

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

En los países de los Andes septentrionales como el Ecuador se encuentra un ecosistema único que comienza a 5000 msnm al borde de los glaciares que cubren las montañas y se extiende montaña abajo por unos 3600 msnm. . Plantas y arbustos salpican el paisaje, muchas de ellas endémicas de la región, adaptadas únicamente a las frías temperaturas de la noche y altos niveles de luz ultravioleta.

Lo más inusual del páramo, sin embargo, es su suelo de tierra negra, que funciona como esponja absorbiendo y reteniendo la humedad del agua de lluvia y de la bruma, liberándola lentamente.

Los canales de riego traen agua desde el páramo hasta las poblaciones que viven abajo, práctica que no ha cambiado desde hace siglos. Virtualmente, todos los sistemas de agua en los Andes septentrionales usan el páramo como fuente y regulador del agua. No obstante por tratarse de una ubicación remota, el páramo es uno de los ecosistemas menos entendidos de la región. Sólo por el hecho de que las fuentes de agua de los países andinos siguen secándose es que la atención empieza a volcarse hacia esa fuente de abastecimiento de agua a gran altura.

Hasta hace poco tiempo se consideraba al agua como un recurso inagotable, es decir que no se acababa, y además que no costaba. Ahora se conoce que el agua

apta para el consumo humano es cada vez más escasa; las quebradas, manantiales y ríos se secan y se contaminan. Existen también grandes cambios en el paisaje, por ejemplo suelos erosionados, montañas sin árboles, grandes campos para la ganadería y aguas contaminadas. La baja conciencia de la gente ante la importancia del ecosistema páramo, hace que se sigan provocando daños y aumente cada día más el sobre pastoreo, las quemadas, el avance de la frontera agrícola, la deforestación hacia zonas cada vez más altas y frágiles. Todas estas son amenazas crecientes que afrontan actualmente los ecosistemas andinos; esta intervención antrópica en los páramos ha llevado a importantes transformaciones y a la extinción de valiosas especies de fauna y flora, además ha conllevado la destrucción de la dinámica hídrica y por ende la reducción del recurso agua en las Cuenca Hidrográficas. Todos estos efectos son causados por el constante aumento de la población y la falta de políticas orientadas hacia la conservación de éstos ambientes frágiles.

Los paramos húmedos, particularmente los del Ecuador tienen una gran capacidad de retención; por lo tanto, cada vez se hace más necesario valorar el servicio de proveer agua de buena calidad y cantidad y propender a su regeneración natural. Este es uno de los servicios ambientales que prestan ecosistemas como los páramos.

En general, el páramo es considerado un elemento de calidad ambiental, sin embargo no se sabe exactamente que tan grande es el valor de este ecosistema tanto para la hidrología de la región, como para que genere la venta de servicios ambientales, dentro de un marco de sustentabilidad.

1.1. JUSTIFICACIÓN

El páramo es uno de los ecosistemas más importantes que posee el Ecuador no solamente por ser fuente proveedora de agua de la mayoría de las cuencas hidrográficas sino también por los múltiples servicios ecológicos que presta.

El Páramo es considerado como el ecosistema más sofisticado para el almacenamiento del agua, debido principalmente a la gran acumulación de materia orgánica (que aumenta los espacios para el almacenamiento), y a la morfología de ciertas plantas de páramo (que actúan como verdaderas esponjas).

Sin embargo es necesario aclarar que “no son fábricas de agua” como comúnmente se cree, sino que posee una gran función Hidrológica que es la de retener y regular los volúmenes de precipitación que reciben y que se caracterizan por no ser abundantes sino constantes a lo largo del año.

Concientes de la importancia de la función hidrológica del páramo y de todos los problemas que deterioran este ecosistema, la presente investigación tuvo como fin determinar la cantidad total de agua que almacena el suelo del páramo de frailejones según el estado de conservación en que se encuentre. Esta información servirá de base para promover la conservación y protección del páramo de frailejones del Ángel y además, ayudará para emprender acciones tendientes a la valoración económica y venta de servicios ambientales que genera el páramo, que serían estratégicos para el desarrollo social y económico de todos los moradores que conforman la Cuenca del Río El Ángel.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Determinar la cantidad de agua almacenada en el suelo del páramo, bajo los diferentes estados de conservación, en la Estación Científica “Los Encinos”.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar el suelo y la cobertura vegetal de la Estación Experimental Los Encinos.
- Determinar el contenido de humedad a 0.10, 0.20 y 0.30 m de profundidad en el suelo del Páramo, bajo los diferentes estados de conservación.
- Graficar la curva de retención de agua en los estados de conservación del páramo.
- Cuantificar la acumulación de agua del suelo en los diferentes estados de conservación del páramo.

1.2. HIPÓTESIS

Para esta investigación se plantearon dos hipótesis:

- ¿La cantidad de agua en el Páramo es la misma, en todos los estados de conservación?
- ¿Las características del suelo del páramo de la Estación Experimental son diferentes en cada estado de conservación?

CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL PÁRAMO Y SU IMPORTANCIA

Pueden expresarse como un ecosistema en donde todos sus elementos, principalmente la vegetación y el suelo, han desarrollado gran potencialidad para interceptar y almacenar agua; esto se debe a las altas precipitaciones y a la baja evaporación que existe en este ambiente.

- Los páramos constituyen ecosistemas estratégicos a escala regional y global, porque:
- Es uno de los ambientes de mayor diversidad biológica de las altas montañas del mundo, que incluyen formas de vida espectaculares adaptadas a las condiciones únicas del trópico frío, como los frailejones.
- Son ambientes protectores de las fuentes de agua de una parte importante de la población rural y urbana del continente.
- Su vegetación y suelos constituyen un reservorio de carbono y materia orgánica, clave en la regulación hídrica y de la fertilidad para la producción de cultivos de subsistencia.
- Constituyen un espacio para el desarrollo de la vida de numerosas comunidades campesinas e indígenas, depositarias de una rica herencia cultural.

Además, el páramo está constituido por una formación florística típica, dominada generalmente por el pajonal o graminal de los géneros *Festuca*, *Calamagrostis* y *Stipa*, algunas plantas en almohadón ó esterilla y también algunos ejemplares aislados de arbustos.

El páramo es un ecosistema típico de las regiones ecuatoriales de América Latina, se encuentra en alturas superiores a los 3000 m.s.n.m. en los países de Ecuador, Venezuela, Costa Rica y Colombia.

2.2. LA DIVERSIDAD DEL PÁRAMO

Entre el límite superior de altura de los bosques andinos (entre 3000 y 3500 m.s.n.m.) y el límite inferior de la nieves (entre 4800 y 5000 m) existe un medio particular que es el páramo. Estos prados de altura dominados por gramíneas formadoras de penachos, se enfrentan a un clima rudo: el promedio de las temperaturas anuales es bajo, hay una alta humedad a pesar de las precipitaciones moderadas y una débil evaporación. En tal entorno climático y altitudinal se desarrolla un tipo de vegetación muy particular que presenta un alto grado de endemismo, en primer lugar, resulta que este medio está definido por la presencia de algunas asociaciones vegetales típicas. Pero dentro del nombre genérico de páramo existe una fuerte diversidad, tanto a nivel botánico como en lo concerniente a las condiciones climáticas y edáficas.

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

En el Ecuador los tipos de páramo que existen son:

- 1.- Páramo arbustivo de los Andes del Sur
- 2.- Páramo de frailejones
- 3.- Páramo de pajonal
- 4.- Páramo herbáceo de almohadilla
- 5.- Páramo herbáceo de paja y almohadilla
- 6.- Páramo pantanoso
- 7.- Páramo seco
- 8.- Páramo sobre arenales
- 9.- Superpáramo
- 10.- Superpáramo azonal

En el Ecuador los páramos cubren la parte superior de las dos cordilleras que corren en sentido de norte-sur. La distribución de los páramos en escalonamientos alrededor de las cumbres andinas más altas produce una discontinuidad de ese medio. Esta, ligada a la distribución compleja de las condiciones climáticas sobre cada una de esas cumbres, es el origen de la diversidad de los páramos.

A pesar de esa diversidad, cierto número de caracteres comunes puede ser encontrado en el conjunto de los diferentes tipos de páramos. El más grande denominador común reside en la presencia de especies herbáceas formadoras de penachos como *Calamagrostis* y *Festuca spp.* que, en algunos lugares presentan una cobertura vegetal próxima al 100%.

2.3. LA FLORA DEL PÁRAMO

Cada especie de páramo ha desarrollado formas de adaptación para soportar las fluctuaciones extremas de temperatura que ocurren entre el día y la noche y para poder retener la humedad y nutrientes. La vegetación se caracteriza por la ausencia de árboles corpulentos o arbustos grandes y dominan las plantas herbáceas con adaptaciones como la pubescencia, hábitos rastreros y arrositados, y las hojas coriáceas para resistir al frío y la sequedad fisiológica como los frailejones, que resisten las bajas temperaturas y la fuerte insolación.

Cuatrecasas (1934 y 1958) caracterizó en los páramos tres subpisos altitudinales, denominados subpáramo, páramo propiamente dicho y superpáramo.

El superpáramo o páramo alto, desde los 4500 m hasta las nieves perpetuas, con temperaturas menores a los 3 °C. La vegetación es dispersa, ocupa pequeños refugios rocosos, grietas o escombros. Ejemplos: las árnicas (*Senecio spp.*), litanos (*Draba ssp.*) son los más comunes y la cola de pavo (*Loricaria complanata*) es un pequeño arbusto que indica la transición al páramo.

El páramo, desde los 3500 a 4500 m, tiene una temperatura superior a los 3 °C y se caracteriza por la presencia de macollas o plantas herbáceas de tallos y hojas densamente compactas, formando extensos pajonales de gramíneas y paja ratona. En este ecosistema abundan las frailejones con diferentes especies *Espeletia grandiflora* y *Espeletia uribei*, la más grande 10 y 12 m de altura.

El subpáramo, desde los 3000 a 3500 m.s.n.m. de altura, es una zona de transición entre el bosque andino y el páramo propiamente dicho. Temperatura media entre 10 a 12 °C. En algunas localidades de la cordillera Oriental se presentan grandes matorrales compuestas principalmente de ericáceas (*Vaccinium sp.*, *Gaultheria sp.*, *Macleania sp.*, *Pernettya sp.*) y pequeños arbustos de tallos semileñosos, conocidos como uvas caimaronas y mordieras.

SELVA ANDINA

La selva andina se encuentra generalmente localizada entre los 2400 y 3500m.s.n.m. de altura; esta formación se encuentra en zonas que presentan una temperatura media que varía entre los 15 °C y 6 °C, y precipitaciones entre los 900 y 2000 mm anuales.

Fisonómicamente la selva andina bien desarrollada presenta tres estratos: árboles entre 20 y 35 m y otros de menor tamaño (10 a 5 m), a medida que aumenta la altura los árboles presentan menor tamaño con hojas más pequeñas. El estrato inferior formado por gran cantidad de plantas herbáceas adaptadas a una baja

intensidad lumínica. El estrato epífita es exuberante y conspicuo, dominado por variadas especies de musgos, orquídeas, bromelias, etc.

2.4. LA DEGRADACIÓN ANTROPICA DE LOS PÁRAMOS

El hombre es el principal factor de degradación que genera cambios profundos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos del páramo. Se pueden definir tres tipos mayores de causas: fuego, sobre pastoreo, cultivos; aunque hay otros factores (construcción de carreteras, construcción y fugas de canales de riego etc.) que si bien son más localizadas producen efectos espectaculares. La construcción de carreteras, o de un canal de riego contribuyen al desequilibrio de una pendiente y concentra las aguas. El peso de los vehículos compacta el suelo y disminuye la porosidad especialmente en la época lluviosa. La vegetación no puede desarrollarse y se establecen caminos preferenciales para el escurrimiento del agua (Pérez, 1991).

2.4.1. El Fuego

Los fuegos naturales existen y generan una regulación y rejuvenecimiento del ecosistema, pero los fuegos producidos por el ser humano son muchos más repetitivos y causan efectos casi permanentes sobre los páramos (Pels y Verweij 1992,). El del fuego sobre las plantas del páramo ha sido estudiado por Hofstede (1995) y Laegaard (1992). Los principales causantes del fuego son ganaderos que quieren más comestible y apetecible para su ganado. El fuego produce también

una disponibilidad de algunos elementos fertilizantes como el potasio pero no producen ninguna fertilización del suelo a largo plazo.

Por el contrario, el fuego disminuye la cobertura vegetal que sirve de freno al impacto de la lluvia. La desaparición parcial de la vegetación que capta agua y dispersa su energía, produce un incremento de zonas desnudas que se transforman en caminos preferenciales para el escurrimiento del agua. También el fuego produce cenizas ricas en hidrófobos que impiden la infiltración del agua y aumentan el escurrimiento (Savage et al.,1972). En caso de fuegos repetitivos, todos estos efectos se acumulan provocando una disminución de la biodiversidad e incrementan los riesgos de erosión (Imeson et al., 1992)

2.4.2. El Sobrepastoreo

Está generalmente asociado con el fuego. Este disminuye la biodiversidad y la biomasa (Virad, 1997; Zambrana ,1998). Un pastoreo normal incrementa la velocidad de crecimiento del pajonal pero por sobrepastoreo las plantas tienen dificultad en regenerarse. También favorece la erosión hídrica y eólica, especialmente en el caso de los ovinos.

Debido al pisoteo de los animales, especialmente del ganado vacuno por su peso, se producen en las lomas pequeñas una erosión típica en escalas sobre las pendientes. Con el incremento de la compactación se favorece la erosión en plancha que puede multiplicarse sobre toda la vertiente.

El sobrepastoreo no solo baja el nivel del carbono en el suelo por erosión y desperdicio de biomasa, sino que contribuye al secamiento irreversible del suelo y puede generar fuertes condiciones hidrofóbicas en el suelo, y la humedad y la capacidad de retención de agua puede disminuir.

2.4.3. El Uso Agrícola

Los cultivos en los páramos se han desarrollado recientemente después de la reforma agraria de los años 1970 (De Noni y Viento 1993, MENA P.A.C. JOSE & MEDINA G.). En las zonas cultivadas de más baja altitud, no hay mucho espacio disponible para ampliar las áreas cultivadas. El páramo es un área amplia y libre donde algunas personas intentan hacer cultivos, especialmente en el límite de las zonas cultivadas.

En el primer año de cultivo de un páramo (generalmente con papas), los rendimientos son relativamente altos, el cultivo utiliza las reservas de fósforo de suelo y el riesgo fitosanitario es bajo debido a la ausencia de organismos fitopatógenos en el suelo. Pero, en caso de cultivos intensivos, estos tienen rendimientos bajos debido al frío, al riesgo de heladas, al riesgo fitosanitario como consecuencia de la humedad fuerte que permite el desarrollo de muchas enfermedades y a la carencia en fósforo. Generalmente a continuación de los cultivos viene un período de barbecho de tres años por la fuerte carencia de fósforo.

2.5. PRINCIPALES PROBLEMAS DE LOS PÁRAMOS DEL CARCHI

2.5.1. Deforestación

En las zonas altas, la presencia del bosque natural andino es ahora muy escasa. Sus pocos remanentes están localizados en lugares de muy difícil acceso como quebradas y áreas de relieves abruptos. En la zona media, la vegetación natural prácticamente ha desaparecido, mientras que en las partes bajas el clima seco solo permite el desarrollo de vegetación arbustiva xerofítica.

2.5.2. Erosión

En las laderas de Carchi se tiene una dinámica de la ocupación del suelo particular, es decir, rápida, incontrolable y anarquista. Esta ocupación puede generar una degradación de los suelos que aumentan el escurrimiento por destrucción de la cobertura vegetal y así mismo un aumento de la erosión. Las prácticas agrícolas en tierras poco aptas y el uso de métodos inapropiados provocan la degradación del suelo. Además la falta de tierras agrícolas empuja a los campesinos a utilizar tierras en fuertes pendientes que son muy susceptibles a la erosión.

2.5.3 Pérdida de Biodiversidad

La rica diversidad biológica de los diferentes pisos de la cuenca ha recibido el impacto de varios procesos de desarrollo. Entre otras cosas, ha habido una expansión agrícola hacia lugares con otras vocaciones, como los páramos de frailejones, únicos en el mundo, y los valles secos interandinos. Este grave problema ha provocado el desplazamiento y/o extinción local de algunas especies animales y vegetales.

2.5.4. Expansión de la frontera agrícola hacia el Páramo

Los páramos de El Angel se constituyen en "cisternas" que regulan el flujo y abastecen el agua a una amplia zona agrícola. La destrucción del páramo pone en peligro el abastecimiento del agua.

2.5.5. Intensificación Agrícola

Los accidentes principales de participación del hombre en la intensificación agropecuaria se definen como el laboreo de la tierra, el pastoreo de los animales domésticos, principalmente bovinos y la quema de la vegetación herbácea para uso renovado de los animales.

2.5.6. Impacto del Uso de Pesticidas en la Salud Humana

Los problemas de salud asociados al uso y manejo de plaguicidas aparecen como uno de los impactos más frecuentes de las estrategias de producción y de la tecnología utilizada. Si bien no hay un registro adecuado de las intoxicaciones que revele la realidad al respecto, los datos existentes no dejan de ser preocupantes.

2.5.7. Bajo Capital Social

El trabajo comunitario nos ha permitido definir al capital social de la cuenca como muy bajo. Existen muchas organizaciones legalizadas en la cuenca pero menos de 10% están funcionando. No hay organizaciones campesinas de segundo grado con buen funcionamiento, sobretodo en las zonas alta y media. Existen muy pocas asociaciones o organizaciones de mujeres y pocas mujeres participan en las asociaciones comunitarias productivas, como las juntas de aguas. Muy pocas mujeres ocupan puestos de liderazgo en las organizaciones en funcionamiento.

Las altas tasas de migración de la cuenca, sobretodo de los y las jóvenes, se debe en parte a la falta de puestos de trabajo, pero también a la percepción de que no hay futuro en la cuenca. Como no existe una Universidad en la cuenca, los estudiantes salen a otras provincias para estudiar y tienden a no regresar. Hay poco ejercicio de ciudadanía, demostrado por el alto número de votos en blanco o nulos en las últimas elecciones. La baja autoestima y falta de pensamiento empresarial contribuyen al bajo capital social.

2.6. EL AGUA EN EL SUELO

La importancia del agua es de tal magnitud que de no existir esta no sería posible la existencia de la vida. El agua guarda muchas interrelaciones con el suelo, como son:

- Debe existir agua para satisfacer los requerimientos de la evapotranspiración de las plantas en crecimiento.
- El agua actúa como un solvente y junto con los elementos nutritivos forma la solución del suelo.
- La cantidad de agua en el suelo, controla la cantidad de aire y la temperatura del mismo
- Una elevada cantidad de agua sobre la superficie del suelo incide sobre la erosión del mismo.

2.7. RETENCION DE LA HUMEDAD DEL SUELO

Para ello se debe considerar los siguientes factores:

- El movimiento del agua hacia el suelo y dentro del suelo.
- La capacidad de almacenaje de la humedad de los suelos.
- La disponibilidad de la humedad del suelo para las plantas superiores.

Cada uno de estos factores, está relacionados con el tamaño y distribución de los poros del suelo y por la atracción de los sólidos del suelo por la humedad.

2.8. LA HUMEDAD EN EL SUELO DEL PARAMO.

La cantidad de lluvia en el páramo puede tener una variación importante (entre 500 y más de 3.000 mm/año). Más que la cantidad de lluvia en la humedad constante con las precipitaciones ocultas. (neblina, lloviznas, etc.) lo que da al suelo una humedad permanente y permite su evolución rápida. Raramente la estación seca pasa de un mes.

Hay zonas particulares que por ubicarse fuera del alcance de los vientos amazónicos, reciben vientos fuertes de poca humedad que generan un microclima árido y forman la zona del “arenal”, particularmente al oeste del Chimborazo. En éstas áreas el desarrollo de los suelos es muy débil y se diferencia mucho de los otros páramos.

2.9. FORMAS DEL AGUA DEL SUELO

2.9.1. AGUA GRAVITACIONAL

Solo la parte del agua existente dentro del suelo puede moverse con cierta libertad a través de él, por acción de la gravedad.

Masa de agua freática: es el agua que ha penetrado en un terreno descendiendo por los poros hasta estacionarse (en el manto freático o la napa freática)

Nivel Freático.- Constituye el nivel superior del manto freático o napa freática. (presión del agua freática igual a la presión atmosférica).

Agua Gravitacional no Freática: Es el agua que se encuentra recién en camino de descenso por encima del manto freático.

2.9.2. EL AGUA RETENIDA

En contraposición con el agua gravitacional, en el agua retenida actúan la tensión superficial y las fuerzas de absorción.

- **Humedad de contacto.-** Se menciona como ejemplo las taludes de arena que se han mantenido estables a causa de esta cohesión, pero pueden derrumbarse en un momento dado por secado completo o por saturación de la arena.
- **Agua capilar.-** Asociada al proceso de capilaridad, retenida en los poros especialmente en los microsporas.
- **Agua higroscópica.-** Se llama de esta manera a la que posee el suelo debido a la condensación del vapor de agua de la atmósfera sobre su superficie. El contenido de agua higroscópica es el contenido de humedad de un suelo secado al aire libre.

2.10. ESTACION METEOROLOGICA “EL ANGEL”

Esta estación se encuentra a 3055 msnm, presenta una precipitación media anual de 979,8 mm, con temperaturas promedio de 11.7 grados y una evapotranspiración potencial de 689,48 mm. Tiene un solo mes ecológicamente seco que es el mes de Agosto.

Cuadro 2.1.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Px	90,7	105,3	108,2	112,7	63,4	39,6	35,4	28,0	43,1	109,2	128,5	115,6
T^{bio}	11,8	11,7	11,9	12,0	11,9	11,6	10,8	11,3	11,5	12,0	12,0	11,9
ETPx	57,5	57,6	50,8	55,6	62,4	58,5	56,9	51,7	53,7	62,3	51,5	58,3
Meses secos								X				

Fuente: *ESTACION METEOROLOGICA “EL ANGEL”* Período 1963 – 1990

2.10.1. MESES ECOLOGICAMENTE SECOS

Son conocidos como meses secos aquellos donde la precipitación es inferior a la mitad del valor de la evapotranspiración potencial (CCT).

Con los datos de las estaciones sobre precipitación, temperatura y evapotranspiración potencial que se utilizaron en este trabajo, se ha podido determinar con exactitud el número de meses secos que se pueden presentar en esta área, mediante la elaboración de Diagramas Ombrotérmicos de cada estación,

en donde se puede identificar los periodos de menor o mayor lluvia que se presentan cada año, identificado así, la época seca y la época lluviosa en cada zona.

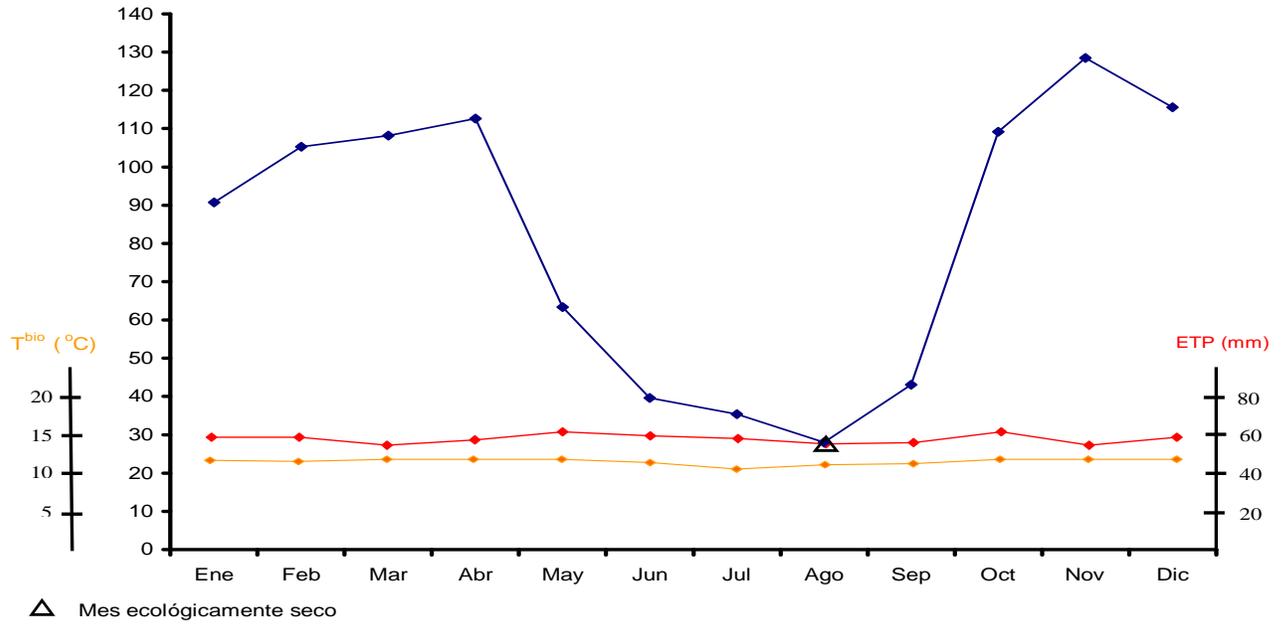
2.10.2. DIAGRAMAS OMBROTERMICOS

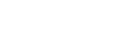
Es la representación gráfica de los valores mensuales de la precipitación, temperatura y evapotranspiración potencial, que se registran en una estación meteorológica, con el objeto de determinar en ésta el periodo seco.

A continuación se presenta el Diagrama Ombrotérmico de la estación meteorológica “El Ángel” :

GRAFICO 2.1.

DIAGRAMA OMBROTERMICO



SIMBOLOGIA	
	Precipitación media anual
	Temperatura media anual
	Evapotranspiración Potencial



2.11. SERVICIOS AMBIENTALES

Los servicios ambientales son aquellos cuya principal característica es que no se gastan ni transforman en el proceso, pero generan indirectamente utilidad al consumidor de tales servicios; por ejemplo, el paisaje que ofrece un ecosistema, le genera satisfacción al turista que paga por disfrutarlo. Estos servicios son, actividades económicas, el principal insumo de la producción o en el consumo final, y que se gastan o transforman en el proceso.

Los servicios ambientales inciden directamente en la protección y mejoramiento del ambiente. Entre ellos se consideran: mitigación de gases con efecto invernadero (fijación, reducción, secuestro, almacenamiento y absorción), protección del agua para los distintos usos, protección de la biodiversidad para conservar y lograr un uso sostenible, científico, farmacéutico, de investigación y mejoramiento genético, protección de ecosistemas, formas de vida y belleza escénica natural para fines turísticos y científicos.

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

La Estación Experimental Los Encinos, está ubicada en la Provincia de Carchi, ciudad El Ángel, Cantón Espejo; esta estación tiene una superficie de 400 has, está a una altura de 3400 a 3600 msnm . Se encuentra en el DATUM CGW54 , las coordenadas en UTM de referencia del polígono son 74000N y 179500W, y 71500N y 178000W, 72500N y 180500W. (Anexo1, Mapa 1).

La estación Los Encinos se encuentra en la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica El Ángel (Sector El Voladero). Se encuentra limitando con la Reserva Ecológica El Angel que tiene una superficie de 15 715 ha y un rango altitudinal de 3644 - 4768 msnm las zonas de vida que posee son bmhM, bhMB, bpSA . La Reserva es muy importante, no sólo por la biodiversidad que contiene sino por ser el lugar donde nacen todas las vertientes para la micro cuenca del Río Ángel.

A través de un inventario se determinó la diversidad de especies florísticas de la estación, tanto en los parches de bosque, así como en el páramo de frailejones, aunque no está en óptimas condiciones, pero vale la pena conservarlo ya que podría generar buenos servicios para las comunidades aledañas.

A la estación experimental se la dividió en cuatro estados de conservación para llevar a cabo la investigación (Anexo1, Mapa 2) ; para tener una referencia de las parcelas o puntos de muestreo en cada uno estados se determinó sus coordenadas (Anexo 1, Mapa 3).

3.2. MATERIALES

Los materiales utilizados para llevar a cabo esta investigación fueron divididas en materiales de campo y materiales de oficina que se detallan a continuación:

✓ **Materiales de Campo**

- Flexómetro
- Altimetro
- GPS
- Cámara digital
- Piola de color rojo o anaranjado
- Estacas y tacos de madera
- Cinta de marcaje
- Martillo pequeño
- Libreta de campo
- Marcadores indelebles
- Pala de desfonde
- Barreno
- Pala
- Saca bocados
- Fundas para recolectar muestras de suelo
- Etiquetas
- Cajas metálicas rectangulares de 500g de capacidad

- Anillos metálicos de Koppecky con capacidad de 100g
- Poncho de agua
- Botas de caucho

✓ **Materiales de Gabinete**

- Caja de disquetes
- Cartas Topográficas
- Material de oficina
- Computador

3.3. METODOS:

Para el presente estudio, se determinó los distintos estados de conservación que presenta la estación para llevar a cabo la investigación. En el ecosistema Páramo encontramos: un parche de bosque, humedales, una parte quemada y se observó que en sí el páramo ya había sido intervenido y estaba en un alto grado de recuperación.

3.3.1. CARACTERIZACION DEL SUELO Y LA COBERTURA VEGETAL DE LA ESTACION CIENTIFICA.

Para determinar la cobertura vegetal y caracterizar el suelo de la Estación Científica, se utilizó las siguientes metodologías:

3.3.1.1. METODOLOGIA PARA LA CARACTERIZACION DEL SUELO

Para caracterizar al suelo de la Estación Científica, se analizaron los siguientes parámetros:

- **ANALISIS COMPLETO DEL SUELO:**

Se lo realizó luego de establecer las parcelas de 1m² en cada uno de los estados de conservación del páramo; para caracterizar el suelos se empleó la metodología usada para la extracción de muestras de suelo de uso agrícola; en cada estado de vegetación se procedió a tomar muestras de suelo; se tomaron sub muestras para luego unir, mezclar y obtener un muestra de aproximadamente 1 kg para su respectivo análisis en el laboratorio de edafología del Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria (SESA). en cuyo lugar se obtuvo el resultados de los siguientes parámetros:

- | | |
|---------------------|-------------|
| - Materia Orgánica | - Manganeso |
| - Ph | - Hierro |
| - Nitrógeno total % | - Magnesio |
| - Fósforo | - Cobre |
| - Potasio | - Zing |
| - Calcio | |

- **DENSIDAD APARENTE Y REAL**

La densidad aparente es la relación entre la masa del suelo seco y el volumen de la parte sólida; la densidad real es la relación entre la masa de suelo y su volumen total (parte sólida más aire).

Para determinar los valores de la densidad aparente y real, se tomó muestras en cada uno de los estados de conservación a las profundidades de 0.10, 0.20 y 0.30 cm ; se utilizó anillos Koppecky de 157 cm³ de capacidad y las muestras se las envió al laboratorio de edafología del SESA para su respectivo análisis que fue realizado con el método de la estufa; los resultados en los dos casos se expresaron en g/cm³.

- **POROSIDAD**

La porosidad se estableció para cada estado de conservación, aplicando la siguiente fórmula:

$$f = 1 - (D_a/D_r)$$

donde :

f = porosidad,

D_a = densidad aparente

D_r = densidad real.

3.3.1.2. METODOLOGIA PARA LA CARACTERIZACION DE LA COBERTURA VEGETAL

Para medir la cobertura vegetal se identificó la vegetación más relevante en cada uno de los estados de conservación, a través de un inventario, realizando área mínima para la vegetación del humedal, del páramo intervenido y del páramo quemado; y en transectos de 50 x 2 m para los parches de bosque. Esta determinación se realizó una sola vez en toda la investigación. El porcentaje de suelo descubierto se determinó por observación directa y estimación.

3.3.2. CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO A 0.10, 0.20 Y 0.30 m.

El contenido de humedad se realizó en cada uno de los estados de conservación a las profundidades mencionadas, para determinar qué estado contiene más humedad se aplicó un Diseño Estadístico Combinado. El muestreo se lo efectuó los meses de Julio a Diciembre del 2005.

3.3.2.1. FACTORES EN ESTUDIO

Los factores que se identificó para el diseño estadístico son:

a) Estados de Conservación (Factor A).

Diferentes estados de conservación existentes en el páramo de la Estación Experimental Los Encinos:

- ⇒ **E1:** Humedales
- ⇒ **E2:** Bosque
- ⇒ **E3:** Páramo quemado
- ⇒ **E4:** Páramo intervenido

- **Humedales.-** Humedales pantanosos no muy profundos presentes en la Estación Científica.
- **Bosque.-** Parches de bosque siempre verde montano, existentes en la estación.
- **Páramo Quemado.-** Es aquel que ha sido intervenido por la mano del hombre al realizar quemas incontroladas hace poco tiempo.
- **Páramo Intervenido.-** Aquel páramo que ha sufrido cambios por el sobre pastoreo y quemas realizadas hace algunos años.

b) Profundidades (Factor B).

Las profundidades a las que se tomaron las muestras de suelo para determinar el contenido de humedad, fueron:

- ⇒ **P1:** 0.0 - 0.10 m
- ⇒ **P2:** 0.10 - 0.20 m
- ⇒ **P3:** 0.20 - 0.30 m.

3.3.2.2. TRATAMIENTOS

Los tratamientos son el resultado de la combinación de los dos factores en estudio (estados de conservación y profundidades), así como se presenta en el Cuadro No 3.2.

CUADRO 3.2.

Tratamientos, resultado de la combinación de los dos factores en estudio.

TRATAMIENTOS	SIMBOLOGIA	INTERPRETACION
T1	E1P1	Humedales, profundidad 0.10
T2	E1P2	Humedales, profundidad 0.20
T3	E1P3	Humedales, profundidad 0.30
T4	E2P1	Bosque, profundidad 0.10
T5	E2P2	Bosque, profundidad 0.20
T6	E2P3	Bosque, profundidad 0.30
T7	E3P1	Páramo Quemado, profundidad 0.10
T8	E3P2	Páramo Quemado, profundidad 0.20
T9	E3P3	Páramo Quemado, profundidad 0.30
T10	E4P1	Páramo Intervenido, profundidad 0.10
T11	E4P2	Páramo Intervenido, profundidad 0.20
T12	E4P3	Páramo Intervenido, profundidad 0.30

3.3.2.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un Experimento Factorial Combinado A x B; Factor A estados y Factor B profundidades.

3.3.2.4. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

Experimento factorial:

Número de Tratamientos	12
Número de Repeticiones	3

3.3.2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Se representa a través del esquema del ADEVA.

CUADRO 3.3.

Esquema del ADEVA

Fuente de variabilidad	Grados de libertad
TOTAL	35
REPETICIONES	2
TRATAMIENTOS	11
Factor A	3
Factor B	2
Interacción AxB	6
ERROR	22

3.3.2.6. TIPO DE PRUEBA

Se realizará la prueba de significación para tratamientos aplicando Tukey al 5%.

3.3.2.7. VARIABLE A EVALUARSE

La variable que se determinó en el Diseño Experimental es la siguiente:

Contenido de humedad en el suelo:

Los análisis que se realizaron fueron referentes al contenido de agua en el suelo en cada parcela ubicados en los diferentes estados de conservación del páramo y a las profundidades propuestas durante seis meses (dicha extracción de muestras se las explica en el manejo del experimento), estas muestras se enviarán al laboratorio para su respectivo análisis.

3.3.2.8. MANEJO ESPECÍFICO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL SUELO.

Primeramente se determinó los estados de conservación que presente la estación, para luego determinar donde se ubicaron las parcelas para la respectiva investigación

Implementación de las parcelas experimentales:

Las parcelas experimentales o puntos de muestreo, tuvieron una dimensión de 1 x 1m metros para los cuatro estados de vegetación y la implementación de dichas parcelas se realizó con ayuda de un GPS (ANEXO 1, MAPA 3).

Toma de muestras de suelo:

Las muestras para determinar la humedad del suelo se las tomó en cada una de las parcelas experimentales, con ayuda de un sacabocados se realizó una calicata y a las profundidades de 0.10, 0.20, y 0.30 m., se introdujo anillo plásticos (157 cc) para sacar la muestra de suelo y recolectarla en fundas plásticas de tal manera que se mantenga la humedad hasta llevar la muestra al laboratorio de la Universidad Técnica del Norte, para analizar el contenido de humedad mediante el método de la estufa. El muestreo se realizó durante seis meses, en cada mes se tomó muestras de suelo a las profundidades mencionadas.

3.3.3. CALCULO DE LA CURVA DE RETENCIÓN DE AGUA A PARTIR DE PRUEBAS DEL pF.

Se tomaron muestras de suelo una sola vez , por cada repetición en cada uno de los estado de conservación y a las profundidades propuestas; se recolectaron 1000 gr de suelo para ser analizados en el laboratorio del SESA, estas muestras sirvieron para calcular la curva de retención de agua a partir de la capacidad de campo (pF 2.5) y el punto de marchites permanente (pF 4.2), estas pruebas se las hizo mediante los métodos de olla de presión y Membrana de Richard respectivamente.

3.3.4. CALCULO DE LA ACUMULACIÓN DEL AGUA EN EL SUELO

Para el cálculo de almacenamiento se estimó de acuerdo a la humedad volumétrica promedio por estados y profundidades. Esta acumulación se la estimó a las hectáreas que cada uno de los estados de conservación posee en la Estación Científica “Los Encinos”.

El cálculo se hizo mediante la fórmula:

$$A = H_v \times p$$

donde: A = almacenamiento,
 H_v = humedad volumétrica,
 p = profundidad.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. CARACTERIZACION DEL SUELO Y DE LA COBERTURA VEGETAL DE LA ESTACION EXPERIMENTAL LOS ENCINOS.

4.1.1. CARACTERIZACION GENERAL DEL SUELO

A través del Mapa de suelos de San Gabriel Escala: 1: 50.000, se determinó se determinó las características generales que presenta la Estación Experimental Los Encinos.

CUADRO No 4.4.

Características generales que presenta la Estación Científica “Los Encinos”.

Código	Clasificación de los suelos (Soil Taxonomy USDA)		Descripción	
Dv	Gran Grupo	Hydrandepts	Suelo derivado de ceniza volcánica, suelo muy negro, untuoso, esponjoso, uniforme, alta retención de agua. Densidad aparente, muy baja 0.2 a 0.4	
	Sub Grupo	Typic Hydrandepts		
	Orden	Inceptisoles		
	Suborden	Andepts		
	Textura	Pseudo-limoso	Salinidad	Sin salinidad
	Pedregosidad	<10%	MO	Muy alta >10%
	Nivel freático	>100 cm	Toxicidad	Sin o muy baja
	Ph	Ácido 4.5 – 5.5		

Fuente: César Cisneros

4.1.1.2. CARACTERIZACION DEL SUELO EN CADA UNO DE LOS ESTADOS:

En cada uno de los estados de conservación se realizó un análisis del suelo, cuyos resultados fueron:

CUADRO No 4.5.

Resultados e interpretación de los parámetros del suelo de cada uno de los estados de conservación.

Parámetros	P. Humedal	P. Bosque	P. Quemado	P. Intervenido
Clase textual	Orgánico	Orgánico	Orgánico	Orgánico
Estructura	Migajosa	Granular	Migajosa	Migajosa
Porosidad %	91 (alto)	81 (alto)	87 (alto)	86 (alto)
M.O %	20.12 (alto)	19.11 (alto)	17.16 (alto)	13.61 (alto)
D. Aparente	0.23	0.36	0.31	0.31
D. Real	2.14	2.38	2.27	2.25
Ph	5.9 (L. ácido)	4.97(Ácido)	5.23(Ácido)	5.36 (Ácido)
Nitrógeno total %	1.73 (alto)	1.65 (alto)	1.48 (alto)	1.17 (alto)
Fósforo (PPM)	1(bajo)	0.50 (bajo)	1.20 (bajo)	2 (bajo)
Potasio (PPM)	70(bajo)	30 (bajo)	50 (bajo)	70 (bajo)
Calcio (PPM)	144 (bajo)	86 (bajo)	31 (bajo)	76 (bajo)
Magnesio (PPM)	25 (bajo)	9 (bajo)	7 (bajo)	12 (bajo)
Hierro (PPM)	130 (alto)	13 (bajo)	3 (bajo)	3 (bajo)
Manganeso(PPM)	12 (medio)	1 (bajo)	2 (bajo)	11 (medio)
Cobre (PPM)	0.32 (bajo)	0.32 (bajo)	0.34 (bajo)	0.42 (bajo)
Zing (PPM)	0.16 (bajo)	0.20 (bajo)	0.11 (bajo)	0.20 (bajo)

Los estados de conservación presentan casi los mismos resultados en cada uno de sus parámetros.

Analizando la densidad aparente se determina que esta es inversamente proporcional a la materia orgánica y a la porosidad, es decir mayor contenido de materia orgánica existe menor densidad aparente, mientras que a mayor densidad aparente, menor es la porosidad; esto se debe recalcar, ya que se tomará muy en cuenta para la determinación de contenido de humedad en cada uno de los estados de conservación mencionados.

➤ **SUELO DEL HUMEDAL**

Según los resultados de laboratorio (CUADRO 4.5.), el suelo del humedal tiene un pH ligeramente ácido, además contiene 20% de materia orgánica considerándolo un valor alto, presenta también un alto contenido de hierro, manganeso y nitrógeno total; el porcentaje de porosidad es muy alto, de ahí que su retención de agua es altamente significativa. Su clase textural como todos los demás es de tipo orgánico.

➤ **SUELO DEL PARCHE DE BOSQUE**

El suelo de este estado de conservación (CUADRO 4.5.) presenta un pH ácido, contiene un 19 % de materia orgánica, su porosidad es del 81% siendo menor que los demás estados de conservación, además presenta un alto contenido de nitrógeno total.

➤ SUELO DEL PARAMO QUEMADO

Este suelo presenta un pH ácido, contiene 17% de materia orgánica que igual es un valor alto, igual la presencia del nitrógeno total es alta, además el suelo del bosque presenta una porosidad del 87% (CUADRO 4.5.).

➤ SUELO DEL PARAMO INTERVENIDO

El suelo de este estado presenta un pH ácido, 13% de materia orgánica que es un valor bajo con respecto a los otros estados de conservación, además tiene un alto porcentaje de nitrógeno total y su porosidad es del 86% (CUADRO 4.5.).

4.1.2. CARACTERIZACION DE LA COBERTURA VEGETAL

La cobertura vegetal presente en cada uno de los estados de conservación se describe a continuación:

4.1.2.1. VEGETACION DEL HUMEDAL

Este estado de conservación esta representado por 17 especies de flora, donde domina la la vegetación herbácea de la familia Poaceae, especialmente *Calamagrostis intermedia* y *Cortadeira jubata*, cabe recalcar que estas especies son propias de lugares húmedos (Anexo 3, Lista de especies 1).

4.1.2.2. VEGETACION DEL PARCHE DE BOSQUE

Los bosques siempre verde montano alto se extiende desde los 3000 hasta los 3400 msnm, esta vegetación es considerada de transición entre los bosques montanos altos y el páramo. Las especies de mayor importancia ecológica son: *Weinmannia cochensis* (Cunoniaceae) y *Hedyosmum cumbalense* (Chlorantaceae), el género más importante es *Weinmannia* con tres especies. El bosque es abundante en epifitismo, siendo los géneros más representativos *Stelis*, *Epidendrum*, *Polypodium*, *Tillandsia*, *Anthurium*. El sotobosques esta representado por especies de los géneros *Gynoxys*, *Gaultheria*, *Miconia*, *Macleania*, *Myrsine*, cobra importancia en este estrato del bosque la abundante regeneración que existe de *Hedyosmum cumbalense*, ya que por la dinámica misma del bosque, esta especies podría llegar a ser, la de mayor importancia ecológica en este ecosistema en el futuro (Anexo 3, Lista de especies 2).

4.1.2.3. VEGETACION DEL PARAMO QUEMADO

La vegetación herbácea en este estado es escasa y se encuentra en recuperación, debido a las quemas recientes que ha deteriorado la cobertura vegetal; se puede observar una dominancia de brotes de *Stipa sp*, *Carex* y *Blechnum loxsence* (Anexo 3, Lista de especies 3).

4.1.2.4. VEGETACION DEL PARAMO INTERVENIDO

Esta vegetación pertenece a la formación vegetal de páramo herbáceo (Valencia et al., 1999), estos páramos están dominados por hierbas en penacho.

Este estado de conservación casi se encuentra en buenas condiciones, debido a su alto grado de recuperación. Esta representado por 28 especies de flora, dominando la familia Poaceae, mezcladas con otro tipo de hierbas (Anexo 3, Lista de especies 4).

4.2. CONTENIDO DE HUEMEDAD DEL SUELO A 0.10, 0.20 Y 0.30 M

Los resultados del contenido de humedad del suelo, encontrados en los seis meses se expresaron en términos de peso (%), de volumen (%) y de lámina de agua (mm). (Anexos 2, Tablas 3, 5, 6,)

Para realizar el diseño experimental propuesto se trabajó con los datos de humedad volumétrica para tener más facilidad de manejar e interpretar los datos.

4.2.1. Análisis Estadístico para el Contenido de humedad

Para determinar el Contenido de Humedad de cada uno de los meses se calculó las sumatorias y medias de cada uno de los tratamientos como se observa en el CUADRO 4.6, para determinar el ADEVA correspondiente a cada uno de los meses (CUADRO 4.7.) y otro general de los seis meses de muestreo (CUADRO 4.8.).

CUADRO 4.6.

Sumatorias y medias de cada uno de los tratamientos en los seis meses de muestreo.

Trat.	X JULIO	X AGOST.	X SEPT.	X OCTUB.	X NOVB.	X DICB.	Sumatoria General	X General
T1	0.60	0.41	0.56	0.55	0.60	0.61	3.33	0.55
T2	0.45	0.42	0.46	0.44	0.45	0.46	2.68	0.45
T3	0.41	0.46	0.55	0.49	0.55	0.56	3.02	0.50
T4	0.21	0.31	0.27	0.34	0.35	0.37	1.85	0.31
T5	0.20	0.25	0.24	0.34	0.36	0.36	1.75	0.29
T6	0.16	0.30	0.27	0.33	0.37	0.37	1.80	0.30
T7	0.42	0.32	0.37	0.31	0.33	0.37	2.13	0.35
T8	0.46	0.40	0.43	0.31	0.33	0.38	2.31	0.38
T9	0.38	0.39	0.41	0.42	0.41	0.37	2.38	0.39
T10	0.40	0.39	0.41	0.41	0.43	0.46	2.50	0.42
T11	0.44	0.40	0.38	0.35	0.41	0.41	2.39	0.40
T12	0.56	0.35	0.36	0.35	0.36	0.36	2.33	0.39

CUADRO 4.7.

ADEVA para el contenido de humedad del suelo bajo diferentes estados de conservación a tres profundidades, y en seis meses de muestreo.

Fuente de variabilidad	G L	F CALCULADA PARA LOS SEIS MESES					
		Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
TOTAL	35						
REPETICIONES	2	1.34 ^{ns}	8.2 ^{**}	0.51 ^{ns}	0.66 ^{ns}	2.4 ^{ns}	1.6 ^{ns}
TRATAMIENTOS	11	40 ^{**}	73 ^{**}	219 ^{**}	92 ^{**}	5.8 ^{**}	55 ^{**}
F A (ESTADOS)	3	120 ^{**}	206.6 ^{**}	735 ^{**}	258 ^{**}	168 ^{**}	166 ^{**}
FB (PROFUNDIDAD)	2	1.9 ^{ns}	12.6 ^{**}	24 ^{**}	33 ^{**}	19 ^{**}	19 ^{**}
FI (INTERACCION AxB)	6	13 ^{**}	2.3 ^{ns}	26 ^{**}	29 ^{**}	17 ^{**}	11 ^{**}
ERROR EXPONENCIAL	22						
Promedio (cc agua /cc suelo)		0.39	0.36	0.36	0.35	0.35	0.36
Coefficiente de variación (%)		9.6	3.4	0.04	3.7	4.8	4.7

Al calcular la varianza se detectó que, en los seis meses de seguimiento no existe diferencia significativa entre repeticiones, pero existe diferencia significativa para tratamientos, estados y profundidades.

El coeficiente de variación no va más del 9.6 %, este valor es aceptado ya que nos indica la precisión del trabajo.

Con respecto a los promedios del contenido de humedad podemos observar que en el mes de julio hubo más humedad en el suelo, luego con la ausencia de las lluvias, la humedad fue disminuyendo, hasta que nuevamente empieza a subir a partir del mes de diciembre.

CUADRO 4.8.

ADEVA general de los seis meses de muestreo para el contenido de humedad del suelo en los diferentes estados de conservación.

Fuente de variabilidad	G L	F Calculada
TOTAL	71	
REPETICIONES	5	1.8 ^{ns}
TRATAMIENTOS	11	15 **
FACTOR A (ESTADOS)	3	48 **
FACTOR B (PROFUNDIDADES)	2	1.9 ^{ns}
F INTERACCION (A x B)	6	2.2 ^{ns}
ERROR EXPONENCIAL	55	
Promedio (cc agua/cc suelo)		0.39
Coefficiente de variación (%)		13

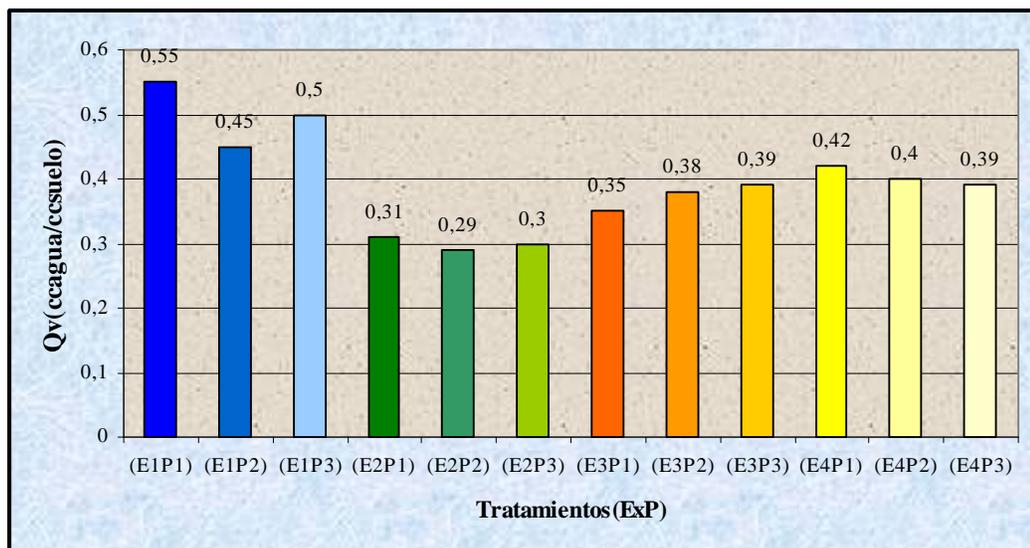
Realizando el ADEVA unificando todos los meses de estudio, podemos observar que, existe alta significancia para los tratamientos y los estados de conservación, es decir son diferentes cada uno de estos. En cambio las repeticiones, las profundidades y la interacción de los dos factores resultan ser no significativos es decir son iguales en los seis meses de muestreo.

4.2.2. Determinación del mejor Tratamiento

Con los análisis estadísticos mencionados anteriormente, podemos determinar a través de un gráfico, cual de los tratamientos es el mejor, utilizando las media de los tratamientos de cada uno de los meses muestreados.

GRAFICO 4.2.

Promedios del contenido de humedad volumétrica de cada uno de los tratamientos, en los seis meses de muestreo.



En el GRAFICO 4.2. se puede observar cual de los tratamientos es el mejor en los seis meses de muestreo; el humedal debido a sus propias características tiene mayor contenido de humedad a los 10 cm (E1P1) de profundidad, que vendría

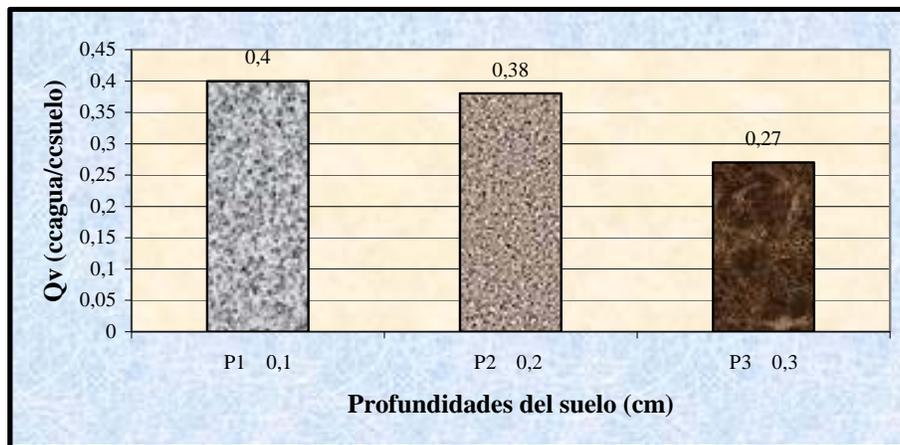
siendo el mejor tratamiento. Se puede observar que el páramo intervenido a sus 10 cm (E4P1) también tiene buena retención de humedad debido a que se encuentra en un buen estado de recuperación.

4.2.3. Determinación de la mejor Profundidad para Retener la Humedad.

De igual forma para determinar cual de las profundidades mencionadas retiene más humedad, se realizó un gráfico:

GRAFICO 4.3

Contenido de Humedad volumétrica a los 10, 20, y 30 cm de profundidad del suelo en cada uno de los estados de conservación en los seis meses de muestreo.



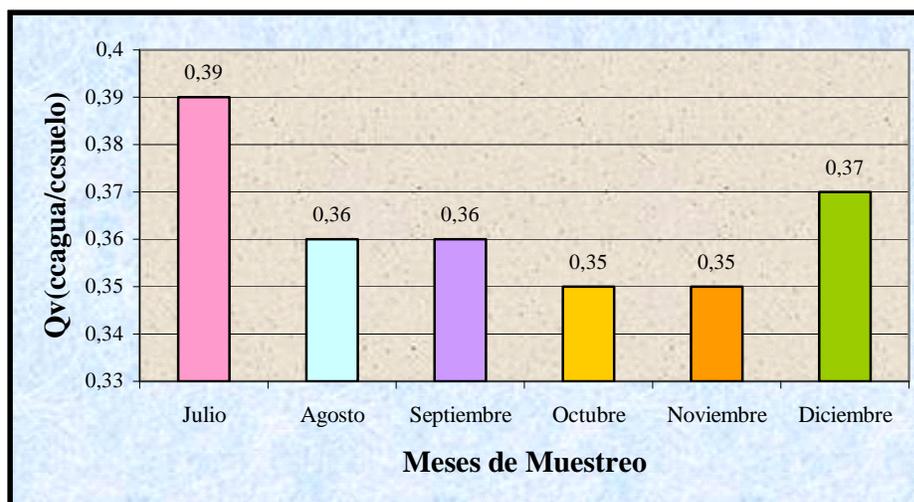
En este gráfico se observa en los primeros 0.10 cm existe mayor retención de humedad; el Contenido de humedad en el suelo es inversamente proporcional a la profundidad.

4.2.4. Determinación del mes en que hubo mas contenido de humedad.

Dentro de los seis meses de muestreo se determinó el mes en que hubo mayor contenido de humedad.

GRÁFICO 4.4.

Promedios del Contenido de humedad volumétrica, en los seis meses de muestreo



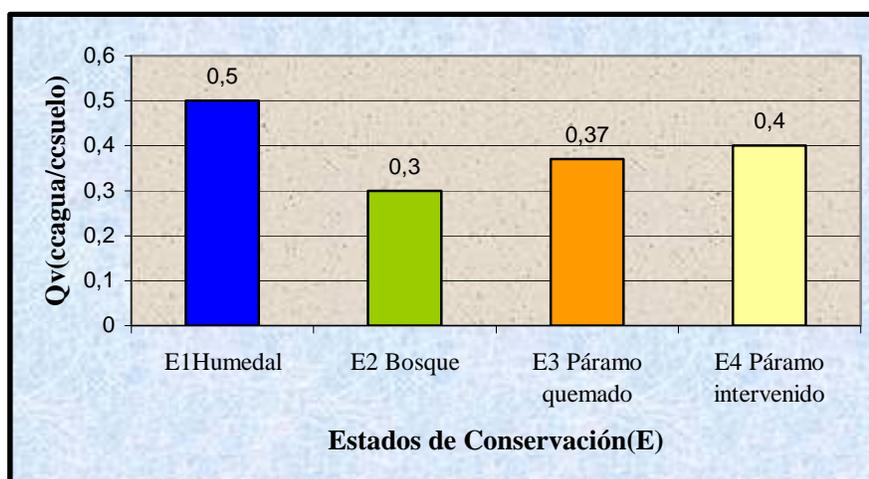
Como se observa el mes en que hubo mayor retención de humedad es el mes de Julio, decreciendo para los siguientes meses, pero se observa que empieza a aumentar la humedad a partir del mes de Diciembre.

4.2.5. Determinación del Estado de Conservación que retiene mayor humedad.

Para determinar el mejor estado, se realizó un gráfico donde se puede observar el mejor.

GRÁFICO 4.5.

Promedios del Contenido de humedad volumétrica en el suelo, en cada uno de los estados, en seis meses de muestreo.



El estado de conservación que mayor humedad contiene es el humedal, por obvias razones, pero también sobresale el Páramo Intervenido, que por estar en buenas condiciones y rápida recuperación también retiene un porcentaje significativo de humedad.

4.3. CURVA DE RETENCION DE AGUA

La curva de retención de agua en suelos de páramo bajo distintos estados de profundidad, se realizó con pruebas pF para los puntos de tensión: 1/3 y 15 atmósferas, que corresponde a la capacidad de campo y punto de marchitez permanente, respectivamente.

CUADRO 4.9.

Retención de humedad del suelo en los distintos estados de conservación y tres profundidades propuestas.

ESTADOS DE CONSERVACION	PROFUNDIDAD	CAPACIDAD DE CAMPO (%) pF 2.5	PUNTO DE MARCHITES (%) pF 4.2	AGUA DISPONIBLE (%)
HUMEDAL	10	66.63	43.69	22.94
	20	55.38	35.79	19.54
	30	61.41	40.02	21.39
BOSQUE	10	12.09	5.4	6.69
	20	20.28	11.14	9.14
	30	11.18	4.75	6.43
PARAMO QUEMADO	10	41.9	32	15.4
	20	39.4	24.56	14.83
	30	37.15	23	14.16
PARAMO INTERVENIDO	10	47.8	28	17.84
	20	35.99	22.2	13.85
	30	44.89	27.6	16.47

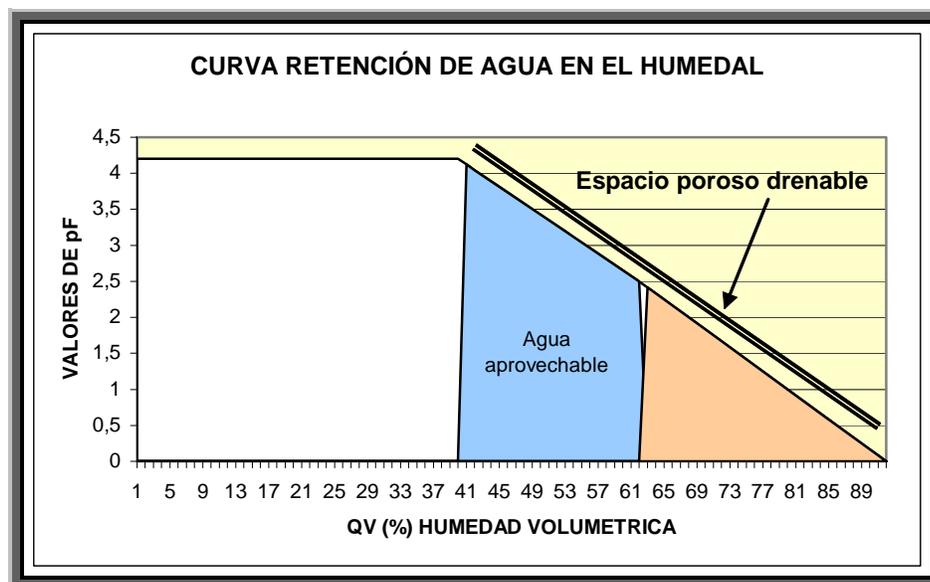
Como indica el CUADRO 4.9., la mayor retención de agua a capacidad de campo está a los 10 cm de profundidad del humedal, que es el estado de vegetación que más retiene agua, también su punto de marchites es muy alto y por ende el agua disponible de este estado es alto. Seguido de este estado se encuentra el Páramo intervenido a los 10 cm de profundidad. Por ultimo se encuentra el bosque que tiene una mayor capacidad de campo a los 20 cm siendo un nivel bajo y su agua disponible en el suelo es baja.

4.3.1. Gráficos de las curvas de Retención de agua en cada uno de los Estados de Conservación.

Para realizar los gráficos de la retención, se utilizó los valores de pF, del punto de marchites, de la capacidad de campo y de la porosidad, de cada estado.

GRAFICO 4.6.

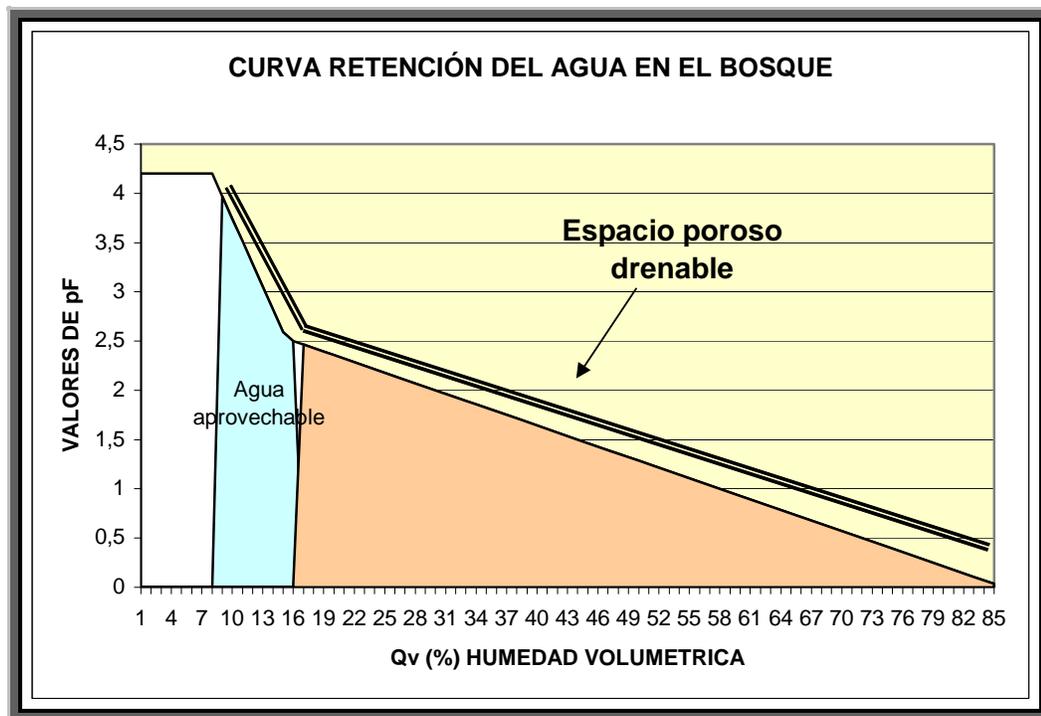
Curva de Retención de Agua del Humedal.



En el grafico 4.6 se observa que el humedal presenta un mayor grado de almacenamiento ya que tiene un alto porcentaje de porosidad que es del 91%. Además en este estado de conservación el porcentaje de Agua Aprovechable o disponible para las plantas es del 22% que es un buen porcentaje y un 30% de espacio poroso drenable.

GRAFICO 4.7.

Curva de Retención de Agua del Bosque.

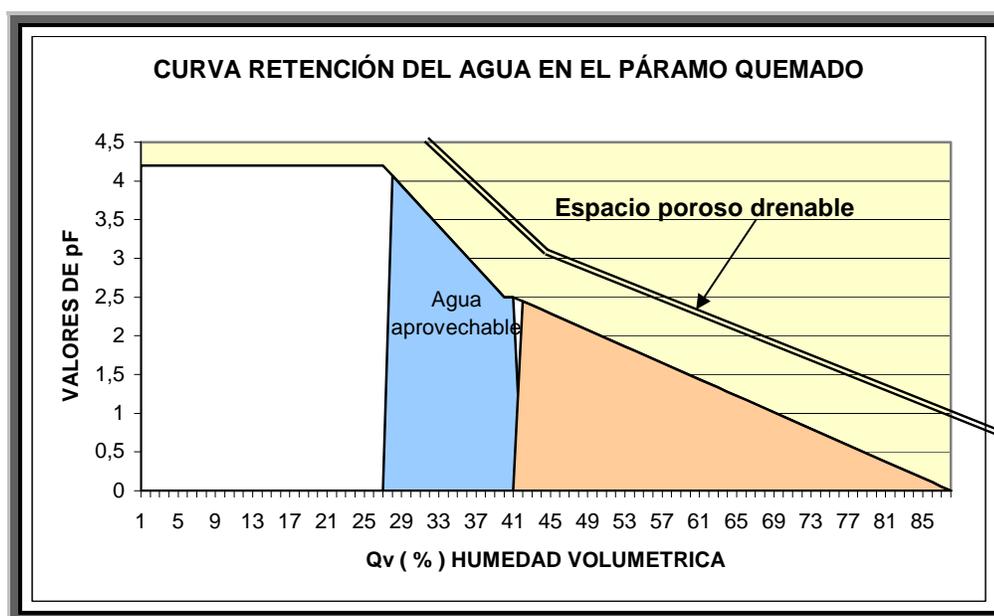


En el GRAFICO 4.11., se aprecia que el bosque, posee un grado de saturación menor al tener una porosidad del 84% y poseer una estructura granular, la poca agua que llega al suelo se filtra y no se retiene y hay mayor escorrentía. El Agua

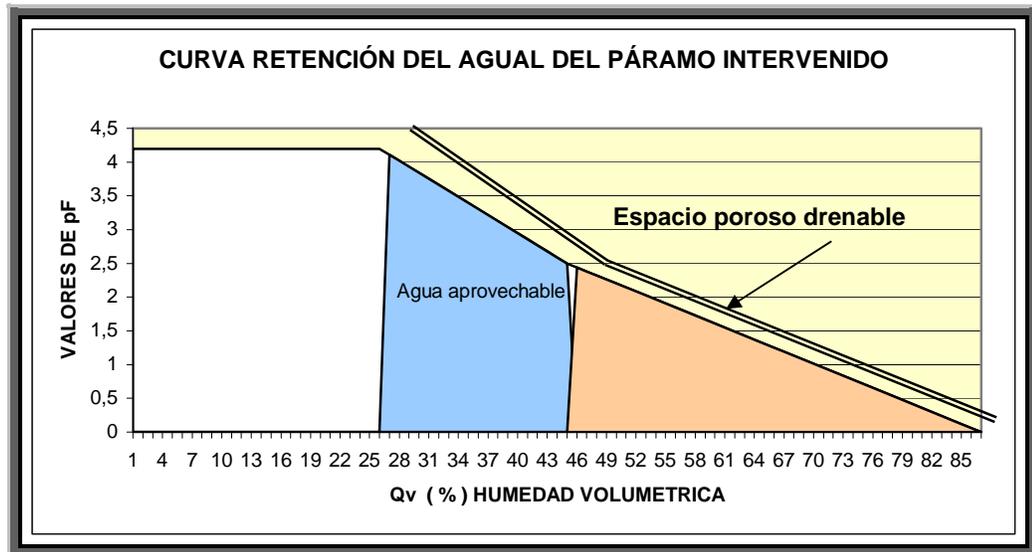
Aprovechable es apenas del 7%, siendo menor este estado de conservación que en los otros estados estudiados, y tiene un 68% de espacio poroso drenable.

GRAFICO 4.8.

Curva de Retención de Agua del Páramo Quemado.



El GRAFICO 4.8., se observa que en este estado de conservación, existe una saturación total de poros de un 87% ; el Agua Disponible presente en este estado es del 13% y presenta un 46% de espacio poroso drenable.

GRAFICO 4.9.**Curva de Retención de Agua del Páramo Intervenido.**

El GRAFICO 4.9., indica que el páramo intervenido también posee una saturación total de poros del 86%; el agua disponible es de 20% siendo mayor que en el páramo quemado y posee un 42% de espacio poroso drenable.

4.4. CANTIDAD DE AGUA ACUMULADA A LAS PROFUNDIDADES MENCIONADAS.

Para determinar la acumulación de agua en cada uno de los estados, se realizó en base a los valores de la Lámina de agua, los resultados fueron los siguientes.

CUADRO 4.10.

Acumulación de agua en el suelo de páramo de frailejones, a las profundidades propuestas en los distintos estados de conservación en los seis meses de muestreo.

Estado	Profundidad	Acumulación de agua (m ³ /ha)					
	(cm)	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Humedal	10	600	400	570	580	600	610
	20	460	420	460	440	450	470
	30	410	460	550	490	550	560
Bosque	10	210	310	270	340	350	370
	20	200	250	240	340	360	360
	30	160	300	270	330	370	370
P. Quemado	10	430	320	370	310	330	370
	20	460	400	430	310	330	380
	30	380	390	410	420	410	370
O. Intervenido	10	400	390	410	410	430	460
	20	440	400	380	350	410	410
	30	560	350	360	350	350	370

La acumulación de agua varía según el estado de conservación, en el Cuadro 4.10. se puede observar que en el mes de julio como en el mes de diciembre, existe mayor acumulación en todos los estados de conservación.

La mayor acumulación de agua presenta el humedal en sus primeros centímetros, luego esta el páramo intervenido y en último lugar esta el bosque debido a que no toda el agua de las precipitaciones se filtra al suelo, sino que gran parte se acumula en la vegetación existente, en la copa de los árboles y en si en su medio mismo para originar las lluvias horizontales.

CUADRO 4.11.

Promedio de acumulación de agua a los 30 cm de profundidad en suelos de los distintos estados de conservación en los seis meses de muestreo.

Estado	Acumulación de agua (m ³ /ha)					
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Humedal	1470	1280	1580	1510	1600	1640
Bosque	570	860	780	1010	1080	1100
P. Quemado	1270	1110	1210	1040	1070	1120
P. Intervenido	1400	1140	1150	1110	1190	1240

CUADRO 4.12.

Promedio de acumulación de agua a los 30 cm de profundidad del suelo para los seis meses las diferentes áreas de cada uno de los estados de conservación.

ESTADO	Superficie Ha	PROF. SUELO	m3/ha	TOTAL A. ACUMULADA POR ESTADO
Humedal	0.7	0 - 30	1513.33	1059.33m3
Bosque	8.8	0 - 30	900	7920m3
P. Quemado	4.3	0 - 30	1136.67	4887.68m3
P. Intervenido	354.1	0 - 30	1205	426690.5m3

En el Cuadro 4.12. se aprecia que el humedal acumuló 1513.33 m3/ha en seis meses, aproximándonos al tamaño del humedal que es de 0.70 has la cantidad total de acumulación es de 1008 m3/ha que servirá de base para calcular humedales pantanosos de mayor tamaño existentes dentro de la Estación Experimental. Se recalca también la acumulación de agua en el páramo intervenido que es de 1205 m3/ha que es una cantidad significativa para valorar este estado de conservación y poder aproximar a mas o menos hectáreas de páramo.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✚ En relación a los parámetros del suelo de cada uno de los estados de conservación, existe variación se mantiene en las mismas condiciones, es decir que el suelo presenta similares características físicas y químicas en todos los estados.

- ✚ El Hierro es evidente que existe una variación que determina mayor contenido en el suelo del Humedal (130 ppm), esto se debe a que este elemento químico es directamente proporcional al contenido de agua.

- ✚ En cuanto a la cobertura vegetal, el Bosque tiene gran representatividad de especies de mayor importancia ecológica. Este remanente de bosque es un importante refugio de biodiversidad, además presta un importante servicio de captura de agua, por estas razones son importantes conservarlos.

- ✚ El Páramo Intervenido también está representado por un gran número de especies vegetales que se han recuperado a través del tiempo y están en buenas condiciones.

- ✚ El páramo retienen el agua según como se encuentre, es decir, según el estado de conservación; aplicando el Diseño Experimental para el

contenido de humedad podemos justificar lo anterior, ya que se determinó que el mejor tratamiento es el T1, el humedal a profundidad de 10 cm de profundidad lo cual es explicable en función de las características propias que presenta este estado. No es posible sin embargo dejar a un lado la importancia del significativo contenido de humedad presenten en T10, que pertenece al páramo intervenido a los 10 cm de profundidad.

- ✚ La importancia para la retención de humedad de cada uno de los estados, sería primeramente el Humedal, en segundo lugar el Páramo Intervenido, en tercer lugar el Páramo Quemado y por último el Bosque. Cabe recalcar que el bosque acumula agua en su parte superior no en el interior del suelo debido al gran contenido de materia orgánica del bosque sobre el suelo.
- ✚ Con la determinación de la Acumulación de Agua podemos saber en realidad cuánta agua tiene acumulada el suelo del páramo en cada uno de sus estados de conservación; estos datos servirán de base para relacionar con otras Áreas de páramo y saber que cantidad de agua tienen retenida.
- ✚ En relación a la profundidad del suelo, se define que a mayor profundidad menor es el contenido de humedad en los suelos del páramo.

5.2. RECOMENDACIONES:

- ✚ Realizar programas de riego y drenaje del “exceso de agua”, que pueda servir para satisfacer las necesidades humanas ya que esta investigación constituye una base de datos, para determinar la cantidad total almacenada en el suelo.

- ✚ Conservar y proteger de la mejor manera el Páramo, ya que es una esponja de retención de agua que bien puede considerarse para beneficiar a las comunidades aledañas siendo además parte de un paisaje único.

- ✚ Aplicar técnicas para un Desarrollo Sustentable, que consolide una armonía entre el hombre y el Páramo ya que mientras mejores condiciones presente más contenido de agua existe.

- ✚ Empezar acciones para la venta de Servicios Ambientales que genera el páramo; así se contribuye tanto a la conservación de éste recurso, como a la calidad de vida de los moradores del sector.

