



ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS PÁRAMOS DE GUERRERO, NEUSA, CHINGAZA Y SUMAPAZ

Angela Pinzón Pinto

Agróloga M.Sc.
Docente universitaria
mangelpinzon@gmail.com

Palabras Clave:
Páramo, tomografía
computarizada, humedad,
temperatura.

RESUMEN

Cerca de 2,9 millones de hectáreas de los ecosistemas de páramos que alberga el territorio colombiano representan el 49% de todos los páramos del planeta (IDEAM, 2015). Este ecosistema ofrece importantes funciones ecológicas, una biodiversidad única y un suelo que tiene capacidad de fijar el carbono atmosférico. Lo más destacable es su capacidad de retener y almacenar agua; de hecho, los páramos dan origen a las cuencas hídricas que nutren gran parte del país. El estudio se llevó a cabo en varias etapas durante 5 años, en los páramos de: Guerrero, Neusa, Chingaza y Sumapaz, ubicados en el departamento de Cundinamarca, Colombia; en 15 suelos con dinámicas pedológicas diferentes, pero con características en algunos casos similares, como el alto contenido de materia orgánica y la presencia de ceniza volcánica. El objetivo de esta investigación es profundizar en el conocimiento de las propiedades físicas de suelos representativos de alturas superiores a los 3000m., utilizando metodologías recientes como la Tomografía Computarizada. Se deben destacar en esta investigación las mediciones de la temperatura edáfica en dos épocas (verano e invierno), y la cantidad de agua que pierde el horizonte orgánico (O) al ser removido. Lo más preocupante es que, al tratar de humedecerlo nuevamente, no se rehidrata; es decir que el horizonte O desaparece. Tanto la temperatura como la pérdida de este horizonte permiten hacer una reflexión sobre la necesidad de tomar conciencia para proteger y conservar estos ecosistemas mediante políticas que limiten el aprovechamiento de sus funciones específicas y propias, como conservar su biodiversidad y mantener sus condiciones hídricas.

ESTUDY OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF PARAMOS DE GUERRERO, NEUSA, CHINGAZA AND SUMAPAZ

Keywords:

Paramo, CT scan, humidity,
temperature.

ABSTRACT

Almost 39 million hectares in the Paramo ecosystem in the Colombian territory represent 49% of all those lands in the world (IDEAM, 2015). This ecosystem offers important ecological functions, a unique biodiversity and the soils show a high atmospheric carbon fixation capacity; however, it is noteworthy the water holding capacity of soil, in fact these lands give rise to much hydric basins over the country. This study was carried out in the Guerrero, Neusa, Chingaza and Sumapaz, located in the department of Cundinamarca, Colombia, in 15 soils with different pedological dynamics, but with similar characteristics such as the high content of organic matter and the presence of volcanic ash. The objective of this research is to deepen the knowledge of the physical properties of representative soils of heights higher than 3000 m, using recent methodologies such as Computed Tomography. The measurements of the edaphic temperature in two seasons (summer and winter) should be highlighted in this research, and the amount of water that the organic horizon (O) loses when it is removed. The most worrying thing is that when trying to moisten it again it does not get re-humidified, which means that the O horizon has disappeared. Both the temperature and the loss of this horizon prove the need of becoming aware to protect and conserve these ecosystems through policies that limit the use of their specific and proper functions, such as conserving their biodiversity and maintaining their hydric conditions.

Rec : 15/11/2021

Acep : 30/11/2021

INTRODUCCIÓN



Los factores bioclimáticos ejercen acción sobre los materiales que originaron los suelos: rocas, sedimentos, piroclastos, y materiales orgánicos, transformándolos por medio de la alteración, meteorización e intemperismo, generando nuevos productos como minerales y/o materiales amorfos (Malagón y Pulido 2000).

El tiempo de evolución y fenómenos tales como la presencia de horizontes o suelos enterrados, fosilizados o policíclicos, deben asociarse con las diferentes glaciaciones (especialmente la última), interglaciales, y con la actividad volcánica, que generaron el marco de entendimiento de la repartición espacial de los suelos, sus características y dinámica evolutiva. La interacción dinámica de estos factores ha definido una morfografía, propia de los páramos colombianos, por ejemplo, las formas asociadas con la dinámica glaciaria (circos, morrenas, lagunas) y periglacial (crestas, derrubios, laderas de gelifracción). (Zink 2012)

Para entender a fondo el problema de los páramos, es necesario conocer, entender y analizar los suelos, los cuales, presentan un bajo desarrollo genético, y una evolución

muy lenta, además de una serie de limitaciones químicas de tipo permanente, como son los bajos niveles de fertilidad y la fuerte acidez. Esto indica que la mayor parte de los suelos de este ecosistema no tienen vocación agropecuaria, por lo tanto, deben ser dedicados exclusivamente a la conservación.

Esta investigación constituye un aporte para conocer y avanzar en el estudio de los suelos de páramo, específicamente en sus propiedades físicas, así como también el de sensibilizar a nuevos investigadores para avanzar en la generación de nuevas técnicas que permitan determinar en campo con mayor precisión sus propiedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Se estudiaron cuatro páramos: Guerrero ubicado en el municipio de Zipaquirá, de Neusa situado en el municipio de Tausa, Chingaza ubicado en el municipio de la Calera y el de Sumapaz localizado en el municipio de Usme., (figura 1)

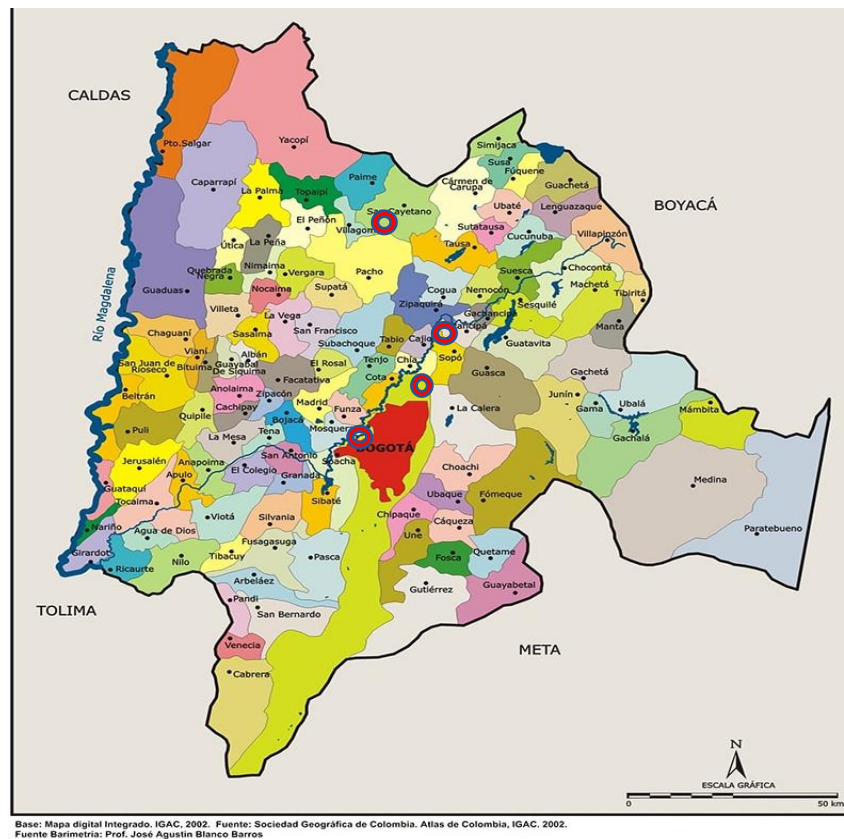


Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo de los suelos

El clima de la zona de estudio tiene una precipitación promedio anual que oscila entre 1012 mm (Neusa), 1.400 (Guerrero), 1422 mm (Sumapaz) y 2097 mm (Chingaza); las temperaturas fluctúan entre 4 y 11°C. El páramo de Chingaza es el más húmedo y Neusa el más seco.

VEGETACIÓN

El frailejón (*Espeletia*) más de 120 especies de espeletia y el senecio gigante son probablemente las plantas que más adaptaciones presentan en un clima extremo que cualquier especie en el mundo. El frailejón tiene una forma de crecimiento muy especial, con la roseta elevada protegiendo el punto de crecimiento, el tronco grueso el cual retiene agua, las hojas suculentas y peludas, tienen una resistencia muy alta para rayos UV e inclusive contienen sustancias químicas en

las células para inhibir la congelación del citoplasma.

La paja, aunque es mucho menos vistosa, tiene una gran serie de adaptaciones al frío, al viento, a la gran irradiación y a la humedad. La paja forma la principal cobertura en el páramo, da protección a una gran variedad de plantas menores y fauna, protege el suelo cubriéndolo y permitiendo así la regulación hídrica. También abundan los líquenes, hepáticas, musgos y helechos. (Rangel, 2000)

SUELOS

Los glaciares fueron los modeladores principales de los espacios hoy ocupados por los páramos y su posición altitudinal ha sido cambiante (de arriba a abajo o viceversa) en función de los cambios climáticos globales. Las variables bioclimáticas, petrográficas, geomorfológicas y paleoambientales han generado suelos característicos mediante los procesos de formación. Por lo tanto, la

morfología y las características de los suelos son el resultado de su génesis-evolución, lo cual se resume en su taxonomía.

Para el presente estudio se escogieron 15 de los suelos más representativos en las diferentes geoformas, los cuales se muestran en la tabla 1. La distribución geográfica de los suelos varía de acuerdo con las zonas altitudinales y con ello los contenidos de materia orgánica, la transformación de esta conduce a tipificar humus mor-moder a

alturas superiores a los 3600/3800m y mull ácido en altitudes inferiores. En las vertientes más húmedas los suelos que predominan son los Cryaquents, Cryaquepts, Typic Cryohemists (fig.2) y Cryaquands, como también diferentes Histosoles (Fibrists, Hemists y Saprists). En condiciones menos drásticas, zona de páramo bajo, alturas inferiores a 3.400m, se encuentran suelos más evolucionadas como los Andisoles e Inceptisoles.

Tabla 1 Distribución de los 15 suelos estudiados

GEOFORMAS	MATERIAL PARENTAL	UNIDAD TAXONÓMICA	ALTITUD (m)
Depresiones	Materiales orgánicos sobre arcillas	Hemic Haplofibrist	3.300
Cresta de gelifracción	Areniscas	Lithic Crioumbrets	3.659
Ladera de gelifracción	Crioclástica	Entic Crioumbrets	3.520
Morrenas	Morrenica	Entic Crioumbrets	3.500
Depresión lagunar	Depósitos orgánicos	Criohemists	3.505
Morrenas de fondo	Ceniza volcánica material morrénico	Typic Cryandeps	3.610
Laderas de gelifracción	Ceniza volcánica depositadas sobre arcillas	Typic Dystrandeps	3.580
Cresta de gelifracción	Ceniza volcánica	Typic Criumbrepts	3.730
Depresión lagunar	Materiales orgánicos	Typic Criohemists	3.590
Cresta de gelifracción	Cenizas volcánicas	Lithic Crioumbrets	3.685
Laderas de gelifracción	Lutitas abigarradas	Typic Dystropepts	3.350
Derrubios de gelifracción	Areniscas de la formación Guadalupe	Entic Andic Cryumbrepts	3.560
Morrena	Ceniza volcánica sobre material morrénico	Andic Cryumbrets	3.590
Depresión lagunar	Sphagnum y restos vegetales	Typic Criohemists	3.580
Coladas de gelifracción	Arcillas de la formación Guaduas	Andic Humitropepts	3.470
Laderas de gelifracción	Cenizas volcánicas sobre arcillolitas	Typic Cryandeps	3.630



Figura 2. Typic Crioheemists, ubicado en la depresión lagunar del páramo de Sumapaz

PROPIEDADES FÍSICAS

A los suelos estudiados se les practicaron los siguientes análisis físicos: textura se realizó en campo organolépticamente y por el método de la pipeta en laboratorio en los horizontes minerales; estabilidad de agregados; observada en campo y por el método de Yoder en laboratorio; porosidad a través de tomografía computarizada; humedad por medio de tensiómetros y en el laboratorio por medio de equipo de retención de humedad; densidad aparente por el método del cilindro; y temperatura edáfica en campo con el Geotermómetro.

Textura

La textura tomada a los horizontes minerales es muy variada conforme a su constitución mineralógica; por ejemplo, en el suelo Criumbrepts ubicado en la cresta de gelifración (3.659 m) hay predominio de arena, en el suelo Haplofibrists ubicado en una depresión (3.300 m) la textura del horizonte A es arcillosa. En general en el páramo de Sumapaz predomina la textura arcillosa; en los páramos de Chingaza y Neusa la textura es heterogénea debido a que

el material parental es variado, se presentan desde texturas franco arcillosa hasta franco arenosa. En el de Guerrero es franco arcilloso, aunque en algunas geoformas predomina la textura franco limosa.

Estabilidad estructural

Esta prueba se hizo solo en los horizontes minerales de los perfiles estudiados; sin embargo, se llevó a cabo una prueba en el horizonte orgánico Oa (sáprico), se apreció una fuerte relación entre los ácidos húmicos y la arcilla formando complejos arcillo-húmicos estables; en los páramos de Chingaza y Sumapaz los suelos tienden a tener una baja estabilidad, en el de Guerrero hay baja estabilidad en algunos sitios en donde la textura es franco-limosa. Mientras se conserve el horizonte orgánico la estabilidad de los agregados del suelo difícilmente cambiará.

Densidad aparente

Los horizontes O presentan altos contenidos de materia orgánica, por lo tanto, la densidad aparente es muy baja, oscila entre 0.12 a 0.15 g.cm^{-3} , no hay mucha diferencia durante las dos épocas; en el horizonte A oscila entre 0.8

y 0.9 g.cm^{-3} y en los horizontes B la densidad aparente fluctúa entre 1.0 y 1.3 g.cm^{-3} .

El uso del suelo en estas zonas cada vez va cogiendo más terreno especialmente con cultivos de papa y ganadería, en estos casos las propiedades físicas del suelo se observan muy afectadas; estos ecosistemas tienen un bajo nivel de resiliencia por tanto son considerados muy frágiles, alrededor de $\frac{3}{4}$ partes de los suelos en el páramo corresponden al agua. Cuando se va a sembrar remueven el horizonte orgánico (O), por lo tanto, estos suelos perderían su nomenclatura taxonómica, es decir, no se podrían clasificar como Histosoles.

Humedad

La propiedad física más importante en esta investigación fue la de conocer qué cantidad de agua retiene el horizonte O. Para ello se tomó una muestra del horizonte orgánico (Oi, Oe, Oa) cuyo peso fue 620 g , se dejó secar al ambiente por 5 días, el peso disminuyó hasta 223.5 g , por lo tanto, este horizonte perdió 396.5 g ; De esta manera, se entiende la magnitud del problema al perder el horizonte

orgánico; por otra parte, el problema se agrava aún más es que este material orgánico seco se puso en contacto con el agua durante cinco días para tratar de hidratarlo, pero este horizonte (O) no recupera el agua que ha perdido, es decir que no hubo rehidratación. Algunos autores entre ellos Briceño, (1980) han obtenido datos sorprendentes en cuanto absorción de agua por este horizonte, en muchos casos han obtenido hasta 40 veces su propio peso.

En el laboratorio el horizonte orgánico se sometió al análisis de retención de humedad a 30 y 1.500 kPa por medio de la olla de presión, datos que resultan muy interesantes para entender la importancia que tienen los páramos al retener esa gran cantidad de agua, la figura 3 muestra la cantidad retenida a presiones diferentes. El páramo presta servicios ambientales fundamentales a la población, directa e indirectamente, con la continua provisión de agua en cantidad y calidad y en el almacenamiento de carbono atmosférico, que ayuda a controlar el calentamiento global; ambos tienen que ver con el funcionamiento de un elemento poco conocido y subvalorado: el suelo.

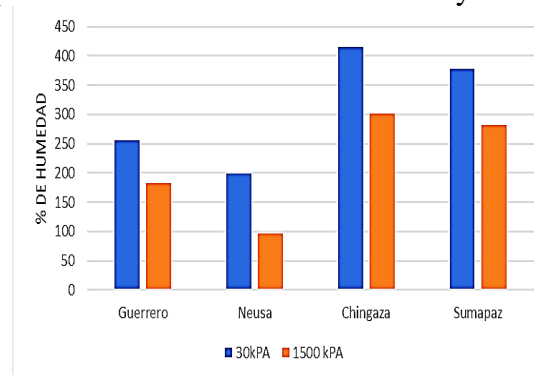


Figura 3. Retención de humedad 30kPa y 1500kPa

Temperatura edáfica

El valor de la temperatura del suelo en un momento dado y la forma en que varía en el espacio y en el tiempo, son factores de primordial importancia para la

caracterización del medio físico del suelo por ser determinante en las velocidades y direcciones de los procesos físicos y de los cambios de masa y energía con la atmósfera, (Pinzón 2008).

Muy pocos estudios se han hecho a detalle sobre la temperatura del suelo, a pesar de que esta propiedad es muy importante debido a la su influencia sobre la humedad, la aireación, la estructura, la actividad microbiana y en las reacciones biogeoquímicas que suceden dentro de él. También para la emergencia de algunas semillas las cuales requieren cierto grado de temperatura edáfica.

Las mediciones se hicieron en los primeros 50 cm, desde las 5 a.m, hasta las 5 p.m, durante la época de invierno y la época verano. En las primeras horas del día (entre 5 y 7 a.m) se registraron temperaturas promedio de 4°C, las cuales fueron aumentando hasta llegar a un máximo de 16°C alrededor de las 2 p.m, nuevamente descendiendo hasta 8°C alrededor de las 5 p.m. A partir de los 60 cm ya no hubo gran variación, prácticamente se mantuvo en un promedio de 8°C. En cuanto a las dos épocas (invierno y verano) hubo una pequeña diferencia, especialmente en el páramo de Chingaza. Figuras: 4,5, 6 y 7

Se llevó a cabo el cálculo de la difusividad térmica aplicando la fórmula de Fourier, dicha formula, expresa el intercambio de calor entre la atmósfera y el suelo, este fenómeno se realiza a través de una capa de separación muy estrecha (del orden de micras) en la que intervienen diferentes factores, unos referidos a propiedades del suelo, como su composición, tamaño medio del grano, tamaño medio de los poros, cobertura vegetal, contenido de agua; y otros referidos a propiedades locales de la atmósfera. El sentido del flujo de calor desde la atmósfera hacia el suelo o desde el suelo hacia la atmósfera dependerá de las temperaturas relativas en ambos medios. En la tabla 2, aparecen los datos de la difusividad térmica de siete de los suelos estudiados. Esto requiere de estudios de mayor profundidad para conocer más acerca de la difusividad térmica, considerando que es un integrador del conjunto de causas que hace variar el régimen térmico del perfil del suelo.

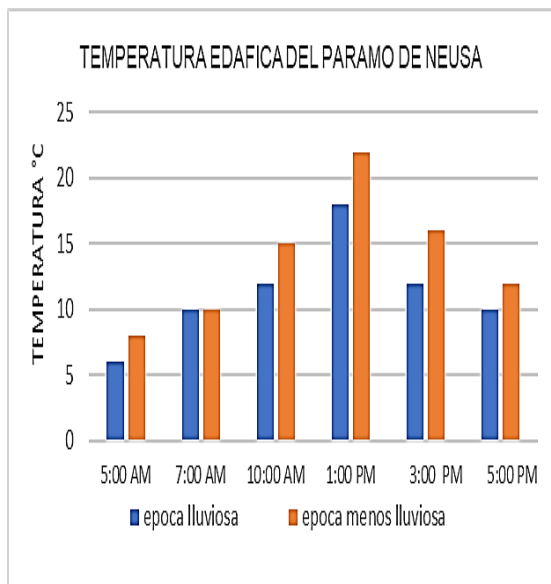


Figura 4

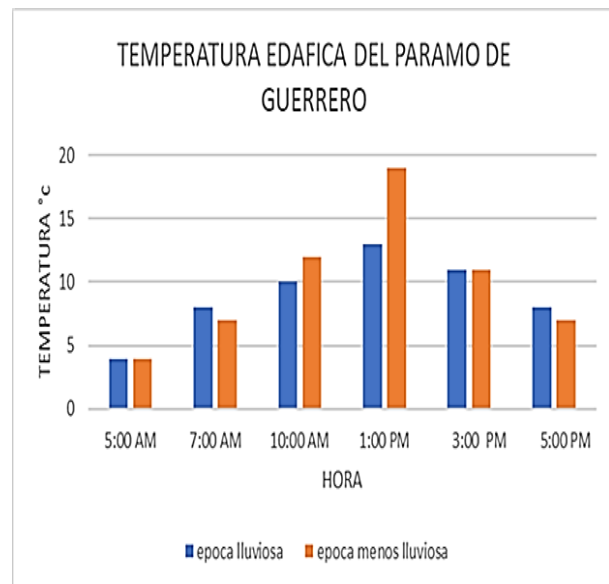


Figura 5

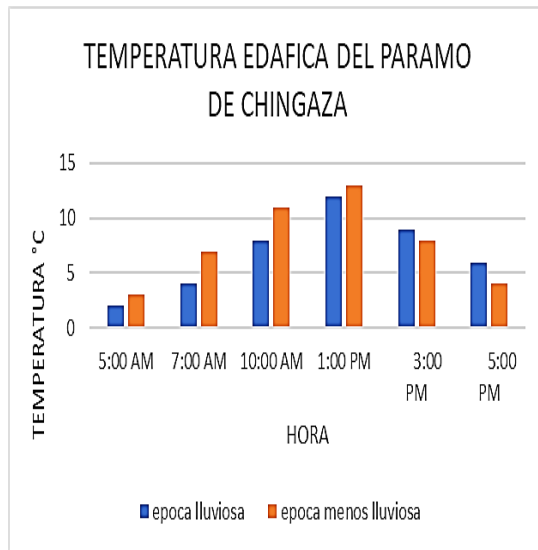


Figura 6

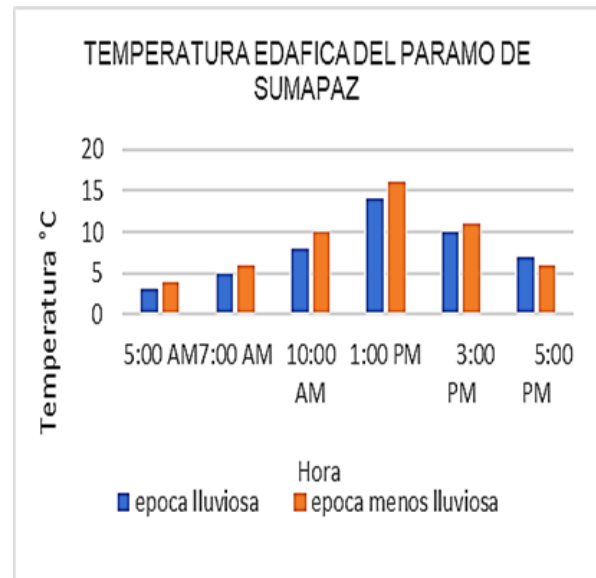


Figura 7

Tabla 2. Difusividad térmica del suelo

SUELO	DIFUSIVIDAD TERMICA (cal/ s)
<i>Typic Criohemists</i>	7×10^{-3}
<i>Typic Criandeps</i>	2×10^{-2}
<i>Typic Criumbrepts</i>	1.8×10^{-2}
<i>Lithic Criumbrepts</i>	2×10^{-2}
<i>Entic Andic Criumbrepts</i>	1.3×10^{-2}
<i>Andic Humitropepts</i>	3.6×10^{-2}
<i>Entic Criumbrepts</i>	4.5×10^{-2}

POROSIDAD

Para profundizar en el conocimiento real de la porosidad del suelo, se utilizó la tomografía computarizada (TC), herramienta que proporciona una visión más precisa sobre la porosidad y las demás características que

de ella dependen como los flujos del agua y aire del suelo; ello permite mejorar nuestra comprensión sobre las funciones fisicoquímicas y biológicas específicos de

diversos procesos que suceden en el suelo (Pinzón 2019).

El perfil del suelo del páramo de Guerrero, (Hemic Haplofibrist) se sometió al análisis de tomografía computarizada, (figura 8) en la cual se pueden identificar claramente los espacios vacíos con agua, también el material vegetal del horizonte O. La estructura granular fina del horizonte A también se observa; el horizonte Bw con estructura de bloques subangulares fuertes que rompen en bloques subangulares medios y finos. En adición, se pueden apreciar en la imagen

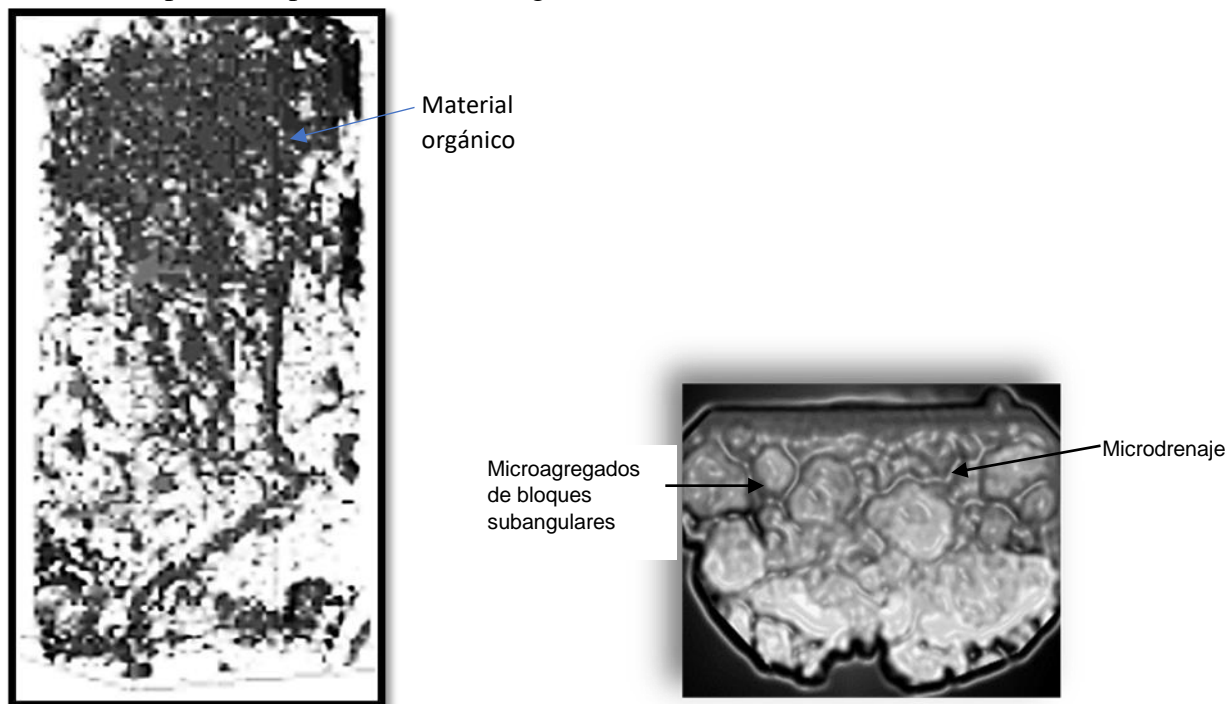


Figura 8 análisis de la TC del suelo

Hemic Haplofibrist)

CONCLUSIONES

La presente investigación se desarrolló bajo el uso de una pluralidad metodológica, ya que esta hace uso del método cuantitativo y cualitativo, lo cual permite tener una visión

poros interpedales finos en donde el flujo de agua es muy lento; Jarvis (2016), demostró que con imágenes de TC las redes de este tipo de poros muestran características claves predichas por la teoría clásica de la percolación y encontró que la porosidad estructural cuantificada por TC refleja muchas de las relaciones en el movimiento de la solución del suelo. También se observan los espacios ocupados por raicillas y pelos absorbentes y las microestructuras dentro de las mesoestructuras.

amplia, asertiva y holística en el procesamiento y análisis de los datos. De los análisis expuestos en esta investigación se pone en conocimiento la fragilidad del suelo con respecto a las propiedades físicas, especialmente su humedad como eje esencial y como recurso

fundamental de dicho ecosistema. La temperatura edáfica juega un papel primordial en los procesos y factores que ocurren en el suelo, especialmente en los que se refiere a la edafofauna que este alberga. Conociendo la fragilidad de los suelos de los páramos desde el punto de vista físico, se puede pronosticar: a) cambio climático, b) desabastecimiento de agua en las grandes ciudades, c) procesos erosivos y d) desplazamiento humano.

Es urgente hacer un seguimiento, por lo menos cada trienio, para identificar

BIBLIOGRAFIA

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, 2012. Estudio Paramo Santurban. Colombian biodiversity information system IDEAM. 2015. Fuertes impactos del cambio climático en los páramos de Colombia. Boletín de prensa

RANGEL-CH., J.O. (ed.). 1995. Colombia Diversidad Biótica. I. Convenio INDERENA - Univ. Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá.

BRICEÑO, P. 1980. Informe del estado actual de las cuencas hidrográficas en el páramo de Chingaza. Ed. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.pag.120

necesidades de conservación conjuntas en el marco de diversidad natural, que generen mecanismos para superar vacíos de conocimiento a través de procesos de investigación, solo de esta manera conoceremos a fondo sus funciones específicas.

No considero necesario hacer más énfasis en lo mucho que será necesario hacer en los tiempos venideros en pro del avance de la disciplina de la Física de Suelos, pero sí es imperativo frenar el estancamiento en la producción de conocimiento científico.

MALAGON, D. CARLOS, P. 2004. Clasificación de los suelos de los páramos del país. Ed. IGAC. pág. 60

HOFSTEDE, R., R SEGARRA y R MENA V. (Eds.). 2003. Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. p. 297

PINZÓN, A. 2008. Apuntes sobre Física de Suelos. Zárate publicidad. p. 205

PINZÓN, A. 2019. Apuntes sobre Física de Suelos II. Zárate publicidad. p.125

ZINK, A. 2012. Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. ITC, Holanda pag.118