
EFFECTO DE ACTIVIDADES AGROPECUARIAS EN LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE LOS SUELOS DEL PÁRAMO DEL SUMAPAZ.



Fanny Hernández Florez

Programa de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia

Flor Alba Triana

Programa de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia

Martha Constanza Daza Torrez,M,Sc.

Profesora
Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Medio Ambiente,
Universidad del Valle, Cali, Colombia
mardaza@univalle.edu.co

RESUMEN

Se identificaron los principales problemas de degradación de suelos asociados con actividades agropecuarias y su efecto en la infiltración de agua. El proyecto se llevó a cabo en el páramo de Sumapaz, donde se seleccionaron suelos representativos de la misma unidad cartográfica sometidos a diferentes usos y se evaluaron propiedades como la densidad aparente, porosidad total, infiltración y contenido de materia orgánica. Se compararon los diferentes usos para una unidad de suelos y se analizó su relación con el cambio de las propiedades físicas. Se encontró que la densidad aparente del suelo bajo vegetación natural fue $0,86 \text{ g.cm}^{-3}$ y mayor de $1,00 \text{ g.cm}^{-3}$ para los demás usos; la porosidad total fue mayor al 65 % para el “uso nativo” y para el resto de los usos disminuyó hasta en un 23%. La capacidad de infiltración de los suelos se vio disminuida para todos los usos debido al exceso de labranza, las quemas y al pisoteo

**Recibido: Septiembre 18 2009 *Aceptado: Octubre 8 2009*

del ganado. El cambio del uso del suelo disminuyó la capacidad infiltración, afectando su función dentro del ciclo hidrológico.

PALABRAS CLAVE

Infiltración, páramo

ABSTRACT

This research was developed with the purpose to identify the main problems of soil degradation associated to farming activities and their effect in the water infiltration. The project was carried out in the Paramo of Sumapaz. Soils belonging to a cartography unit were selected and tested under different uses, and properties such as bulk density, total porosity, infiltration, and organic matter content were evaluated. The different soil uses were compared and their relation with the change in the physical properties was analyzed. The results showed that bulk density of soil under natural plants soil was 0.86 g cm^{-3} , and greater than 1.00 g cm^{-3} for the other uses; the total porosity was greater than 65% for "the native soil" and it decreased 23% for the remainder uses. The infiltration capacity of the soils for all uses decreased due to the excessive tillage, burning and the cattle trampling mainly. The change of the soil use decreased the infiltration capacity affecting its function within the hydrologic cycle.

KEYWORDS

Infiltration, paramo

1. INTRODUCCIÓN

Los páramos son sistemas naturales frágiles y son considerados como biomas exclusivos de las montañas neotropicales que se distribuyen sobre las cadenas montañosas de los andes de Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Costa Rica y Panamá (Luteyn, 1999). Pombo (1989), consideró al páramo como una unidad

ecológica de gran importancia para la regulación de los flujos de agua, debido a su capacidad de retener en sus suelos hidromórficos grandes volúmenes de agua y controlar su flujo a través de las cuencas hidrográficas.

La importancia del ecosistema paramuno para la economía nacional y para la ecología se puede subdividir en tres componentes. Primero, los páramos tienen un importante valor científico y ecológico por su flora endémica y su paisaje único («función ecológica»). Segundo, los páramos desempeñan una función en la producción de alimentos («función agrícola»). Tercero, los páramos son fundamentales para la regulación de la hidrología regional y además constituyen la fuente de agua potable para varias poblaciones en el sistema andino («función hidrológica») (Hofstede, 1995). Esta última función es muy importante debido a la capacidad que tienen sus suelos para almacenar agua.

La mayor parte de los suelos de páramos colombianos y ecuatorianos tienen influencia de cenizas volcánicas; su material parental está constituido por lutitas, lutitas calcáreas, areniscas y cenizas volcánicas. Los suelos son generalmente negros, debido a la interacción de alófanos y materia orgánica; son ácidos y de fertilidad variada, aunque en algunos casos sean pobres en nutrientes, son ricos en materia orgánica; están cubiertos por una vegetación exuberante en condiciones naturales, donde predominan el frailejón, especies arbustivas, musgo, todos ellos con una alta capacidad de absorción y retención de humedad (IGAC, 2000).

En las características físicas de los suelos del páramo reside gran parte de su fragilidad. Las bajas densidades aparentes, la elevada capacidad de retención de agua y las condiciones de consistencia muy friable, limitan su uso para actividades que someten al suelo a cargas fuertes y constantes como las ocasionadas por el pisoteo continuo del ganado, especialmente en zonas de alta pendiente.

El páramo del Sumapaz es el más extenso del mundo y se considera como la segunda fuente hídrica más importante dentro de las áreas protegidas de Colombia (Andrade, 1993). Contribuye con sus aportes a dos de las principales cuencas hidrográficas del país (Magdalena y Orinoco), y en el futuro será una de las principales fuentes de agua que abastecerán a la ciudad de Bogotá. Según Avellaneda (2002), desde 1995 la Empresa de Acueducto de Bogotá ha contemplado la utilización de las reservas hídricas superficiales del páramo del

Sumapaz para satisfacer las necesidades de la población del Distrito Capital. Así mismo, la Empresa de Energía de Bogotá ha considerado desde 1986 la utilización de algunas de sus cuencas como potenciales para aprovechamientos hidroeléctricos.

A medida que las condiciones de los suelos originales son cambiadas hacia actividades agropecuarias, sus características físicas se ven afectadas notablemente, especialmente las relacionadas con los procesos de captura, retención y almacenamiento de agua. Según Baver *et al.* (1973), la cantidad y el estado energético del agua en el suelo son las de mayor influencia en sus propiedades físicas.

La infiltración, considerada como uno de los procesos más importantes del ciclo hidrológico es una de las propiedades del suelo que se afecta por procesos de degradación como la compactación. El ingreso de agua (lluvia, riego) sobre un suelo seco, se produce en condiciones no saturadas (Porta *et al.*, 1994; Fetter 2001) y se debe a fuerzas matriciales y gravitacionales, donde las primeras predominan en las primeras etapas de la entrada de agua al suelo (Baver, 1973).

La infiltración tiene gran importancia en la irrigación y el comportamiento del ciclo hidrológico, debido a que la disponibilidad del agua en el suelo integra todo el sistema climático y determina la dinámica de producción de los cultivos (Jaramillo y Chávez, 1999).

De acuerdo a Porta *et al.* (1994), es conveniente diferenciar entre la infiltración acumulada, la velocidad de infiltración y la infiltración básica. Se entiende por infiltración acumulada la cantidad de agua que se ha infiltrado por unidad de superficie y de tiempo. La velocidad de infiltración hace referencia a la tasa a la cual el agua entra en cada instante de tiempo y la velocidad de infiltración básica es la velocidad de infiltración que corresponde a un régimen relativamente estabilizado, lo que suele ocurrir entre 3 y 5 horas de iniciado el ensayo.

La infiltración viene condicionada por las características de la lluvia tales como intensidad, y el tamaño de las gotas. También depende de las propiedades de los suelos como la porosidad, la conductividad hidráulica, textura, contenido de humedad y temperatura. (Chow *et al.*, 1993; Aparicio, 1999). Igualmente de las características del medio como la pendiente, la vegetación y las actividades antrópicas que generan efectos negativos como la compactación por el pisoteo de ganado ó el

exceso de mecanización de los suelos. Freebairn y Gupta (1990) establecieron que la ausencia de cobertura vegetal y distintas formas de laboreo tienen gran incidencia en las tasas de infiltración.

Según Hofstede (1997) aunque la capacidad de retención de agua del suelo es mucho mas alta que aquella que realiza la vegetación (500 vs. 3 l.m⁻²), la presencia de una capa de plantas constantemente húmeda es importante para mantener una buena retención de agua durante las épocas secas. La menor retención de agua en localidades pastoreadas y quemadas probablemente esta causada por la desaparición de una capa cerrada de plantas. La infiltración de agua en el páramo generalmente es alta por la presencia de suelos porosos. La baja incidencia de escorrentía superficial indica que la erosión pluvial no es importante en situaciones naturales en páramos y bosques andinos. Es posible que se pueda presentar erosión por salpicadura, dependiendo de la presencia de superficies de suelo descubierto (Vis, 1986). Verweij (1995) citado por Hofstede (1997) encontró que en páramos no disturbados este porcentaje es menor de 5%, pero en sitios disturbados puede llegar hasta un 35%.

En el estudio de la infiltración se han seguido diversos enfoques fundamentados en la ecuación de Darcy o en ecuaciones de difusión. Los modelos empíricos se basan en una descripción analítica del proceso a partir de datos de campo y proporcionan soluciones aproximadas, cuya validez depende de las hipótesis de partida y del nivel de cumplimiento de las mismas en cada caso concreto. El modelo más utilizado es el de Kostiakov en donde la infiltración acumulada sigue un modelo potencial (Ecuación 1).

$$I(t) = a t^b \quad (1)$$

Donde $I(t)$ es la infiltración acumulada en el tiempo t y a y b se determinan con los datos de campo, que dependen del tipo de suelo y varían con el tiempo. La velocidad de infiltración proviene de la ecuación de infiltración acumulada (Ecuación 2).

$$i(t) = abt^{b-1} \quad (2)$$

En los suelos de páramo se han realizado estudios relacionados con la degradación física y química pero muy pocos con el movimiento del agua y no existen

trabajos específicos para el páramo del Sumapaz. Este trabajo evaluó las propiedades del suelo relacionadas con la infiltración del agua bajo diferentes tipos de uso.

2. METODOLOGIA

La región de estudio se ubicó en la localidad 20 de Sumapaz, corregimiento de Nazareth vereda Taquecitos Finca "La Maria" dentro del Parque Nacional Natural Sumapaz, a una altura de 3550 msnm, que corresponde al piso térmico muy frío. Se seleccionaron cuatro tipos de uso dominantes en la zona: Agricultura intensiva, Ganadería (Pastoreo) y lotes en descanso después de ser expuestos a sobreexplotación y suelos bajo vegetación nativa (zonas de reserva natural).

Se seleccionaron unidades de suelos representativos de la región, teniendo en cuenta criterios como el tipo dominante, la importancia socioeconómica y la concentración de población. La primera actividad realizada consistió en la localización del punto de estudio tanto en la cartografía como en fotografías aéreas. Luego se realizó una primera visita de campo para precisar el lugar de estudio. Una vez establecido, se determinó la posición geográfica, altura sobre el nivel del mar, drenaje, relieve, pendiente, erosión, vegetación y uso. A continuación se definieron los lotes a estudiar.

Para el lote de Agricultura intensiva se escogió un lote destinado a cultivo de papa con un área aproximada de 4,5 ha localizada a una altitud de 3600 msnm. Su historial reportó una utilización en cultivo de papa durante el último año y anteriormente con vegetación nativa.

El lote de Ganadería tenía un área de 2 ha, localizado a una altitud de 3550 msnm. Inicialmente este lote correspondía a vegetación nativa, luego fue utilizado para agricultura y finalmente en los últimos 3 años se dedicaba a la ganadería.

El tercer lote de estudio se encontraba bajo cobertura natural (lote nativo) con un área de 10 ha aproximadamente y una altitud de 3650 msnm. Una parte de este lote fue quemado aproximadamente hace 50 años.

El cuarto uso correspondió a descanso con un área de 2 ha y una altitud de 3600 msnm. Este lote fue cultivado

hace aproximadamente 5 años y anteriormente se encontraba en vegetación nativa.

Para el muestreo se realizaron tres calicatas (1x1) m² por lote. Para cada una se describieron las características y propiedades físicas y químicas y se tomaron muestras de las cuatro paredes de la calicata. En cada lote se tomaron muestras sin disturbar.

Se realizaron 4 ensayos de infiltración/lote empleando el método de los anillos concéntricos, compuesto por dos cilindros de 32 y 50 cm de diámetro y 30 cm de alto que se introducen en el suelo prehumedecido de manera uniforme. Se mantuvo una carga constante de agua para minimizar el error (Lora y Gaitán, 2002; Porta *et al*, 1994).

Se determinaron las siguientes propiedades a las muestras tomadas en cada horizonte del perfil: Profundidad y límites de los horizontes, textura (método de Bouyoucos), densidad real (método del picnómetro), densidad aparente (método del cilindro), porosidad total (cálculo con los datos de densidad aparente y densidad real), macroporosidad (diferencia entre porosidad total y la microporosidad que correspondió al contenido de humedad a capacidad de campo, obtenida por medio de la olla de presión a 1/3 bar), carbono orgánico (método de Walkley y Black) y pH (potenciómetro relación 1:2,5).

Los análisis de laboratorio se realizaron en el laboratorio del CECIL (Centro de Estudios para la Conservación Integral de la Ladera) ubicado en Silvana (Cundinamarca) y en el laboratorio del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) siguiendo los protocolos del laboratorio (IGAC, 1990).

Se realizó un análisis de varianza que presentó diferencias significativas ($p < 0.01$) en las variables de respuesta. Además se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey para determinar diferencias significativas entre usos.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los suelos de la unidad escogida para el estudio bajo diferentes usos presentaron horizontes poco profundos y sus características se presentan en la (tabla 1). Fueron clasificados como fuertemente ácidos, correspondientes a lo reportado por la literatura (IGAC, 2000).

Tabla 1. Características de los suelos de páramo bajo diferentes usos de tierra.

Tipo de uso	Horizonte	Espesor del horizonte (cm)	Textura	pH
Papa	A	25,3	F	4,5
	B	20,5	FAr	5,0
Ganadería	A	21	F	5,0
	B	13,7	Ar	4,5
Descanso	A	26,7	FL	4,0
	B	22,7	FAr	4,5
Nativo	A	26	FL	4,0
	B	9,3	F	4,5

F = FRANCA FAR= FRANCOARCILLOSA AR= ARCILLOSA FL= FRANCOLIMOSA

Tabla 2. Ecuaciones de infiltración acumulada, velocidad de infiltración e infiltración básica para los diferentes usos de tierra en el páramo del Sumapaz.

Tipo de uso	Infiltración acumulada (cm)	Velocidad de infiltración (cm h ⁻¹)	Infiltración básica (cm h ⁻¹)
Papa	$2.34t^{0.29}$ b	$40t^{-0.71}$ b	1.10 bc
Ganadería	$3.07t^{0.36}$ a	$66.56t^{-0.64}$ a	1.72 ab
Descanso	$2.58t^{0.25}$ b	$38.47t^{-0.75}$ b	0.41 c
Nativo	$2.24t^{0.46}$ a	$60.82t^{-0.55}$ a	2.59 a

P< 0.01. Letras iguales indican que no hay diferencia significativa

La tabla 2 muestra las relaciones de infiltración acumulada, velocidad de infiltración e infiltración básica para cada tipo de uso. El modelo empleado para la determinación de los modelos matemáticos fue el propuesto por Kostiakov.

Se encontró que los lotes de ganadería no presentaron diferencias significativas en la capacidad de infiltración con respecto a lotes con vegetación nativa debida quizás al poco tiempo de dedicación al pastoreo, lo cual no ha incidido todavía en la disminución de la porosidad. Lo contrario ocurrió en los lotes dedicados al cultivo de papa y aquellos que son sometidos a descanso debido a su baja productividad. Estos presentaron baja capacidad de almacenamiento posiblemente debida a la pérdida de materia orgánica, por el exceso de mecanización y volteo del suelo (figura 1).

En el caso de los lotes en descanso, fue posible justificar el abandono a que se ven sometidos, debido a la degradación de las propiedades del suelo como la capacidad de infiltración lo que se refleja en una baja productividad en las actividades agropecuarias desarrolladas allí.

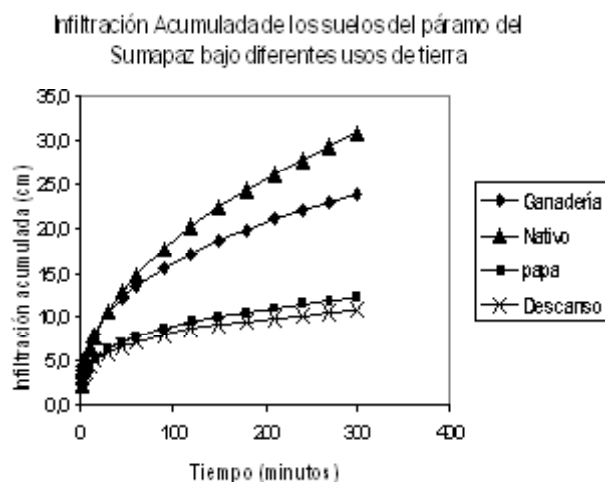


Figura 1. Curvas de infiltración acumulada para los suelos del páramo del Sumapaz bajo diferentes usos de tierra.

Las curvas de velocidad de infiltración o infiltración instantánea (figura 2), reflejan que el comportamiento fue similar a la infiltración acumulada. Se resalta el peligro potencial que se evidencia al disminuir la velocidad de infiltración del agua en el suelo, ya que el agua que no

entra y percola en el perfil, se traduce en agua de escorrentía, que es la responsable de los problemas de erosión en las zonas de ladera. Los cultivos de papa se caracterizaron por la baja o ninguna cobertura que sumada a la disminución de la velocidad de infiltración generaron problemas de erosión evidentes. En cuanto los lotes dedicados a descanso, el problema fue menor ya que al encontrarse cubiertos por barbecho protegían el suelo y aportaban materia orgánica con la posibilidad de mejorar la porosidad y por lo tanto el movimiento de agua.

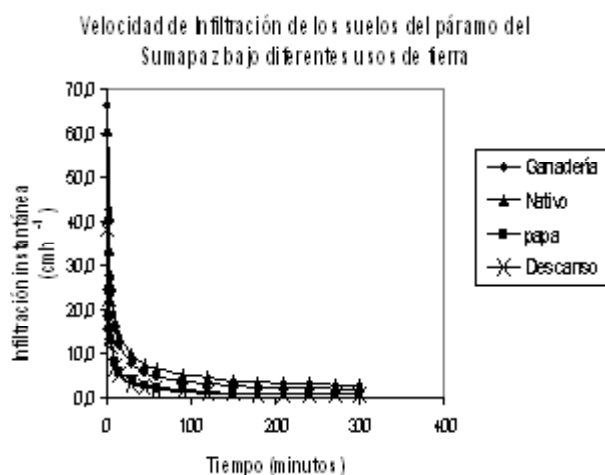


Figura 2. Curvas de infiltración instantánea para los suelos del páramo del Sumapaz bajo diferentes usos de tierra.

La figura 3 muestra los valores de infiltración básica y se comparan con la conductividad hidráulica en suelos saturados. La infiltración básica se determina cuando la velocidad de entrada de agua se hace prácticamente constante en el tiempo con una variación de la velocidad de infiltración menor al 10%. Se observa que el cambio en el uso del suelo, interfiere y degrada las propiedades de los mismos. La infiltración básica en lotes bajo vegetación nativa con mínima alteración mostró un valor de infiltración básica de 2.59 cm h^{-1} catalogada según Landon (1984) citado por Porta *et al.* (1994) como moderada. Esta condición es proporcionada por su balance adecuado entre la macroporosidad y la microporosidad y por sus altos contenidos de materia orgánica. Lotes bajo cultivo de papa mostraron un valor de infiltración básica bajo (1.10 cm h^{-1}), con diferencias significativas frente a lotes con vegetación nativa. Esta diferencia puede atribuirse a: el laboreo, produciendo ruptura de agregados y dispersión de arcillas que pueden

taponar poros y reducir la macroporosidad, la pérdida de materia orgánica por oxidación debido a alta aireación que se da al voltear el suelo y a las insuficientes aplicaciones de materia orgánica que se realizan en la zona.

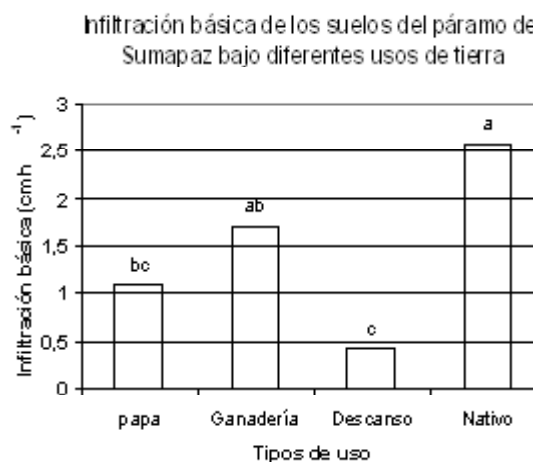


Figura 3. Valores de infiltración básica de los suelos del páramo del Sumapaz bajo diferentes usos de tierra. (Cuando se presenta igual letra implica que no hay diferencias significativas con una confiabilidad del 95%)

Según Plasentis (1994) cuando la labranza modifica la distribución del tamaño de los poros en la capa arable, se incrementa la capacidad del suelo para retener agua a bajas succiones, y consecuentemente la infiltración. Por debajo de la capa arable la capacidad de retención de agua es menor por lo que hace disminuir la infiltración debido a los cambios en la geometría del espacio poroso inducidos por la labranza. Para Shaxson y Barber (2005), la labranza acelera la pérdida de materia orgánica del suelo llevando a un progresivo deterioro de su arquitectura y a una reducción del número y de la estabilidad de los poros que permiten el crecimiento de raíces y el movimiento del agua de lluvia

El valor más bajo de infiltración básica fue encontrado en los lotes con suelos en descanso (0.41 cm h^{-1}) catalogada como lenta (Landon (1984) citado por Porta *et al.* (1994)). Valores bajos de infiltración pueden indicar alto riesgo a la erosión y baja aireación para las raíces de las plantas en condiciones de exceso de humedad. Es muy probable que estas condiciones sean las que han llevado al abandono de los lotes por su baja productividad y

respuesta a actividades agropecuarias. Además parece ser que su recuperación es lenta en el tiempo debido probablemente a la baja actividad microbiana y a la baja disponibilidad de nutrientes por la alta acidez que poseen estos suelos.

El aumento de la densidad aparente es un indicador de compactación, es decir, de pérdida de espacio poroso de un suelo. En los suelos de páramo el alto contenido de materia orgánica genera alta porosidad. Los valores hallados de densidad aparente estuvieron entre 0.7 y 1.3 g.cm^{-3} con diferencias significativas entre todos los usos del suelo (figura 4).

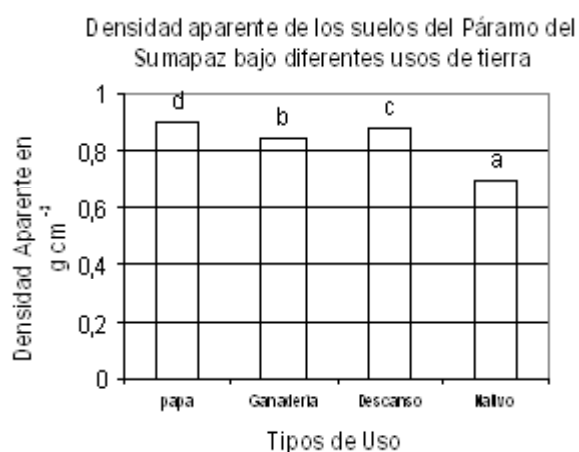


Figura 4. Densidad aparente de los suelos de páramo bajo diferentes usos de tierra.

Como era de esperarse, lotes con vegetación nativa presentaron el menor valor de densidad aparente. Un incremento de este valor (hasta 1,34 g.cm^{-3}), indica perturbaciones en el suelo producidas por cambio de uso. Las actividades culturales como la labranza hacen que se rompan los agregados del suelo y se disminuya la porosidad, dando lugar a un aumento de la densidad aparente, como el que se encontró en el lote bajo cultivo de papa. Poulenard y Podwojewski (2000) mencionan valores entre (0,3-0,9) g.cm^{-3} en los andisoles de los páramos del Ecuador, pero en estados de erosión severa la densidad encontrada en los páramos estaba entre (1,1-1,2) g.cm^{-3} lo que se puede explicar por la compactación del suelo debida al pastoreo o por la desecación del suelo cuando éste se descubre. En el estudio de Bruzon *et al.* (1998), citado por Alomia (2005) los páramos degradados también tenían una densidad aparente mayor que los páramos no degradados.

Los lotes bajo condiciones de vegetación nativa de páramo presentaron valores de porosidad alrededor de 65%, pero al cambiar de uso, estos valores decrecieron hasta en un 10%, afectando en mayor medida los lotes en descanso como se puede observar en la figura 4.

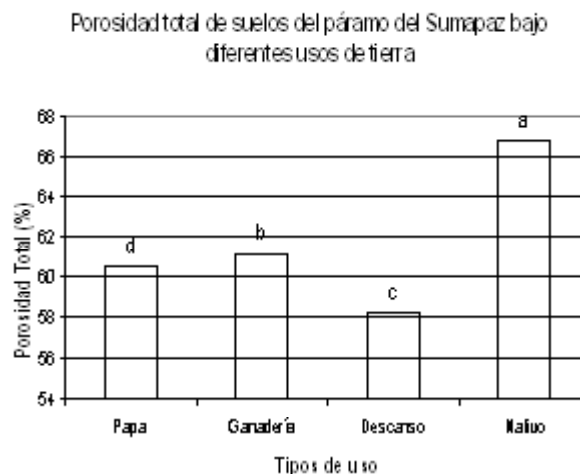


Figura 5. Valores de porosidad total en suelos de páramo de Sumapaz bajo diferentes usos.

Sin embargo, un valor total de porosidad no explica la dinámica del agua en el suelo. Es necesario conocer la distribución entre macroporos y microporos. En la figura 6 se puede apreciar la distribución de porosidad encontrada en los diferentes tratamientos. La macroporosidad, donde se almacena el aire y corre el agua de drenaje, se redujo en un 30% para el lote bajo cultivo de papa, un 10% para la ganadería y en un 50% en los lotes en descanso (figura 6).

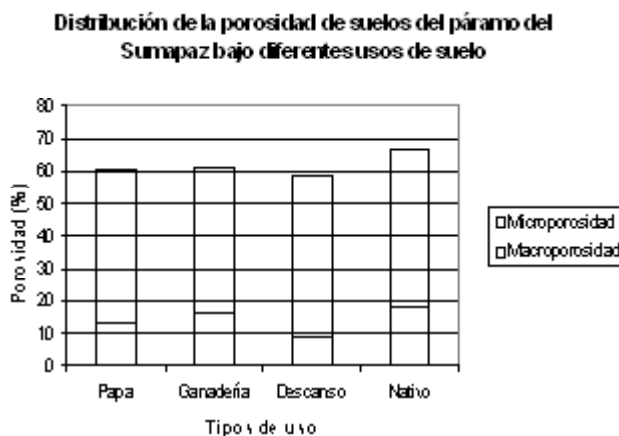


Figura 6. Distribución de la porosidad para los suelos de páramo bajo diferentes usos de tierra

Esta disminución pudo ser una de las causas de los problemas de erosión que se presentan en la zona, ya que al reducir la macroporosidad se ve afectada la velocidad de infiltración, lo que puede llevar al predominio de la escorrentía sobre la percolación.

En la figura 7, se observa cómo el lote con vegetación nativa presentó los mayores contenidos de materia orgánica que se redujeron al cambiar el uso del suelo. Dichos valores estuvieron alrededor del 18% siendo más altos a los reportados por otros autores. Malagón (1991) reportó valores entre 12,2% y 15,4% y López (1969) indicó valores entre 6% y 15%. La reducción del contenido orgánico estuvo alrededor del 45% la cual pudo deberse a que el aporte de biomasa que hace los cultivos y los pastos no es igual al suministrado por la vegetación nativa. Además los agricultores de la zona no aplican suficiente materia orgánica a los suelos como parte de las actividades culturales.

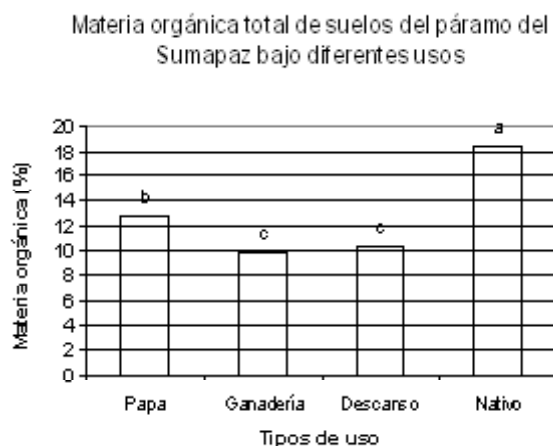


Figura 7. Contenido de materia orgánica de los suelos de páramo bajo diferentes usos de tierra

De acuerdo con Ortiz y Ortiz (1990), la importancia de la materia orgánica en el suelo está entre otras dada por su influencia en la formación de una estructura estable de agregados en el suelo por medio de la estrecha asociación que tiene con las arcillas, esta asociación incrementa la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua

Cuando se disminuye la capacidad de campo, se pierden las propiedades de drenaje natural del suelo disminuyendo la retención de agua, la capacidad de infiltración, la porosidad y la densidad aparente, afectando de manera directa la función original hidrológica de los

suelos de páramo. Martínez (2004) señaló la relación que existe entre el avance de la frontera agrícola y la reducción de la cantidad de agua, resaltando que los cultivos en áreas de páramo reducen su capacidad de regular el flujo hídrico.

Hofstede (2001) indica que los cultivos tienen un impacto mayor sobre el páramo, porque para la preparación del terreno se elimina toda la vegetación y se voltea el suelo que se seca superficialmente liberando nutrientes. El establecimiento de cultivos en los páramos no es conveniente ya que empieza la degradación de los suelos, hasta el punto de bajar en un alto porcentaje los rendimientos trayendo como consecuencia su abandono (lotes en descanso). Además, los cultivos no pueden proteger al suelo de la erosión hídrica y eólica como lo hace el pajonal (FAO 1961; Morgan 1998).

Todas las prácticas agrícolas tienen como consecuencia la desaparición de la capa de vegetación durante un determinado periodo causando un aumento de la evaporación. Cuando esto ocurre, se disminuye la humedad, la cantidad de materia orgánica conllevando a una menor capacidad de retención de agua. Este efecto es muy significativo, porque los suelos volcánicos poco desarrollados y que se encuentra en la mayoría de los páramos, se secan irreversiblemente y no recuperan su morfología original cuando se vuelven a mojar. Con prácticas agrícolas repetitivas, sin largos periodos de descanso, este ciclo de sequía y disminución de materia orgánica puede ser tan acentuado que el resultado es un suelo seco, arenoso y sin partes orgánicas (Hofstede, 1997).

No se recomienda el uso regular de labranza poco profunda con implementos de discos o dientes para romper el encostramiento superficial, incrementar la porosidad y favorecer la infiltración del agua de lluvia, ya que los resultados conducen a la compactación impidiendo el crecimiento de raíces y ocasionando taponamiento de poros (Shaxson y Barber, 2005).

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El cambio en el uso en el páramo del Sumapaz cambio significativamente las propiedades de los suelos, mostrando indicios de degradación, que repercuten en pérdida de suelo y agua.

Los suelos de páramo bajo vegetación nativa presentaron buenas características físicas como alta porosidad, bajas densidades aparentes, altos contenidos de materia orgánica y moderada velocidad de infiltración, mostrando su importante función hídrica dentro del ciclo hidrológico.

Los cultivos de alta intensidad como el de papa, ocasionaron disminución de la porosidad, incremento de la densidad aparente, reducción del contenido de materia orgánica y por tanto disminución en la infiltración acumulada y en la velocidad de infiltración, que sumado a la falta de cobertura pudieron propiciar los fenómenos de erosión hídrica como los que se evidenciaron en la zona.

Los suelos del lote destinados al descanso fueron los que presentaron mayor degradación, con poca productividad y baja respuesta a actividades culturales como la sobrefertilización.

Es necesario realizar planes de desarrollo que permitan a las comunidades de las zonas de páramo, obtener beneficios económicos de una manera sostenible promoviendo la conservación de los suelos y aguas como eje importante de desarrollo en todos los ámbitos de la sociedad.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alomia, M. (2005). Efectos de la producción agropecuaria en los suelos de los páramos: el caso de Guargaje. En: Ecuador Debate N° 65. <http://www.dlh.lahora.com.ec>. Consulta: diciembre 2007.
- Andrade, G. I. (Ed). (1993). Carpanta selva nublada y páramo. Ecología y conservación de un ecosistema altoandino. Fundación Natura.
- Aparicio-Mijares F. J. 1999. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Ed. Limusa. México.
- Avellaneda, A. (2002). Gestión ambiental y planificación del desarrollo. Primera edición. Bogotá: Ecoe ediciones.
- Baver, L., W. H. Gardner., W. R. Gardner. (1973). Física de suelos. México: Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.).
- Chow, V. T., D. R. Maidment., L. W. Mays. (1993). Hidrología aplicada. Mc Graw-Hill.
- FAO. (1961). La erosión eólica y medidas para combatirla en los suelos agrícolas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Roma.
- Fetter, C.W. (2001). Applied Hydrogeology. Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 598 pp
- Freebairn D, S. Gupta. (1990). Microrelief, Rainfall And Cover Effects On Infiltration. Soil & Tillage Res 16:307-327.
- Hofstede, R. (1995). Effects of Livestock farming and recommendations for management and conservation of paramo grasslands. Amsterdam: Editorial John Wiley & Sons, Ltd.
- Hofstede, R. (1997). La importancia hídrica del páramo y aspectos de su manejo. www.condesan.org/e-foros/cdpp/cdpp31.htm - 17k. Consulta: diciembre de 2007.
- Hofstede, R. (2001). El Impacto de las Actividades Humanas sobre el Páramo. En: Los Páramos del Ecuador, Particularidades, Problemas y Perspectivas. Editorial Abya-Yala. Proyecto Páramo. Quito. 161-182 pp.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2000). Estudio General de suelos y zonificación de tierras. Tomo I y II. IGAC. Tomo I 100 – 102p. Tomo II 320p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1990). Métodos Analíticos del Laboratorio de suelos. IGAC, Bogotá. 27-300 p
- Jaramillo, R.A., C. B. Chaves. (1999). Aspectos hidrológicos en un bosque y en plantaciones de café *coffea Arabica*/L al sol y bajo sombra. Cenicafé 50(2):97 - 105.
- López, M. (1969). Problemas de fertilización en suelos derivados de cenizas volcánicas de

-
- América Latina. Pp. C.1.1. - C.1.4, C.1.6. En: Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. FAO/IICA. Turrialba.
- Luteyn, J. (1999). Páramo: A checklist of plant diversity, geographical distribution and botanical literature. New York: Botanical Garden Press.
- Malagón, D. (1991). Génesis y Taxonomía de los Andisoles colombianos. IGAC. Bogotá
- Martínez, C. (2004). Los Misioneros Salesianos y El Movimiento Indígena de Cotopaxi, 1970-2004. Debate Análisis. Ecuador Debate N° 63 <http://www.dlh.lahora.com.ec/paginas/debate/paginas/debate/1316.htm>. Consulta: diciembre de 2007
- Morgan, R. (1998). Erosión del suelo y conservación. Ediciones Mundi Prensa. Madrid
- Ortiz, V.B. & Ortiz, C.A. (1990). Edafología. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento De Suelos. Séptima Edición. Chapingo, México.
- Plasentis, I. (1994). Curso sobre efectos de la labranza en las propiedades físicas de los suelos. Instituto de Suelos. C.I.R.N. INTA Castelar. Capítulo II, Labranzas y Propiedades Físicas de los Suelos.
- Pombo, D., (ed.) (1989). Perfil ambiental de Colombia. U.S. Agency for International Development, Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas" Colciencias, y Fondo FEN Colombia, Santafé de Bogotá.
- Porta, J., Lopez-Acevedo, M. & Roquero, C. (1994). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid: Ed: Mundiprensa
- Poulenard, J. y P. Podwojewski. (2000). La degradación de los suelos de los páramos. En: Los Suelos del Páramo. Serie Páramo 5. GTP/ Abya Yala. Quito.
- Shaxson, F., R. Barber. (2005). Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. El significado de la porosidad del suelo. Boletín de suelos de la FAO N° 79. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma
- Vis, M. (1986). Interception, drop size distributions and rainfall kinetic energy in four Colombian forest ecosystems. *Earth Surface Processes and Landforms* 11(6):591-603

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.