

VARIABILIDAD DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS EN SUELOS DEL PUTUMAYO, COLOMBIA

LUCIO LEGARDA BURBANO (*)

RESUMEN

A partir de 43 análisis de suelos y con base en las propiedades físicas de los suelos de la Intendencia del Putumayo, situados al Sur-oeste de Colombia, es estudiada la variabilidad de los dos pisos térmicos principales frío (Alto Putumayo) y caliente (Bajo Putumayo).

Las propiedades físicas analizadas fueron: textura, agregados estables al agua, densidad real, densidad aparente, porosidad, plasticidad, capacidad de retención de humedad y materia orgánica.

Los suelos estudiados presentaron predominancia de arenas y limos sobre las arcillas. Los valores de porosidad y capacidad de retención de humedad fueron bajos y los de densidad aparente altos, el índice de plasticidad bajo y el grado de agregación muy alto.

Los suelos del Bajo Putumayo presentaron menor variabilidad que los del Alto Putumayo. La homogeneidad de las variancias predominó en las arcillas, densidad real, porosidad, densidad aparente y plasticidad. La heterogeneidad predominó en los agregados estables de agua, arenas, limos y capacidad de retención de humedad.

La secuencia de variabilidad presentada por las propiedades físicas en estudio fue la siguiente:

(*) Profesor Titular, Decano Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

Densidad real < Porosidad < Densidad aparente < Retención de humedad < Textura < Plasticidad < Agregados estables al agua.

ABSTRACT

Starting from 43 soil analysis on the base of the physical properties of soils of the Intendencia of Putumayo which are located on the South-west part of Colombia, was studied the variability of the two thermal levels: cold (High Putumayo) and warm (Low Putumayo).

The analyzed physical properties were: texture, stability of aggregates to water, real density, bulk density, porosity, plasticity, moisture holding capacity and organic matter.

The studied solils showed sand predominance and silt over clays. The porosity values and moisture holding capacity were low and those of bulk density were high, the plasticity index was low and the aggrégation degree was very high.

The low Putumayo soils showed a minor variability of predominated upon the clays, real density, porosity, bulk density and plasticity. The heterogenity predominated on the stable aggregates to water, sands and moisture.

The sequence of variability showed by the physical properties was the following:

Real density < Porosity < Bulk density < Moisture holding capacity < Texture < Plasticity < Stable aggregates to water.

INTRODUCCION

El estudio de grupos de factores y procesos físicos del suelo y sus propiedades químicas, biológicas y mineralógicas determinan la productividad de los suelos. El conocimiento de las propiedades físicas tiene como objeto la conformación de una estructura para resolver los problemas de laboreo, fertilización, drenaje, irrigación y conservación de suelos y aguas.

La Intendencia Nacional del Putumayo es una región netamente agropecuaria y sus suelos están influenciados por factores especiales como su influencia volcánica, topografía y explotación. Lo anterior ha determinado que estos suelos presenten una notoria variabilidad y que sus características físicas ofrezcan máximos y mínimos sorprendentes.

La Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, por intermedio de las distintas investigaciones y de los análisis de su Laboratorio de Suelos, ha venido efectuando una serie de análisis sobre las propiedades físicas provenientes de distintas regiones de la Intendencia del Putumayo, que han aportado interesantes datos y dilucidado algunos problemas en el manejo de sus suelos.

Con base en lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo fundamental estudiar la variabilidad de las propiedades físicas de los suelos del Putumayo, Colombia.

REVISION DE LITERATURA

Según Baver, Gardner y Gardner (4) un suelo de textura gruesa tiene baja capacidad de retención de agua, y una elevada permeabilidad, mientras que los suelos de textura fina poseen alta capacidad de retención de agua, pero lenta permeabilidad. Estos últimos suelos tienen

siempre una mayor capacidad de intercambio catiónico, que los de textura gruesa. Asimismo, entre más fina es la textura, el suelo aumenta la capacidad capilar y disminuye la velocidad de infiltración, a menos que el grado de agregación sea bastante elevado.

La estabilidad a los agregados es de máxima importancia en la formación y en la conservación de buenas relaciones estructurales en los suelos. No se le ha dado la importancia que realmente tiene la acción destructiva de las gotas de lluvia, que en muchos casos son la causa principal de la dispersión de la estabilidad de los agregados. Su efecto inmediato se limita en una capa delgada de la superficie, pero la destrucción de estructura de esta capa restringe las relaciones de aire y humedad de todo el perfil (4).

La densidad aparente del suelo está afectada por el arreglo de las partículas, por la textura y la compactabilidad. Igualmente, uno de los factores que afectan la densidad aparente es el contenido de materia orgánica. Si su nivel disminuye, la densidad aparente aumenta ya que los espacios porosos también aumentan. Forsythe et al (10) afirman que en suelos Andosólicos, la densidad aparente es baja, teniendo como límite 0,20 y 0,80 g/ml y su porosidad entre 70 y 80%. En un Andosol del Altiplano de Pasto, se encontró una densidad aparente promedio de 0,73 g/ml, con una porosidad del 51,14% (21).

Se ha demostrado que los suelos, a excepción de los que carecen de plasticidad como los arenosos, se hacen más plásticos a medida que aumenta el contenido de humedad, son tenaces y muy coherentes y pueden ser moldeados (4).

La compactación del suelo causada por inadecuado manejo del mismo, incrementa la densidad aparente, reduciendo así la porosidad; disminuye la tasa básica de infiltración, aumenta la resistencia del suelo a la penetración y hace descender la capacidad de aquel para almacenar agua. Todo lo anterior incide directamen-

te en un aumento en la duración del riego y en una distribución irregular del agua aplicada (13).

Baver, Gardner y Gardner (4) afirman que los suelos de textura gruesa exhiben altos potenciales negativos a bajos contenidos de humedad; lo contrario ocurre con los suelos de textura fina. Esto se debe al gran número de contactos en los suelos finos, lo cual reduce la cantidad de humedad en cada uno de los puntos de contacto en el correspondiente descenso en el radio de curvatura del menisco de agua en los poros.

La plasticidad está afectada por el tamaño de las partículas, el contenido de materia orgánica, la naturaleza mineral del suelo, la composición de los coloides y por los iones intercambiables. La relación entre la plasticidad y la textura ocurre así: ninguna plasticidad para arenas gruesas, ligera para finas, alta para limos y muy alta para arcillas (15).

La retención del agua en el suelo es la resultante de la interacción de varios tipos de fuerzas, entre las cuales se encuentran las de adhesión y cohesión. Las sales disueltas en el agua del suelo también afectan la retención de humedad. El efecto de las sales se manifiesta mediante el incremento en la presión osmótica de la solución del suelo, lo cual ocasiona un aumento en la cantidad de trabajo que las plantas deben efectuar para absorber agua; es decir, un aumento en tensión. Entre más alta sea la concentración de sales, mayor será la presión osmótica de la solución (4, 11).

Se debe tener en cuenta que para reiniciar el riego, a bajos niveles de succión, esto es, cuando el contenido de humedad es alto, la frecuencia aumenta encareciendo los costos. Es decir, debe determinarse la tensión más favorable; conocida ésta para cada planta se determina la curva de retención de humedad para cada suelo. Determinando estos datos y la evapotranspiración, la profundidad radical, la densidad aparente y la eficiencia de riego, se puede determinar la frecuencia y el volumen. En términos generales la tensión lí-

mite está entre 3,0 y 5,0 bares y su volúmen de agua varía entre el 80 y 90% de agua aprovechable (2, 15, 20).

La materia orgánica influye sobre los parámetros físicos así: estimula la agregación, reduce la plasticidad y la cohesión e incrementa la capacidad de retención de humedad (15).

La proporción de agregados estables al agua se incrementa con adiciones de materia orgánica, pero luego de realizar varias siembras se regresa a las condiciones iniciales, a no ser que se hagan nuevas incorporaciones (14).

MATERIALES Y METODOS

Descripción general del Area

La Intendencia Nacional del Putumayo presenta dos pisos térmicos a saber: piso térmico cálido (Bajo Putumayo) y piso térmico frío (Alto Putumayo). El Bajo Putumayo está situado en el extremo Sur-central de Colombia. Geográficamente, se localiza al Occidente del Meridiano de Greenwich, 0°30' de latitud Norte y 76°40' de longitud Oeste (28).

La región del Bajo Putumayo pertenece al piso térmico cálido; posee una altitud entre 200 y 800 m.s.n.n. Predominan las temperaturas elevadas cuyas medias mensuales oscilan entre 25°C y 28°C. La precipitación media anual es de 4.212 mm. La humedad relativa media anual es de 76%. Los vientos predominantes en la zona son los alisios degradados (26).

Según Mata y Palacios (26), los suelos predominantes en la zona son los característicos del trópico húmedo. Se caracterizan por la acidez, la cual se acentúa por la descomposición rápida de los residuos orgánicos. Suelos de origen aluvial, predominan en las orillas de los ríos Caquetá, Putumayo y Guamués, los cuales poseen

gran fertilidad. Los suelos del Bajo Putumayo se pueden clasificar dentro del Orden Oxisoles, en el sistema de la Séptima Aproximación.

El Alto Putumayo está ubicado en la Cordillera Centro-Oriental, entre 2.000 y 3.000 msnm. Su posición geográfica es de 1°14' de latitud Norte y 76°59' de longitud al Oeste de Greenwich (3).

De Rocha (7) divide el Alto Putumayo en tres paisajes: montañas, llanura aluvial de pie de monte y llanura fluvio lacustre. La parte montañosa está representada por las porciones marginales del Valle. La llanura aluvial de pie de monte está constituida por tres unidades que son abanicos, terrazas y vegas.

Según Ospina *et al* (27), la precipitación total anual es de 1.600 mm. La evaporación anual es de 600, registrándose así un exceso de precipitación sobre la evapotranspiración, lo que conlleva a tener un excedente hídrico. La temperatura media anual es de 16,5°C. La humedad relativa media anual es del 79%. Los vientos tienen una dirección Sureste la mayor parte del año.

De Rocha (7) anota que en términos generales, los suelos del Alto Putumayo son poco evolucionados. Si se tiene en cuenta las características morfológicas de los perfiles y el clima ambiental, se establecen regímenes de humedad. Así, en las terrazas y abanicos generalmente predomina el régimen údico y perúdic. En base al clima ambiental el régimen de la temperatura de los suelos se presume que es isotérmico.

Localización de las muestras

La información preliminar para la realización del presente trabajo fue obtenida de los análisis de laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño y de varias investigaciones realizadas en la misma Universidad y fuera de ella (3, 7, 8, 17, 26, 27, 28).

Las muestras de suelo fueron tomadas de 43 regiones de la Intendencia Nacional del Putumayo, de sitios que se consideraron como los más representativos de las dos zonas que integran la región en estudio. Se repartieron las muestras de suelo por pisos térmicos, quedando de la siguiente forma: el piso térmico frío (23 muestras analizadas) está conformado por el Alto Putumayo, que comprende los Municipios de San Francisco, Colón, Sibundoy y Santiago; el piso térmico caliente (20 muestras analizadas) está integrado por el Bajo Putumayo que comprende a Puerto Asís, Mocoa, Villagarzón, La Horqueta y Orito.

Métodos utilizados

Siguiendo las metodologías descritas por Adames y Levy (1), Barver, Gardner y Gardner (4), Black (5), Forsythe (11), González (16) y Silva (32) las propiedades físicas determinadas y los métodos utilizados fueron los siguientes: textura, hidrómetro; agregados estables al agua, Yoder y Tiulin; densidad real, picnómetro; densidad aparente, cilindros; porosidad, con base en la densidad real y aparente; límite plástico superior, Casagrande; límite plástico inferior, Baver; índice de plasticidad, diferencia entre los dos límites; capacidad de retención de humedad, platos y ollas de presión; agua aprovechable, por diferencia entre capacidad de campo y punto de marchitamiento y materia orgánica por el método de Walkley-Black.

Para conocer la variabilidad de cada una de las propiedades físicas estudiadas, dentro de cada piso térmico y dentro de cada zona, en el caso del piso térmico frío se determinó las siguientes medidas de dispersión o de variabilidad: desviación estándar, variancia, coeficiente de variabilidad, límites de confianza. Para determinar la homogeneidad o heterogeneidad de las variancias se efectuó la prueba de F (24,30).

RESULTADOS Y DISCUSION

Variabilidad de la textura

Los contenidos de arenas, limos y arcillas en los sue-

los del Alto Putumayo fueron respectivamente: 65,03% \pm 12,09%, 25,76% \pm 8,94% y 9,20% \pm 5,02% y los del Bajo Putumayo fueron de 46,87% \pm 14,87%, 27,47% \pm 10,41% y 25,66% \pm 13,07% para los tres separados (Cuadro 1).

La textura predominante en los suelos del Alto Putumayo es la franco arenosa. Sin embargo, debidos a la posible influencia de las cenizas volcánicas sobre esta región, la dispersión en el proceso fue deficiente, lo cual alteró los contenidos de los separados.

En los suelos del Bajo Putumayo, texturalmente predominan los tipos franco arcilloso arenoso. Los contenidos de arcilla son superiores a los encontrados en Nariño, los que por su carácter de aluviales hacen que las arenas presenten una ligera consistencia y resistencia a la desintegración provocada por el hexametafosfato.

No es posible asegurar qué clase de arcillas pueden predominar en los suelos del Putumayo, porque no se contó con el equipo necesario que permitiese obtener diferenciaciones morfológicas; sin embargo, según la literatura consultada (8,28), es posible que existan arcillas tipo 1:1 especialmente materias caoliníticas.

En busca de una posible explicación para la alta variabilidad presentada, se podría pensar en base al número de muestras estudiadas. Las investigaciones recomiendan que para disminuir la variabilidad se deben efectuar cuatro o más replicaciones cuando se está determinando el análisis textural. Al respecto, sería conveniente seguir las recomendaciones sugeridas por Forsythe (13) para disminuir la variabilidad, calculando un número determinado de muestras que permitan obtener un promedio muestral que se acerque con mayor precisión a la media verdadera.

Los suelos que no tienen ningún influjo de cenizas volcánicas como los suelos del Bajo Putumayo, presentan valores aceptables de la fracción arcilla, al menos en concordancia con el análisis textural manual y por con

siguiente valores diferentes representados en la heterogeneidad de la variación.

Los limos siguen la misma secuencia que las arenas, tanto en los promedios como en las variaciones en suelos de Nariño (21). Igual tendencia se observa en los suelos del Putumayo donde hay predominio de la fracción arena, ocupando los limos valores intermedios y presentando mayor heterogeneidad los suelos del Bajo Putumayo para estas frecuencias.

Varibilidad de los agregados estables al agua.

Los suelos del Alto y Bajo Putumayo, en el Cuadro 2 presentan los valores de los agregados estables al agua mayores de 2 mm con promedios de 82,90 - 8,26%, 75,43% \pm 18,29%; agregados entre 1 y 2 mm 0,37% \pm 0,48% y 20,71% \pm 7,88%; entre 1 y 0,5 mm 0,52 \pm 1,42% y 9,26% \pm 8,80% y agregados menores de 0,50 mm 0,54% \pm 1,47% y 5,81% \pm 3,43%, respectivamente.

Los resultados señalan que los suelos presentan un alto índice de estabilidad en su agregación y son similares a los obtenidos en suelos nariñenses, específicamente a los encontrados en clima frío y caliente, según el estudio de Legarda (21).

Llama la atención el coeficiente que presenta la región del Bajo Putumayo (24,24%) en comparación con el del piso térmico frío (9,97%). Posiblemente la explicación esté en las diferencias inherentes a la constitución mineralógica de estos suelos y al número de muestras de cada región. En el piso frío se estudiaron 23 análisis, mientras que para el caliente 20. Como se sabe, a mayor número de observaciones se mejora la precisión del estimado experimental del valor central y se provee una base para determinar la variabilidad en las mediciones, existiendo un criterio para aceptar o rechazar la hipótesis sobre el sentido de probabilidad.

Desafortunadamente, no se conocen datos sobre la variabilidad que puedan presentar otras regiones de Colombia.

bia, lo que permitiría efectuar comparaciones a partir del coeficiente de variación, que en el caso de toda la Intendencia del Putumayo, el promedio general fue del 17%.

En los análisis de heterogeneidad y homogeneidad de las variancias se encontró que predominó la primera en los agregados estables al agua, lo cual es normal debido a los altos valores de las variancias (Cuadro 7).

En resumen, se puede concluir que los agregados estables al agua, desde los más grandes hasta los más pequeños son los que mayor variabilidad presentan. Los coeficientes de variación son los más altos entre las propiedades físicas estudiadas, para todos los pisos térmicos del Putumayo.

La tendencia reportada por la literatura consultada (4) de que la proporción de agregados estables al agua mayores de 2 mm aumenta con el incremento de la materia orgánica, no se evidenció en los suelos del Putumayo, debido posiblemente a que la presencia de las arcillas puede enmascarar el efecto agregante de la materia orgánica.

Variabilidad de la plasticidad

Los resultados obtenidos en suelos del Putumayo se presentan en el Cuadro 3. Los valores promedios de límite plástico inferior fueron: 35,67% \pm 6,61 y 31,00% \pm 6,02%; los del límite plástico superior 41,14% \pm 8,61% y 49,56% \pm 4,01% y los del índice plástico 5,45% \pm 2,09% y 18,56% \pm 3,04%, tanto para el Alto y Bajo Putumayo, respectivamente.

Por lo anterior se puede afirmar que alrededor del 71,30% no presentan problemas para el laboreo agrícola; en cambio cerca del 28,70% mostraron carácter plástico, lo cual es conveniente tener en cuenta en estos suelos, que no pueden trabajar cuando el contenido de humedad volumétrica esté próximo al límite plástico inferior, indicando el peligro que se puede compactar

el suelo.

Según Legarda (21), los resultados del índice plástico del Putumayo son inferiores a los obtenidos en los suelos del piso térmico frío y ligeramente superiores a los valores encontrados en el piso térmico templado y caliente del Departamento de Nariño.

Los límites de confianza para todo el Departamento de Nariño (61,89% y 47,45%) presentan una mayor amplitud, que los correspondientes para el Putumayo (49,78% y 40,89%), demostrando que en suelos de Nariño esta propiedad física presenta mejores condiciones para el laboreo del suelo (21).

En cuanto a la desviación estándar, determinada para el índice plástico se observa que tanto para las frías como templadas, ésta es mayor que la obtenida para la zona caliente, el Alto y Bajo Putumayo. Estas regiones exhiben desviaciones similares y de poca dispersión. Asimismo los límites de confianza presentan igual tendencia para las regiones mencionadas.

Variabilidad de las densidades y porosidad

Los resultados promedios de la densidad real para las zonas estudiadas de la Intendencia del Putumayo se presentan en el Cuadro 4. El piso térmico caliente presenta valores de $2,52 \text{ g/ml} \pm 0,02 \text{ g/ml}$; el piso térmico frío con $2,25 \text{ g/ml} \pm 0,48 \text{ g/ml}$. Los anteriores promedios indican que la variabilidad de la densidad real en suelos del Putumayo no es acentuada y que los materiales que dieron origen a estos, incidieron uniformemente en esta estrecha relación.

En forma general y según los resultados se observa que la densidad real o densidad de partículas es más o menos igual en los dos pisos térmicos estudiados: frío y caliente, y por lo mismo similares a los encontrados por varios investigadores en diferentes suelos del mundo, donde encontraron valores que oscilan entre $2,40$ y $2,70 \text{ g/ml}$ (10, 12, 31).

En el Cuadro 4 se indican los valores obtenidos de la densidad aparente de los suelos del Putumayo, presentando los menores valores el piso térmico frío con $0,97 \text{ g/ml} \pm 0,17 \text{ g/ml}$ y los más altos del piso caliente con $1,01 \text{ g/ml} \pm 0,2 \text{ g/ml}$.

En general, los promedios encontrados en suelos del Putumayo son superiores a los obtenidos en suelos de Costa Rica por Forsythe et al (10) y en el Ecuador por Colmet-Daage y colaboradores (6). Los anteriores autores informan que en los Andosoles la densidad aparente puede oscilar entre 0,3 y 1,0 g/ml.

En los suelos del piso térmico caliente, la densidad aparente fue determinada por el método del cilindro, utilizando suelo sin disturbar; en cambio en los suelos del piso térmico frío se empleó la metodología de la parafina. Desde hace poco tiempo se viene cuestionando la incidencia que tiene la metodología usada en la determinación de la densidad aparente.

Al respecto se sabe que el método de la parafina no es el más apropiado, puesto que ofrece algún margen de error.

En cuanto a la porosidad total, los suelos del piso térmico caliente son los más elevados con un promedio de $59,92 \pm 3,58\%$ y los menores corresponden al piso térmico frío con $56,88 \pm 22,06\%$.

En términos generales, los porcentajes de porosidad son bastante similares a los reportados por algunos investigadores como Zavaleta (31) en el Perú. En cambio son inferiores a los reportados por la literatura mundial (6,13).

Los resultados de la densidad aparente y densidad de las partículas son similares a los valores encontrados en suelos nariñenses, según resultados reportados por Legarda (21).

Los límites de confianza para los suelos de la Inten -

dencia del Putumayo, determinados a partir de la desviación estándar de la media con un 5% de probabilidad están entre 1,06 g/ml y 0,90 g/ml para las dos regiones. Esta predicción calculada, permite concluir que en lo que se refiere a la densidad aparente, el límite inferior sobrepasa al nivel catalogado como mínimo por varios investigadores (6, 10, 31). Ello posiblemente se debe a la técnica empleada en la determinación de la densidad aparente, como ya se discutió anteriormente.

Variabilidad de la capacidad de retención de humedad

En el cuadro 5 se presentan los valores de humedad volumétrica a una succión de 0,3 bares, con valores promedios del piso térmico frío de $50,23\% \pm 12,72\%$ y del caliente $35,33 \pm 5,10\%$. a 15 bares de succión, los valores para los dos pisos térmicos con los siguientes: $22,49 \pm 10,17\%$ y $17,59 \pm 5,51\%$.

No obstante, valores de retención de humedad similares a los obtenidos en el presente estudio, han sido encontrados por Zavaleta (31) en suelos del Perú, por Gradwell (18) en suelos de Nueva Zelanda y por Flach (9) en algunos suelos de Estados Unidos. Cabe anotar que la relativa baja capacidad de retención de humedad encontrada en los suelos de la zona fría del Putumayo, está altamente correlacionada con los altos valores de la densidad aparente y baja porosidad.

En los suelos del Alto Putumayo, predominó la dispersión en los puntos de succión con un promedio general de 120,26, en contraste con los del Bajo Putumayo que registraron mayor concordancia y menor variabilidad representada en un 30%, es decir, la cuarta parte de la anterior.

Los límites de confianza de los suelos de Nariño con un 5% de probabilidad para la capacidad de campo están entre 48% y 36,22% y para el punto de marchitamiento entre 28,04% y 20,28% (21). Estos valores son similares a los límites de confianza obtenidos por el Putumayo

que varían entre 49,60% y 36,50% para la succión de 0,3 bares y 26,90% y 13,15% para el punto de marchitamiento.

Variabilidad de la materia orgánica.

El promedio de la materia orgánica para la Intendencia Nacional del Putumayo se considera adecuado, de acuerdo a los patrones establecidos por el Instituto Colombiano Agropecuario (19).

Es muy posible que el piso térmico frío al tener una influencia más directa de la acción volcánica presente este predominio, donde la descomposición de la materia orgánica es lenta, y que el piso caliente, ya sea por procesos fisicoquímicos y biológicos hayan permitido una descomposición más activa.

Además, teniendo en cuenta la alta precipitación predominante en el piso térmico cálido (2.500 mm/año) es muy posible que se hayan presentado pérdidas por descomposición y lixiviación, lo cual no pudo haber ocurrido en el piso térmico frío, ya que la precipitación pluvial se puede considerar como baja (800 mm/año) ayudado de una baja temperatura (13°C).

En términos generales, para los dos pisos térmicos, la materia orgánica presentó límites de confianza que varían en promedio entre 16,18 y 7,53 valores que indican que su máximo puede catalogarse como bueno y su mínimo como regular. Por lo anterior, para los suelos del Putumayo, las cantidades presentes de materia orgánica no presentan problemas; su amplitud o estrechez depende de los procesos de mineralización que se lleven a cabo y obviamente del manejo que recibe el suelo. (Cuadro 6).

La importancia de la materia orgánica es explicable por el influjo que tiene sobre las propiedades físicas del suelo como ha quedado demostrado a través de la presente discusión en los análisis de regresión y correlación. Es decir, influye de manera notoria sobre la plan

ticidad, la densidad aparente, la porosidad total, agregados estables al agua, la capacidad de retención de humedad y en general, afecta de una u otra forma las características físicas de los suelos del Putumayo, estudiados en el presente trabajo.

CONCLUSIONES

1. En los suelos del Putumayo la textura predominante fue la franca, franca arcillo arenosa y franca arenosa. El contenido de arcillas influyó en algunos parámetros físicos como los agregados estables al agua mayores de 2mm. En la mayoría de las propiedades no mostró influencia.
2. Los suelos presentan un alto índice de estabilidad en su agregación, los cuales ofrecen condiciones estructurales aceptables. Los suelos varían entre no plásticos y ligeramente plásticos. Esto implica que no existen problemas en el manejo físico de los suelos estudiados. La plasticidad presentó mayor consistencia y concordancia en el grado de variabilidad.
3. La densidad aparente presentó valores altos, en cambio los porcentajes de porosidad son bajos.
4. La materia orgánica influyó notablemente sobre la mayoría de las condiciones físicas estudiadas. Incrementó significativamente la agregación y la porosidad, disminuyó la densidad aparente e incidió sobre la plasticidad.
5. La secuencia de variabilidad presentada por las propiedades físicas en estudio fue la siguientes:
Densidad real < Porosidad < Densidad aparente < Retención de humedad < Textura < Plasticidad < Agregados estables al agua.
6. Los suelos del Bajo Putumayo presentaron menor variabilidad que los del Alto Putumayo.

LITERATURA CITADA

1. ADAMES, J. y LEVY, H.L. Propiedades Físicas de algunos suelos del Valle del Cauca. *Acta Agronómica* (Colombia) 10(3-4):213-253. 1960.
2. ARIAS, A. y LEGARDA, L. Método rápido para obtener las curvas de retención de humedad en suelos de Nariño y Putumayo. *In*: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Medellín, (Colombia), Memorias V Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. pp. 322-333. 1977.
3. BASTIDAS, A., JACOME, M., ARIAS, A. y GONZALEZ, A. Propiedades físicas de los suelos del Valle de Sibundoy, Putumayo, Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas* (Colombia) 4(2): 67-81. 1972.
4. BAVER, D.L., GARDNER, W. y GARDNER, R. Física de Suelos. Trad. del inglés por Jorge Rodríguez. México, (México) UTEHA, 530 p. 1973.
5. BLACK, C. A. et al eds. *Methods of soil analysis*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy (E.U.) Vol. I. 1460 p. 1965.
6. COLMET-DAAGE, F. Naturaleza de la fracción arcillosa de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas de Las Antillas, Ecuador y Nicaragua. *In*: Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba (Costa Rica), IICA, pp. 2.1.1-2.1.2. 1969.
7. DA ROCHA, N. Mapificación y clasificación de los suelos orgánicos del Valle de Sibundoy. Bogotá. (Colombia), INCORA, 275 p. 1974.
8. ESTRADA, E. y MARTINEZ, J. Características generales de algunos suelos del sector Volcán Galeras-Puerto Asís, en relación con las formacio-

- ciones vegetales. Tesis Ingeniero Agrónomo. Pasto, (Colombia). Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola, 160p. 1970.
9. FLACH, K.W. Génesis and morphology of ash derived soils in the United States of America. In FAO Report Nº 14 on meeting on classification and correlation of soils from volcanic ash. Tokyo, (Japón). 196p. 1964.
 10. FORSYTHE, W., GAVANADE, S. y GONZALEZ, M. Propiedades físicas de suelos derivados de cenizas volcánicas, considerando algunos suelos de América Latina. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba (Costa Rica), IICA, pp. B3.1.-B3.7. 1969.
 11. _____. Manual de laboratorio de Física de Suelos. Turrialba, (Costa Rica). IICA. 217p. 1972.
 12. _____. La densidad aparente en el suelo y la interpretación del análisis de laboratorio para el campo. Turrialba, (Costa Rica). 19: 128-131. 1969.
 13. _____. Importancia de la variabilidad de las propiedades del suelo para evaluarlas en su manejo. Turrialba, (Costa Rica). 29(4): 445-451. 1970.
 14. GARCIA, J. y LEGARDA, L. Predicción de la humedad contenida en el suelo en clima muy húmedo tropical. Turrialba, (Costa Rica). Agronomía Tropical (Venezuela) 24(4): 299-315. 1974.
 15. GAVANADE, S. A. Física de Suelos. México, Limusa Wiley. 351 p. 1972.
 16. GONZALEZ, M.A. Manual de laboratorio de Suelos. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, (Colombia). Facultad de Ciencias Agropecuarias. 96p. 1964.

17. GONZALEZ, M. Espaciamiento y profundidad de los drenes en suelos orgánicos del Valle de Sibundoy, Putumayo, Colombia. Tesis Ingeniero Agrónomo. Pasto, (Colombia). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 96p. 1975.
18. GRADWELL, M.W. The moisture-holding properties of Waikato soil and methods of their determination. New Zealand Journal of Agricultural Research 11: 631-634. 1968.
19. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Generalidades sobre fertilidad de los suelos colombianos. Ministerio de Agricultura, Bogotá (Colombia). Boletín Técnico Nº 11. 24 p. 1971.
20. LEGARDA, L., ARIAS, A. y CITELLY, F. Curso de Riegos y Drenajes. Pasto, (Colombia). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Publicación Nº 1. 227 p. 1974.
21. LEGARDA, L. Variabilidad de algunas propiedades físicas en suelos de Nariño. Tesis promoción Profesor Asociado. Pasto, (Colombia). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 80 p. 1980.
22. _____. y ARIAS, A. Guía de prácticas de Física de Suelos. Pasto, (Colombia). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Publicación Nº 6. 18 p. 1975.
23. _____. MORA, E. y BLASCO, M. Relaciones entre algunas características de los suelos y los pisos altitudinales de Nariño, (Colombia). Turrialba (Costa Rica) 23(1): 97-103. 1973.
24. _____. Prácticas de Biometría y Diseño Experimental. Pasto, (Colombia). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Publicación Nº 8. 54p. 1979.

25. LUNA, Z.C. y CARLHOUN, E. Suelos derivados de cenizas volcánicas del Departamento de Nariño. Bogotá (Colombia), Instituto Geográfico Agustín Codazzi. pp. 20-30. 1973.
26. MATA, A.G. y PALACIOS, J. Estudios del nitrógeno, fósforo y potasio en suelos tropicales de la Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis Ingeniero Agrónomo. Pasto (Colombia), Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 148 p. 1970.
27. OSPINA, O.L., MARIN, E. y VARELA, J. Estudios agrológicos e investigaciones sobre drenaje. Valle de Sibundoy. Bogotá (Colombia), INCORA, 546 p. 1969.
28. PAZOS, P., VICUÑA, L. y LEGARDA, L. Propiedades físicas de los suelos del Bajo Putumayo. Revista de Ciencias Agrícolas. Pasto (Colombia), 8(1-14): 49-58. 1978-1984.
29. RICHARDS, L.A. Physical condition of water in soil. In: Black, C. A. eds. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy. United States. pp. 128-152. 1965.
30. STEEL, R. y TORRIE, J. Principles and procedures of statistics. New York, (United States). McGraw Hill. 481 p. 1960.
31. ZAVALETA, A. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas del Perú. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba (Costa Rica), IICA, pp. A2.1-2.10. 1969.
32. SILVA, M.F. Métodos de análisis de laboratorio de Suelos. Publicación IT-6. Bogotá (Colombia), Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 150 p. 1965.

CUADRO 1. PROMEDIOS Y MEDIDAS DE VARIABILIDAD DEL ANALISIS TEXTURAL DE LOS SUELOS DEL PUTUMAYO

PROPIEDADES FÍSICAS	MEDIDAS DE VARIABILIDAD	ALTO PUTUMAYO	BAJO PUTUMAYO
Arenas	Promedio, %	65,03	46,87
	Variancia	145,25	221,34
	Desv. estándar	12,09	14,87
	Coef. de variac.	18,59	31,72
	Límite de conf.	77,14	53,75
Limos	Promedio, %	52,91	38,99
	Variancia	25,76	27,47
	Desv. estándar	79,92	108,43
	Coef. de varic.	8,94	10,41
	Límites de conf.	34,70	37,89
Arcillas	Promedio, %	34,30	33,72
	Variancia	17,22	20,30
	Desv. estándar	9,20	25,66
	Coef. de variac.	25,20	171,02
	Límites de conf.	5,02	13,07
		54,56	50,93
		14,00	32,01
		4,40	18,60
TEXTURA		F-Ar	F-Arc-Ar

Alto Putumayo: piso térmico frío

Bajo Putumayo: piso térmico caliente

CUADRO 2. PROMEDIOS Y MEDIDAS DE VARIABILIDAD DE LOS AGREGADOS ESTABLES AL AGUA DE LOS SUELOS DEL PUTUMAYO.

PROPIEDADES FISICAS	PARAMETRO DE VARIABILIDAD	ALTO PUTUMAYO	BAJO PUTUMAYO
Agregados mayores de 2 mm	Promedio, %	82,90	75,43
	Variancia	68,20	334,86
	Desv. estándar	8,26	18,29
	Coef. de variac.	9,96	24,24
	Límite de conf.	89,89	85,23
Agregados entre 1 y 2 mm	Promedio %	75,90	65,34
	Variancia	0,37	10,72
	Desv. estándar	0,23	59,05
	Coef. de variación	0,48	7,88
	Límite de conf.	129,74	71,64
Agregados entre 1 y 0,5 mm	Promedio, %	0,88	14,53
	Variancia	0,4	6,91
	Desv. estándar	0,52	9,28
	Coef. de variac.	2,01	77,48
	Límite de conf.	1,42	8,80
Agregados menores de 0,5 mm	Promedio, %	273,04	94,82
	Variancia	1,72	13,04
	Desv. estándar	0,68	4,92
	Coef. de variac.	0,54	5,81
	Límite de conf.	2,17	11,80
Agregados menores de 0,5 mm	Promedio, %	1,47	3,43
	Variancia	272,22	59,04
	Desv. estándar	1,78	7,51
	Coef. de variac.	0,70	4,10
	Límite de conf.		

CUADRO 3. PROMEDIOS Y MEDIDAS DE VARIABILIDAD DE LA PLASTICIDAD DE LOS SUELOS DEL PUTUMAYO

PROPIEDADES FISICAS	PARAMETROS DE VARIABILIDAD	ALTO PUTUMAYO	BAJO PUTUMAYO
Límite plástico superior	Promedio, %	41,14	49,56
	Variancia	66,66	16,12
	Desv. estándar	8,16	4,01
	Coef. de variación	19,84	8,09
	Límite de conf.	48,03	51,54
Límite plástico inferior	Promedio, %	34,20	47,58
	Variancia	35,67	31,00
	Desviación estándar	43,69	36,25
	Coef. de viariación	6,61	6,02
	Límite de conf.	18,53	19,41
Índice plástico	Promedio, %	46,55	33,87
	Variancia	24,78	28,03
	Desv. estándar	5,45	18,56
	Coef. de variac.	4,36	9,29
	Límite de conf.	2,09	3,04
		38,34	16,37
		7,96	21,35
		1,08	14,01

CUADRO 4. PROMEDIOS Y MEDIDAS DE VARIABILIDAD DE LAS DENSIDADES Y POROSIDAD DE LOS SUELOS DEL PUTUMAYO

PROPIEDADES FÍSICAS	PARAMETROS DE VARIABILIDAD	ALTO PUTUMAYO	BAJO PUTUMAYO
Densidad real	Promedio, g/ml	2,25	2,52
	Variancia	0,24	0,04
	Desv. estándar	0,48	0,02
	Coef. de variación	21,33	7,90
	Límite de conf.	2,65	2,61
Densidad aparente	Promedio, g/ml	2,01	2,45
	Variancia	0,97	1,01
	Desv. estándar	0,03	0,04
	Coef. de variación	0,17	0,20
	Límite de conf.	17,52	3,96
Porosidad	Promedio, %	1,11	1,03
	Variancia	0,82	0,98
	Desv. estándar	56,88	59,92
	Coef. de variación	16,58	12,86
	Límite de conf.	22,06	3,58
		42,37	5,97
		65,58	63,26
		39,06	57,60

CUADRO 5. PROMEDIOS Y MEDIDAS DE VARIABILIDAD DE LA RETENCION DE HUMEDAD VOLUMÉTRICA EN SUELOS DEL PUTUMAYO

PROPIEDADES FÍSICAS	PARAMETROS DE VARIABILIDAD	ALTO PUTUMAYO	BAJO PUTUMAYO
Retención humedad volum a 0,3 bares de succión	Promedio	50,23	35,33
	Variancia	161,68	26,10
	Desv. estándar	12,72	5,10
	Coef. de variac.	25,32	14,39
	Límite de conf.	61,24	37,95
A 0,5 bares de succión		39,22	32,89
	Promedio	45,39	31,54
	Variancia	140,67	25,80
	Desv. estándar	11,86	5,08
	Coef. de variac.	26,13	18,51
A 1 bar de succión	Límites de con.	56,40	34,43
		34,38	28,65
	Promedio	39,27	27,86
	Variancia	109,14	25,62
	Desv. estándar	10,45	5,06
A 5 bares de succión	Coef. de variac.	26,61	18,18
	Límites de con.	48,12	30,33
		30,41	25,31
	Promedio	29,40	20,74
	Variancia	102,96	29,51
A 15 bares de succión	Desv. estándar	10,15	5,43
	Coef. de variac.	34,52	26,18
	Limites de con.	38,00	23,44
		20,80	18,04
	Promedio	22,49	17,59
A 15 bares de succión	Variancia	103,51	30,86
	Desv. estándar	10,17	5,51
	Coef. de variac.	45,22	31,52
	Limites de con.	33,50	20,31
		11,50	14,81

CUADRO 6. PROMEDIOS Y MEDIDAS DE VARIABILIDAD DE LA MATERIA ORGANICA DE LOS SUELOS DEL PUTUMAYO

PARAMETRO DE VARIABILIDAD	ALTO PUTUMAYO	BAJO PUTUMAYO
Promedio, %	11,86	6.42
Variancia	51,20	3,73
Desv. estándar	7,15	1,93
Coef. de variación	60,28	30,06
Límites de confianza	16,18 7,53	7,53 5,62

Alto Putumayo : piso térmico frío

Bajo Putumayo : piso térmico caliente

CUADRO 7. VALORES DE "F" PARA DETERMINAR LA HOMOGENEIDAD DE LAS VARIANCIAS DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL PUTUMAYO

ALTO PUTUMAYO	BAJO PUTUMAYO	VARIANC.
Arenas, %	Arenas	Homog.
Limos, %	Limos, %	Homog.
Arcilla, %	Arcillas, %	Heterog.
Agregados 2 mm, %	Agregados 2 mm, %	Heterog.
Agreg. entre 1 y 2 mm	Agreg. entre 1 y 2 mm	Heterog.
Agreg. entre 0,5 y 1 mm	Agreg. entre 0,5 y 1 mm	Heterog.
Agregados 0,50 y más	Agregado 0,50 y más	Heterog.
Lim.plástico sup. %	Limite plástico sup. %	Heterog.
Lim.plástico inf. %	Lim.plástico inf. %	Homog.
Índice plástico, %	Índice plástico, %	Homog.
Densidad real, g/ml	Densidad real, g/ml	Homog.
Densidad aparente, g/ml	Densidad aparente, g/ml	Heterog.
Porosidad, %	Porosidad, %	Heterog.
Ret. hum. a 0,3 bares	Ret.hum. a 0,3 bares	Heterog.
Ret. hum. a 15 bares	Ret.hum. a 15 bares	Heterog.
Materia orgánica, %	Materia orgánica, %	Heterog.