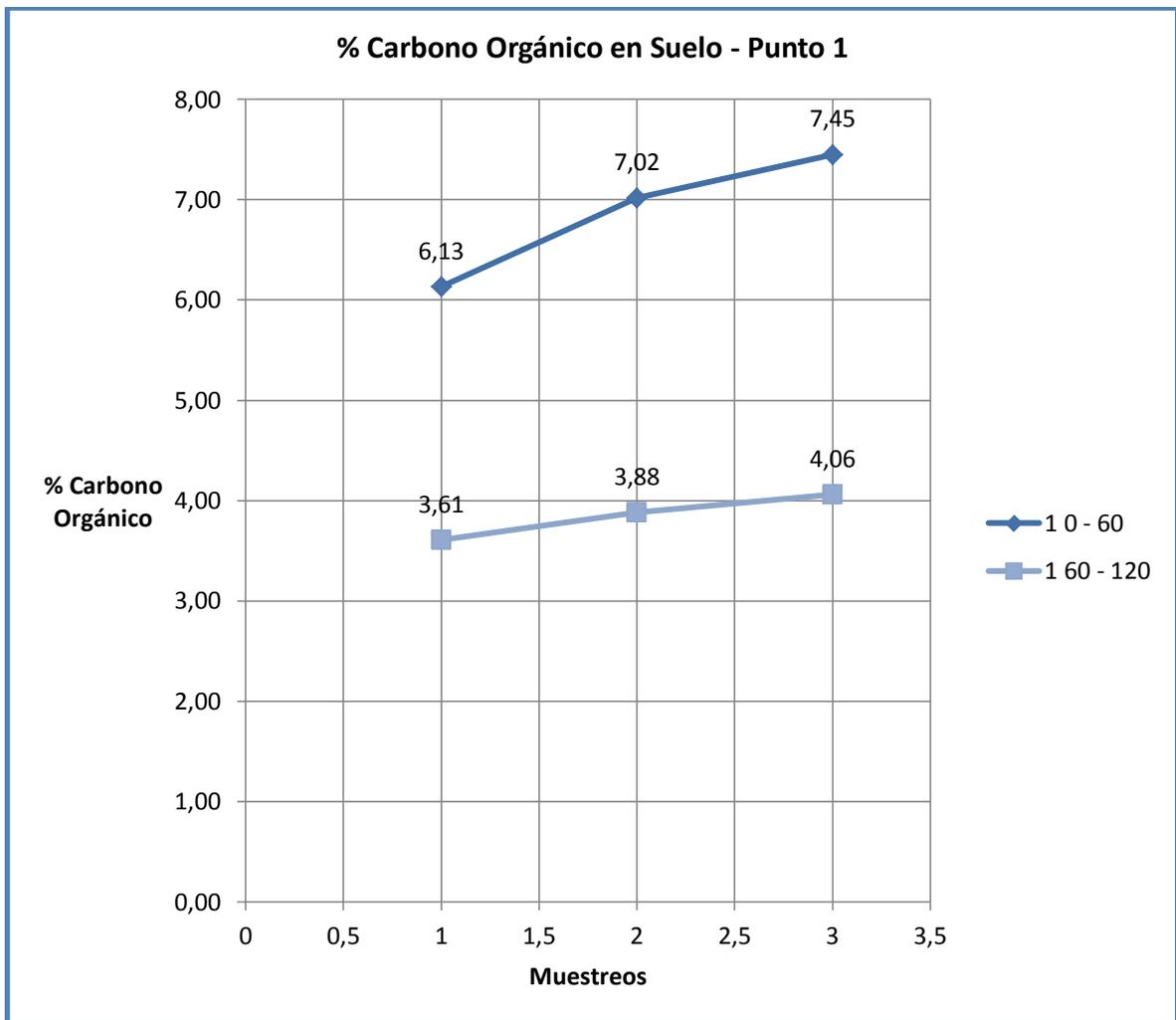


Gráfico 2-3. Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en el suelo del punto 1

Fuente: Coronel A., 2015

3.2.1.2. Resultado de Suelo Punto 2

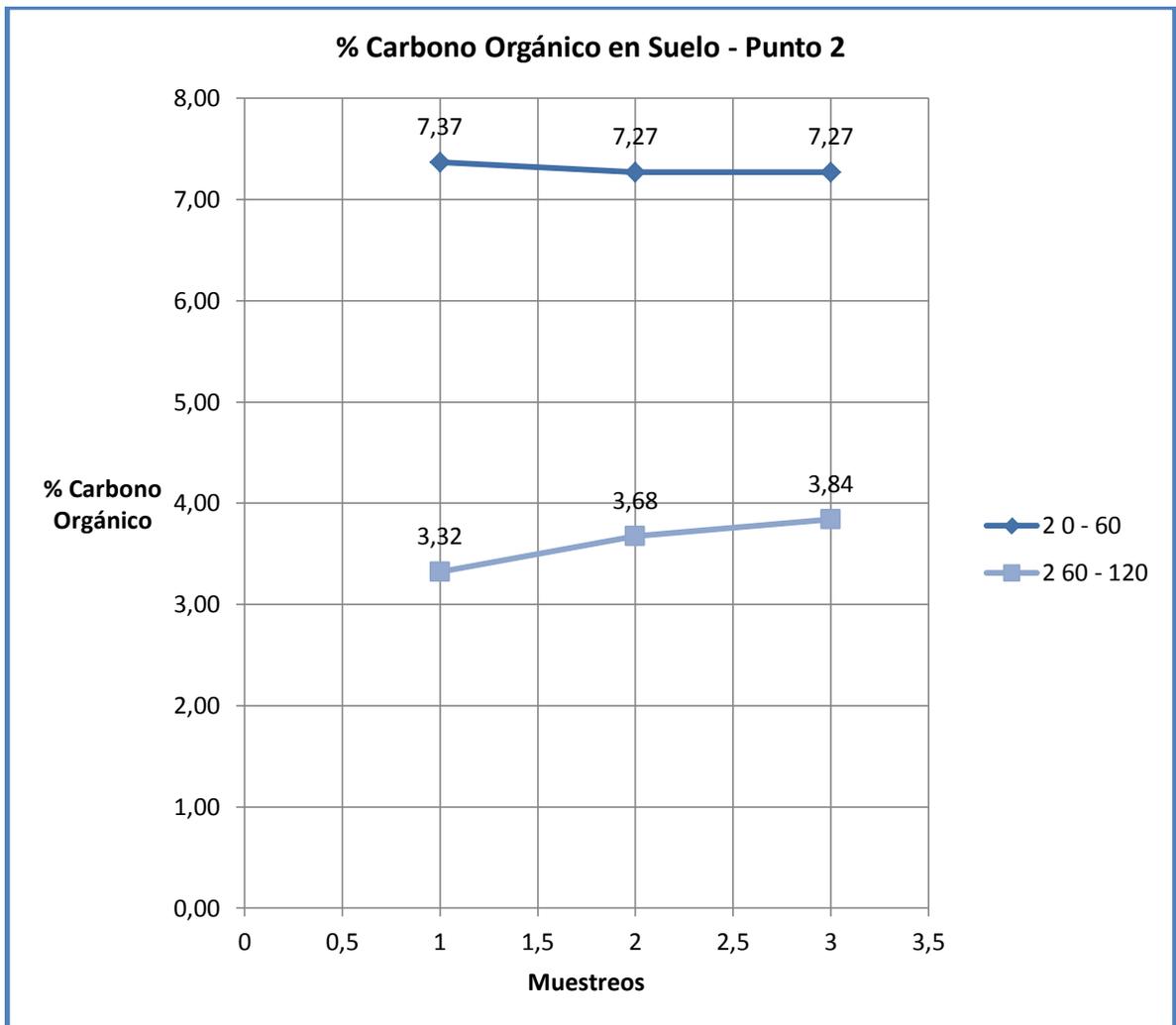


Gráfico 3-3. Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en el suelo del punto 2

Fuente: Coronel A., 2015

3.2.1.3. Resultado de Suelo Punto 3

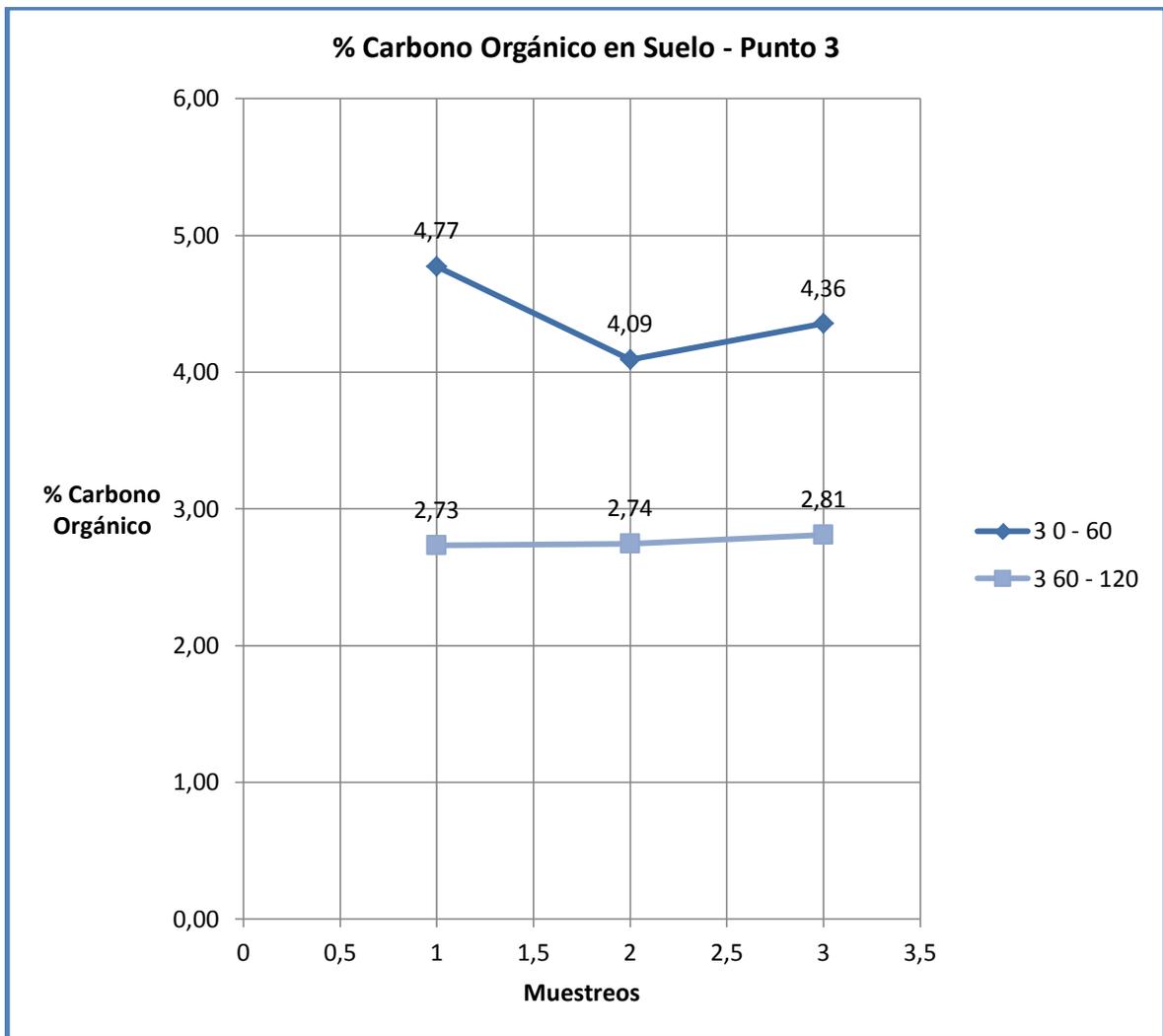


Gráfico 4-3. Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en el suelo del punto 3

Fuente: Coronel A., 2015

3.2.1.4. *Resultados de Suelo Muestra 4*

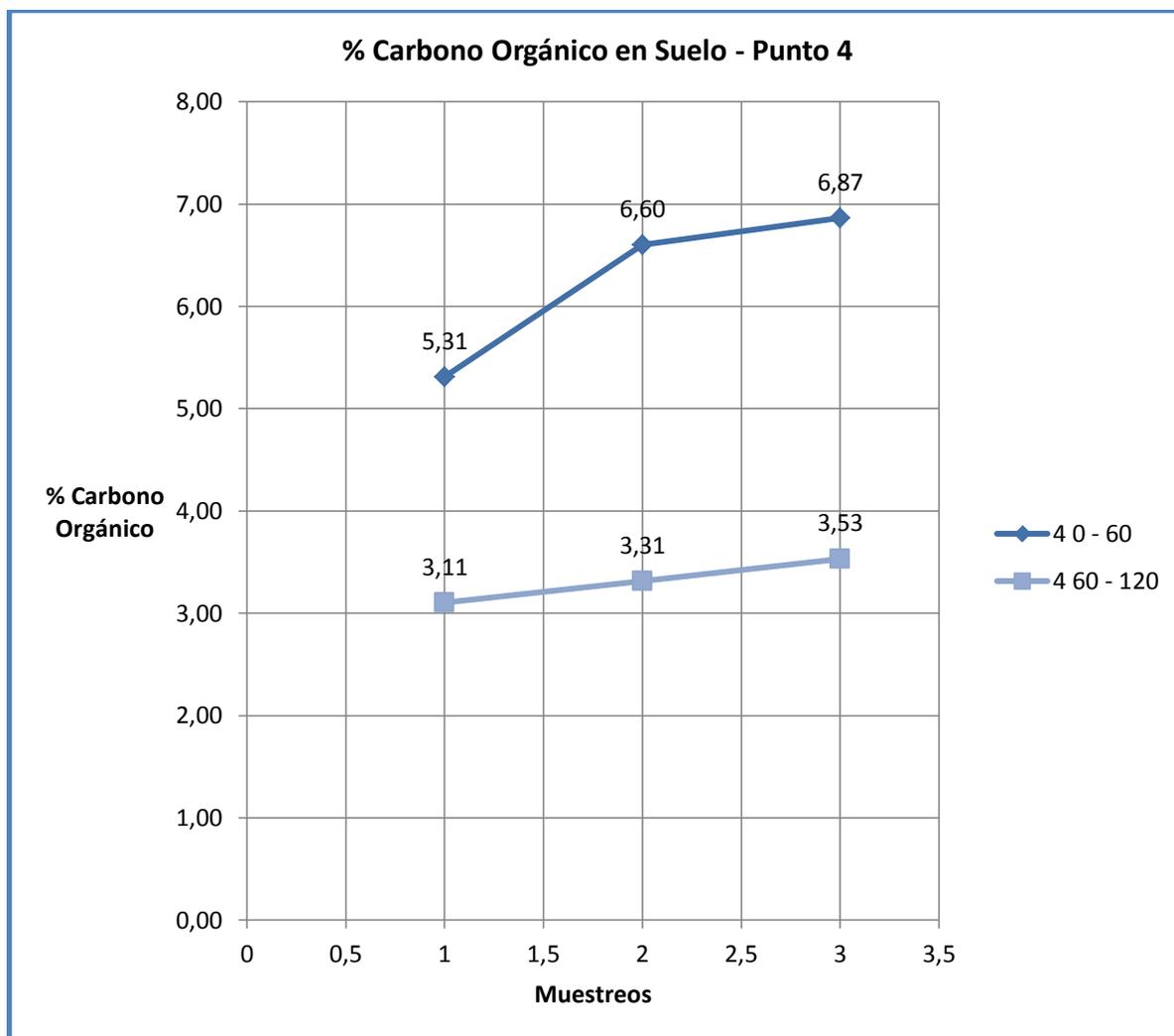


Gráfico 5-3. Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en el suelo del punto 4

Fuente: Coronel A., 2015

3.2.1.5. *Análisis General del contenido de Carbono Orgánico en el suelo.*

Tabla 8-3. Valores promedio de absorbancia en cada uno de los muestreos del suelo del páramo de la comunidad Chocaví – San Isidro

VALORES DE ABSORBANCIAS EN SUELO DEL PÁRAMO DE LA COMUNIDAD CHOCAVI - SAN ISIDRO				
PUNTO	PROFUNDIDAD	PRIMER MUESTREO	SEGUNDO MUESTREO	TERCER MUESTREO
		ABSORBANCIA	ABSORBANCIA	ABSORBANCIA
		PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO
	cm			
1	0 – 60	0,156 ± 0,001	0,176 ± 0,001	0,186 ± 0,001
	60 – 120	0,099 ± 0,001	0,105 ± 0,001	0,109 ± 0,001
2	0 – 60	0,184 ± 0,001	0,182 ± 0,001	0,182 ± 0,001
	60 – 120	0,092 ± 0,001	0,100 ± 0,001	0,104 ± 0,001
3	0 – 60	0,125 ± 0,001	0,110 ± 0,001	0,116 ± 0,001
	60 – 120	0,079 ± 0,001	0,079 ± 0,001	0,080 ± 0,001
4	0 – 60	0,137 ± 0,001	0,167 ± 0,001	0,173 ± 0,001
	60 – 120	0,087 ± 0,001	0,092 ± 0,001	0,097 ± 0,001

Fuente: Coronel A., 2015

Aplicando la fórmula para obtener los datos de Carbono Orgánico se tiene:

Tabla 9-3. Valores promedio de carbono orgánico en cada uno de los muestreos del suelo del páramo de la comunidad Chocaví – San Isidro

PORCENTAJE DE CARBONO ORGÁNICO PRESENTE EN EL SUELO DEL PÁRAMO DE LA COMUNIDAD CHOCAVÍ - SAN ISIDRO			
PUNTO	PROFUNDIDAD	PROMEDIO	PROMEDIO
		ABSORBANCIA	CARBONO ORGÁNICO
			%
	cm		
1	0 - 60	0,173	6,87
	60 - 120	0,104	3,85
2	0 - 60	0,183	7,30
	60 - 120	0,099	3,61
3	0 - 60	0,117	4,41
	60 - 120	0,079	2,76
4	0 - 60	0,159	6,26
	60 - 120	0,092	3,32

Fuente: Coronel A., 2015

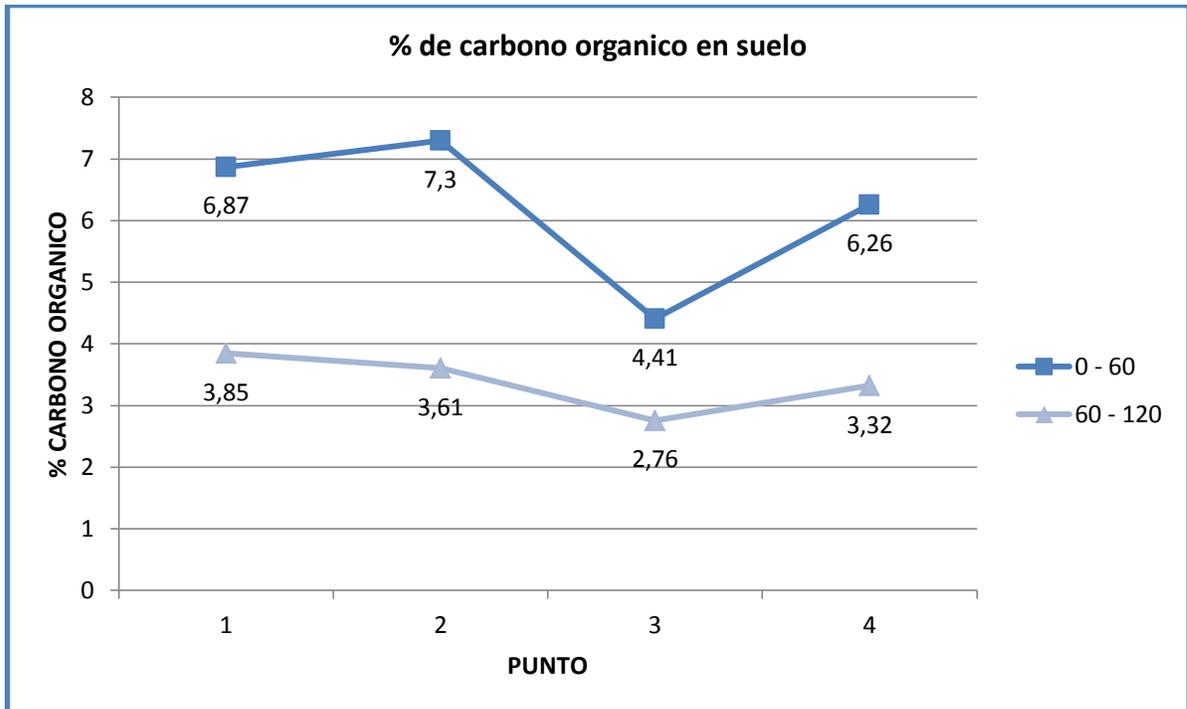


Gráfico 6-3. Promedio del % de carbono orgánico en el suelo del páramo de la comunidad Chocaví – San Isidro

Fuente: Coronel A., 2015

3.2.1.6. *Discusión de datos generales de Carbono Orgánico en el suelo*

Como se puede observar en el Gráfico 2-3., la cantidad de Carbono Orgánico en el suelo del punto 1 existe una cantidad de carbono orgánico de 6,13% en el primer mes del muestreo, la concentración el mismo se eleva conforme pasan los meses de muestreo, terminando el último mes de muestreo con un dato superior al encontrado en el inicio de la investigación.

Entre estratos el comportamiento del Carbono Orgánico es el esperado de acuerdo con investigaciones realizadas en los páramos de Llin – llin y Pichan Central (Cunalata, C., 2012) (Haro, F., 2012), es decir, el porcentaje de C.O. en el estrato superficial es mayor al del estrato profundo, esto debido a que la cantidad de materia orgánica en descomposición es mayor en el estrato superficial (0-60 cm) en promedio en este punto existe 6,87 % en el suelo 0-60 cm (estrato superficial) y 3,85 % en el suelo 60-120 cm (estrato profundo).

En el Gráfico 3-3., observamos que el comportamiento del C.O. es el esperado de acuerdo con las investigaciones realizadas en páramos de la provincia en el estrato profundo, es decir que la cantidad de C.O. se eleva conforme avanza el tiempo. En el caso del estrato superficial se ve que a partir del segundo mes se presenta una caída de 0,1 %, la misma que se mantiene hasta el último mes del muestreo, esta condición se debe a que en este punto existe cruce continuo de ganado, el mismo que es el causante de daños en la capa vegetal de este punto así como también en la capa superficial del suelo.

La diferencia porcentual entre los estratos es de aproximadamente 3 puntos, siendo el estrato profundo el que tiene menor cantidad de C.O. por encontrarse más alejado de la materia orgánica que se encuentra en descomposición. Como valor promedio en este estrato tenemos, para el estrato superficial 7,30% C.O. y 3,61% para el estrato profundo.

Como indica el Gráfico 4-3., el comportamiento de C.O. en el punto 3 presenta una diferencia considerable respecto a los otros puntos en éste estudio, en un primer mes presenta una carga de 4,77 % de C.O., sin embargo en el segundo mes esta cifra decae a 4,09. Esta caída es causada por una quema controlada de pajonal, esta condición a pesar de no haber quemado por completo la capa vegetal que cubre al suelo, causó daño en la misma, impidiendo que la captación de CO₂ sea la adecuada, y liberando carbono a la atmósfera.

En el estrato profundo la situación es más favorable debido que no hay pérdida de C.O. pero tampoco hay ganancia. El promedio de C.O. en este punto es de 4,41% en el suelo de 0 – 60 cm. y 2,76 en el suelo de 60 -120 cm.

Por lo observado en el Gráfico 5-3., se tiene que en el punto 4, debido a las condiciones favorables que presenta este punto, el comportamiento del C.O., en el estrato superficial existe un incremento de la concentración de C.O. conforme avanza el tiempo de la investigación, de igual manera en el estrato profundo, sin embargo la diferencia entre este punto es que el incremento se evidencia de manera más puntual en el estrato superficial por el hecho de encontrarse más cerca de la capa vegetal por lo cual existe mayor cantidad de materia en descomposición aportando de esta manera más C.O. al suelo.

El valor promedio de C.O. en el punto 4 es de 6,36 % en el estrato superficial y 3,32 % C.O. en el estrato profundo.

Como podemos observar en el Gráfico 6-3., en el punto 1 donde las condiciones del páramo son favorables, es decir donde no existe intervención humana, animal, ni incendios accidentales o provocados, además es el punto donde existe los tres tipos de biomasa, es decir almohadilla, paja y trencillas hay 3,83 % de Carbono Orgánico en promedio en la profundidad de 60 – 120 cm, en tanto que en la profundidad 0 – 60 cm existe un promedio de Carbono Orgánico de 6,87 %. Este punto se encuentra ubicado a una altura de 4100 msnm.

En el punto 2 donde existe almohadillas y paja, existe una cantidad de 3,61 % de Carbono Orgánico en promedio en la profundidad de 60 – 120 cm, en tanto que en la profundidad 0 – 60 cm existe un promedio de Carbono Orgánico de 7,30 %, a pesar de que en este punto en el segundo mes de muestreo se encontró evidencias de cruce continuo de ganado, este punto se encuentra a 4110 msnm.

En el punto 3, donde la biomasa es igual a la presente en el punto 1, se muestra una caída en la cantidad de C.O. presente debido a la quema controlada de la biomasa, este punto se encuentra a 4130 msnm, en este punto el promedio de C.O. es de 4,41% en el suelo superficial y 2,76% en el suelo profundo.

En el punto 4, ubicado a 4130 msnm, donde la biomasa es igual a la hallada en el punto 2, el promedio de la cantidad de C.O. es menor a la del punto 2, pero en el Gráfico 4-3., vemos que la eficiencia en el punto 2 es baja respecto a la eficiencia del punto 4, porque en el punto 2 existe la presencia de ganado, que circula por este sector, dañando la capa superficial del suelo, evitando que el suelo dañado absorba toda la cantidad de carbono que su capacidad le permite.

Se puede evidenciar también que el porcentaje de Carbono Orgánico presente en la profundidad 60 – 120 cm es menor que la cantidad de Carbono Orgánico presente en la parte menos profunda, que se encuentra desde el punto 0 hasta los 60 cm.

La relación entre el punto 1, donde la presencia de biomasa posee los mismos componentes que los encontrados en el punto 3, las condiciones ambientales marcan una gran diferencia puesto que en el

punto 3, se produjo quema controlada de biomasa con la finalidad de conseguir rebrote de biomasa, lo cual también afectó al suelo superficial, es decir el suelo ubicado de 0 a 60 cm, a diferencia de lo ocurrido en el suelo de mayor profundidad el cual no es tan afectado, manteniendo su tendencia a incrementar el porcentaje de carbono orgánico almacenado.

La diferencia porcentual entre las dos profundidades es de aproximadamente 3 puntos porcentuales en todos los casos a excepción del punto 3, esto se produce a causa del daño que causa el ganado en el punto menos profundo del muestreo, en este punto la diferencia es de 1,5 puntos porcentuales aproximadamente.

3.2.1.7. Relación Carbono Orgánico vs. Altura

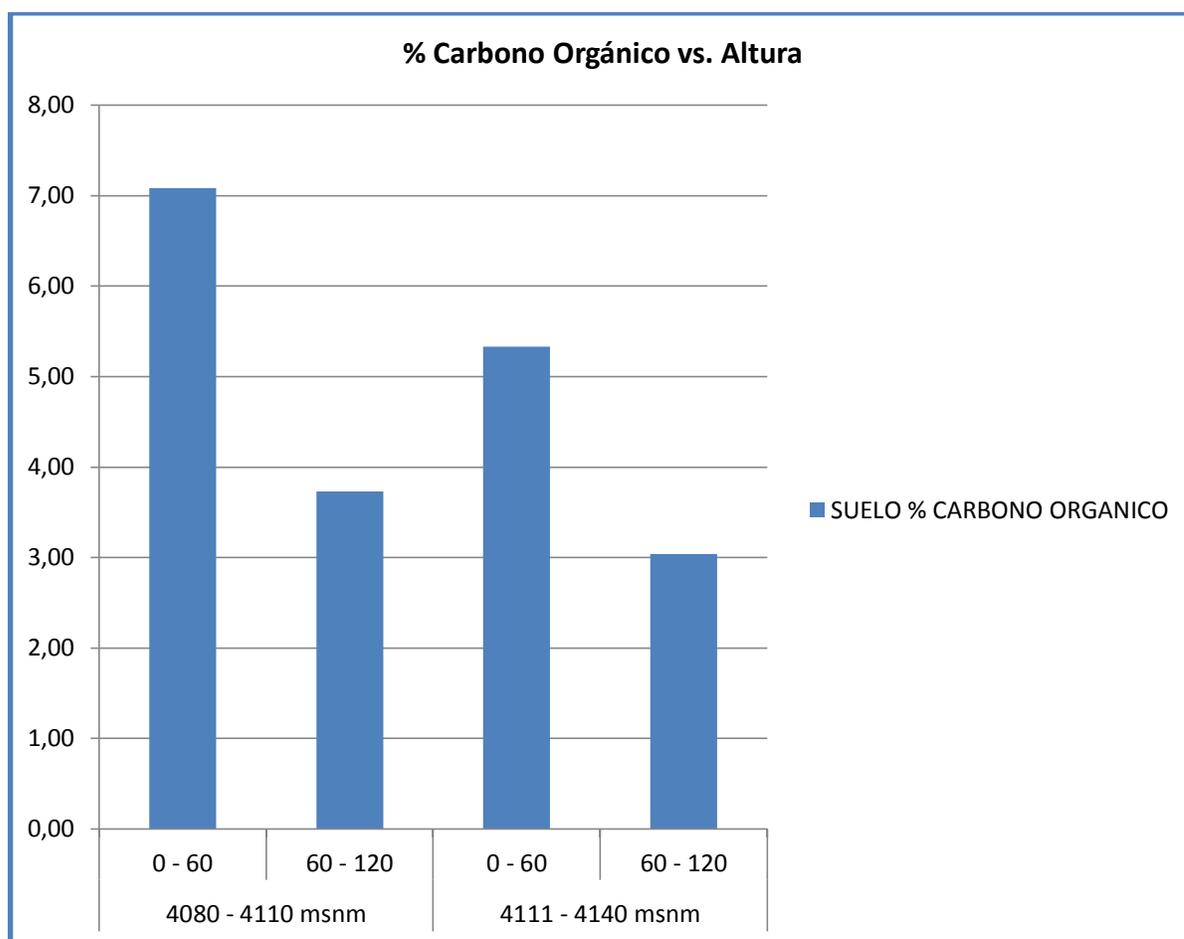


Gráfico 7-3. Relación carbono orgánico vs. Altura

Fuente: Coronel A., 2015

A diferencia de lo encontrado en otras investigaciones realizadas dentro de la provincia de Chimborazo (Haro, F., 2012), se puede evidenciar los datos del Gráfico 7-3., el cual muestra que la relación entre Carbono Orgánico y altura es inversamente proporcional, es decir a menor altura mayor cantidad de Carbono Orgánico en el suelo, la misma tendencia se presenta en las dos profundidades del muestreo, a causa de las actividades humanas que se realizan en las zonas aledañas del páramo de la comunidad Chocaví, causando mayor concentración en la atmosfera cercana a los sitio que generan contaminación.

3.2.2. Resultados y Discusión de los valores de Carbono Orgánico en Biomasa

3.2.2.1. Resultado Biomasa Punto 1

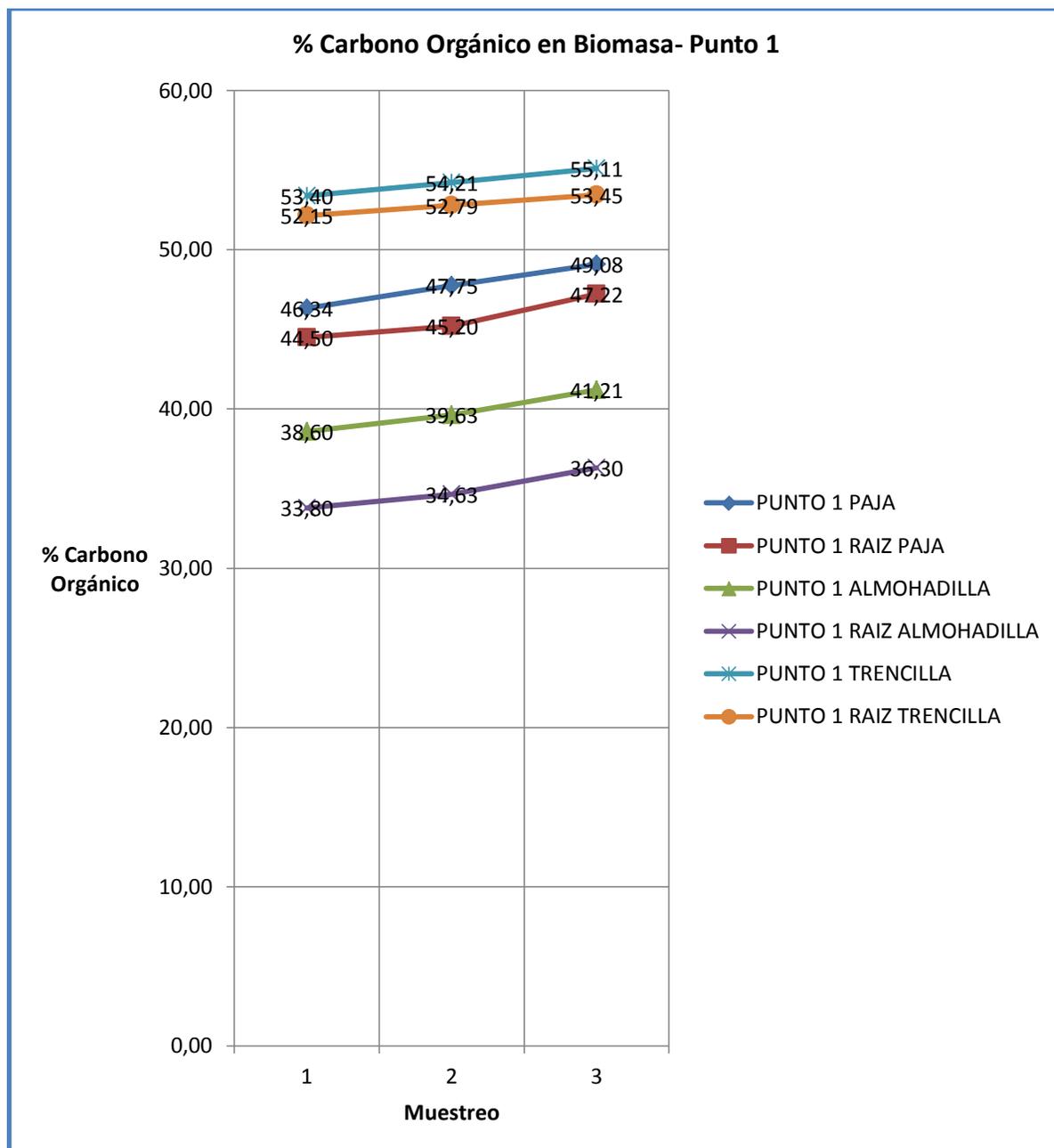


Gráfico 8-3. Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en la biomasa del Punto 1

Fuente: Coronel A., 2015

3.2.2.2. Resultado Biomasa Punto 2

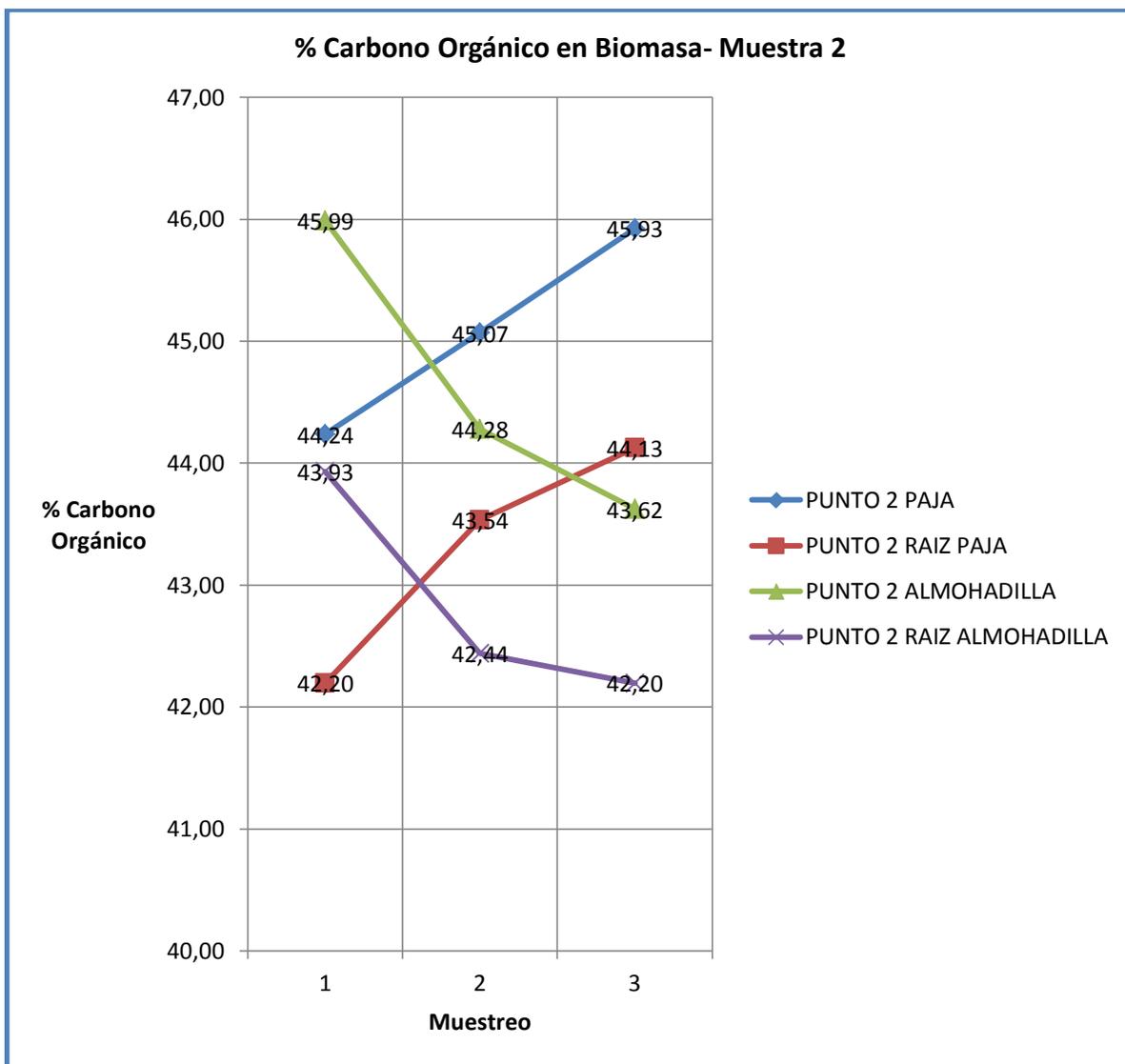


Gráfico 9-3. Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en la biomasa del Punto 2

Fuente: Coronel A., 2015

3.2.2.3. Resultado Biomasa Punto 3

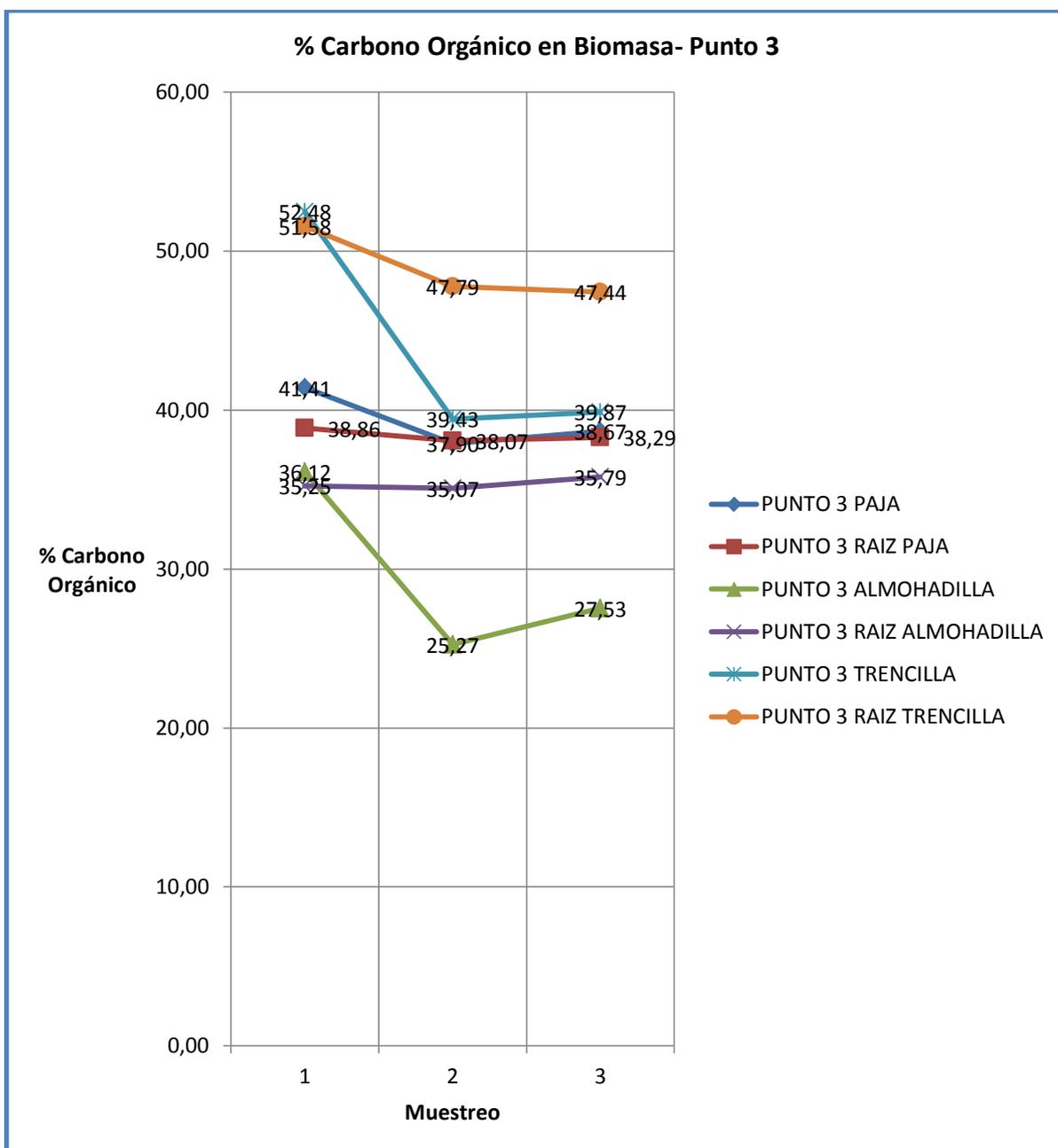


Gráfico 10-3. Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en la biomasa del Punto 3

Fuente: Coronel A., 2015

3.2.2.4. Resultado Biomasa Punto 4

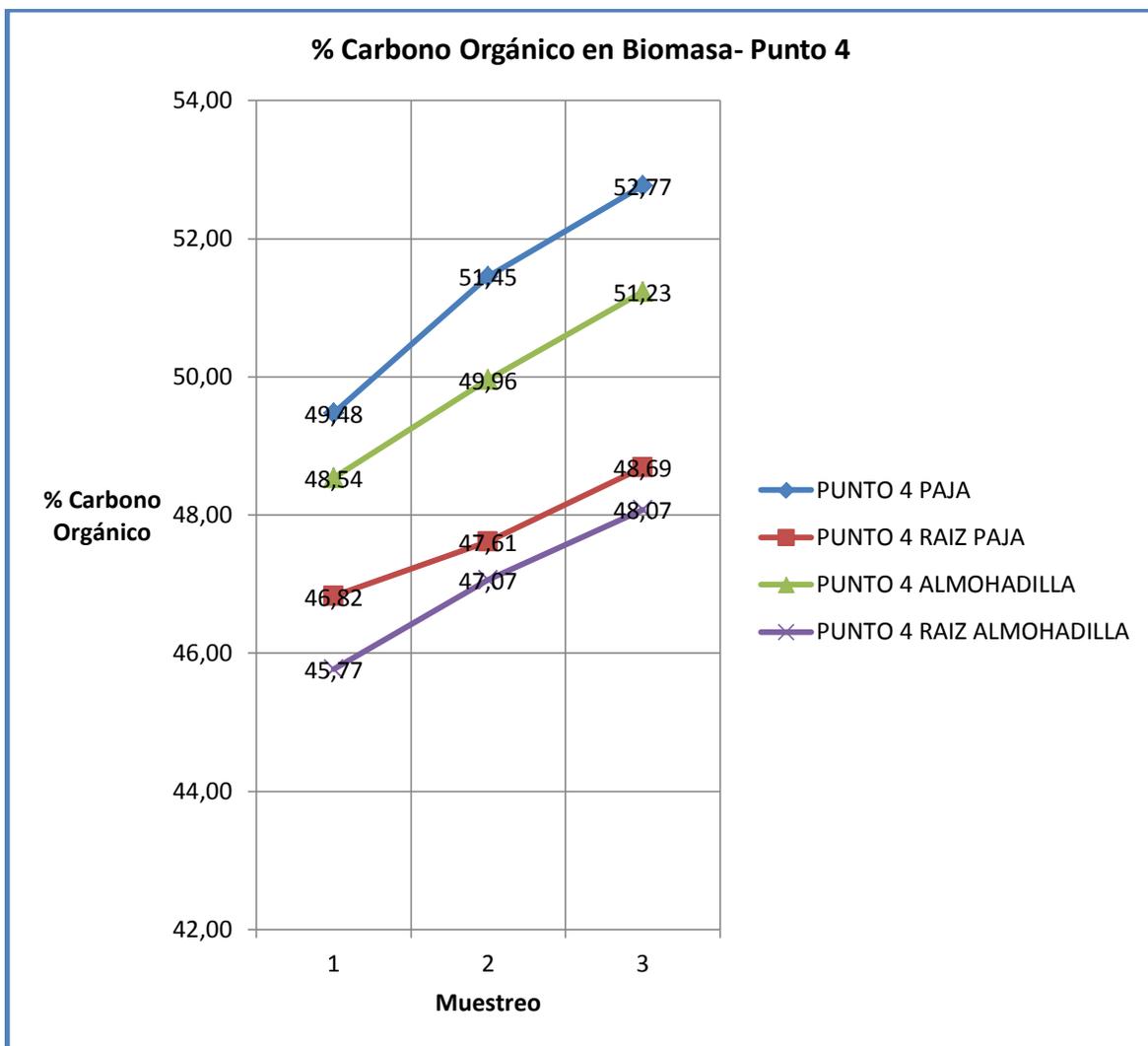


Gráfico 11-3. Representación gráfica del comportamiento del carbono orgánico en la biomasa del Punto 4

Fuente: Coronel A., 2015

3.2.2.5. *Análisis General del Contenido de Carbono Orgánico en Biomasa.*

En el Gráfico 8-3., se muestra los datos de C.O. para la biomasa en el punto 1, como se puede evidenciar los datos de cada uno de los componentes de la biomasa, es decir; paja, almohadilla y trencillas muestra una dinámica referente al C.O. positiva, con lo cual queda comparado que las buenas condiciones de preservación de este punto favorecen al comportamiento de absorción de carbono atmosférico, acumulándolo en forma de Carbono Orgánico.

Como era de suponer las concentraciones de C.O. en la parte de la planta expuesta es mayor respecto a las raíces, esto se debe a la facilidad que tiene el componente externo de captar el carbono de la atmósfera. La diferencia también se debe a la profundidad de las raíces, es así que en el caso de la paja que tiene raíces cortas aprox. 6 cm., se evidencia que el porcentaje de C.O. es 2 % menor que en la planta expuesta.

Una situación semejante ocurre en caso de las trencillas, a diferencia de la profundidad de las raíces que en este caso es de 16 cm, pero cabe mencionar que estas raíces a mayor profundidad son más delgadas, por esto es que la diferencia porcentual entre la planta expuesta y sus raíces es de 2 % ya que la mayor cantidad de raíz se encuentra en la parte superior muy cercana a la parte con mayor carga de materia en descomposición.

En el caso de las almohadillas la dinámica del carbono es muy diferente, marcando una diferencia de 5 %, a causa de la extensión de las raíces en la profundidad del suelo, estas raíces miden aproximadamente 16 cm., pero a diferencia de las trencillas estas raíces conservan en espesor en la zona profunda, es por eso que la concentración disminuye ya que en la parte profunda del suelo la cantidad de materia en descomposición es mucho menor a la que se encuentra en la superficie.

Lo que ocurre en la parte externa de la planta es que a mayor altura de la vegetación mayor será la cantidad de carbono atmosférico que absorba, como se evidencia en el caso de la trencilla que mide 50 cm a partir del suelo absorbe mayor cantidad que la almohadilla que se encuentra a 2 cm del suelo, y la paja que aproximadamente mide 40 cm, absorbe una cantidad media entre la almohadilla y la trencilla, debido a la altura que presentan cada uno de los componentes de la biomasa.

Como se representa en el Gráfico 9-3., la situación del punto 2 es diferente respecto al comportamiento normal de los elementos que conforman la biomasa. El continuo paso de ganado afecta al componente almohadilla, como muestra el Gráfico 9-3., en el primer muestreo que se realizó, la cantidad de C.O., en la almohadilla es de 45,99%, pero en el segundo y tercer mes de muestreo se presenta una disminución de 1 % por cada mes en la concentración de C.O.,

Esto se produce ya que el ganado daña la capa superficial del suelo y debido a que todo el sector está cubierto de almohadilla ésta se ve muy afectada, el ganado no sólo daña la capa superficial, sino que también daña la capa profunda de almohadilla, rompiendo raíces en el momento de alimentarse de las almohadillas o al momento de caminar, razón por la cual el contenido de C.O. en las raíces también disminuye con el tiempo.

En el caso de la paja ocurre una situación muy diferente ya que el ganado evita caminar donde existe este componente, prefiriendo así movilizarse sólo por el terreno de almohadillas, la paja muestra un comportamiento adecuado, manteniendo la diferencia entre la planta y sus raíces de 2 % en cada uno de los muestreos, las raíces cercanas a la capa de descomposición ayudan a que la diferencia sea baja.

En el caso del Punto 3, recordando que en este punto en el segundo mes del muestreo se realizó una quema controlada, con la finalidad de conseguir el rebrote de la vegetación, como se puede ver en el Gráfico 10-3., la planta exterior es la que mayor afectación presenta, como fue una quema controlada, no se consumió en su totalidad la biomasa.

Sin embargo la pérdida de C.O. fue grande, es así que en la almohadilla se perdió aproximadamente el 10 % de la concentración inicial de estudio, para el tercer muestreo la situación se torna favorable, pero con una recuperación lenta, debido a que únicamente se recuperó el 2 % quedando aun una diferencia de 8% respecto a la medida inicial, en el caso de las raíces de la almohadilla la situaciones es estacionaria, es decir la ganancia de concentración de C.O. es mínima, en los 3 meses es casi el 1 % de la concentración inicial que se ha elevado, cuando la expectativa debería ser de 2% por cada mes.

En el caso de la paja que es el elemento más vulnerable, por la facilidad con que se incinera, pero a su vez el más resguardado por la lenta recuperación que muestra en el sector, la pérdida de

concentración de C.O. fue de 1% al segundo mes de muestreo, y estacionario en el tercer mes de muestreo la recuperación en este caso es más lenta que la recuperación de la almohadilla.

En el caso de la trencilla, la pérdida fue del 10% de su concentración de C.O. al segundo mes del inicio de esta investigación, la recuperación es lenta, mostrando que al tercer muestreo la pérdida se mantiene en la misma diferencia de 10%, en este caso la raíz también fue muy afectada, perdiendo 8 % de la concentración de C.O..

En el punto 4, las condiciones de preservación del páramo son favorables, evidenciado en el comportamiento de la biomasa del sector. Existe mayor concentración de carbono orgánico en la almohadilla respecto a la presente en la paja, ya que la cercanía de la almohadilla al suelo permite una mayor captación de carbono atmosférico, además que se encuentra cerca de la capa del suelo donde se produce la descomposición.

Otro factor que favorece a que la almohadilla tenga mayor concentración de C.O. radica en el hecho que no existe la presencia de trencilla, permitiéndole a la almohadilla respirar con mayor facilidad y captar mayor cantidad de carbono atmosférico, en el caso de las raíces de la almohadilla la diferencia con la parte expuesta de la planta es de 1,5 % aprox., causado por la profundidad de las raíces.

En el caso de la paja la concentración de C.O. es de 48,07 % y la concentración en la paja es de 48,69 % e este caso se debe a las raíces cortas que posee y que se encuentra cerca de la capa donde se realiza la descomposición de la materia orgánica. El incremento de la concentración de la paja es de 2% respecto al muestreo inicial y la concentración de la almohadilla muestra un incremento de 4 % en la presente investigación.

Tabla 10-3. Porcentaje de carbono orgánico presente en la biomasa en cada uno de los muestreos.

PORCENTAJE DE CARBONO ORGÁNICO PRESENTE EN LA BIOMASA DEL PÁRAMO DE LA COMUNIDAD CHOCAVI - SAN ISIDRO				
PUNTO	BIOMASA	PRIMER MUESTREO	SEGUNDO MUESTREO	TERCER MUESTREO
		CARBONO ORGÁNICO	CARBONO ORGÁNICO	CARBONO ORGÁNICO
		% TOTAL	% TOTAL	% TOTAL
PUNTO 1	PAJA	46,34	47,75	49,08
	RAIZ PAJA	44,50	45,20	47,22
	ALMOHADILLA	38,60	39,63	41,21
	RAIZ ALMOHADILLA	33,80	34,63	36,30
	TRENCILLA	53,40	54,21	55,11
	RAIZ TRENCILLA	52,15	52,79	53,45
PUNTO 2	PAJA	44,24	45,07	45,93
	RAIZ PAJA	42,20	43,54	44,13
	ALMOHADILLA	45,99	44,28	43,62
	RAIZ ALMOHADILLA	43,93	42,44	42,20
PUNTO 3	PAJA	41,41	37,90	38,67
	RAIZ PAJA	38,86	38,07	38,29
	ALMOHADILLA	36,12	25,27	27,53
	RAIZ ALMOHADILLA	35,25	35,07	35,79
	TRENCILLA	52,48	39,43	39,87
	RAIZ TRENCILLA	51,58	47,79	47,44
PUNTO 4	PAJA	49,48	51,45	52,77
	RAIZ PAJA	46,82	47,61	48,69
	ALMOHADILLA	48,54	49,96	51,23
	RAIZ ALMOHADILLA	45,77	47,07	48,07

Fuente: Coronel A., 2015

La Tabla 10-3. muestra los valores expresados de manera general del contenido de C.O. en la biomasa del páramo de Chocaví de la parroquia San Isidro, los valores están distribuidos de acuerdo

a cada uno de los muestreos. Los valores promedio del C.O. se encuentran dispuestos en la Tabla 11-3.

Tabla 11-3. Valores promedio de carbono orgánico en biomasa.

PORCENTAJE PROMEDIO DE CARBONO ORGÁNICO PRESENTE EN LA BIOMASA DEL PÁRAMO DE LA COMUNIDAD CHOCAVI - SAN ISIDRO

PUNTO	BIOMASA	PROMEDIO
		CARBONO ORGANICO
		% TOTAL
PUNTO 1	PAJA	47,72
	RAIZ PAJA	45,64
	ALMOHADILLA	39,81
	RAIZ ALMOHADILLA	34,91
	TRENCILLA	54,24
	RAIZ TRENCILLA	52,80
PUNTO 2	PAJA	45,08
	RAIZ PAJA	43,29
	ALMOHADILLA	44,63
	RAIZ ALMOHADILLA	42,86
PUNTO 3	PAJA	39,32
	RAIZ PAJA	38,41
	ALMOHADILLA	29,64
	RAIZ ALMOHADILLA	35,37
	TRENCILLA	43,93
	RAIZ TRENCILLA	48,94
PUNTO 4	PAJA	51,23
	RAIZ PAJA	47,71
	ALMOHADILLA	49,91
	RAIZ ALMOHADILLA	46,97

Fuente: Coronel A., 2015

Promediando los valores de cada uno de los componentes que conforman la biomasa, tenemos que;

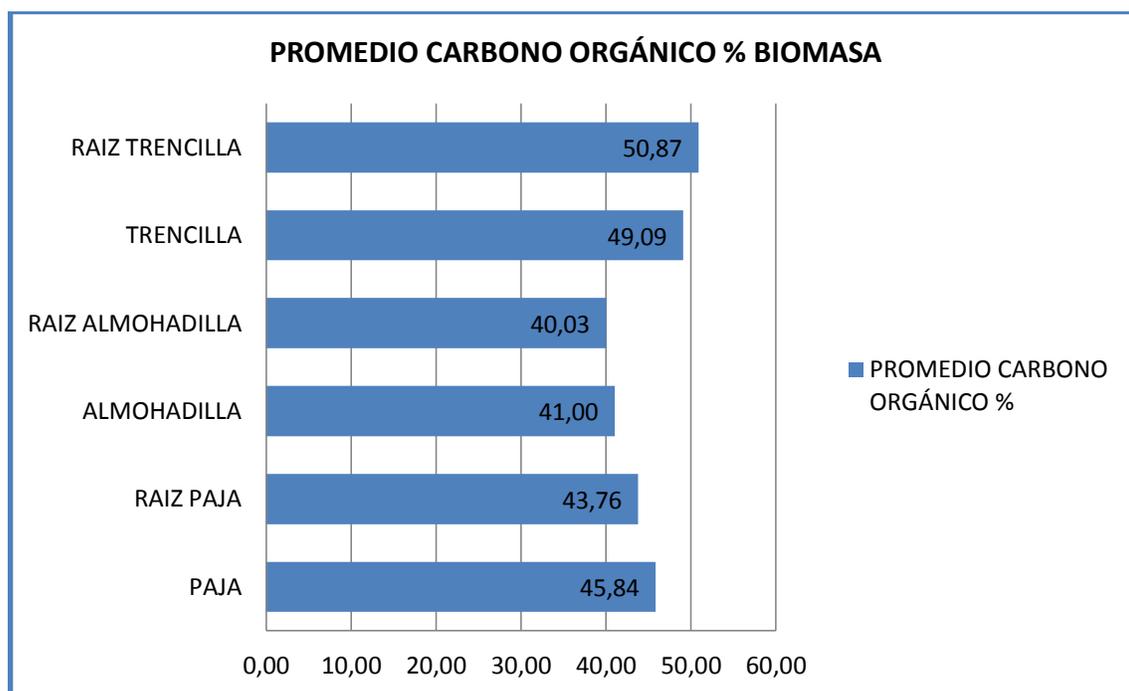


Gráfico 12-3. Promedio de contenido de carbono orgánico en cada componente de la biomasa.

Fuente: Coronel A., 2015

Como se puede apreciar en el Gráfico 12-3., al final de la investigación, el componente que mayor cantidad de carbono Orgánico posee es la trencilla, principalmente en la raíz de la misma, recordando que en el punto 3 donde hay la presencia de este componente existió una quema controlada de biomasa.

Ésta quema causó una pérdida de alrededor del 10 % de la carga de C.O. en la biomasa aérea, sin embargo en la Tabla 10-3 donde se encuentra los valores de cada muestreo, se evidencia que en el primer muestreo en los puntos 1 y 3, donde existe trencilla, la proporción de C.O. en la biomasa aérea es mayor a la biomasa subsuperficial en todos los componentes, la diferencia porcentual en la raíz de la trencilla en promedio de C.O. es de 1,5% con respecto a la trencilla.

En los casos de almohadilla respecto a la raíz de la misma, vemos que la tendencia es la esperada, una unidad porcentual, en concordancia con investigaciones similares realizadas en páramos de la provincia, como Shobol – Llin Llin y en el páramo de la comunidad Chimborazo (Cunalata C., Inga

G., 2012), donde las raíces siempre han presentado menor cantidad de carbono orgánico respecto a la biomasa aérea. En el caso de la paja la diferencia es de 2 puntos porcentuales, lo cual también se encuentra en el rango estimado.

A pesar de las situaciones adversas que se tiene en el área de estudio la tendencia se mantiene, siendo la trencilla el componente con mayor cantidad de C.O., en segundo lugar se encuentra la paja y en último lugar la almohadilla.

3.2.2.6. Relación Carbono Orgánico vs. Altura

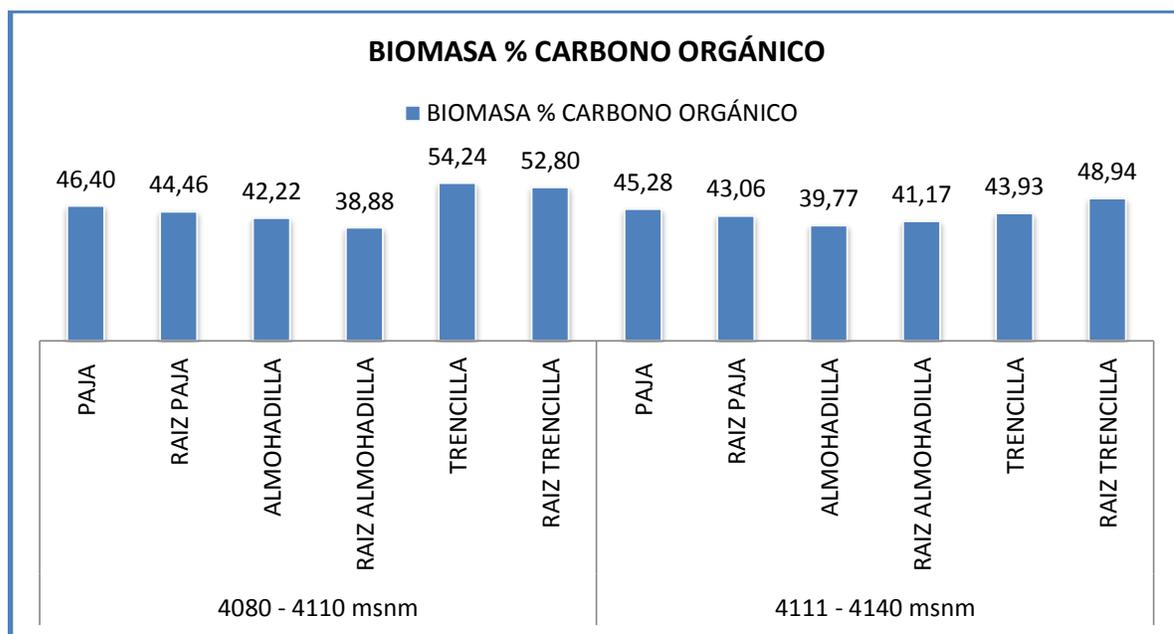


Gráfico 13-3. Relación de la cantidad de carbono orgánico en biomasa vs. Altura

Fuente: Coronel A., 2015

La relación entre el contenido de Carbono Orgánico y la altura, al igual que en el caso del suelo, es inversamente proporcional, es decir que a mayor altura, menor cantidad de C.O. existirá, esta relación se debe las actividades que generan dióxido de carbono en los asentamientos humanos cercanos.

En el caso del páramo de la comunidad Chocaví se desarrollan actividades de monocultivo, elaboración de abonos orgánicos, ganadería, pastoreo, avance de la frontera agrícola, entre otras actividades que general dióxido de carbono el mismo que por acción del viento llega al páramo de la comunidad de Chocaví y es absorbido por la biomasa y depositado en el suelo de las alturas más cercanas al desarrollo de estas actividades. Es por esto que en la zona más alta de estudio la concentración de C.O. disminuye.

3.2.3. *Análisis de resultados de Carbono Orgánico en Suelo y Biomasa.*

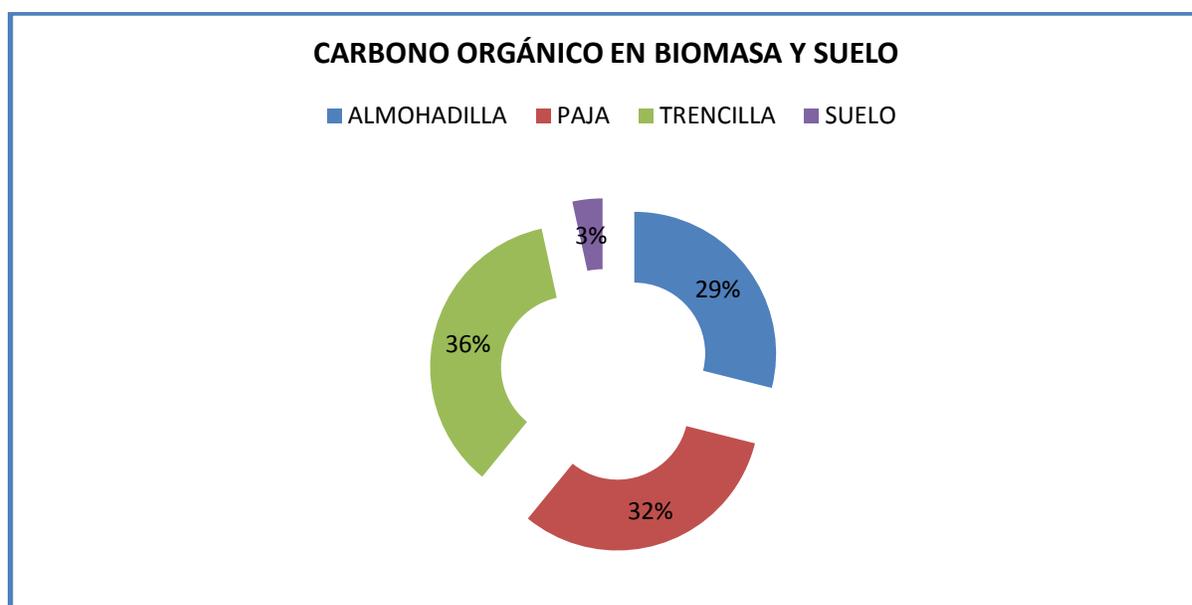


Gráfico 14-3. Distribución porcentual del carbono orgánico en una unidad.

Fuente: Coronel A., 2015

El Gráfico 14 -3 indica la relación existente en el páramo de la Comunidad Chocaví, en este cuadro podemos ver que toda la carga de C.O. se encuentra dividida en los tres componentes de la biomasa y el suelo. Es decir que el 100% de carga de C.O. se encuentra distribuido de la manera graficada en el Gráfico 13, dando un 36% a la trencilla, siendo esta el componente con mayor cantidad de C.O. la paja es el componente con 32%, la almohadilla con un 29% y el suelo tan solo con el 3%. Dando un total del 100%.

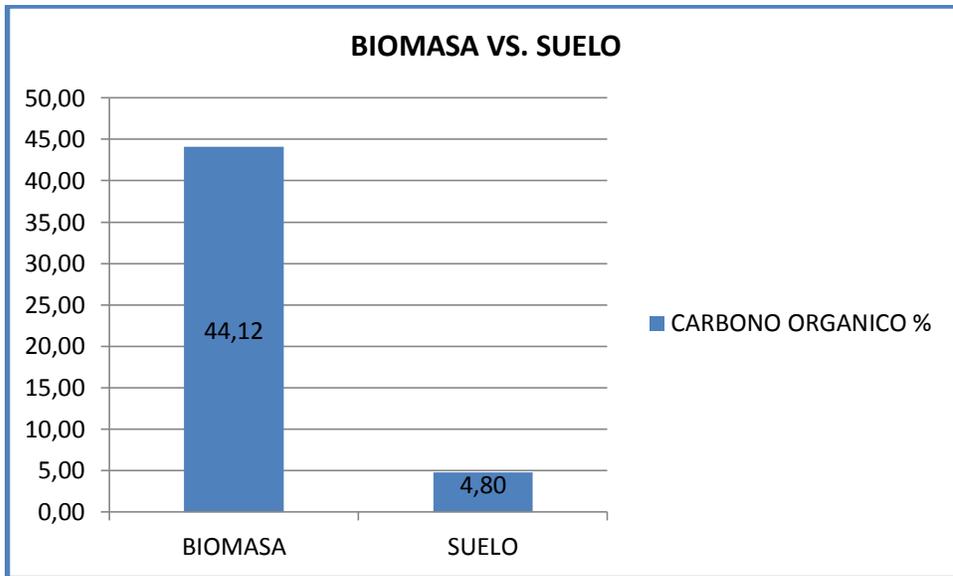


Gráfico 15-3. Valores de carbono orgánico en biomasa y suelo

Fuente: Coronel A., 2015

Como se puede observar en el Gráfico 15-3, existe una marcada diferencia en la cantidad de C.O. en el suelo y en la biomasa, con esto queda aceptada la hipótesis en la cual se aseguraba que la cantidad de C.O. en la biomasa es mayor que la cantidad de C.O. presente en el suelo. La cantidad de C.O. en la biomasa es 9 veces mayor que la encontrada en promedio en el suelo del Páramo de la Comunidad Chocaví – San Isidro. La causa de esta condición es que la biomasa es materia viva que se encuentra en continua respiración, por lo cual es rica en carbono orgánico, además la absorción de C.O. que la biomasa realiza del suelo para alimentarse, a diferencia del suelo que es un componente inerte de la naturaleza en el cual sólo se deposita materia orgánica ya descompuesta.

CONCLUSIONES

- Al Georeferenciar el sitio de estudio, se determinó que se encuentra ubicado en la Zona 17 correspondiente al Ecuador continental, se estableció que al área total del estudio es de 3,73 hectáreas, área en la que se encuentran 4 importantes humedales de la Comunidad Chocaví.
- Se identificó dos pisos altitudinales, los cuales se encuentran ubicados entre los 4081 a 4110 msnm y los 4111 a 4140 msnm., establecidos en intervalos de 30 m de altura.
- Se cuantificó la cantidad de Carbono Orgánico en el suelo y la Biomasa del páramo de Chocaví obteniendo: 3,39 % en el suelo 60 – 120 cm de profundidad, 6,21 % en el suelo 0 – 60 cm de profundidad, 40,03 % en la raíz de la almohadilla, 41,00 % en la almohadilla, 43,76 % en la raíz de la paja, 45,84 % en la paja, 49,09 % en la trencilla y 50,87 % en la raíz de la trencilla.
- En base a los datos de Carbono Orgánico, tanto para biomasa como suelo, se aceptó la hipótesis en la cual se afirmaba que la cantidad de Carbono Orgánico en la biomasa es mayor que la cantidad de Carbono Orgánico en el Suelo del páramo de la Comunidad de Chocaví. Teniendo 4,80% en suelo y 45,10% en la biomasa.
- Con todos los resultados, se concluye que el páramo a más de ser una fuente de agua, es también un buen captador de Dióxido de Carbono así como también un buen acumulador de carbono.
- Además se evidenció que las actividades de quema de pajonal para rebrote afectan a la biomasa del páramo, causándole pérdidas de alrededor del 9% de Carbono Orgánico en biomasa; en las actividades de pastoreo se pierde 4% de Carbono Orgánico siendo el suelo el componente más afectado.
- En el análisis estadístico se establece que no existe una diferencia marcada de acuerdo a los muestreos realizados. Respecto a la diferencia entre la cantidad de Carbono Orgánico en el suelo y la cantidad de Carbono Orgánico en la biomasa si existe una diferencia muy marcada respecto a los datos obtenidos en la presente investigación.

RECOMENDACIONES.

- Es recomendable establecer un Plan de Manejo para el Páramo de Chocaví, en el cual se destaque la importancia del mismo, no solo como fuente de agua, sino que también como sumidero de Carbono.
- Concientizar a la comunidad para evitar el cruce del ganado por el sector, además educar a la comunidad para evitar que se realicen las quemas controladas que a pesar de ser beneficiosas por que producen el rebrote de biomasa, también causan perdida del Carbono almacenado.
- Establecer nuevas maneras de control para evitar las actividades humanas en el sector, buscar vías de acceso a las comunidades en las cuales se evite el paso por los páramos.

BIBLIOGRAFÍA.

1. **ALVARADO., M. & GAVILANEZ., A.,** *Línea base de los cinco humedales de la comunidad Chocaví- páramo del Igualata., TESIS* Biotecnología Ambiental., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Facultad de Ciencias., Escuela de Ciencias Químicas., Riobamba - Ecuador., 2012., Pp. 3-22.
2. **CUNALATA., C. & INGA., C.,** *Cuantificación de carbono total almacenado en suelos de páramos en las comunidades Shobol-Chimborazo., San Juan Chimborazo., TESIS* Biotecnología Ambiental., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Facultad de Ciencias., Escuela de Ciencias Químicas., Riobamba - Ecuador., 2012., Pp. 20-26.
3. **HARO., F.,** *Determinación de carbono orgánico en la biomasa y suelo del páramo de la comunidad Pichán Central - San Isidro., TESIS* Biotecnología Ambiental., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Facultad de Ciencias., Escuela de Ciencias Químicas., Riobamba - Ecuador., 2012., Pp. 84-89.
4. **ITALIA,** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación., *Captura de carbono en suelos para un mejor manejo de la tierra.,* Roma - Italia., 2002., Pp. 31
5. **LUTEYN J.,** *Páramos, a checklist of plant diversity, geographical distribution and botanical literature.,* Nueva York – Estados Unidos., New York Botanical Garden Press., 1999 pp.
6. **MARTÍNEZ D., & QUINTANA S.,** *Determinación del contenido de carbono en quercus microphylla y dos unidades de suelo en el predio las cruces, Texcoco, México., TESIS* Restauración Forestal., Universidad Autónoma Chapingo., Ciencias Forestales., Chapingo – México., 2010., Pp. 11-30.
7. **MEDINA, G., MEDINA, G.,** *El páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico.,* Serie Páramo 1., Quito – Ecuador., GTP/Abya Yala 1999., Pp. 57-59.

8. **MENA P.,** *La Biodiversidad de los Páramos.,* Proyecto Paramo., Quito – Ecuador., Abya Yala., 2009., Pp. 507-510.
9. **MENA P., HOFSTEDE R.,** *Los páramos del Ecuador.,* Proyecto Paramo. Quito – Ecuador. Abya Yala., 2006, pp.92-98.
10. **MENA, P., MEDINA, G., HOFSTEDE, R.,** Los Páramos del Ecuador, Particularidades, Problemas y Perspectivas., Quito – Ecuador., GTP/AbyaYala., 2001., Pp. 300 – 302.
11. **MENA P., MORALES, P., ORTIZ, R.,** *Gente y Ambiente de Páramo: Realidades y Perspectivas en el Ecuador.,* Quito – Ecuador., EcoCiencia-Abya Yala., 2008., Pp. 21-53.
12. **RICHTER, D., MARKEWITZ; S., TRUMBORE; C.,** *Rapid accumulation and turnover soil carbon in re-establishing forest.,* Wells – Estados Unidos., Nature., 1999., Pp.56-58.

BIBLIIGRAFÍA DE INERNET

13. GRUPO DE TRABAJO EN PÁRAMOS DEL ECUADOR. (GTP).

<http://www.condesan.org/e-foros/paramos2/gtp3.html>.

(2015-08-05)

14. LOS PÁRAMOS ECUATORIANOS.

<http://www.ibcperu.org/doc/isis/8606.pdf>

(2015-06-15)

15. EL PÁRAMO COMO ESPACIO DE MITIGACIÓN DE CARBONO ATMOSFÉRICO.

<http://www.ibcperu.org/doc/isis/7909.pdf>

(2015-05-23)

16. TIPOS DE PÁRAMO EN EL ECUADOR

<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/congresoparamo/labiodiversidad.pdf>

(2015-06-03)

17. SUMIDEROS DE CARBONO EN LOS ANDES ECUATORIANOS

http://wrm.org.uy/es/files/2013/04/Sumideros_de_carbono_en_los_Andes_ecuatorianos.pdf

(2015-10-18)

ANEXOS

Anexo 1. Marco Legal

La ausencia de un marco jurídico relacionado con la conservación, uso y aprovechamiento sostenible del páramo en el Ecuador, ha limitado las estrategias, planes y propuestas destinados a evitar su desaparición, y por ende la pérdida de sus recursos naturales y biodiversidad asociados.

Una parte significativa del bioma páramo está dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), lo que, a pesar de no existir legislación específica vinculada con este ecosistema, le condiciona a que la legislación ambiental de cierto modo regule algunos de sus usos; en este sentido, es prioritario que los páramos formen parte del patrimonio de áreas protegidas bajo categorías de manejo tales como: reservas ecológicas, biológicas, áreas nacionales, parques nacionales, entre otras.

En estos espacios, dada su naturaleza especial de "protección", no pueden realizarse otras actividades que no sean las establecidas en la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, tal como lo dispone el Art. 68 cuando dice que: "El patrimonio de áreas naturales del Estado deberá conservarse inalterado", bajo categorías importantes como la de ser inalienable, es decir que no se puede enajenar, y la de ser imprescriptible, no pudiendo constituirse ningún derecho real sobre él.

A pesar de esta expresa disposición legal, cabe señalar que existen múltiples casos de personas particulares que tienen título de propiedad de zonas de páramo dentro de las áreas protegidas. Estos títulos han sido legalizados antes de la declaratoria de cada área. En este caso, esos derechos adquiridos al amparo de la legislación nacional deben respetarse; sin embargo, la imposición de un "gravamen" en estricto derecho, sobre las áreas que están físicamente dentro de un área protegida, le condiciona a enmarcarse en un contexto especial de manejo del área, el cual le brinda facultades y a la vez le impone restricciones especiales sobre usos del suelo, de los recursos naturales, del agua, según los programas específicos de ordenamiento. De no ser así, la declaratoria de un área protegida no cumpliría su objetivo.

El plan de manejo del área es un instrumento que debe ser elaborado en forma participativa con los actores directos e indirectos, atendiendo los criterios de zonificación y ordenamiento territorial y ambiental; si bien no es un texto legal, establece los límites del uso de los recursos en ese espacio.

Según el artículo 70 de la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, las "tierras y recursos naturales de propiedad privada comprendidos dentro de los límites del patrimonio de áreas naturales, serán expropiadas o revertirán al dominio del Estado, de acuerdo con las leyes de la materia". Esto no se ha realizado en el Ecuador porque la expropiación implica, además, la indemnización a los sujetos de la expropiación, y el Estado no dispone de recursos para ello.

En estas áreas también existen posesionarios que carecen de títulos de propiedad. Estos territorios no podrán legalizarse luego la declaratoria, pues, como señalamos anteriormente, sobre estas áreas no cabe ningún derecho real, debiendo -según el caso- firmarse convenios de uso y manejo entre los posesionarios o tenedores con el Ministerio del Ambiente, entidad que tiene a su cargo la planificación, manejo, desarrollo, administración, protección y control del patrimonio de áreas naturales del Estado."

Otra es la situación jurídica de los posesionarios o propietarios de zonas de páramo que no son parte del SNAP. El uso del páramo responde a prácticas consuetudinarias (como la quema de pajonal) en el caso de pueblos de raíces ancestrales como los kichwas, asentados en las zonas alto andinas; este uso también se da de acuerdo a las costumbres o necesidades locales de campesinos y agricultores.

Es precisamente en estas áreas, en las que la frontera agrícola se ha expandido rápidamente, donde las zonas de matorral y de paja son permanentemente reemplazadas por cultivos de productos agrícolas o por pasto para ganado.

Existen experiencias en el Ecuador en las que algunas zonas de páramo han sido forestadas y reforestadas con variedades exóticas como el pino, el ciprés y el eucalipto, lo que ha contribuido con el deterioro de este ecosistema, la pérdida de especies de flora y fauna propias del páramo, la desertificación y erosión del suelo, la pérdida de "ojos de agua" o vertientes naturales.

Existe un sinnúmero de entidades públicas y privadas como ONG que han desplegado varias actividades a través de procesos participativos en debates, foros, talleres, entre otros mecanismos; Y están ejecutando varios proyectos en zonas de páramo. En estos procesos se ha sistematizado importante información y se ha logrado un intercambio de experiencias que aportan a la conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Lamentablemente son esfuerzos separados, y por ello suelen perder eficacia; sin embargo contribuyen con elementos sociales y culturales en la construcción del andamiaje jurídico que dé soporte legal para la conservación del páramo.

A este esfuerzo se han sumado otras autoridades ambientales locales y nacionales, ya sea por competencias directas e indirectas, manera especial aquellas vinculadas al páramo y a los servicios que éste brinda. Pese a dicho contexto y a la necesidad de regular aspectos no sólo de tenencia sino sobre todo de uso de los recursos naturales en este ecosistema, el país no cuenta con una legislación específica sobre páramos.

Al momento se cuenta con una propuesta de reglamento de conservación, uso y manejo de páramos, que compila prácticas y experiencias de manejo de diferentes pueblos kichwas de la región interandina, el cual es un documento base que debe enriquecerse con el aporte de otros actores, además de criterios técnicos científicamente validados, en los que deberá primar el concepto de restauración ecológica y a la vez el de protección de estos ecosistemas, clasificándolos como biomas altamente vulnerables o ecosistemas frágiles de gran valor ecológico y de supervivencia, características que permitan excluirlos de actividades agropecuarias, forestales y extractivas.

En el caso de actividades extractivas, también se deberá hacer una distinción respecto de aquellas que permiten la extracción de recursos como la madera. Las actividades deberán ser reguladas por este cuerpo normativo especial o por la misma Ley Forestal en el caso de las áreas de páramo que son parte del SNAP, con aquella extracción o explotación en zonas de páramo de recursos del subsuelo. Al respecto, la Carta Magna de 1998 señala que: "Son de propiedad inalienable e imprescriptible del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, los minerales y sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo". Por ello, cualquier norma jerárquicamente inferior no debería impedir que se exploten recursos naturales no renovables en zonas de páramo, con su consecuente impacto. (10)

La Constitución ecuatoriana en su afán por preservar la biodiversidad los ecosistemas frágiles, dispone los siguientes enunciados:

1.1.1.DE LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD.

Artículo 17.- La conservación de la biodiversidad se realizará *in-situ* o *ex-situ* dependiendo de sus características ecológicas, niveles de endemismo, peligro de extinción y erosión genética, conforme a las directrices de la Estrategia Nacional de Biodiversidad y sus correspondientes planes de acción, que serán formulados por el Ministerio del Ambiente.

1.1.1.1. De la Conservación *In Situ*

Artículo 18.- Adicionalmente al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, serán objeto prioritario de conservación *in situ*, las áreas, regiones, ecosistemas, especies, poblaciones, razas o variedades animales y vegetales que, indistintamente resguarden la capacidad de soporte de la oferta ambiental de bienes y servicios para las actividades de producción y consumo sustentable y representen altos valores de uso o de opción ligados a los requerimientos socio-económicos y culturales locales, nacionales e internacionales, y que:

- a) Constituyan centros de endemismo o posean altos niveles de biodiversidad.
- b) Tengan particular significado religioso, sagrado, o cultural.
- c) Se encuentren amenazadas o sufran erosión genética.

1.1.2.DEL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Artículo 19.- El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegida es el conjunto de áreas terrestres y marinas, que incluye muestras representativas de los ecosistemas del país, con diferentes categorías de manejo, apoyadas por zonas de amortiguamiento y corredores ecológicos, que relacionadas entre sí y a través de su protección y manejo contribuyen al cumplimiento de los objetivos de conservación establecidos en esta Ley.

El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas compatibilizará usos múltiples, bajo el concepto de manejo integral de ecosistemas.

Constituyen el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas los siguientes subsistemas de áreas:

- a) Las áreas del Patrimonio Nacional de Áreas Naturales Protegidas;
- b) Las áreas de protección ecológica declaradas por los Gobiernos Seccionales Autónomos.
- c) Las áreas naturales protegidas privadas y comunitarias.

Las áreas de los subsistemas definidos en esta Ley se clasifican en distintas categorías de manejo. El procedimiento para la creación, declaratoria y manejo de las áreas del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas será establecido por el Ministerio del Ambiente en el Reglamento General de Aplicación de la presente Ley.

Artículo 20.- Las áreas que conforman el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas serán incorporadas al Registro Forestal y de Áreas Naturales Protegidas a cargo del Ministerio del Ambiente, el cual comunicará al Registro de la Propiedad y a la entidad encargada del Catastro Nacional correspondiente, a efectos de que dicha declaratoria sea incorporada al historial del predio. Dicha incorporación no tendrá validez si no ha sido comunicada por el Ministerio del Ambiente.

Artículo 21.- Los objetivos de conservación del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas son:

- a) Conservar y utilizar sustentablemente la biodiversidad y los recursos genéticos
- b) Conservar en estado natural muestras representativas de ecosistemas, comunidades bióticas, unidades biogeografías y regiones fisiográficas del país.
- c) Mantener las funciones ambientales y los procesos ecológicos
- d) Conservar y utilizar sustentablemente poblaciones viables de especies silvestres;
- e) Proteger especies silvestres endémicas y amenazadas de extinción
- f) Proteger recursos paisajísticos y formaciones geológicas o paleontológicas sobresalientes
- g) Proteger las cuencas hidrográficas y los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos
- h) Facilitar la investigación científica y el monitoreo ambiental
- i) Promover el mantenimiento de atributos culturales específicos y de los conocimientos tradicionales de las poblaciones locales
- j) Contribuir a la educación ambiental de la población

- k) Brindar oportunidades sustentables para la recreación y el turismo orientado a la naturaleza y la interpretación ambiental.
- l) Proveer bienes y servicios ambientales, económicos, sociales y culturales que puedan ser utilizados de manera sustentable, especialmente por pueblos indígenas, afro ecuatorianos y comunidades locales, asentadas al interior y en las zonas aledañas a las áreas protegidas.

Los objetivos de conservación específicos para cada categoría de manejo serán establecidos en el Reglamento General de Aplicación de esta Ley.

Artículo 22.- Corresponde al Ministerio del Ambiente planificar, coordinar, controlar y evaluar el manejo del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, especialmente con la participación de otras entidades del sector público, entidades del régimen seccional autónomo, los pueblos indígenas, afro ecuatorianos y comunidades locales, organizaciones no gubernamentales de conservación, instituciones de investigación, el sector privado y otros actores vinculados, según corresponda.

Las actividades que se desarrollen dentro de las áreas del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas estarán limitadas de acuerdo a su categoría y plan de manejo. Los planes de manejo serán aprobados por el Ministerio del Ambiente, pudiendo delegar su formulación y ejecución en personas jurídicas de derecho público o privado debidamente calificadas por dicho Ministerio, de conformidad con lo que señale el Reglamento General de Aplicación de esta Ley.

Artículo 23.- El Estado reconoce el aporte de los pueblos indígenas, afro ecuatorianos y comunidades locales al manejo y conservación de la biodiversidad. En las áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas en donde existen tierras comunitarias los pueblos indígenas, afro ecuatorianos y comunidades locales participarán en la elaboración del plan de manejo y en las actividades de gestión de dichas áreas.

Artículo 24.- La ejecución de obras de infraestructura dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas podrá ser autorizada únicamente por el Ministerio del Ambiente, solamente cuando la obra haya sido declarada de interés nacional por el mismo, en base a informes técnicos aprobados por las instancias respectivas concernidas. Se garantizará la minimización de los impactos ambientales y sociales, el procedimiento de consulta previa y los demás requisitos previos establecidos por la ley y los reglamentos respectivos.

Artículo 25.- En las áreas que conforman el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas se prohíben las actividades de minería, extracción comercial de madera, forestación industrial, agricultura, ganadería y acuicultura intensiva, pesca industrial, así como nuevas concesiones petroleras.

Artículo 26.- En las áreas que conforman el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas se prohíben las actividades de cacería, pesca, captura, recolección y comercialización interna y exportación de especímenes, elementos constitutivos y subproductos de especies silvestres, terrestres, marinas y dulceacuícolas.

Se reconoce el derecho de los pueblos indígenas y afro-ecuatorianos a realizar actividades de cacería de subsistencia, en sus territorios o propiedades, de acuerdo al Reglamento General de Aplicación de esta Ley.

Por excepción, y solo como medida de manejo y/o para objeto de investigación científica de ciertas especies, el Ministerio del Ambiente podrá autorizar bajo estrictas regulaciones algunas de las actividades mencionadas en el inciso primero del presente artículo.

Artículo 27.- La actividad turística, en las áreas protegidas que conforman el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas estará restringida a zonas definidas para el uso público y especificadas en los correspondientes planes de manejo de cada área y de acuerdo a análisis de capacidad de carga y otros mecanismos que garanticen la conservación y uso sustentable de la biodiversidad de dichas áreas.

Anexo

Acuerdo de París

Las Partes en el presente Acuerdo,

En su calidad de Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en adelante denominada “la Convención”,

De conformidad con la Plataforma de Durban para una Acción Reforzada establecida mediante la decisión 1/CP.17 de la Conferencia de las Partes en la Convención en su 17º período de sesiones,

Deseosas de hacer realidad el objetivo de la Convención y guiándose por sus principios, incluidos los principios de la equidad y de las responsabilidades comunes pero diferenciadas y las capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales,

Reconociendo la necesidad de una respuesta progresiva y eficaz a la amenaza apremiante del cambio climático, sobre la base de los mejores conocimientos científicos disponibles,

Reconociendo también las necesidades específicas y las circunstancias especiales de las Partes que son países en desarrollo, sobre todo de las que son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, como se señala en la Convención,

Teniendo plenamente en cuenta las necesidades específicas y las situaciones especiales de los países menos adelantados en lo que respecta a la financiación y la transferencia de tecnología,

Reconociendo que las Partes pueden verse afectadas no solo por el cambio climático, sino también por las repercusiones de las medidas que se adopten para hacerle frente,

Poniendo de relieve la relación intrínseca que existe entre las medidas, las respuestas y las repercusiones generadas por el cambio climático y el acceso equitativo al desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza,

Teniendo presentes la prioridad fundamental de salvaguardar la seguridad alimentaria y acabar con el hambre, y la particular vulnerabilidad de los sistemas de producción de alimentos a los efectos adversos del cambio climático,

Teniendo en cuenta los imperativos de una reconversión justa de la fuerza laboral y de la creación de empleos dignos y de trabajos de calidad, de conformidad con las prioridades de desarrollo definidas a nivel nacional,

Reconociendo que el cambio climático es un problema de toda la humanidad y que, al adoptar medidas para hacerle frente, las Partes deberían respetar, promover y tener en cuenta sus respectivas obligaciones relativas a los derechos humanos, el derecho a la salud, los derechos de los pueblos indígenas, las comunidades locales, los migrantes, los niños, las personas con discapacidad y las personas en situaciones vulnerables y el derecho al desarrollo, así como la igualdad de género, el empoderamiento de la mujer y la equidad intergeneracional,

Teniendo presente la importancia de conservar y aumentar, según corresponda, los sumideros y reservorios de los gases de efecto invernadero mencionados en la Convención,

Observando la importancia de garantizar la integridad de todos los ecosistemas, incluidos los océanos, y la protección de la biodiversidad, reconocida por algunas

culturas como la Madre Tierra, y observando también la importancia que tiene para algunos del concepto de "justicia climática", al adoptar medidas para hacer frente al cambio climático,

Afirmando la importancia de la educación, la formación, la sensibilización y participación del público, el acceso público a la información y la cooperación a todos los niveles en los asuntos de que trata el presente Acuerdo,

Teniendo presente la importancia del compromiso de todos los niveles de gobierno y de los diversos actores, de conformidad con la legislación nacional de cada Parte, al hacer frente al cambio climático,

Teniendo presente también que la adopción de estilos de vida y pautas de consumo y producción sostenibles, en un proceso encabezado por las Partes que son países desarrollados, es una contribución importante a los esfuerzos por hacer frente al cambio climático,

Han convenido en lo siguiente:

Artículo 1

A los efectos del presente Acuerdo, se aplicarán todas las definiciones que figuran en el artículo 1 de la Convención. Además:

1. Por "Convención" se entenderá la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, aprobada en Nueva York el 9 de mayo de 1992;
2. Por "Conferencia de las Partes" se entenderá la Conferencia de las Partes en la Convención;
3. Por "Parte" se entenderá una Parte en el presente Acuerdo.

Artículo 2

1. El presente Acuerdo, al mejorar la aplicación de la Convención, incluido el logro de su objetivo, tiene por objeto reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza, y para ello:
 - a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático;
 - b) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos;
 - c) Elevar las corrientes financieras a un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.
2. El presente Acuerdo se aplicará de modo que refleje la equidad y el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas y las capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales.

Artículo 3

En sus contribuciones determinadas a nivel nacional a la respuesta mundial al cambio climático, todas las Partes deberán realizar y comunicar los esfuerzos ambiciosos que se definen en los artículos 4, 7, 9, 10, 11 y 13 con miras a alcanzar el propósito del presente Acuerdo enunciado en su artículo 2. Los esfuerzos de todas las Partes representarán una progresión a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta la necesidad de apoyar a las Partes que son países en desarrollo para lograr la aplicación efectiva del presente Acuerdo.

Artículo 4

1. Para cumplir el objetivo a largo plazo referente a la temperatura que se establece en el artículo 2, las Partes se proponen lograr que las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero alcancen su punto máximo lo antes posible, teniendo presente que los países en desarrollo tardarán más en lograrlo, y a partir de ese momento reducir rápidamente las emisiones de gases de efecto invernadero, de conformidad con la mejor información científica disponible, para alcanzar un equilibrio entre las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros en la segunda mitad del siglo, sobre la base de la equidad y en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza.
2. Cada Parte deberá preparar, comunicar y mantener las sucesivas contribuciones determinadas a nivel nacional que tenga previsto efectuar. Las Partes procurarán adoptar medidas de mitigación internas con el fin de alcanzar los objetivos de esas contribuciones.
3. La contribución determinada a nivel nacional sucesiva de cada Parte representará una progresión con respecto a la contribución determinada a nivel nacional que esté vigente para esa Parte y reflejará la mayor ambición posible, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales.
4. Las Partes que son países desarrollados deberán seguir encabezando los esfuerzos y adoptando metas absolutas de reducción de las emisiones para el conjunto de la economía. Las Partes que son países en desarrollo deberían seguir aumentando sus esfuerzos de mitigación, y se las alienta a que, con el tiempo, adopten metas de reducción o limitación de las emisiones para el conjunto de la economía, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales.
5. Se prestará apoyo a las Partes que son países en desarrollo para la aplicación del presente artículo, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 9, 10 y 11, teniendo presente que un aumento del apoyo prestado permitirá a esas Partes acrecentar la ambición de sus medidas.
6. Los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo podrán preparar y comunicar estrategias, planes y medidas para un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero que reflejen sus circunstancias especiales.
7. Los beneficios secundarios de mitigación que se deriven de las medidas de adaptación y/o los planes de diversificación económica de las Partes podrán contribuir a los resultados de mitigación en el marco del presente artículo.
8. Al comunicar sus contribuciones determinadas a nivel nacional, todas las Partes deberán proporcionar la información necesaria a los fines de la claridad, la transparencia y la comprensión, con arreglo a lo dispuesto en la decisión 1/CP.21 y en

toda decisión pertinente que adopte la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París.

9. Cada Parte deberá comunicar una contribución determinada a nivel nacional cada cinco años, de conformidad con lo dispuesto en la decisión 1/CP.21 y en toda decisión pertinente que adopte la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París, y tener en cuenta los resultados del balance mundial a que se refiere el artículo 14.
10. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París examinará los plazos comunes para las contribuciones determinadas a nivel nacional en su primer período de sesiones.
11. Las Partes podrán ajustar en cualquier momento la contribución determinada a nivel nacional que esté vigente con miras a aumentar su nivel de ambición, de conformidad con la orientación que imparta la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París.
12. Las contribuciones determinadas a nivel nacional que comuniquen las Partes se inscribirán en un registro público que llevará la secretaría.
13. Las Partes deberán rendir cuentas de sus contribuciones determinadas a nivel nacional. Al rendir cuentas de las emisiones y la absorción antropógenas correspondientes a sus contribuciones determinadas a nivel nacional, las Partes promoverán la integridad ambiental, la transparencia, la exactitud, la exhaustividad, la comparabilidad y la coherencia y velarán por que se evite el doble cómputo, de conformidad con las orientaciones que apruebe la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París.
14. En el contexto de sus contribuciones determinadas a nivel nacional, al consignar y aplicar medidas de mitigación respecto de las emisiones y absorciones antropógenas, las Partes deberían tener en cuenta, cuando sea el caso, los métodos y orientaciones que existan en el marco de la Convención, a la luz de lo dispuesto en el párrafo 13 del presente artículo.
15. Al aplicar el presente Acuerdo, las Partes deberán tomar en consideración las preocupaciones de aquellas Partes cuyas economías se vean más afectadas por las repercusiones de las medidas de respuesta, particularmente de las que sean países en desarrollo.
16. Las Partes, con inclusión de las organizaciones regionales de integración económica y sus Estados miembros, que hayan llegado a un acuerdo para actuar conjuntamente en lo referente párrafo 2 del presente artículo, deberán notificar a la secretaría los términos de ese acuerdo en el momento en que comuniquen sus contribuciones determinadas a nivel nacional, indicando el nivel de emisiones asignado a cada Parte en el período pertinente. La secretaría comunicará a su vez esos términos a las Partes y a los signatarios de la Convención.
17. Cada parte en ese acuerdo será responsable del nivel de emisiones que se le haya asignado en el acuerdo mencionado en el párrafo 16 *supra*, de conformidad con lo dispuesto en los párrafos 13 y 14 del presente artículo y en los artículos 13 y 15.
18. Si las Partes que actúan conjuntamente lo hacen en el marco de una organización regional de integración económica y junto con ella, y esa organización es a su vez Parte en el presente Acuerdo, cada Estado miembro de esa organización regional de integración económica, en forma individual y conjuntamente con dicha organización, será responsable de su nivel de emisiones que figure en el acuerdo comunicado con arreglo a lo dispuesto en el párrafo 16 del presente artículo, de conformidad con sus párrafos 13 y 14, y con los artículos 13 y 15.

19. Todas las Partes deberían esforzarse por formular y comunicar estrategias a largo plazo para un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, teniendo presente el artículo 2 y tomando en consideración sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales.

Artículo 5

1. Las Partes deberían adoptar medidas para conservar y aumentar, según corresponda, los sumideros y reservorios de gases de efecto invernadero a que se hace referencia en el artículo 4, párrafo 1 d) de la Convención, incluidos los bosques.
2. Se alienta a las Partes a que adopten medidas para aplicar y apoyar, también mediante los pagos basados en los resultados, el marco establecido en las orientaciones y decisiones pertinentes ya adoptadas en el ámbito de la Convención respecto de los enfoques de política y los incentivos positivos para reducir las emisiones debidas a la deforestación y la degradación de los bosques, y de la función de la conservación, la gestión sostenible de los bosques, y el aumento de las reservas forestales de carbono en los países en desarrollo, así como de los enfoques de política alternativos, como los que combinan la mitigación y la adaptación para la gestión integral y sostenible de los bosques, reafirmando al mismo tiempo la importancia de incentivar, cuando proceda, los beneficios no relacionados con el carbono que se derivan esos enfoques.

Artículo 6

1. Las Partes reconocen que algunas Partes podrán optar por cooperar voluntariamente en la aplicación de sus contribuciones determinadas a nivel nacional para lograr una mayor ambición en sus medidas de mitigación y adaptación y promover el desarrollo sostenible y la integridad ambiental.
2. Cuando participen voluntariamente en enfoques cooperativos que entrañen el uso de resultados de mitigación de transferencia internacional para cumplir con las contribuciones determinadas a nivel nacional, las Partes deberán promover el desarrollo sostenible y garantizar la integridad ambiental y la transparencia, también en la gobernanza, y aplicar una contabilidad robusta que asegure, entre otras cosas, la ausencia de doble cómputo, de conformidad con las orientaciones que haya impartido la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París.
3. La utilización de resultados de mitigación de transferencia internacional para cumplir con las contribuciones determinadas a nivel nacional en virtud del presente Acuerdo será voluntaria y deberá ser autorizada por las Partes participantes.
4. Por el presente se establece un mecanismo para contribuir a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y apoyar el desarrollo sostenible, que funcionará bajo la autoridad y la orientación de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París y podrá ser utilizado por las Partes a título voluntario. El mecanismo será supervisado por un órgano que designará la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París, y tendrá por objeto:
 - a) Promover la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, fomentando al mismo tiempo el desarrollo sostenible;
 - b) Incentivar y facilitar la participación, en la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de las entidades públicas y privadas que cuenten con la autorización de las Partes;

- c) Contribuir a la reducción de los niveles de emisión en las Partes de acogida, que se beneficiarán de actividades de mitigación por las que se generarán reducciones de las emisiones que podrá utilizar también otra Parte para cumplir con su contribución determinada a nivel nacional; y
 - d) Producir una mitigación global de las emisiones mundiales.
5. Las reducciones de las emisiones que genere el mecanismo a que se refiere el párrafo 4 del presente artículo no deberán utilizarse para demostrar el cumplimiento de la contribución determinada a nivel nacional de la Parte de acogida, si otra Parte las utiliza para demostrar el cumplimiento de su propia contribución determinada a nivel nacional.
 6. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París velará por que una parte de los fondos devengados de las actividades que se realicen en el marco del mecanismo a que se refiere el párrafo 4 del presente artículo se utilice para sufragar los gastos administrativos y para ayudar a las Partes que son países en desarrollo particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático a hacer frente a los costos de la adaptación.
 7. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París aprobará las normas, las modalidades y los procedimientos del mecanismo a que se refiere el párrafo 4 del presente artículo en su primer período de sesiones.
 8. Las Partes reconocen la importancia de disponer de enfoques no relacionados con el mercado que sean integrados, holísticos y equilibrados y que les ayuden a cumplir con sus contribuciones determinadas a nivel nacional, en el contexto del desarrollo sostenible y de la erradicación de la pobreza y de manera coordinada y eficaz, entre otras cosas mediante la mitigación, la adaptación, la financiación, la transferencia de tecnología y el fomento de la capacidad, según proceda. Estos enfoques tendrán por objeto:
 - a) Promover la ambición relativa a la mitigación y la adaptación;
 - b) Aumentar la participación pública y privada en la aplicación de las contribuciones determinadas a nivel nacional; y
 - c) Ofrecer oportunidades para la coordinación de los instrumentos y los arreglos institucionales pertinentes.
 9. Por el presente se define un marco para los enfoques de desarrollo sostenible no relacionados con el mercado, a fin de promover los enfoques no relacionados con el mercado a que se refiere el párrafo 8 del presente artículo.

Artículo 7

1. Por el presente, las Partes establecen el objetivo mundial relativo a la adaptación, que consiste en aumentar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático con miras a contribuir al desarrollo sostenible y lograr una respuesta de adaptación adecuada en el contexto del objetivo referente a la temperatura que se menciona en el artículo 2.
2. Las Partes reconocen que la adaptación es un desafío mundial que incumbe a todos, con dimensiones locales, subnacionales, nacionales, regionales e internacionales, y que es un componente fundamental de la respuesta mundial a largo plazo frente al cambio climático y contribuye a esa respuesta, cuyo fin es proteger a las personas, los medios de vida y los ecosistemas, teniendo en cuenta las necesidades urgentes e inmediatas de las Partes que son países en desarrollo particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático.

3. Los esfuerzos de adaptación que realicen las Partes que son países en desarrollo serán reconocidos, con arreglo a las modalidades que apruebe la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París en su primer periodo de sesiones.
4. Las Partes reconocen que la necesidad actual de adaptación es considerable, que un incremento de los niveles de mitigación puede reducir la necesidad de esfuerzos adicionales de adaptación, y que un aumento de las necesidades de adaptación puede entrañar mayores costos de adaptación.
5. Las Partes reconocen que la labor de adaptación debería llevarse a cabo mediante un enfoque que deje el control en manos de los países, responda a las cuestiones de género y sea participativo y del todo transparente, tomando en consideración a los grupos, comunidades y ecosistemas vulnerables, y que dicha labor debería basarse e inspirarse en la mejor información científica disponible y, cuando corresponda, en los conocimientos tradicionales, los conocimientos de los pueblos indígenas y los sistemas de conocimientos locales, con miras a integrar la adaptación en las políticas y medidas socioeconómicas y ambientales pertinentes, cuando sea el caso.
6. Las Partes reconocen la importancia del apoyo prestado a los esfuerzos de adaptación y de la cooperación internacional en esos esfuerzos, y la importancia de que se tomen en consideración las necesidades de las Partes que son países en desarrollo, en especial de las que son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático.
7. Las Partes deberían reforzar su cooperación para potenciar la labor de adaptación, teniendo en cuenta el Marco de Adaptación de Cancún, entre otras cosas con respecto a:
 - a) El intercambio de información, buenas prácticas, experiencias y enseñanzas extraídas, en lo referente, según el caso, a la ciencia, la planificación, las políticas y la aplicación de medidas de adaptación, entre otras cosas;
 - b) El fortalecimiento de los arreglos institucionales, incluidos los de la Convención que estén al servicio del presente Acuerdo, para apoyar la síntesis de la información y los conocimientos pertinentes, así como la provisión de orientación y apoyo técnico a las Partes;
 - c) El fortalecimiento de los conocimientos científicos sobre el clima, con inclusión de la investigación, la observación sistemática del sistema climático y los sistemas de alerta temprana, de un modo que aporte información a los servicios climáticos y apoye la adopción de decisiones;
 - d) La prestación de asistencia a las Partes que son países en desarrollo en la determinación de las prácticas de adaptación eficaces, las necesidades de adaptación, las prioridades, el apoyo prestado y recibido para las medidas y los esfuerzos de adaptación, las dificultades y las carencias, de una manera que permita promover las buenas prácticas;
 - e) El aumento de la eficacia y la durabilidad de las medidas de adaptación.
8. Se alienta a las organizaciones y organismos especializados de las Naciones Unidas a que apoyen los esfuerzos de las Partes por llevar a efecto las medidas mencionadas en el párrafo 7 del presente artículo, teniendo en cuenta lo dispuesto en su párrafo 5.
9. Cada Parte deberá, cuando sea el caso, emprender procesos de planificación de la adaptación y adoptar medidas, como la formulación o mejora de los planes, políticas o contribuciones pertinentes, lo que podrá incluir:
 - a) La aplicación de medidas, iniciativas y/o esfuerzos de adaptación;

- b) El proceso de formulación y ejecución de los planes nacionales de adaptación;
 - c) La evaluación de los efectos del cambio climático y de la vulnerabilidad a este, con miras a formular sus medidas prioritarias determinadas a nivel nacional, teniendo en cuenta a las personas, los lugares y los ecosistemas vulnerables;
 - d) La vigilancia y evaluación de los planes, políticas, programas y medidas de adaptación y la extracción de las enseñanzas correspondientes; y
 - e) El aumento de la resiliencia de los sistemas socioeconómicos y ecológicos, en particular mediante la diversificación económica y la gestión sostenible de los recursos naturales.
10. Cada Parte debería, cuando proceda, presentar y actualizar periódicamente una comunicación sobre la adaptación, que podrá incluir sus prioridades, sus necesidades de aplicación y apoyo, sus planes y sus medidas, sin que ello suponga una carga adicional para las Partes que son países en desarrollo.
 11. La comunicación sobre la adaptación mencionada en el párrafo 10 del presente artículo deberá, según el caso, presentarse o actualizarse periódicamente, como un componente de otras comunicaciones o documentos, por ejemplo de un plan nacional de adaptación, de la contribución determinada a nivel nacional prevista en el artículo 4, párrafo 2, o de una comunicación nacional, o conjuntamente con ellas.
 12. La comunicación sobre la adaptación mencionada en el párrafo 10 del presente artículo deberá inscribirse en un registro público que llevará la secretaría.
 13. Se prestará un apoyo internacional continuo y reforzado a las Partes que son países en desarrollo para la aplicación de los párrafos 7, 9, 10 y 11 del presente artículo, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 9, 10 y 11.
 14. El balance mundial a que se refiere el artículo 14 deberá, entre otras cosas:
 - a) Reconocer los esfuerzos de adaptación de las Partes que son países en desarrollo;
 - b) Mejorar la aplicación de las medidas de adaptación teniendo en cuenta la comunicación sobre la adaptación mencionada en el párrafo 10 del presente artículo;
 - c) Examinar la idoneidad y eficacia de la adaptación y el apoyo prestado para ella; y
 - d) Examinar los progresos globales realizados en el logro del objetivo mundial relativo a la adaptación que se enuncia en el párrafo 1 del presente artículo.

Artículo 8

1. Las Partes reconocen la importancia de evitar, reducir al mínimo y afrontar las pérdidas y los daños relacionados con los efectos adversos del cambio climático, incluidos los fenómenos meteorológicos extremos y los fenómenos de evolución lenta, y la contribución del desarrollo sostenible a la reducción del riesgo de pérdidas y daños.
2. El Mecanismo Internacional de Varsovia para las Pérdidas y los Daños relacionados con las Repercusiones del Cambio Climático funcionará bajo la autoridad y la orientación de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París, y podrá mejorarse y fortalecerse según lo que esta determine.
3. Las Partes deberían reforzar la comprensión, las medidas y el apoyo, de manera cooperativa y facilitativa, entre otras cosas a través del Mecanismo Internacional de

Varsovia, cuando corresponda, con respecto a las pérdidas y los daños relacionados con los efectos adversos del cambio climático.

4. Por consiguiente, las esferas en las que se debería actuar de manera cooperativa y facilitativa para mejorar la comprensión, las medidas y el apoyo podrán incluir:
 - a) Los sistemas de alerta temprana;
 - b) La preparación para situaciones de emergencia;
 - c) Los fenómenos de evolución lenta;
 - d) Los fenómenos que puedan producir pérdidas y daños permanentes e irreversibles;
 - e) La evaluación y gestión integral del riesgo;
 - f) Los servicios de seguros de riesgos, la mancomunidad del riesgo climático y otras soluciones en el ámbito de los seguros;
 - g) Las pérdidas no económicas;
 - h) La resiliencia de las comunidades, los medios de vida y los ecosistemas.
5. El Mecanismo Internacional de Varsovia colaborará con los órganos y grupos de expertos ya existentes en el marco de la Convención, así como con las organizaciones y los órganos de expertos competentes que operen al margen de esta.

Artículo 9

1. Las Partes que son países desarrollados deberán proporcionar recursos financieros a las Partes que son países en desarrollo para prestarles asistencia tanto en la mitigación como en la adaptación, y seguir cumpliendo así sus obligaciones en virtud de la Convención.
2. Se alienta a otras Partes a que presten o sigan prestando ese apoyo de manera voluntaria.
3. En el marco de un esfuerzo mundial, las Partes que son países desarrollados deberían seguir encabezando los esfuerzos dirigidos a movilizar financiación para el clima a partir de una gran variedad de fuentes, instrumentos y cauces, teniendo en cuenta el importante papel de los fondos públicos, a través de diversas medidas, como el apoyo a las estrategias controladas por los países, y teniendo en cuenta las necesidades y prioridades de las Partes que son países en desarrollo. Esa movilización de financiación para el clima debería representar una progresión con respecto a los esfuerzos anteriores.
4. En el suministro de un mayor nivel de recursos financieros se debería buscar un equilibrio entre la adaptación y la mitigación, teniendo en cuenta las estrategias que determinen los países y las prioridades y necesidades de las Partes que son países en desarrollo, en especial de las que son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático y tienen limitaciones importantes de capacidad, como los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo, y tomando en consideración la necesidad de recursos públicos y a título de donación para la labor de adaptación.
5. Las Partes que son países desarrollados deberán comunicar bienalmente información indicativa, de carácter cuantitativo y cualitativo, en relación con lo dispuesto en los párrafos 1 y 3 del presente artículo, según corresponda, con inclusión de los niveles proyectados de recursos financieros públicos que se suministrarán a las Partes que son países en desarrollo, cuando se conozcan. Se alienta a las otras Partes que

proporcionen recursos a que comuniquen bienalmente esa información de manera voluntaria.

6. En el balance mundial de que trata el artículo 14 se tendrá en cuenta la información pertinente que proporcionen las Partes que son países desarrollados y/o los órganos del Acuerdo sobre los esfuerzos relacionados con la financiación para el clima.
7. Las Partes que son países desarrollados deberán proporcionar bienalmente información transparente y coherente sobre el apoyo para las Partes que son países en desarrollo que se haya prestado y movilizado mediante intervenciones públicas, de conformidad con las modalidades, los procedimientos y las directrices que apruebe la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París en su primer período de sesiones, como se establece en el artículo 13, párrafo 13. Se alienta a otras Partes a que hagan lo mismo.
8. El Mecanismo Financiero de la Convención, con las entidades encargadas de su funcionamiento, constituirá el mecanismo financiero del presente Acuerdo.
9. Las instituciones al servicio del presente Acuerdo, incluidas las entidades encargadas del funcionamiento del Mecanismo Financiero de la Convención, procurarán ofrecer a los países en desarrollo, en particular a los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo, un acceso eficiente a los recursos financieros mediante procedimientos de aprobación simplificados y un mayor apoyo para la preparación, en el contexto de sus planes y estrategias nacionales sobre el clima.

Artículo 10

1. Las Partes comparten una visión a largo plazo que reconoce la importancia de hacer plenamente efectivos el desarrollo y la transferencia de tecnología para mejorar la resiliencia al cambio climático y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
2. Las Partes, teniendo en cuenta la importancia de la tecnología para la puesta en práctica de medidas de mitigación y adaptación en virtud del presente Acuerdo y tomando en consideración los esfuerzos de difusión y despliegue de tecnología que ya se están realizando, deberán fortalecer su cooperación en el desarrollo y la transferencia de tecnología.
3. El Mecanismo Tecnológico establecido en el marco de la Convención estará al servicio del presente Acuerdo.
4. Por el presente se establece un marco tecnológico que impartirá orientación general al Mecanismo Tecnológico en su labor de promover y facilitar el fortalecimiento del desarrollo y la transferencia de tecnología a fin de respaldar la aplicación del presente Acuerdo, con miras a hacer realidad la visión a largo plazo enunciada en el párrafo 1 de este artículo.
5. Para dar una respuesta eficaz y a largo plazo al cambio climático y promover el crecimiento económico y el desarrollo sostenible es indispensable posibilitar, alentar y acelerar la innovación. Este esfuerzo será respaldado como corresponda, entre otros por el Mecanismo Tecnológico y, con medios financieros, por el Mecanismo Financiero de la Convención, a fin de impulsar los enfoques colaborativos en la labor de investigación y desarrollo y de facilitar el acceso de las Partes que son países en desarrollo a la tecnología, en particular en las primeras etapas del ciclo tecnológico.
6. Se prestará apoyo, también de carácter financiero, a las Partes que son países en desarrollo para la aplicación del presente artículo, entre otras cosas para fortalecer la cooperación en el desarrollo y la transferencia de tecnología en las distintas etapas del ciclo tecnológico, con miras a lograr un equilibrio entre el apoyo destinado a la

mitigación y a la adaptación. En el balance mundial a que se refiere el artículo 14 se tendrá en cuenta la información que se comunique sobre los esfuerzos relacionados con el apoyo al desarrollo de tecnología y a su transferencia a las Partes que son países en desarrollo.

Artículo 11

1. El fomento de la capacidad en el marco del presente Acuerdo debería mejorar la capacidad y las competencias de las Partes que son países en desarrollo, en particular de los que tienen menos capacidad, como los países menos adelantados, y los que son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, como los pequeños Estados insulares en desarrollo, para llevar a cabo una acción eficaz frente al cambio climático, entre otras cosas, para aplicar medidas de adaptación y mitigación, y debería facilitar el desarrollo, la difusión y el despliegue de tecnología, el acceso a financiación para el clima, los aspectos pertinentes de la educación, formación y sensibilización del público y la comunicación de información de forma transparente, oportuna y exacta.
2. El fomento de la capacidad debería estar bajo el control de los países, basarse en las necesidades nacionales y responder a ellas, y fomentar la implicación de las Partes, en particular de las que son países en desarrollo, en los planos nacional, subnacional y local. El fomento de la capacidad debería guiarse por las lecciones aprendidas, también en las actividades en esta esfera realizadas en el marco de la Convención, y debería ser un proceso eficaz e iterativo, que sea participativo y transversal y que responda a las cuestiones de género.
3. Todas las Partes deberían cooperar para mejorar la capacidad de las Partes que son países en desarrollo de aplicar el presente Acuerdo. Las Partes que son países desarrollados deberían aumentar el apoyo prestado a las actividades de fomento de la capacidad en las Partes que son países en desarrollo.
4. Todas las Partes que aumenten la capacidad de las Partes que son países en desarrollo de aplicar el presente Acuerdo mediante enfoques regionales, bilaterales y multilaterales, entre otros, deberán informar periódicamente sobre esas actividades o medidas de fomento de la capacidad. Las Partes que son países en desarrollo deberían comunicar periódicamente los progresos realizados en la ejecución de todo plan, política, actividad o medida de fomento de la capacidad que apliquen para dar efecto al presente Acuerdo.
5. Las actividades de fomento de la capacidad se potenciarán mediante los arreglos institucionales apropiados para apoyar la aplicación del presente Acuerdo, incluidos los arreglos de ese tipo que se hayan establecido en el marco de la Convención y estén al servicio del Acuerdo. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París examinará y adoptará una decisión sobre los arreglos institucionales iniciales para el fomento de la capacidad en su primer período de sesiones.

Artículo 12

Las Partes deberán cooperar en la adopción de las medidas que correspondan para mejorar la educación, la formación, la sensibilización y participación del público y el acceso público a la información sobre el cambio climático, teniendo presente la importancia de estas medidas para mejorar la acción en el marco del presente Acuerdo.

Artículo 13

1. Con el fin de fomentar la confianza mutua y de promover la aplicación efectiva, por el presente se establece un marco de transparencia reforzado para las medidas y el apoyo, dotado de flexibilidad para tener en cuenta las diferentes capacidades de las Partes y basado en la experiencia colectiva.
2. El marco de transparencia ofrecerá flexibilidad a las Partes que son países en desarrollo que lo necesiten, teniendo en cuenta sus capacidades, para la aplicación de las disposiciones del presente artículo. Esa flexibilidad se reflejará en las modalidades, los procedimientos y las directrices a que se hace referencia en el párrafo 13 del presente artículo.
3. El marco de transparencia tomará como base y reforzará los arreglos para la transparencia previstos en la Convención, reconociendo las circunstancias especiales de los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo, se aplicará de manera facilitadora, no intrusiva y no punitiva, respetando la soberanía nacional, y evitará imponer una carga indebida a las Partes.
4. Los arreglos para la transparencia previstos en la Convención, como las comunicaciones nacionales, los informes bienales y los informes bienales de actualización, el proceso de evaluación y examen internacional y el proceso de consulta y análisis internacional, formarán parte de la experiencia que se tendrá en cuenta para elaborar las modalidades, los procedimientos y las directrices previstos en el párrafo 13 del presente artículo.
5. El propósito del marco de transparencia de las medidas es dar una visión clara de las medidas adoptadas para hacer frente al cambio climático a la luz del objetivo de la Convención, enunciado en su artículo 2, entre otras cosas aumentando la claridad y facilitando el seguimiento de los progresos realizados en relación con las contribuciones determinadas a nivel nacional de cada una de las Partes en virtud del artículo 4, y de las medidas de adaptación adoptadas por las Partes en virtud del artículo 7, incluidas las buenas prácticas, las prioridades, las necesidades y las carencias, como base para el balance mundial a que se refiere el artículo 14.
6. El propósito del marco de transparencia del apoyo es dar una visión clara del apoyo prestado o recibido por las distintas Partes en el contexto de las medidas para hacer frente al cambio climático previstas en los artículos 4, 7, 9, 10 y 11 y ofrecer, en lo posible, un panorama completo del apoyo financiero agregado que se haya prestado, como base para el balance mundial a que se refiere el artículo 14.
7. Cada Parte deberá proporcionar periódicamente la siguiente información:
 - a) Un informe sobre el inventario nacional de las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros de gases de efecto invernadero, elaborado utilizando las metodologías para las buenas prácticas aceptadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático que haya aprobado la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París;
 - b) La información necesaria para hacer un seguimiento de los progresos alcanzados en la aplicación y el cumplimiento de su contribución determinada a nivel nacional en virtud del artículo 4.
8. Cada Parte debería proporcionar también información relativa a los efectos del cambio climático y a la labor de adaptación con arreglo al artículo 7, según proceda.
9. Las Partes que son países desarrollados deberán, y las otras Partes que proporcionen apoyo deberían, suministrar información sobre el apoyo en forma de financiación,

transferencia de tecnología y fomento de la capacidad prestado a las Partes que son países en desarrollo de conformidad con lo dispuesto en los artículos 9, 10 y 11.

10. Las Partes que son países en desarrollo deberían proporcionar información sobre el apoyo en forma de financiación, transferencia de tecnología y fomento de la capacidad requerido y recibido con arreglo a lo dispuesto en los artículos 9, 10 y 11.
11. La información que comunique cada Parte conforme a lo solicitado en los párrafos 7 y 9 del presente artículo se someterá a un examen técnico por expertos, de conformidad con la decisión 1/CP.21. Para las Partes que son países en desarrollo que lo requieran a la luz de sus capacidades, el proceso de examen incluirá asistencia para determinar las necesidades de fomento de la capacidad. Además, cada Parte participará en un examen facilitador y multilateral de los progresos alcanzados en sus esfuerzos relacionados con lo dispuesto en el artículo 9, así como en la aplicación y el cumplimiento de su respectiva contribución determinada a nivel nacional.
12. El examen técnico por expertos previsto en el presente párrafo consistirá en la consideración del apoyo prestado por la Parte interesada, según corresponda, y en la aplicación y el cumplimiento por esta de su contribución determinada a nivel nacional. El examen también determinará los ámbitos en que la Parte interesada pueda mejorar, e incluirá un examen de la coherencia de la información con las modalidades, procedimientos y directrices a que se hace referencia en el párrafo 13 del presente artículo, teniendo en cuenta la flexibilidad otorgada a esa Parte con arreglo al párrafo 2 del presente artículo. En el examen se prestará especial atención a las respectivas capacidades y circunstancias nacionales de las Partes que son países en desarrollo.
13. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París, en su primer período de sesiones, aprovechando la experiencia adquirida con los arreglos relativos a la transparencia en el marco de la Convención y definiendo con más detalle las disposiciones del presente artículo, aprobará modalidades, procedimientos y directrices comunes, según proceda, para la transparencia de las medidas y el apoyo.
14. Se prestará apoyo a los países en desarrollo para la aplicación del presente artículo.
15. Se prestará también apoyo continuo para aumentar la capacidad de transparencia de las Partes que son países en desarrollo.

Artículo 14

1. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París hará periódicamente un balance de la aplicación del presente Acuerdo para determinar el avance colectivo en el cumplimiento de su propósito y de sus objetivos a largo plazo ("el balance mundial"), y lo hará de manera global y facilitadora, examinando la mitigación, la adaptación, los medios de aplicación y el apoyo, y a la luz de la equidad y de la mejor información científica disponible.
2. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París hará su primer balance mundial en 2023 y a partir de entonces, a menos que decida otra cosa, lo hará cada cinco años.
3. El resultado del balance mundial aportará información a las Partes para que actualicen y mejoren, del modo que determinen a nivel nacional, sus medidas y su apoyo de conformidad con las disposiciones pertinentes del presente Acuerdo, y para que aumenten la cooperación internacional en la acción relacionada con el clima.

Artículo 15

1. Por el presente se establece un mecanismo para facilitar la aplicación y promover el cumplimiento de las disposiciones del presente Acuerdo.
2. El mecanismo mencionado en el párrafo 1 del presente artículo consistirá en un comité compuesto por expertos y de carácter facilitador, que funcionará de manera transparente, no contenciosa y no punitiva. El comité prestará especial atención a las respectivas circunstancias y capacidades nacionales de las Partes.
3. El comité funcionará con arreglo a las modalidades y los procedimientos que apruebe en su primer período de sesiones la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París, a la que presentará informes anuales.

Artículo 16

1. La Conferencia de las Partes, que es el órgano supremo de la Convención, actuará como reunión de las Partes en el presente Acuerdo.
2. Las Partes en la Convención que no sean partes en el presente Acuerdo podrán participar como observadoras en las deliberaciones de cualquier período de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Acuerdo. Cuando la Conferencia de las Partes actúe como reunión de las Partes en el presente Acuerdo, las decisiones en el ámbito del Acuerdo serán adoptadas únicamente por las Partes en el presente Acuerdo.
3. Cuando la Conferencia de las Partes actúe como reunión de las Partes en el presente Acuerdo, todo miembro de la Mesa de la Conferencia de las Partes que represente a una Parte en la Convención que a la fecha no sea parte en el presente Acuerdo será reemplazado por otro miembro que será elegido de entre las Partes en el presente Acuerdo y por ellas mismas.
4. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París examinará regularmente la aplicación del presente Acuerdo y, conforme a su mandato, tomará las decisiones necesarias para promover su aplicación efectiva. Cumplirá las funciones que le asigne el presente Acuerdo y:
 - a) Establecerá los órganos subsidiarios que considere necesarios para la aplicación del presente Acuerdo; y
 - b) Desempeñará las demás funciones que sean necesarias para la aplicación del presente Acuerdo.
5. El reglamento de la Conferencia de las Partes y los procedimientos financieros aplicados en relación con la Convención se aplicarán *mutatis mutandis* en relación con el presente Acuerdo, a menos que decida otra cosa por consenso la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París.
6. La secretaría convocará el primer período de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París en conjunto con el primer período de sesiones de la Conferencia de las Partes que se programe después de la fecha de entrada en vigor del presente Acuerdo. Los siguientes períodos ordinarios de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París se celebrarán en conjunto con los períodos ordinarios de sesiones de la Conferencia de las Partes, a menos que decida otra cosa la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París.
7. Los períodos extraordinarios de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París se celebrarán cada vez que la Conferencia

de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París lo considere necesario, o cuando alguna de las Partes lo solicite por escrito, siempre que dentro de los seis meses siguientes a la fecha en que la secretaría haya transmitido a las Partes la solicitud, esta reciba el apoyo de al menos un tercio de las Partes.

8. Las Naciones Unidas, sus organismos especializados y el Organismo Internacional de Energía Atómica, así como todo Estado miembro de esas organizaciones u observador ante ellas que no sea Parte en la Convención, podrán estar representados como observadores en los periodos de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París. Todo órgano u organismo, sea nacional o internacional, gubernamental o no gubernamental, que sea competente en los asuntos de que trata el presente Acuerdo y que haya informado a la secretaría de su deseo de estar representado como observador en un periodo de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París podrá ser admitido como observador a menos que se oponga a ello un tercio de las Partes presentes. La admisión y participación de los observadores se regirán por el reglamento a que se refiere el párrafo 5 de este artículo.

Artículo 17

1. La secretaría establecida por el artículo 8 de la Convención desempeñará la función de secretaría del presente Acuerdo.
2. El artículo 8, párrafo 2, de la Convención, relativo a las funciones de la secretaría, y el artículo 8, párrafo 3, de la Convención, relativo a las disposiciones para su funcionamiento, se aplicarán *mutatis mutandis* al presente Acuerdo. La secretaría ejercerá además las funciones que se le asignen en el marco del presente Acuerdo y que le confie la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París.

Artículo 18

1. El Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico y el Órgano Subsidiario de Ejecución establecidos por los artículos 9 y 10 de la Convención actuarán como Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico y Órgano Subsidiario de Ejecución del presente Acuerdo, respectivamente. Las disposiciones de la Convención sobre el funcionamiento de estos dos órganos se aplicarán *mutatis mutandis* al presente Acuerdo. Los periodos de sesiones del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico y del Órgano Subsidiario de Ejecución del presente Acuerdo se celebrarán conjuntamente con los del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico y el Órgano Subsidiario de Ejecución de la Convención, respectivamente.
2. Las Partes en la Convención que no sean partes en el presente Acuerdo podrán participar como observadoras en las deliberaciones de cualquier periodo de sesiones de los órganos subsidiarios. Cuando los órganos subsidiarios actúen como órganos subsidiarios del presente Acuerdo, las decisiones en el ámbito del Acuerdo serán adoptadas únicamente por las Partes en el Acuerdo.
3. Cuando los órganos subsidiarios establecidos por los artículos 9 y 10 de la Convención ejerzan sus funciones respecto de cuestiones de interés para el presente Acuerdo, todo miembro de la mesa de los órganos subsidiarios que represente a una Parte en la Convención que a esa fecha no sea parte en el Acuerdo será reemplazado por otro miembro que será elegido de entre las Partes en el Acuerdo y por ellas mismas.

Artículo 19

1. Los órganos subsidiarios u otros arreglos institucionales establecidos por la Convención o en el marco de esta que no se mencionan en el presente Acuerdo estarán al servicio de este si así lo decide la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París especificará las funciones que deberán ejercer esos órganos subsidiarios o arreglos.
2. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París podrá impartir orientaciones adicionales a esos órganos subsidiarios y arreglos institucionales.

Artículo 20

1. El presente Acuerdo estará abierto a la firma y sujeto a la ratificación, aceptación o aprobación de los Estados y de las organizaciones regionales de integración económica que sean Partes en la Convención. Quedará abierto a la firma en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York del 22 de abril de 2016 al 21 de abril de 2017, y a la adhesión a partir del día siguiente a aquel en que quede cerrado a la firma. Los instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión se depositarán en poder del Depositario.
2. Las organizaciones regionales de integración económica que pasen a ser partes en el presente Acuerdo sin que ninguno de sus Estados miembros lo sea quedarán sujetas a todas las obligaciones dimanantes del Acuerdo. En el caso de las organizaciones regionales de integración económica que tengan uno o más Estados miembros que sean Partes en el presente Acuerdo, la organización y sus Estados miembros determinarán sus respectivas responsabilidades en el cumplimiento de las obligaciones que les incumban en virtud del presente Acuerdo. En tales casos, la organización y los Estados miembros no podrán ejercer simultáneamente los derechos conferidos por el Acuerdo.
3. Las organizaciones regionales de integración económica indicarán en sus instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión su grado de competencia con respecto a las cuestiones regidas por el presente Acuerdo. Esas organizaciones comunicarán asimismo cualquier modificación sustancial de su ámbito de competencia al Depositario, que a su vez la comunicará a las Partes.

Artículo 21

1. El presente Acuerdo entrará en vigor al trigésimo día contado desde la fecha en que no menos de 55 Partes en la Convención, cuyas emisiones estimadas representen globalmente un 55% del total de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, hayan depositado sus instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión.
2. A los efectos exclusivamente del párrafo 1 del presente artículo, por "total de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero" se entenderá la cantidad más actualizada que las Partes en la Convención hayan comunicado en la fecha de aprobación del presente Acuerdo, o antes de esa fecha.
3. Para cada Estado u organización regional de integración económica que ratifique, acepte o apruebe el presente Acuerdo o que se adhiera a él una vez reunidas las condiciones para la entrada en vigor establecidas en el párrafo 1 de este artículo, el Acuerdo entrará en vigor al trigésimo día contado desde la fecha en que el Estado o la

organización regional de integración económica haya depositado su instrumento de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión.

4. A los efectos del párrafo 1 del presente artículo, el instrumento que deposite una organización regional de integración económica no contará además de los que hayan depositado sus Estados miembros.

Artículo 22

Las disposiciones del artículo 15 de la Convención sobre la aprobación de enmiendas se aplicarán *mutatis mutandis* al presente Acuerdo.

Artículo 23

1. Las disposiciones del artículo 16 de la Convención sobre la aprobación y enmienda de los anexos de la Convención se aplicarán *mutatis mutandis* al presente Acuerdo.
2. Los anexos del Acuerdo formarán parte integrante de este y, a menos que se disponga expresamente otra cosa, toda referencia al presente Acuerdo constituirá al mismo tiempo una referencia a cualquiera de sus anexos. En los anexos solo se podrán incluir listas, formularios y cualquier otro material descriptivo que trate de asuntos científicos, técnicos, de procedimiento o administrativos.

Artículo 24

Las disposiciones del artículo 14 de la Convención sobre el arreglo de controversias se aplicarán *mutatis mutandis* al presente Acuerdo.

Artículo 25

1. Con excepción de lo dispuesto en el párrafo 2 del presente artículo, cada Parte tendrá un voto.
2. Las organizaciones regionales de integración económica, en los asuntos de su competencia, ejercerán su derecho de voto con un número de votos igual al número de sus Estados miembros que sean Partes en el presente Acuerdo. Esas organizaciones no ejercerán su derecho de voto si cualquiera de sus Estados miembros ejerce el suyo, y viceversa.

Artículo 26

El Secretario General de las Naciones Unidas será el Depositario del presente Acuerdo.

Artículo 27

No se podrán formular reservas al presente Acuerdo.

Artículo 28

1. Cualquiera de las Partes podrá denunciar el presente Acuerdo mediante notificación por escrito al Depositario en cualquier momento después de que hayan transcurrido tres años a partir de la fecha de entrada en vigor del Acuerdo para esa Parte.
2. La denuncia surtirá efecto al cabo de un año contado desde la fecha en que el Depositario haya recibido la notificación correspondiente o, posteriormente, en la fecha que se indique en la notificación.
3. Se considerará que la Parte que denuncia la Convención denuncia asimismo el presente Acuerdo.

Artículo 29

El original del presente Acuerdo, cuyos textos en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso son igualmente auténticos, se depositará en poder del Secretario General de las Naciones Unidas.

HECHO en París el día doce de diciembre de dos mil quince.

EN TESTIMONIO DE LO CUAL los infrascritos, debidamente autorizados a esos efectos, han firmado el presente Acuerdo.

Anexo 3. Análisis Físico Químico de los Suelos



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE SUELOS

Nombre del remitente: Andrea Coronel

Fecha de ingreso: 18/10/2012
Fecha de salida : 29/10/2012

Ubicación de la muestra: Chocavi
Nombre del sector

San Isidro
Parroquia
Cantón

Chimborazo
Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACION DEL ANALISIS FISICO Y QUIMICO DE SUELOS

	mg/L			g/g			%			Granulometría, %								
	pH	%M.C	%H	%C.Org	NH4	P	K	D.A	DR	Textura	Poros	2mm	1mm	0.5mm	0.2mm	0.10mm	<0.10	
1	5.1 Ac.	4.7 M.	47.5	6.1	13.1 B	17.1 M	594.5 A	1.3	2.6	F. Arenoso	50	2.33	15.84	26.63	21.78	4.95	12.17	16.26
2	5.0 Ac.	5.7 M.	53.0	7.4	19.0 B	20.6 M	914.6 A	1.4	2.5	F. Arenoso	56	1.50	14.75	28.57	20.54	5.87	16.27	12.30
3	5.3 Ac.	3.8 M.	37.1	4.9	12.0 B	19.5 M	984.9 A	1.4	2.6	F. Arenoso	56	3.5	17.34	22.02	19.54	4.67	15.97	15.66
4	5.0 Ac.	4.1 M.	38.9	5.8	13.4 B	19.2 M	946.4 A	1.5	2.5	F. Arenoso	60	3.8	16.89	24.67	20.62	6.35	10.21	17.46

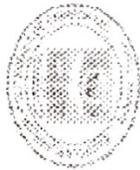
Postdata: Las muestras analizadas provienen de humedales, obteniendo un contenido medio de materia orgánica.

CODIGO	
N / Neutro	A / alto
Ac / Acido	M / medio
LAc / Ligemente Acido	B / bajo

[Signature]
Ing. Mónica Espinoza A.
DIRECTOR DPTO SUELOS

[Signature]
Ing. Elizabeth Pachacama Ch.
TECNICO DE LABORATORIO

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km1 W. Facultad de Recursos Naturales, Tlfono 2999220 Extensión 418



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE SUELOS

Nombre del remitente: Andrea Coronel

Ubicación de la muestra: Chocavi
Nombre del sector

San Isidro
Parroquia

Guano
Cantón

Fecha de ingreso: 18/10/2012
Fecha de salida : 29/10/2012
Chimborazo
Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACION DEL ANALISIS FISICO Y QUIMICO DE SUELOS

# MUESTRA	mmhos/cm	Conductividad eléctrica
1	< 2	no salino
2	< 2	no salino
3	< 2	no salino
4	< 2	no salino

Ing. Mariela Mateo A.
DIRECTOR DPTO SUELOS

Ing. Elizabeth Pachacama Ch.
TECNICO DE LABORATORIO

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Teléfono 2998220 Extensión 418



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
DEPARTAMENTO DE SUELOS

Nombre del remitente: Andrea Coronel
Remite:
Ubicación: Chocavi
Nombre de la granja

San Isidro
Parroquia

Guano
Cantón

Fecha de ingreso: 29/11/2012
Fecha de salida: 04/12/2012
Chimborazo
Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

Identificación	% Carbono Orgánico
Raíces paja	41.9
Suelo	3.7
Almohadilla	33.6
Raíces	53.6

Ing. Mario E. Chate A.
DIRECTOR DPTO DE SUELOS

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km1 1/2, Facultad de Recursos Naturales .Tlfono 2998220 Extensión 418

Ing. Elizabeth Pachacama
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 5. Análisis Microbiológico de Suelos



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
DEPARTAMENTO DE FITOPATOLOGIA
RIOBAMBA – ECUADOR
DIRECCIÓN: Panamericana Sur Km 1 ½ Telefax 032303330

DATOS INFORMATIVOS

SOLICITANTE: Andrea Coronel

MUESTRA: suelo de Páramo

LOCALIDAD: Páramo de Chocaví

FECHA DE INGRESO: 15 de Octubre del 2012

FECHA DE ENTREGA: 30 de Octubre del 2012

MOTIVO DE ANALISIS: Determinación de las características Microbiológicas del suelo.

METODOLOGIA

El análisis se realizó con la técnica de diluciones sucesivas y empleando medios de cultivo selectivos.

Aislamiento, purificación e identificación de microorganismos del suelo.

- Una porción de suelo de cada muestra se secó a temperatura ambiente, y tamizó.
- Se pesó 10 g de suelo y se los colocó en un erlenmeyer con 90 ml de agua destilada estéril (solución madre).
- Se procedió a agitar esta suspensión terrosa por 20 minutos y luego se dejó reposar por 5 minutos.
- Se tomó 1 ml de la solución madre y se transfirió a un tubo de ensayo con 9 ml de agua destilada estéril para obtener la dilución 10^{-2} , proceso similar se realizó hasta obtener un sistema de diluciones hasta un factor de 10^{-6} .
- Utilizando la cámara de aislamiento previamente desinfectada, se prepararon las cajas petri, con medio papa dextrosa agar (medios enriquecidos con antibióticos para inhibir bacterias en el aislamiento de hongos, mientras que para el aislamiento de bacterias se enriqueció el medio con un fungicida) se dejó solidificar el medio y se colocó 0,1 ml de la suspensión terrosa, repartiendo de modo uniforme la gota por el método de extensión en placa.
- Los platos petri así inoculados con cada una de las diluciones fueron incubadas en la estufa, a $27 \pm 1^\circ\text{C}$ y bajo oscuridad, por cinco días. Luego de este período se dejaron a la luz por dos días.
- Al séptimo día se constató las colonias de microorganismos presentes.
- Se realizó la identificación de cada uno de los microorganismos aislados mediante la utilización del microscopio y uso de las claves correspondientes



Figura 1. Secado de las muestras



Figura 2. Preparación suspensión madre y diluciones



Figura 3. Siembra.



Figura 4. Incubación



Figura 5. conteo de colonias de hongos y bacterias



Figura 6. Identificación microscópica

RESULTADOS:

MUESTRAS	MICROORGANISMOS	POBLACIÓN
Muestra 1	<i>Penicillium</i>	5.0 X 10 ³ upc/g de suelo
	<i>Aspergillus</i>	2.0 X 10 ³ upc/g de suelo
	<i>Fusarium</i>	3.0 X 10 ⁵ upc/g de suelo
	<i>Ulocladium</i>	1.0 X 10 ³ upc/g de suelo
	<i>Gliocladium</i>	1.3 X 10 ³ upc/g de suelo
	BACTERIAS	9.6 X 10 ⁵ ufc/g de suelo
Muestra 2	<i>Penicillium</i>	8.6 X 10 ⁶ upc/g de suelo
	<i>Aspergillus</i>	5.2 X 10 ⁶ upc/g de suelo
	<i>Gliocladium</i>	4.2 X 10 ⁶ upc/g de suelo
	<i>Helicocephalum</i>	1.8 X 10 ⁶ upc/g de suelo
	<i>Ulocladium</i>	1.5 X 10 ⁶ upc/g de suelo
	<i>Cilindrocladium</i>	1.5 X 10 ⁶ upc/g de suelo
	<i>Cilindrocarpon</i>	2.0 X 10 ⁶ upc/g de suelo
	BACTERIAS	6.2X 10 ⁵ ufc/g de suelo
Muestra 3	<i>Penicillium</i>	3.0 X 10 ⁵ upc/g de suelo
	<i>Aspergillus</i>	1.8 X 10 ⁶ upc/g de suelo
	<i>Gliocladium</i>	1.4 X 10 ⁶ upc/g de suelo
	<i>Helicocephalum</i>	6.0 X 10 ⁶ upc/g de suelo
	<i>Ulocladium</i>	5.1 X 10 ⁶ upc/g de suelo
	<i>Cilindrocladium</i>	5.1 X 10 ⁵ upc/g de suelo
	<i>Cilindrocarpon</i>	6.8 X 10 ⁵ upc/g de suelo
	BACTERIAS	4.5X 10 ⁵ ufc/g de suelo
Muestra 4	<i>Penicillium</i>	3.5 X 10 ⁵ upc/g de suelo
	<i>Aspergillus</i>	2.1 X 10 ⁵ upc/g de suelo
	<i>Gliocladium</i>	1.7 X 10 ⁵ upc/g de suelo
	<i>Helicocephalum</i>	7.0 X 10 ⁴ upc/g de suelo
	<i>Ulocladium</i>	6.0 X 10 ⁴ upc/g de suelo
	<i>Cilindrocladium</i>	6.0 X 10 ⁴ upc/g de suelo
	<i>Cilindrocarpon</i>	8.0 X 10 ⁴ upc/g de suelo
BACTERIAS	5.2X 10 ⁵ ufc/g de suelo	

Ufc: unidad formadora de colonia
 Upc: unidad propagadora de colonia

Niveles Poblacionales Referenciales: 10² – 10³ baja Población
 10⁴ – 10⁵ Población media
 10⁶ en adelante Población alta

GENEROS DE HONGOS IDENTIFICADOS

Gliocladium

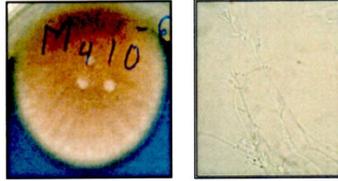


Figura 7. *Gliocladium* sp (40x)

El hongo *Gliocladium* sp es un microorganismo que está en la naturaleza y que tienen propiedades antagonistas comprobadas en laboratorio contra hongos patógenos que causan enfermedades como *Pythium* sp.; y con potencial como bioinsumo en la elaboración de biofertilizantes por su capacidad solubilizadora de fosfatos. Ha sido aislado a partir de diferentes tipos de suelos. También se ha encontrado colonizando troncos caídos, mantillo de hojas, raíces de habichuelas, estolones de maní, bulbos de iris, tubérculos de papa y en la superficie de un gran número de plantas silvestres y en cultivo del trópico. Su abundancia disminuye con la profundidad del suelo.

Puede crecer a pH entre 3 y 8,2, con un óptimo a 5,6. Colonia de color blanco que con el tiempo se torna rosada. El reverso de la colonia es rosado fuerte.

Cilindrocladium

Es un hongo habitante natural de los suelos que puede provocar enfermedades cuyos síntomas son: manchas de color café oscuro en las hojas y partes negras en los tallos. Como resultado de la infección, las plantas se deshojan y sobreviene una muerte degenerativa.

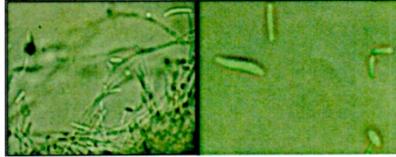


Figura 8. *Cilindrocladium* sp

Cilindrocarpon

Se ha visto asociado causando “black-foot” (pie negro) enfermedad que se caracteriza por que se observan coloraciones oscuras en los elementos vasculares. Asimismo, se reduce la biomasa radicular, el número de raíces absorbentes y aparecen lesiones necróticas en las raíces. También se ha observado problemas en el prendimiento de los injertos. Las plantas infectadas pueden llegar a secarse.

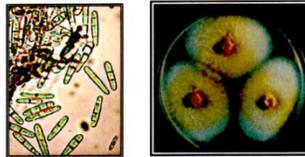


Figura 9. *Cilindrocarpon* sp

Ulocladium

Este hongo produce podredumbres cuyos síntomas se caracterizan por presentar manchitas deprimidas blancas al principio de 1 a 2 mm de diámetro que pueden alcanzar 2 cm o más. Las lesiones pueden ser confluentes y en atmosfera húmeda se cubren con esporas negras.

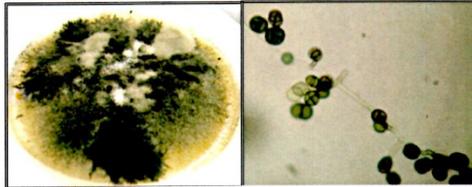


Figura 10. *Ulocladium* sp

Penicillium

Hongo filamentoso que presenta conidióforos tabicados de pared lisa (200-300 μm), ramificado al final, con métulas (de 8-12 μm) y fiálides en forma de botella (de 7-12 μm), donde nacen conidios lisos, elipsoidales (de 2,5-4 μm) azules o verde-azulados en cadenas, sin ramificar, con un penacho o pincel característico. Colonias de crecimiento rápido, vellosas, aterciopeladas, verdosas con una corona radial ancha y blanca, a 25 °C (no crecen o crecen pobremente a 37 °C) Puede haber gotas de exudado sobre la superficie de la colonia. Reverso habitualmente amarillento o cremoso. Esporulación abundante. Olor aromático, especiado o afrutado (a manzana o a piña).

Es el hongo productor de penicilina más conocido y también puede producir algunos alcaloides como la roquefortina C, meleagrina y chrisogina. Está ampliamente distribuido en la naturaleza, suele formar colonias verdeazuladas sobre el pan duro y los cítricos, y sus esporas se encuentran frecuentemente en el polvo doméstico. Se encuentra con frecuencia en los edificios húmedos y mohosos donde deteriora diferentes materiales de construcción, entre los que resaltan el papel de decoración (crece bien en la cola empleada para su adhesión a las paredes). No muestra una notable variación estacional. Las máximas concentraciones de conidios en el aire se alcanzan en invierno y primavera (mayores en las áreas urbanas que en las rurales). Su temperatura óptima de Crecimiento es de 23 °C, pero crece entre 5 y 37 °C.

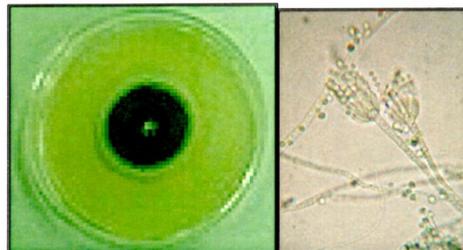


Figura 11. *Penicillium* sp

Aspergillus

Hongo filamentoso con conidióforos cortos ($300 \times 3-8 \mu\text{m}$), de pared lisa, incoloros o ligeramente verdosos, sin tabicar y sin ramificaciones. Nacen de una célula base del micelio, ensanchando al final en una vesícula amplia, coronada de esterigmas en forma de redoma (20 a $30 \mu\text{m}$ de diámetro). Esterigmas ($6-8 \mu\text{m}$) de una sola serie que nacen de la zona media de la cúpula vesicular y cubren parcialmente la superficie de la vesícula. Conidios verdes oscuros, unicelulares, redondos o seudoesféricos ($2-3 \mu\text{m}$ de diámetro) formando cadenas largas que no se ramifican y permanecen unidos formando columnas (200 a $400 \mu\text{m}$ de longitud). Colonias de crecimiento rápido, planas, vellosas, compactas, blancas al comienzo, toman rápidamente un color verde grisáceo, de aspecto aterciopelado y consistente. La superficie muestra algunos pliegues y mechones vellosos blancos. Dorso incoloro que, al envejecer, toma tintes amarillos o pardos. Su crecimiento es más rápido a 37°C .

Aspergillus sp es un saprobio cosmopolita que se ha aislado prácticamente de cualquier tipo de sustrato, especialmente del suelo y materiales orgánicos en descomposición. A pesar de esta amplia distribución, la concentración de esporas en la atmósfera es baja en comparación con otros alérgenos aerotransportados, como *Cladosporium herbarum*, *Alternaria alternata* o diferentes tipos de polen. El polvo de las casas es un nicho ecológico muy adecuado. La especie es termotolerante y es capaz de crecer entre los 12 y los 57°C . Es capaz de crecer en atmósferas que contengan un 100% de N y tolera atmósferas capnófilas in vitro (10% de CO_2). También es capaz de soportar una pasteurización a 63°C durante 25 min y provoca un calentamiento del heno y el maíz alterado que alcanzan una alta temperatura (50°C). Este hongo produce un importante número de metabolitos específicos que poseen efectos antibióticos y tóxicos, como esfingofunginas, espinulosina, ferricrocina, festuclavina, filostina, fumagilina, fumiclavina, fumifungina, fumigacina (o ácido helvólico), fumigatina, fumitoxinas, fumitremorgina, fusígeno, gliotoxina, tripacidina, triptoquivalinas, verrucologeno.

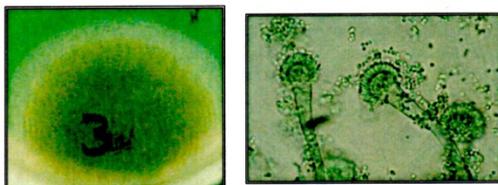


Figura 12. *Aspergillus sp*

Helicocephalum

Es un hongo que normalmente habita en el suelo de páramos.

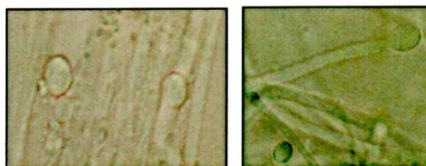
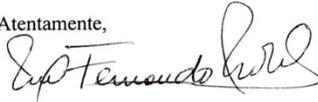


Figura 13. *Helicocephalum sp*

CONCLUSIONES:

- No se realizó identificación por géneros de bacterias por lo tanto no se puede determinar si dichos microorganismos sean patógenos o benéficos.
- Los géneros de hongos aislados son propios de suelos de páramos.
- La presencia de *Penicillium* y *Aspergillus*, demuestra la ubicuidad y la capacidad de crecer a diferentes temperaturas sobre sustratos con diversos contenidos de humedad, muy probablemente por la capacidad que tienen para producir una amplia gama de antibióticos y micotoxinas que los protegen de otros organismos del suelo dificultando el crecimiento de otras especies fúngicas, así como también el extenso sistema enzimático que poseen.
- *Aspergillus sp* es un saprobio cosmopolita que se ha aislado prácticamente de cualquier tipo de sustrato, especialmente del suelo y materiales orgánicos en descomposición.
- *Fusarium sp.* es un género de hongos de distribución universal, ubicuos y con gran importancia económica ya que son habituales fitopatógenos. Su amplia distribución se atribuye a su capacidad para crecer en gran número de sustratos y a su eficaz mecanismo de dispersión; el viento y la lluvia juegan un importante papel en su diseminación.

Atentamente,



Ing. Fernando Rivas
ANALISTA FITOPATOLOGO



Anexo 6. Absorbancias en suelo

ABSORBANCIAS EN EL SUELO DEL PARAMO DE LA COMUNIDAD CHOCAVI - SAN ISIDRO																	
PUNTO	Prof cm.	PRIMER MUESTREO						SEGUNDO MUESTREO					TERCER MUESTREO				
		ABSORBANCIAS						ABSORBANCIAS					ABSORBANCIAS				
		r1	r2	r3	r4	s	PROMEDIO	r1	r2	r3	r4	PROMEDIO	r1	r2	r3	r4	PROMEDIO
1	0 - 60	0,156	0,156	0,155	0,157	0,001	0,156	0,175	0,178	0,176	0,176	0,176	0,187	0,185	0,186	0,186	0,186
	60 - 120	0,099	0,098	0,098	0,099	0,001	0,099	0,105	0,105	0,104	0,105	0,105	0,108	0,110	0,108	0,109	0,109
2	0 - 60	0,184	0,185	0,183	0,185	0,001	0,184	0,182	0,183	0,182	0,181	0,182	0,181	0,183	0,182	0,182	0,182
	60 - 120	0,093	0,092	0,092	0,091	0,001	0,092	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,103	0,103	0,105	0,104	0,104
3	0 - 60	0,124	0,125	0,126	0,125	0,001	0,125	0,110	0,109	0,109	0,110	0,110	0,115	0,115	0,116	0,116	0,116
	60 - 120	0,078	0,078	0,079	0,079	0,001	0,079	0,079	0,080	0,078	0,078	0,079	0,079	0,081	0,080	0,081	0,081
4	0 - 60	0,138	0,136	0,138	0,137	0,001	0,137	0,169	0,167	0,166	0,165	0,167	0,171	0,173	0,174	0,173	0,173
	60 - 120	0,086	0,087	0,088	0,087	0,001	0,087	0,091	0,091	0,093	0,092	0,092	0,098	0,096	0,097	0,096	0,097

Anexo 7. Absorbancias para biomasa

VALORES DE ABSORBANCIA EN LA BIOMASA DEL PARAMO DE LA COMUNIDAD CHOCAVI - SAN ISIDRO																
PUNTO	BIOMASA	PRIMER MUESTREO					SEGUNDO MUESTREO					TERCER MUESTREO				
		ABSORBANCIAS					ABSORBANCIAS					ABSORBANCIAS				
		r1	r2	r3	r4	PROMEDIO	r1	r2	r3	r4	PROMEDIO	r1	r2	r3	r4	PROMEDIO
PUNTO 1	PAJA	0,545	0,544	0,543	0,546	0,545	0,560	0,561	0,561	0,560	0,561	0,576	0,575	0,575	0,577	0,576
	RAIZ PAJA	0,525	0,522	0,523	0,524	0,524	0,531	0,531	0,532	0,532	0,532	0,554	0,554	0,555	0,555	0,555
	ALMOHADILLA	0,456	0,457	0,455	0,457	0,456	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468	0,485	0,485	0,487	0,487	0,486
	RAIZ ALMOHADILLA	0,402	0,401	0,401	0,402	0,402	0,410	0,412	0,411	0,411	0,411	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430
	TRENCILLA	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625	0,635	0,634	0,634	0,634	0,634	0,645	0,645	0,644	0,644	0,645
	RAIZ TRENCILLA	0,611	0,612	0,610	0,610	0,611	0,618	0,618	0,619	0,617	0,618	0,626	0,626	0,624	0,626	0,626
PUNTO 2	PAJA	0,520	0,520	0,521	0,521	0,521	0,530	0,531	0,529	0,530	0,530	0,539	0,539	0,540	0,541	0,540
	RAIZ PAJA	0,498	0,497	0,497	0,497	0,497	0,512	0,512	0,513	0,513	0,513	0,520	0,519	0,519	0,519	0,519
	ALMOHADILLA	0,540	0,541	0,540	0,541	0,541	0,521	0,521	0,521	0,521	0,521	0,513	0,513	0,514	0,514	0,514
	RAIZ ALMOHADILLA	0,516	0,517	0,518	0,517	0,517	0,500	0,500	0,501	0,499	0,500	0,497	0,497	0,497	0,498	0,497
PUNTO 3	PAJA	0,488	0,488	0,489	0,488	0,488	0,448	0,448	0,448	0,449	0,448	0,456	0,457	0,457	0,458	0,457
	RAIZ PAJA	0,459	0,458	0,460	0,460	0,459	0,450	0,451	0,450	0,450	0,450	0,453	0,453	0,452	0,453	0,453
	ALMOHADILLA	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428	0,304	0,304	0,305	0,304	0,304	0,331	0,330	0,329	0,330	0,330
	RAIZ ALMOHADILLA	0,416	0,418	0,419	0,419	0,418	0,416	0,416	0,416	0,416	0,416	0,425	0,425	0,423	0,424	0,424
	TRENCILLA	0,615	0,615	0,614	0,614	0,615	0,465	0,465	0,467	0,466	0,466	0,471	0,471	0,470	0,471	0,471
	RAIZ TRENCILLA	0,603	0,604	0,605	0,605	0,604	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557
PUNTO 4	PAJA	0,580	0,581	0,580	0,580	0,580	0,603	0,603	0,602	0,603	0,603	0,617	0,619	0,618	0,617	0,618
	RAIZ PAJA	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,559	0,558	0,560	0,559	0,559	0,572	0,572	0,571	0,570	0,571
	ALMOHADILLA	0,569	0,569	0,570	0,570	0,570	0,586	0,586	0,586	0,585	0,586	0,600	0,601	0,600	0,600	0,600
	RAIZ ALMOHADILLA	0,538	0,539	0,537	0,538	0,538	0,552	0,553	0,554	0,552	0,553	0,565	0,564	0,564	0,564	0,564

Anexo 8. Valores de carbono orgánico para suelo del páramo de la comunidad Chocaví

PORCENTAJE DE CARBONO ORGANICO PRESENTE EN EL SUELO DEL PARAMO DE LA COMUNIDAD CHOCAVI - SAN ISIDRO																									
PUNTO	Prof cm.	PRIMER MUESTREO							SEGUNDO MUESTREO							TERCER MUESTREO							PROMEDIO	PROMEDIO	
		ABSORBANCIAS					DESV	CARBONO ORGANICO	ABSORBANCIAS					DESV	CARBONO ORGANICO	ABSORBANCIAS					DESV	CARBONO ORGANICO	ABSORBANCIA	CARBONO ORGANICO	
		r1	r2	r3	r4	s	PROMEDIO	ESTANDAR	%	r1	r2	r3	r4	PROMEDIO	ESTANDAR	%	r1	r2	r3	r4	PROMEDIO	ESTANDAR	%		
1	0-60	0,156	0,156	0,155	0,157	0,001	0,156	0,001	6,13	0,175	0,178	0,176	0,176	0,176	0,001	7,02	0,187	0,185	0,186	0,186	0,186	0,001	7,45	0,173	6,87
	60-120	0,099	0,098	0,098	0,099	0,001	0,099	0,001	3,61	0,105	0,105	0,104	0,105	0,105	0,001	3,88	0,108	0,110	0,108	0,109	0,109	0,001	4,06	0,104	3,85
2	0-60	0,184	0,185	0,183	0,185	0,001	0,184	0,001	7,37	0,182	0,183	0,182	0,181	0,182	0,001	7,27	0,181	0,183	0,182	0,182	0,182	0,001	7,27	0,183	7,30
	60-120	0,093	0,092	0,092	0,091	0,001	0,092	0,001	3,32	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,001	3,68	0,103	0,103	0,105	0,104	0,104	0,001	3,84	0,099	3,61
3	0-60	0,124	0,125	0,126	0,125	0,001	0,125	0,001	4,77	0,110	0,109	0,109	0,110	0,110	0,001	4,09	0,115	0,115	0,116	0,116	0,116	0,001	4,36	0,117	4,41
	60-120	0,078	0,078	0,079	0,079	0,001	0,079	0,001	2,73	0,079	0,080	0,078	0,078	0,079	0,001	2,74	0,079	0,081	0,080	0,081	0,080	0,001	2,81	0,079	2,76
4	0-60	0,138	0,136	0,138	0,137	0,001	0,137	0,001	5,31	0,169	0,167	0,166	0,165	0,167	0,001	6,60	0,171	0,173	0,174	0,173	0,173	0,001	6,87	0,159	6,26
	60-120	0,086	0,087	0,088	0,087	0,001	0,087	0,001	3,11	0,091	0,091	0,093	0,092	0,092	0,001	3,31	0,098	0,096	0,097	0,096	0,097	0,001	3,53	0,092	3,32

Anexo 9. Valores de carbono orgánico para biomasa del páramo de la comunidad Chocaví

CARBONO ORGÁNICO EN LA BIOMASA DEL PARAMO DE LA COMUNIDAD CHOCAVI - SAN ISIDRO																													
PUNTO	BIOMASA	PRIMER MUESTREO							SEGUNDO MUESTREO							TERCER MUESTREO							PROMEDIO						
		ABSORBANCIAS				DESV	INTERPOLACION	FACTOR	CARBONO ORGANICO				ABSORBANCIAS				DESV	INTERPOLACION	FACTOR	CARBONO ORGANICO									
		r1	r2	r3	r4	PROMEDIO	ESTANDAR	% CURVA	DILUCION	% TOTAL	r1	r2	r3	r4	PROMEDIO	ESTANDAR	% CURVA	DILUCION	% TOTAL	r1	r2	r3		r4	PROMEDIO	ESTANDAR	% CURVA	DILUCION	% TOTAL
PUNTO1	PAJA	0,545	0,544	0,543	0,546	0,545	0,001	23,2	2,00	46,34	0,560	0,561	0,561	0,560	0,561	0,001	23,87	2,00	47,75	0,576	0,575	0,575	0,577	0,576	0,001	24,54	2,00	49,08	47,72
	RAIZ PAJA	0,525	0,522	0,523	0,524	0,524	0,001	22,25	2,00	44,50	0,531	0,531	0,532	0,532	0,532	0,001	22,60	2,00	45,20	0,554	0,554	0,555	0,555	0,555	0,001	23,61	2,00	47,22	45,64
	ALMOHADILLA	0,456	0,457	0,455	0,457	0,456	0,001	19,30	2,00	38,60	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468	0,001	19,82	2,00	39,63	0,485	0,485	0,487	0,487	0,486	0,001	20,61	2,00	41,21	39,81
	RAIZ ALMOHADILLA	0,402	0,401	0,401	0,402	0,402	0,001	16,90	2,00	33,80	0,410	0,412	0,411	0,411	0,411	0,001	17,32	2,00	34,63	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,001	18,15	2,00	36,30	34,91
	TRENCILLA	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625	0,001	26,70	2,00	53,40	0,635	0,634	0,634	0,634	0,634	0,001	27,11	2,00	54,21	0,645	0,645	0,644	0,644	0,645	0,001	27,56	2,00	55,11	54,24
	RAIZ TRENCILLA	0,611	0,612	0,610	0,610	0,611	0,001	26,08	2,00	52,15	0,618	0,618	0,619	0,617	0,618	0,001	26,39	2,00	52,79	0,626	0,626	0,624	0,626	0,626	0,001	26,72	2,00	53,45	52,80
PUNTO2	PAJA	0,520	0,520	0,521	0,521	0,521	0,001	22,12	2,00	44,24	0,530	0,531	0,529	0,530	0,530	0,001	22,54	2,00	45,07	0,539	0,539	0,540	0,541	0,540	0,001	22,96	2,00	45,93	45,08
	RAIZ PAJA	0,498	0,497	0,497	0,497	0,497	0,001	21,10	2,00	42,20	0,512	0,512	0,513	0,513	0,513	0,001	21,77	2,00	43,54	0,520	0,519	0,519	0,519	0,519	0,001	22,06	2,00	44,13	43,29
	ALMOHADILLA	0,540	0,541	0,540	0,541	0,541	0,001	23,00	2,00	45,99	0,521	0,521	0,521	0,521	0,521	0,001	22,14	2,00	44,28	0,513	0,513	0,514	0,514	0,514	0,001	21,81	2,00	43,62	44,63
	RAIZ ALMOHADILLA	0,516	0,517	0,518	0,517	0,517	0,001	21,96	2,00	43,93	0,500	0,500	0,501	0,499	0,500	0,001	21,22	2,00	42,44	0,497	0,497	0,497	0,498	0,497	0,001	21,10	2,00	42,20	42,86
PUNTO3	PAJA	0,488	0,488	0,489	0,488	0,488	0,001	20,70	2,00	41,41	0,448	0,448	0,448	0,449	0,448	0,001	18,95	2,00	37,90	0,456	0,457	0,457	0,458	0,457	0,001	19,33	2,00	38,67	39,32
	RAIZ PAJA	0,459	0,458	0,460	0,460	0,459	0,001	19,43	2,00	38,86	0,450	0,451	0,450	0,450	0,450	0,001	19,04	2,00	38,07	0,453	0,453	0,452	0,453	0,453	0,001	19,15	2,00	38,29	38,41
	ALMOHADILLA	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428	0,001	18,06	2,00	36,12	0,304	0,304	0,305	0,304	0,304	0,001	12,63	2,00	25,27	0,331	0,330	0,329	0,330	0,330	0,001	13,76	2,00	27,53	29,64
	RAIZ ALMOHADILLA	0,416	0,418	0,419	0,419	0,418	0,001	17,62	2,00	35,25	0,416	0,416	0,416	0,416	0,416	0,001	17,54	2,00	35,07	0,425	0,425	0,423	0,424	0,424	0,001	17,90	2,00	35,79	35,37
	TRENCILLA	0,615	0,615	0,614	0,614	0,615	0,001	26,24	2,00	52,48	0,465	0,465	0,467	0,466	0,466	0,001	19,72	2,00	39,43	0,471	0,471	0,470	0,471	0,471	0,001	19,94	2,00	39,87	43,93
	RAIZ TRENCILLA	0,603	0,604	0,605	0,605	0,604	0,001	25,79	2,00	51,58	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,001	23,89	2,00	47,79	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557	0,001	23,72	2,00	47,44	48,94
PUNTO4	PAJA	0,580	0,581	0,580	0,580	0,580	0,001	24,74	2,00	49,48	0,603	0,603	0,602	0,603	0,603	0,001	25,73	2,00	51,45	0,617	0,619	0,618	0,617	0,618	0,001	26,38	2,00	52,77	51,23
	RAIZ PAJA	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,001	23,41	2,00	46,82	0,559	0,558	0,560	0,559	0,559	0,001	23,81	2,00	47,61	0,572	0,572	0,571	0,570	0,571	0,001	24,34	2,00	48,69	47,71
	ALMOHADILLA	0,569	0,569	0,570	0,570	0,570	0,001	24,27	2,00	48,54	0,586	0,586	0,586	0,585	0,586	0,001	24,98	2,00	49,96	0,600	0,601	0,600	0,600	0,600	0,001	25,62	2,00	51,23	49,91
	RAIZ ALMOHADILLA	0,538	0,539	0,537	0,538	0,538	0,001	22,89	2,00	45,77	0,552	0,553	0,554	0,552	0,553	0,001	23,53	2,00	47,07	0,565	0,564	0,564	0,564	0,564	0,001	24,04	2,00	48,07	46,97

Anexo 10. Análisis Estadístico

DISEÑO EXPERIMENTAL DE BLOQUES COMPLETAMENTE AL AZAR

MESES	PORCENTAJE DE CARBONO ORGANICO	
	SUELO	BIOMASA
Septiembre	4,544407895	44,51038781
Octubre	4,825383772	43,26846722
Noviembre	5,022752193	44,13296399

Factor de interés Meses de medición
Factor de Bloque Absorbancia (Suelo y Biomasa)
Variable Respuesta Porcentaje de Carbono Orgánico
Unidad experimental Paramo de la comunidad de Chocavi-San Isidro

Modelo

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij} ; \text{coni} = 1, \dots, k \quad j = 1, \dots, b$$

Y_{ij} : Observacion debido al mes i – ésino en la j – esima absorbancia

μ : es la media global del porcentaje de carbono

α_i : efecto debido al mes i

β_j : efecto debido a la absorbancia j

e_{ijl} : error aleatorio asociado a la observación Y_{ijl}

PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS

Hipotesis Nula

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = 0$$

Hipotesis Alternativa

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \quad i \neq j$$

Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo

RESUMEN	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Muestreo 1	2	49,05479571	24,5273979	798,639775
Muestreo 2	2	48,09385099	24,0469255	738,935333
Muestreo 3	2	49,15571618	24,5778581	764,804333
SUELO	3	14,39254386	4,79751462	0,05778583
BIOMASA	3	131,911819	43,9706063	0,40536169

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tratamientos	0,343526228	2	0,17176311	0,58947255	0,62913952	19
Bloques	2301,796672	1	2301,79667	7899,51887	0,00012657	18,5128205
Error	0,582768827	2	0,29138441			
Total	2302,722967	5				

Interpretaciones

Mes (Tratamiento)

El valor p (0,6291) es mayor al 0,05 por lo que no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que no existe un efecto de los meses en el porcentaje de carbono orgánico

Absorbancia (Bloque)

El valor p (0,00012) es menor a 0,05, es decir se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe un efecto del suelo y la biomasa en el porcentaje de carbono orgánico en el paramo de la comunidad de Chocaví-San Isidro

