

APLICACION DE LA COLORIMETRIA EN LA DETERMINACION  
DEL CONTENIDO DE LA MATERIA ORGANICA  
DE LOS SUELOS (\*)

Por Antonio José Arias Hernández y

Adel González Montenegro IA, MS.

I.— INTRODUCCION

La materia orgánica es aquello que diferencia un suelo de una roca.

La anterior afirmación expresada por Jackson (17), explica en gran parte la importancia que posee la materia orgánica del suelo en el empleo, manejo y aprovechabilidad del mismo. Su conocimiento desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo, se hace por consiguiente imprescindible al efectuar el avalúo agronómico de cualquier región.

Por otra parte, los ensayos sobre adaptación de métodos para la determinación del contenido de materia orgánica del suelo, en lo que respecta a Colombia, han sido muy escasos. Lo anterior unido a la situación del país en la Zona Tórrida, que conlleva a poseer suelos de características diferentes de aquellos sobre los cuales sí se han efectuado comparaciones exhaustivas, permiten una justificación del presente trabajo.

El objetivo de este trabajo es el estudiar las posibilidades de adaptación de un método colorimétrico, caracterizado por su facilidad, rapidez y eficacia, en cuanto se refiere a análisis de rutina para laboratorios químicos de los departamentos de suelos.

La selección de las regiones en estudio no ha sido producto del azar. Por el contrario, se han escogido zonas de importancia agrícola presente o futura, de condiciones ecológicas diferentes y de una presuntiva amplia gama en contenido de materia orgánica, como son:

---

(\*) Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia del Dr. Adel González Montenegro, a quien el autor expresa su gratitud.

- 1.—Sabana de Bogotá.
- 2.—Parte plana del Valle Geográfico del río Risaralda, y
- 3.—Parte plana del Valle Geográfico del río Cauca.

En cuanto a métodos, en el presente estudio, se han utilizado dos llamados rápidos y basados en una combustión húmeda:

- 1.—Método de Titulación Volumétrica.
- 2.—Método Colorimétrico.

## II.— REVISION DE LITERATURA

Todas las sustancias orgánicas, en el suelo, vivas o muertas, frescas o descompuestas, simples o complejas, hacen parte de la materia orgánica del suelo; esto incluye raíces y residuos de todas las plantas y animales en todos sus estados de descomposición, humus, microbios y compuestos orgánicos (Gómez, 13). Además Saiz del Río y Bornemisza (34), sostienen que la materia orgánica en los suelos, es una mezcla heterogénea de sustancias de origen vegetal, animal y microbiano.

Afirma Malherbe (24), que cuando una planta muere, todos sus órganos pasan a formar parte de la materia orgánica. Los insectos y otros pequeños animales que habitan el suelo toman los residuos para satisfacer sus necesidades alimenticias; los excrementos de estos pequeños animales y sus cuerpos después de muertos son adicionados al suelo como materia orgánica. En suelos cultivados la mayor parte de la materia orgánica presente es de origen vegetal.

Sin materia orgánica la capa superficial no podría designarse correctamente como suelo (Miliar, Turk y Foth, 27). En forma parecida se expresa Weir (41), quien sostiene que la materia orgánica es de suma importancia en las propiedades físicas y químicas del suelo, pues ella promueve la agregación de las partículas.

Kroth y Page, citados por Quastel (31), dicen que los materiales cementantes están formados por sustancias polares resultantes de la descomposición de la materia orgánica fresca en combinación con los minerales del suelo, principalmente los óxidos de hierro y aluminio.

La materia orgánica sirve como agente cementante en la granulación de los suelos; por tal motivo, para obtener una buena dispersión en los análisis mecánicos es necesario eliminarla. Existe una gran relación entre la materia orgánica y la agregación para suelos con un contenido de arcillas menor al 25%; para suelos con cerca de 35% de arcillas, la correlación es significativa pero no acentuada. Ella conduce a la formación de agregados de mayor tamaño y junto con las arcillas parece ser la responsable de la mayor parte de la agregación

de los suelos (Bever, 4). En suelos con alto porcentaje de arenas, la formación de agregados estables puede deberse en su mayor porcentaje al contenido de materia orgánica.

La materia orgánica modifica el efecto de los coloides minerales al influir en la retención de humedad (Wilde, 42). Además según Kramer (22), se asemeja a las arcillas en algunos aspectos, tales como el coloidal y su gran superficie de exposición, pero la materia orgánica demuestra aun más actividad física y química que las arcillas. Por estas razones ayuda en alto grado a la retención de humedad del suelo. Una adición de materia orgánica a suelos arenosos incrementa la capacidad de retención de agua y a los arcillosos los mejora la aireación.

En cuanto a la influencia de la materia orgánica en el incremento de la estabilidad de los agregados al agua, pueden tomarse las palabras de Klute y Jacobs (20), quienes afirman que las proporciones de agregados estables al agua se incrementan con adiciones de materia orgánica. Por su parte, Chepil (9), dice que al incrementar el contenido de materia orgánica habrá más estabilidad de los agregados al agua, pero si la adición de tal material no se repite periódicamente la influencia disminuye hasta regresar a las condiciones iniciales.

Continuando con el recuento de las propiedades físicas y químicas en las cuales tiene influencia la materia orgánica del suelo, sostienen Delgado y González (10), que la materia orgánica fomenta la granulación lo que permite un mejor cultivo del suelo, que la materia orgánica también disminuye las pérdidas de agua por escurrimiento, lo que hace disminuir el perjuicio causado por la erosión y los vientos. Los suelos están con frecuencia sujetos a la erosión por viento y la materia orgánica sirve para consolidar un poco estos suelos disminuyendo sus movimientos erosivos. Schwab y Barnes (36), concuerdan con los anteriores conceptos al manifestar que el proceso de erosión ocasiona la remoción de las partículas más finas del suelo y de la materia orgánica. Cuando estas partículas han sido erosionadas, la fertilidad del suelo decrece considerablemente. Las pérdidas son evaluadas con base en el efecto de la erosión en las propiedades químicas y físicas de los suelos.

Lyon y Buckman (23), sostienen que la materia orgánica es necesaria en la formación del suelo, y cuando las condiciones del suelo son favorables, los organismos del suelo, tanto de naturaleza vegetal como animal, atacan la materia orgánica empleándola como fuente de energía y como material en la formación de sus tejidos.

En relación a su influencia en la fertilidad de los suelos Jackson (16), afirma que la fertilidad de un suelo está determinada en gran parte por la materia orgánica. Además, Lyon y Buckman (23), dicen que la mayor parte del nitrógeno y el azufre que se encuentran en el suelo están combinados con la materia orgánica además del fósforo; a medida que empieza a faltar la materia orgánica, estos elementos esenciales para el crecimiento de la planta se van haciendo críticos.

Pueden citarse también algunas otras propiedades influidas por la materia orgánica. Así se tiene que cuanto más alto sea el contenido de materia orgánica de un suelo, mayor será su poder de amortiguación y su capacidad de absorción (Blasco, 5). También ha sido comprobado ampliamente que la materia orgánica incrementa el límite plástico, tanto superior como inferior (Méndez y Moreno, 26); y que la materia orgánica está estrechamente relacionada con el uso de la tierra, presentándose pérdidas de hasta el 50% de su contenido a través de muchos años de cultivación de un suelo (Smith et al., 38).

Un conocimiento exacto de la materia orgánica del suelo es difícil de lograr debido a su naturaleza compleja. Pero, como el conocimiento de la fracción materia orgánica es necesario para determinar muchas propiedades físicas y químicas, muchos ensayos se han efectuado para fraccionar la materia orgánica del suelo (Peech, 29).

Broadbent (6) afirma igualmente que la composición química de la materia orgánica, es uno de sus principales problemas y que su solución no se ha completado. Una de las principales causas de esta situación es que la materia orgánica no puede ser separada de la materia inorgánica sin que se presenten alteraciones. Además, su insolubilidad natural impide su extracción, así, el uso de soluciones alcalinas de gran poder extractor implica oxidación del material disuelto.

Es evidente que la materia orgánica del suelo difiere significativamente en su naturaleza química de un tipo de suelo a otro (Moodie, 28) Puede agregarse que su variabilidad se presenta aun dentro de los horizontes de un mismo perfil.

Lo anterior permite afirmar a Arenas (2), que la compleja naturaleza de la materia orgánica del suelo y sus diferentes contenidos a variables condiciones, son causa para que se presenten numerosas dificultades en su determinación exacta. Este hecho ha determinado una gran proliferación de métodos y técnicas de análisis, cada uno de los cuales trata de subsanar las limitaciones de los otros, sin conseguirlo totalmente.

De esas condiciones diferentes citadas por Arenas (2); Van Vuren (38), presenta algunas, entre ellas el clima, la textura del suelo, las condiciones de humedad, la clase de cultivo y la temperatura del suelo.

El estudio de la determinación de la materia orgánica del suelo data de muchos años atrás. Así es como en 1.826, Sprengel indicó que la materia orgánica del suelo contenía más o menos en promedio un 58% de carbón orgánico (Schollenberger, 35). Así también, Wolff en 1.864 sugirió la aplicación del factor 0.471 para la conversión del bióxido de carbono en materia orgánica (Robinson, 32).

De lo anterior propuso Van Bemmelen un factor para convertir el porcentaje de carbono en porcentaje de materia orgánica. Este factor llamado "factor de Van Bemmelen" es igual a 1.724. Debe ad-

vertirse que este factor indica un promedio, aunque su uso se ha generalizado (Jackson, 17).

Dentro de los primeros métodos ideados para la determinación de la materia orgánica, están el de combustión seca propuesto por Justus von Liebig en 1831 y que permaneció durante un siglo sin sufrir cambios sustanciales. Pregl en 1961 reportó un microanálisis orgánico excelente que solo requería una pequeñísima cantidad de muestras y facilitaba un análisis por hora. Pero ambos métodos tienen el inconveniente de requerir complicados y costosos aparatos (Kosaka, Chikafumi e Iseki, 21). Según Browing (7), el método ortodoxo de la combustión seca para determinar la materia orgánica total del suelo, es el más exacto y es generalmente usado como patrón de comparación de los otros métodos. La principal limitación de este método radica en el tiempo que requiere la determinación. Anota que se necesitan más o menos dos horas para analizar una muestra con su replicación.

Jackson (17), indica una de las principales modificaciones dentro del método de combustión seca, mediante el uso del aparato de inducción de Fisher para la determinación del carbono. Este aparato fue diseñado originalmente para la determinación del carbono en acero. Los resultados aparentemente son satisfactorios, debiendo agregarse el bajo costo del aparato y la rapidez en la determinación.

Los primeros métodos usados para determinar la materia orgánica del suelo, en el cálculo de la cantidad total de ésta por pérdida de peso, bien sea por calentamiento a bajas temperaturas o mediante oxidación efectuada con peróxido de hidrógeno, tal como lo propuso Robinson (32), en 1927. Estos métodos se consideran imprecisos porque incluyen en la pérdida peso imputable a la materia orgánica, el agua higroscópica combinada con las arcillas del suelo y el bióxido de carbono proveniente de los carbonatos. Además la oxidación de la materia orgánica no es completa (Robinson, 32; Smith y Weldon, 37).

Otro de los métodos para la determinación de la materia orgánica es el de Schollenberger (35) y que consiste en la oxidación de la materia orgánica por el dicromato de potasio en presencia de ácido sulfúrico y mediante la aplicación externa de calor, determinando luego el ácido crómico reducido por la materia orgánica mediante titulación volumétrica. Este método es aún muy usado por su relativa exactitud y por no requerir material o equipo costoso. Indica el mismo autor, que la incompleta oxidación del carbón orgánico se debe a la formación de compuestos orgánicos volátiles.

Dentro de las variaciones al método de Schollenberger, una de las más estudiadas fue la ideada por Walkley y Black, más tarde modificada en detalles por Walkley. Fue propuesto en 1934 al presentarse el deseo de obtener un método rápido, simple y aproximado en la determinación del porcentaje de carbón orgánico (Walkley, 40). Según Jackson (17), la principal diferencia entre los dos métodos consiste en que la cantidad de calor aplicada en este último es menor puesto que no se suministra de fuentes externas. Así mismo Allison

(1), afirma que la incompleta oxidación que se presenta en la determinación por el método de Walkley y Black se debe a la poca temperatura, 124°C. a que ocurre el proceso, comparados con los 175°C. del método de Schollenberger.

Peech (29), presenta como una de las ventajas del método de Walkley y Black, el incompleto ataque del carbón elemental (grafito), que no forma parte del carbón de la materia orgánica. Es decir, que por otros métodos puede incluirse este carbón elemental, lo que induce a un mayor error. Allison (1), por su parte dice que desafortunadamente el uso largamente continuado de este método, sin conocimiento cuidadoso de sus limitaciones, ha llevado a algunos investigadores a clasificarlo como método estándar.

Peech et al (30), presentan la posibilidad de reducir a la mitad las cantidades de ácido crómico y ácido sulfúrico, siempre y cuando las cantidades de muestra se reduzcan proporcionalmente.

Maton, Rotti y Cottenie (25), presentan resultados de un estudio comparativo entre varios métodos, entre ellos el de Walkley y Black, el de combustión húmeda de Ishcherekov, que emplea permanganato de potasio y el método de calcinación. Este último fue el menos satisfactorio y el de combustión con permanganato el de menor distinción entre alto y bajo contenido de humus. Con suelos calcáreos y arcillosos, la calcinación dió los más altos resultados y el de Walkley y Black, los menores.

Por su parte Smith y Weldon (37), comprobaron que el método de Schollenberger dio una oxidación casi completa, el método de Walkley dio una oxidación parcial, mientras que los métodos de combustión seca y en base húmeda dieron una medida correcta del carbón orgánico. Además, que el cambio propuesto por Walkley y Black mejoró la titulación volumétrica por aumento de la visibilidad, al sustituir el sulfato ferroso estable por sulfato ferroso amoniacal.

Existen métodos para la determinación de la materia orgánica, que comprenden pesadas en balanza analítica, titulaciones y otras técnicas que requieren cuidado especial y facilidades de laboratorio. Estos métodos no están bien adaptados para los análisis rápidos requeridos en el manejo práctico del suelo. Se hizo un intento para hallar un método simple y rápido. El método, un proceso colorimétrico, se basa en la reducción de una solución de dicromato de potasio por parte de la materia orgánica, en presencia de ácido sulfúrico y ácido fosfórico. La reducción de los iones crómicos al estado cromoso producen un cambio gradual en el color de la solución que va del anaranjado brillante al verde azulado. Ajustando el tamaño de la muestra de suelo, lo mismo que la concentración y cantidad de reactivos usados es posible obtener un rango de colores que correspondan a contenidos definidos de materia orgánica (Wilde, 42).

A su vez Graham (15), pensó que la aplicación es un fotocolorímetro, de la mezcla dicromato de potasio, ácido sulfúrico y suelo, era factible ya que el color normal del dicromato es anaranjado que se convierte en color verde al oxidarse la materia orgánica, y que este

cambio de color es proporcional al porcentaje de materia orgánica presente en la muestra del suelo. También dice Graham (15), que el método dio absoluta seguridad para suelos con menos de 2.5% de materia orgánica, seguridad aproximada para suelos entre 2.5 y 4.5% de materia orgánica y mínima para suelos con más de 4.5% de materia orgánica. Carolan (8), efectuó algunas modificaciones al método de Graham (15), de las cuales la más importante es filtrar la solución para evitar la turbidez que era la causante de la poca rapidez al analizar las muestras. Con esta filtración el cambio de color se presentó y completó en 30 minutos.

Joshi (19), presentó un método colorimétrico rápido y concluyó que el desarrollo del color es el siguiente: verde para muestras de suelo con más de 3% de materia orgánica, café oscuro para 1.5% de materia orgánica y café rojizo para menos de 0.7%.

Wilde y Voigt (43), dicen que en la mayoría de los casos, la oxidación por ácido crómico con la posterior titulación o determinación colorimétrica parece ser más fácil. En algunas ocasiones, sin embargo, este método puede dar resultados errados debido a la interferencia de los constituyentes reductores del suelo. En tales casos, es preferible buscar la fracción orgánica del suelo sobre la base del contenido total de nitrógeno.

### III.— MATERIALES Y METODOS

#### A.— SELECCION DE MUESTRAS

Se escogieron tres regiones, clasificadas así:

1.— Sabana de Bogotá.— Tiene una extensión de 145.000 Has. altura promedio algo inferior a los 2.600 mts., la cuenca es de origen tectónico, precipitación que oscila entre 700 y 1.000 mms./año, temperatura promedio de 13.8°C.

Se tomaron muestras de 14 series para la capa arable y de 13 para el subsuelo, ya que las tierras esqueléticas y/o erodadas presentan solo un primer horizonte (Gómez y Jaramillo, 12).

2.— Parte plana del Valle Geográfico del Río Risaralda.— Tiene una extensión aproximada de 9.000 Has., origen aluvial con fuerte influencia de material de cenizas volcánicas, tiene una altura aproximada sobre el nivel del mar de 925 mts. en la Virginia y de 1.025 en la Isla (Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 18).

Se tomaron muestras de 12 series, tanto de la capa arable como del subsuelo (Barrios y Delgado, 3).

3.— Parte Plana del Valle Geográfico del Río Cauca.— Se tomaron muestras para análisis en el laboratorio de 24 sitios, distribuidos en forma de red a lo largo y ancho del Valle del Río Cauca. Es de advertir que las muestras de esta región solo corresponden a la capa

arable. Además, los números que aparecen en las Tablas VII y XII, tienen su significado en la Tesis de Grado de García y Guerrero (11).

#### B.— METODOS DE LABORATORIO

1.— **Método de Titulación Volumétrica.**— Se trabajó el método de combustión húmeda, propuesto por Walkley y Black y descrito por González (14) siendo los pesos de las muestras variables entre 0.1 y 1.0 gramo, según los valores presuntivos del porcentaje de materia orgánica.

2.— **Método Colorimétrico.**— Se usó un proceso de combustión húmeda en la forma descrita por Russell (33). El carbón de la materia orgánica es oxidado a anhídrido carbónico con dicromato de potasio 1N. En el proceso de oxidación-reducción se forma una coloración verde azulado. Seguidamente, y de acuerdo al contenido de materia orgánica, el color variará de naranja a verde azulado; esta variación es medida con un colorímetro usando una curva patrón de transmitancia preparada con muestras de suelo con porcentaje de materia orgánica ya conocida.

**Procedimiento.**— 1.— Se coloca 0.5 g. de muestra de suelo en un erlenmeyer de 250 mls. Si el suelo es muy arenoso se usan 2 g., por el contrario si tiene más de 6% de materia orgánica, pueden usarse 0.2 g.

2.— A esta muestra se le añaden exactamente 10 ml. de una solución 1 N. de dicromato de potasio y se agita cuidadosamente mientras se adicionan 10 ml. de ácido sulfúrico concentrado.

3.— Se deja reposar durante 10 minutos y se agregan con una probeta, 100 ml. de agua destilada; se deja enfriar y se toma luego una pequeña cantidad que se filtra y se utiliza para el paso siguiente.

4.— Se llena un tubo de absorción de 2/3 de su capacidad con el líquido filtrado. Se determina el porcentaje de transmitancia en un colorímetro, usando un filtro rojo de 620 mieras de longitud. Previamente debe llevarse un blanco con 100% de transmitancia para hacer la calibración del aparato.

5.— Se determina el porcentaje de carbón orgánico y por ende el porcentaje de materia orgánica, valiéndose de las curvas patrones previamente elaboradas, para cada región y para cada horizonte.

Es de advertir que en el presente trabajo, cada muestra analizada tuvo una replicación con la cual se promedió. Por otra parte, en el método colorimétrico (\*) se efectuaron las determinaciones del porcentaje de transmitancia a diferentes periodos de tiempo, así: 1-2-3 y 4 horas, contadas a partir del momento en que se inician los análisis; mientras que los factores de correlación se determinan por cepas y también por regiones.

(\*)El colorímetro usado en este método es uno de la marca "Klett-summerson" modelo .800.J., para emplear con un máximo de 100 vatios.



## IV.— RESULTADOS Y DISCUSION

Puede afirmarse en una forma general que en las tres regiones en estudio, se presentó una correlación negativa altamente significativa entre el porcentaje de transmitancia y el contenido de carbón orgánico determinado a través de titulaciones volumétricas.

La relación inversa entre el porcentaje de transmitancia y el contenido de carbón orgánico puede explicarse así: como la absorbancia es inversa a la transmitancia, a mayor concentración de moléculas, habrá una mayor absorbancia y por tanto una menor transmitancia.

Las transmitancias de la Tabla III, correspondientes a las capas arables de los suelos de la Sabana de Bogotá, no concuerdan con las transmitancias de la Tabla VIII, por cuanto son promedios de las diferentes transmitancias presentadas en esta última.

La Sabana de Bogotá en sus capas arables tiene un mayor contenido de materia orgánica que las capas arables del Valle del Río Risaralda y del Valle del Cauca. De lo anterior debiera esperarse un menor porcentaje de transmitancia en las capas arables de la Sabana de Bogotá, ya que el contenido de carbón orgánico y el porcentaje de transmitancia están relacionados en forma inversa. Sin embargo, los resultados de las Tablas III, V y VII contradicen aparentemente lo anteriormente expuesto .

El autor persiguiendo un máximo de economía de reactivos efectuó análisis previos de las capas arables de la Sabana de Bogotá, empleando dos cantidades diferentes de ácido sulfúrico concentrado. Como puede observarse en las Tablas I y II la variación entre las dos cantidades empleadas no fue significativa ;lo que permitió usar en las otras regiones la menor cantidad de dicho reactivo.

Por otra parte, no debe escapar a la atención el hecho de que las diferentes condiciones climáticas y naturalezas químicas de las materias orgánicas y de los coloides arcillosos, existentes en las tres regiones en estudio, puedan tener también su influencia en la escasa variabilidad observada anteriormente.

Para poder efectuar con la mayor claridad posible la discusión de los resultados, se ha separado ésta por regiones, así:

**Sabana de Bogotá.**— Es la región de las tres estudiadas, en lo que respecta a las capas arables, que tiene un mayor contenido de materia orgánica. Lo anterior tiene su explicación en las condiciones climáticas existentes en las tres regiones. Además, se presenta una mayor acumulación de materia orgánica por haber una menor oxidación debido a la altura sobre el nivel del mar en que se encuentra esta región y que es aproximadamente de 2.600 metros.

Presentan las muestras de la capa arable y del subsuelo, especialmente estas últimas, una correlación negativa altamente signifi-

## — T A B L A I —

Resultados de Transmitancia con diferentes cantidades  
de ácido sulfúrico —Sabana de Bogotá— (capa arable)

Suelo	Porcentajes de Transmitancia Cantidad de ácido sulfúrico usado/muestra.	
	20 c.c.	10 c.c.
Bogotá	86.0	92.5
Corzo	69.1	67.3
Gachancipá	82.3	80.5
Nemecón	69.3	60.3
Techo	89.5	94.6
Tenjo	69.6	66.1
Tibaltatá	79.2	79.8
Tunjuelo	86.4	86.7
Zipaquirá	75.8	74.8
T. aluvial mezclada	82.3	86.7
T. aluvial mez- clada pedregosa	82.1	82.4
T. aluvio coluvial	89.1	88.3

## — T A B L A II —

Análisis de varianza para las transmitancias en relación a la cantidad  
de ácido sulfúrico concentrado empleado.

Causas de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Filas	1.833,70	11	166,70
Columnas	0,02	1	0,02
Error	364,43	11	33.12
Total	2.198,15	23	

F obtenido : 0.0006

F .99 (1 , 11) : 9.65

F .95 (1 , 11) : 4.84

PORCENTAJE DE CARBON ORGANICO

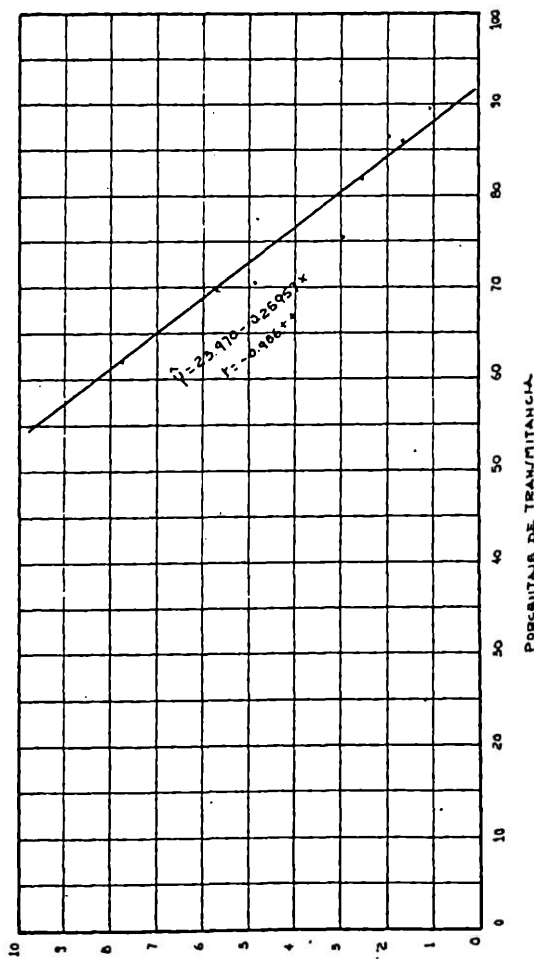


FIGURA 1. INFLUENCIA DEL CARBON ORGANICO EN LA TRANSMITANCIA

SABANA BOGOTA — CAPA ARABLE

## — T A B L A III —

Resultados promedios de carbono orgánico y transmitancia en la Sabana de Bogotá —Capa arable—

Suerte	% de Transmi- tancia.	% de Carbón Orgánico.	% de Materia Orgánica.
Bogotá	86.0	1.696	2.923
Corzo	69.1	8.832	15.226
Gachancipá	82.3	2.198	3.789
Nemocón	69.3	5.680	9.792
Techo	89.5	1.098	1.893
Tenjo	69.6	5.741	9.897
Tibaitatá	79.2	2.784	4.788
Tunjuelo	86.4	1.989	3.479
Zipaquirá	75.8	2.962	5.105
T. aluvial mezclada	82.3	1.689	2.912
T. aluvial mezcla- da pedregosa	82.1	2.666	4.596
T. aluvio coluvial	89.1	1.338	2.306
T. erodada y/o esquelética	93.1	0.105	0.181
T. pantanosa	70.6	4.913	8.470

## — T A B L A IV —

Resultados promedios de Carbono y Transmitancia en la Sabana de Bogotá —subsuelo—

Serie	% de Transmi- tancia.	% de Carbón Orgánico.	% de Materia Orgánica.
Bogotá	92.1	0.238	0.410
Corzo	85.0	1.716	2.958
Gachancipá	91.8	0.624	1.075
Nemocón	80.0	2.190	3.776
Techo	94.4	0.140	0.242
Tenjo	95.3	0.318	0.548
Tibaitatá	81.7	2.539	4.378
Tunjuelo	89.1	0.780	1.345
Zipaquirá	89.7	0.697	1.201
T. aluvial mezcla- da	94.6	0.078	0.134
T. aluvial mezcla- da pedregosa	93.0	0.180	0.211
T. aluvio coluvial	94.0	0.135	0.233
T. pantanosa	85.9	1.470	2.536

## PORCENTAJE DE CARBON ORGANICO

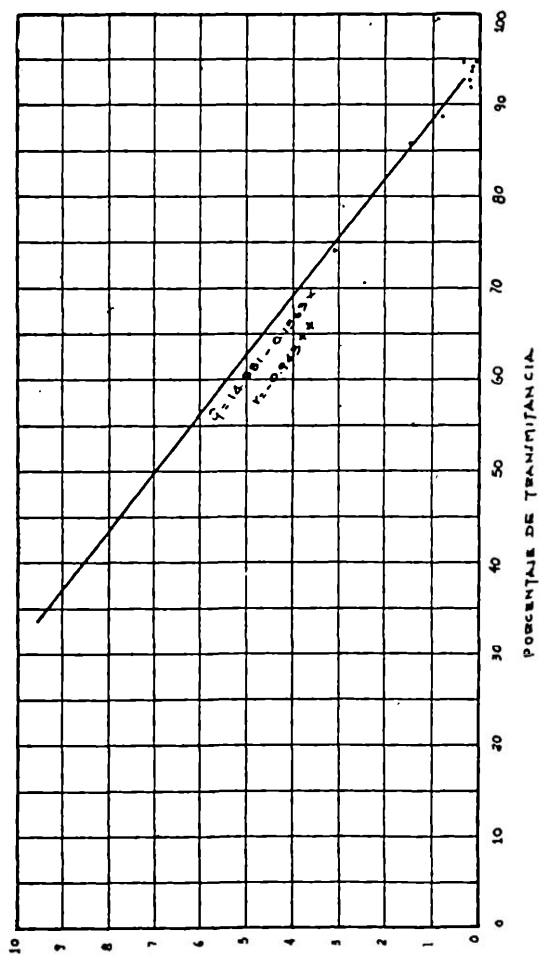


FIGURA 2: INFLUENCIA DEL CARBON ORGANICO EN LA TRANSMITANCIA

SABADA DE BOGOTA — SUBSUELO

cativa entre el porcentaje de transmitancia y el contenido de carbón orgánico, como puede observarse en las figuras 1 y 2.

En la figura 3 se presenta la interdependencia entre el contenido de carbón orgánico y el porcentaje de transmitancia, ya que se deseaba agotar las comprobaciones posibles de la relación existente entre los dos factores anteriormente nombrados. Se presenta solo un gráfico ya que los correspondientes a las otras capas y regiones siguen la misma tendencia. Es de advertir que la selección de esta capa y región fue al azar y que los números que aparecen en la figura 3 corresponden al orden descendente de los suelos en la Tabla IV.

**Valle del Río Risaralda.**— Al observar la Tabla V, se encuentra que las capas arables de las series de esta región ocupan el segundo lugar en cuanto a contenido de materia orgánica, entre las regiones estudiadas. Con respecto a la Sabana de Bogotá ya se presentaron las posibles explicaciones. En relación al Valle del Río Cauca, si bien las dos regiones poseen condiciones climáticas similares en forma general y alturas sobre el nivel del mar aproximadamente iguales, su diferencia en contenidos, mayor para la región del Risaralda, puede explicarse en la mayor acumulación de cenizas volcánicas y el haber estado sujeta a menores labores agrícolas, ya que esta región solo recientemente comenzó a ser dedicada a la agricultura mecanizada, siendo su anterior uso la ganadería extensiva.

Por otra parte, al comparar las Tablas IV y VI, se observa que los subsuelos de esta región tienen un mayor contenido promedio de materia orgánica, que los subsuelos de la Sabana de Bogotá. Estos fenómenos quizás se expliquen en que esta región es más joven que la Sabana de Bogotá y más influida de los efectos aluviales recientes del río que han depositado capas muchas veces de poco espesor sobre suelos anteriormente formados. Es decir, los fenómenos más recientes de aluviación pueden ser responsables de esta diferencia.

En cuanto a la correlación negativa, es altamente significativa en las capas arables, como puede observarse en la figura 4, mientras que en la figura 5, la correspondiente a los subsuelos de esta región, se expresa una correlación negativa menor que la anterior, aunque no deja de ser altamente significativa.

**Valle del río Cauca.**— Esta región es la que presenta menor contenido de materia orgánica, con relación a las otras en estudio. Tal vez la mayor edad geológica, la mayor intensidad de trabajo a que ha estado sometida, la menor influencia de las cenizas volcánicas y la menor altura sobre el nivel del mar, esta última razón en relación a la Sabana de Bogotá solamente, pueden ser las causas de este menor promedio.

**Influencia del tiempo en la turbidez.**— Como se explicó anteriormente, las transmitancias de las Tablas III, IV, V, VI y VII no concuerdan con las transmitancias de las Tablas VIII, IX, X, XI y XII, respectivamente, ya que las primeras son promedios de las cuatro obtenidas, a 1, 2, 3 y 4 horas. Se tomaron estos promedios basándose en

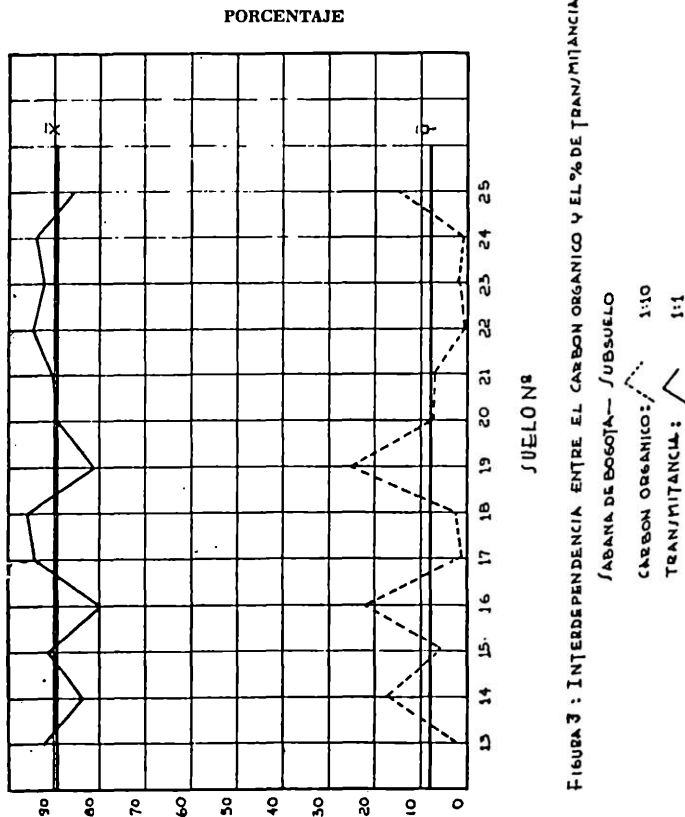


FIGURA 3 : INTERDEPENDENCIA ENTRE EL CARBON ORGANICO Y EL % DE TRANSMITANCIA

## — T A B L A V —

Resultados promedios de Carbono y Transmitancia en el Valle  
del Río Risaralda (capa arable).

Serie	Fase	% de Trans- mitancia.	% de Carbón Orgánico.	% de Mate- ria Organ.
Cachipay	Ar.	78.1	1.402	2.414
Danubio	Fco.	55.3	4.779	8.241
Janeiro	Fco.	75.1	2.520	4.344
La Isla	Fco. A.	88.6	1.638	2.827
Portobelo	Ar.	59.0	3.560	6.137
Rhin	Ar.	68.6	2.725	4.707
Río Risa- ralda	Fco. A.	75.6	2.765	4.775
San Luis	Fco.	78.4	2.156	3.724
San Luis	Fco. Ar.	75.2	2.552	4.389
Sopinga	Fco. Ar.	87.4	1.496	2.586
Virginia	Fco. Ar. L.	83.0	1.890	3.268
Viterbo	Fco. A.	89.2	1.795	3.103

## — T A B L A VI —

Resultados promedios de Carbono y Transmitancia en el Valle  
del Río Risaralda (subsuelo)

Serie	Fase	% de Trans- mitancia.	% de Carbón Orgánico.	% de Materias Orgánicas.
Cachipay	Ar.	91.7	0.795	1.379
Danubio	Fco.	88.3	1.545	2.672
Janeiro	Fco.	90.6	0.970	1.772
La Isla	Fco. A.	91.3	0.922	1.686
Portobelo	Ar.	83.9	2.060	3.551
Rhin	Ar.	94.9	0.292	0.510
Río Risa- ralda.	Fco. A.	92.2	0.890	1.444
San Luis	Fco.	90.8	0.796	1.374
San Luis	Fco. Ar.	90.9	1.394	2.406
Sopinga	Fco. Ar.	91.5	1.320	2.276
Virginia	Fco. Ar. L.	88.3	1.188	2.062
Viterbo	Fco. A.	89.3	0.638	1.103



## PORCENTAJE DE CARBON ORGANICO

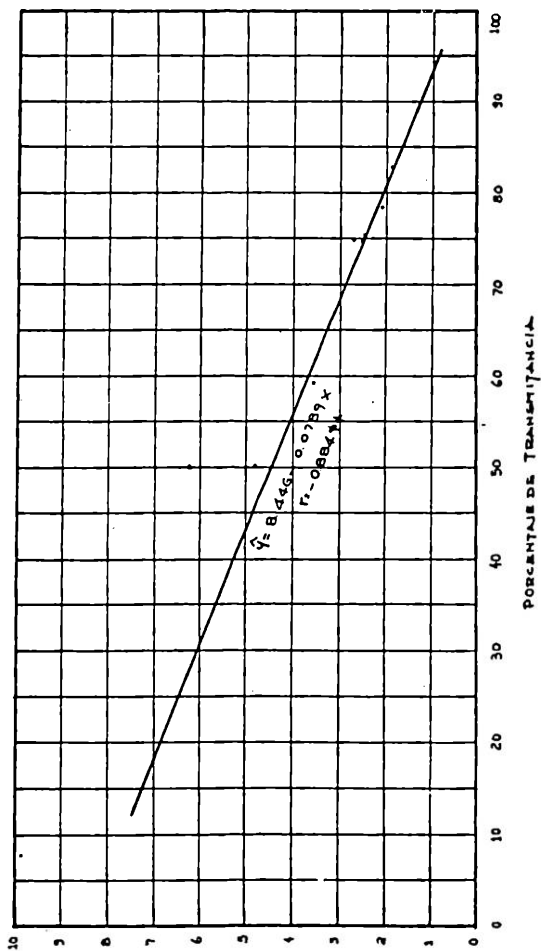


FIGURA 4: INFLUENCIA DE CARBON ORGANICO EN LA TRANSMITANCIA

VALLE DEL RIO RISARALDA — CAPA AREABLE

## PORCENTAJE DE CARBON ORGANICO

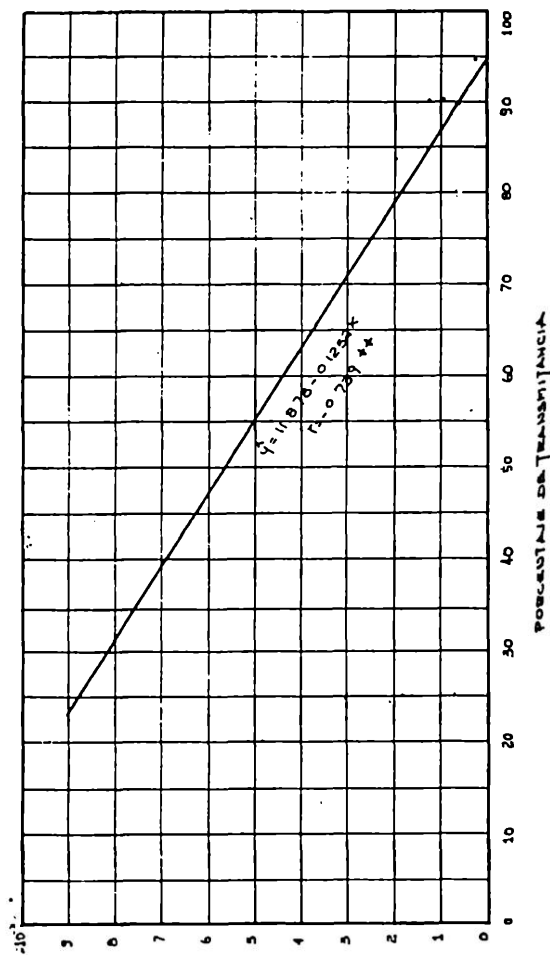


FIGURA 5: INFLUENCIA DEL CARBONO ORGANICO EN LA TRANSMITANCIA

VALLE DEL RIO RISARALDA-SUBSUELO

la mínima variación que se obtuvo al efectuar los análisis de varianza como puede observarse en la Tabla XIII.

Las horas seleccionadas para este ensayo, lo fueron en base a las condiciones de los laboratorios y personal del mismo, al efectuar análisis de rutina con series más o menos numerosas de muestras. Es decir, que el laboratorista tiene un margen de seguridad de cuatro horas para efectuar sus determinaciones, el que puede considerarse bastante amplio a la vez que ventajosos sobre otros en cuanto a la economía y facilidad de lecturas.

— T A B L A VII —

Resultados promedios de Carbono y Transmitancia en el Valle  
del Río Cauca (Capa arable)

Suelo *	% de Transmi- tancia.	% de Carbón Orgánico.	% Materia Orgánica.
39	74.9	1.890	3.268
44	67.3	2.048	3.534
42	82.0	1.196	2.068
43	73.8	1.922	3.410
45	69.2	2.158	3.723
49	75.8	1.780	3.068
7	71.0	1.479	2.550
48	72.6	2.017	3.482
47	84.1	0.888	1.544
52	66.5	2.588	4.475
53	68.1	2.411	4.154
54	64.3	2.394	4.130
8	70.8	1.858	3.206
15	81.3	1.102	1.896
18	60.2	2.989	5.264
19	69.4	1.717	2.965
35	71.0	2.188	3.785
37	74.3	1.638	2.827
50	76.2	1.706	2.948
5	80.0	1.480	2.551
6	72.7	1.778	3.068
25	66.0	2.308	3.982
36	76.0	1.607	2.775
55	68.6	2.285	3.957

\* Los números colocados en la columna de suelos tienen su equivalencia en García y Guerrero (11).

## PORCENTAJE DE CARBON ORGANICO

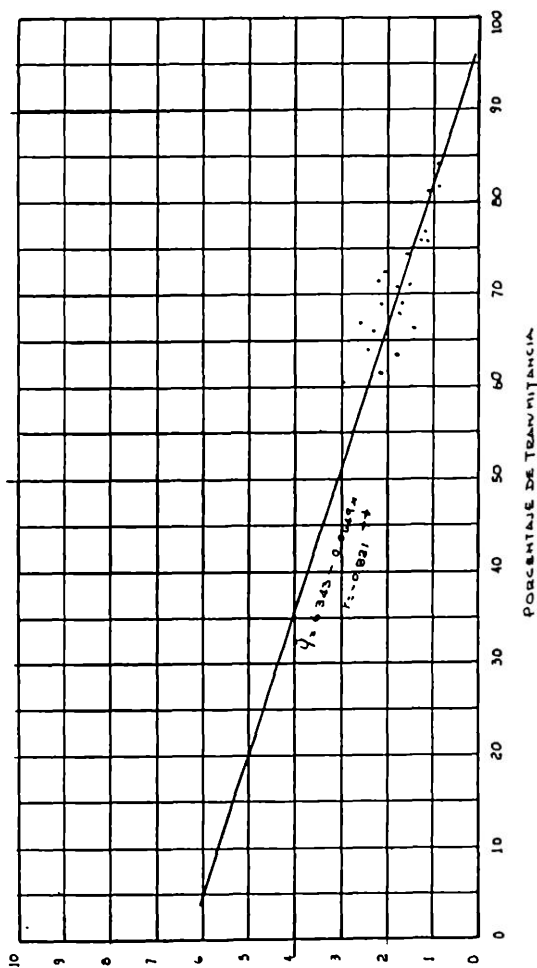


FIGURA 6 INFLUENCIA DEL CARBON ORGANICO EN LA TRANSMITANCIA

VALLE DEL RIO CAUCA — CAPA ARABLE

## — T A B L A VIII —

Influencia del tiempo en la Turbidez desarrollada en los suelos de la  
Sabana de Bogotá (capa arable)

Serie	% de Transmítancia			Hora
	1	2	3	
Bogotá	85.9	86.1	85.7	88.1
Corzo	68.8	69.3	69.0	69.4
Gachancipá	82.1	82.7	82.5	82.0
Nemocón	69.3	69.4	69.5	69.0
Techo	88.4	89.9	90.0	89.7
Tenjo	69.5	69.5	69.4	70.1
Tibaitatá	78.7	79.2	79.4	79.6
Tunjuelo	86.1	86.6	86.3	86.6
Zipaquirá	75.3	75.8	75.9	76.2
T. aluvial mez- clada.	82.3	82.3	82.0	82.6
T. aluvial mez- clada pedregosa.	81.7	82.1	81.9	82.6
T. aluvio coluvial	89.1	89.5	88.3	89.5
T. erodad	92.9	92.8	93.1	93.4
T. pantanosa	70.7	70.9	69.4	71.2

## — T A B L A IX —

Influencia del tiempo en la Turbidez desarrollada en los suelos  
de la Sabana de Bogotá (Subsuelo)

Serie	% de Transmítancia			Hora
	1	2	3	
Bogotá	91.9	92.3	92.0	92.0
Corzo	84.3	84.5	83.9	87.2
Gachancipá	91.3	92.0	91.9	92.0
Nemocón	79.7	80.2	79.7	80.1
Techo	94.1	94.6	94.4	94.6
Tenjo	95.6	94.9	95.0	95.6
Tibaitatá	81.5	81.9	81.5	81.7
Tunjuelo	89.1	89.0	89.1	89.3
Zipaquirá	89.7	90.2	90.0	90.7
T. aluvial mez- clada.	84.5	94.8	95.0	94.1
T. aluvial mez- clada pedregosa.	92.4	93.4	92.8	93.3
T. aluvio coluvial	93.7	94.2	94.0	94.2
T. pantanosa	85.5	86.0	85.9	86.3

## — T A B L A X —

Influencia del tiempo en la Turbidez desarrollada en los suelos del Valle del Río Risaralda (capa arable)

Serio	Fase	% de Transmittancia			Hora
		1	2	3	
Cachipay	Arcillosos	77.5	78.6	78.4	77.7
Danubio	Ar.	54.4	55.1	55.7	56.0
Janelro	Fco.	73.5	75.6	75.4	75.7
La Isla	Fco. A.	88.0	89.1	88.8	88.6
Portobelo	Ar.	58.2	59.9	58.5	59.3
Rhín	Ar.	67.0	68.7	68.6	70.2
Río Risaralda	Fco. A.	74.2	75.9	75.5	76.6
San Luis	Fco.	79.5	78.4	78.1	77.6
San Luis	Fco. Ar.	73.9	76.3	75.2	75.4
Sopinga	Fco. Ar.	87.8	88.1	86.0	87.6
Virginia	Fco. Ar. Limoso	83.4	81.9	82.7	83.8
Viterbo	Fco. A.	88.0	89.0	88.6	91.1

## — T A B L A XI —

Influencia del tiempo en la Turbidez desarrollada en los suelos del Valle del Río Risaralda (subsuelo).

Serio	Fase	% de Transmittancia			Hora
		1	2	3	
Cachipay	Ar.	91.6	91.4	91.8	92.1
Danubio	Fco.	88.3	88.0	87.4	89.6
Janelro	Fco.	91.1	90.8	90.5	89.8
La Isla	Fco. A.	91.6	92.1	90.7	90.7
Portobelo	Ar.	83.1	83.1	84.2	85.1
Rhín	Ar.	94.6	94.2	95.5	95.3
Río Risaralda	Fco. A.	91.8	93.0	92.2	91.6
San Luis	Fco.	92.6	89.7	90.3	90.4
San Luis	Fco. Ar.	90.9	91.3	90.7	90.8
Sopinga	Fco. Ar.	90.2	92.2	91.8	92.0
Virginia	Fco. Ar. Limoso	89.3	88.5	86.9	88.5
Viterbo	Fco. A.	89.6	88.7	90.5	90.2

## — T A B L A XII —

Influencia del tiempo en la Turbidez desarrollada en los suelos del  
Valle del Río Cauca (capa arable)

Suelos	%	de	Transmitancia	—	Hora
39	74.3	74.7	75.2		75.4
44	69.4	66.8	67.2		65.6
42	81.7	82.0	81.9		82.4
43	73.8	74.6	73.4		73.4
45	69.3	68.9	68.6		70.1
49	76.1	77.3	76.4		73.5
7	71.1	73.0	70.0		69.9
48	73.0	72.7	72.5		72.3
47	84.1	83.7	84.5		84.2
52	67.2	67.0	66.3		65.4
53	68.8	68.2	67.9		67.3
54	64.4	64.7	63.3		64.9
8	70.9	70.8	71.1		70.2
15	81.2	80.9	81.6		81.3
18	60.7	59.7	60.3		60.0
19	69.5	70.8	69.0		68.1
35	71.9	72.7	71.4		70.3
37	74.4	73.8	74.4		74.6
50	76.8	77.3	75.7		75.0
5	80.5	79.9	80.1		79.6
6	72.6	72.8	72.1		73.4
25	68.0	68.4	64.9		62.5
36	78.0	74.8	75.6		75.7
55	68.0	69.8	68.9		67.6

\* Los números colocados en la columna de suelos tienen su equivalencia en García y Guerrero (11).

## — T A B L A XIII —

Análisis de variación para observar la influencia que tiene el tiempo de lectura en el porcentaje de transmitancia.

Método: Bloques al azar.

Región	Muestras n	F calculada	F teórica	
			99 %	95%
Sabana de Bogotá Capa Arable	14	0.011	4.23	2.81
Sabana de Bogotá Subsuelo	13	0.033	4.20	2.79
Valle del Risaralda Subsuelo	12	0.035	4.16	2.78
Valle de Risaralda Capa Arable	12	0.035	4.16	2.78
Valle del Cauca Capa Arable	24	0.130	4.04	2.72

## V.— CONCLUSIONES

- 1.—En todas las regiones y capas en estudio la correlación negativa fue altamente significativa, lo que indica la posibilidad de generalizar el método colorimétrico.
- 2.—Se comprobó que el método colorimétrico posee las calidades de rapidez, simplicidad y facilidad de su desarrollo, pero quizá la ventaja más importante sobre otros métodos, especialmente sobre el de titulación que es el más empleado en los laboratorios, es la reducción de fallas de carácter humano.
- 3.—Se observó una economía de tiempo y reactivos.
- 4.—Es necesario que cualquier intento de obtener curvas patrones, se haga sobre la base de regiones fisiográficas más o menos homogéneas; y aun más sobre horizontes de similar posición en el perfil, ya que debe tenerse en cuenta que la compleja naturaleza química de la materia orgánica puede variar en calidad dentro de los horizontes de un mismo perfil. Igualmente debe considerarse que el clima también influye en la naturaleza de la materia orgánica del suelo.
- 5.—Se recomienda efectuar nuevos ensayos en regiones diferentes, con el método colorimétrico, para así tener absoluta seguridad de los beneficios que puedan reportar este método.



## VI.— RESUMEN

## APLICACION DE LA COLORIMETRIA EN LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE LA MATERIA ORGANICA DE LOS SUELOS

Se efectuaron estudios del contenido de materia orgánica en tres regiones diferentes del país por sus condiciones climáticas y edáficas: Sabana de Bogotá, Valle del Río Risaralda y Valle del Río Cauca. De esta última región solo se estudió la capa arable, mientras que en las dos primeras se incluyó el subsuelo.

Se emplearon dos métodos: uno de titulación volumétrica y otro colorimétrico de este último como un método de rutina en los laboratorios de suelos.

Fueron las capas arables de las series de la Sabana de Bogotá las que presentaron el mayor contenido de materia orgánica, 5.379%; mientras que los suelos del Valle del Río Cauca solo alcanzaron a 3.268%, ocupando el puesto intermedio el Valle del Río Risaralda con 4.207%.

Todas las regiones y capas dieron una correlación negativa altamente significativa entre el porcentaje de transmitancia y el contenido de carbón orgánico, siendo la mayor para los subsuelos de la Sabana de Bogotá con  $-0.9433$ , y la menor para los suelos del Valle del Río Risaralda con  $-0.739$ .

Se observó que dentro de las cuatro primeras horas después de desarrollar el color, los cambios de turbidez no afectaron estadísticamente las transmitancias.

## VII.— SUMMARY

## PRACTICAL APPLICATION OF THE COLORIMETRIC METHOD FOR DETERMINING THE CONTENT OF ORGANIC MATTER OF SOILS

Studies were conducted on the content of organic matter of soils from three different regions of the country due to their climatic and edaphic conditions; the "Sabana de Bogotá", the "Risaralda Valley" and the "Cauca Valley". Only the plowable surface was studied of this last region, while on the two first ones, both the subsoil and the plowable surface were included.

Two methods were used, the volumetric titration and the colorimetric method in order to search the possibility of adapting this last one as a routine method in the soil laboratories.

The plowable surfaces of the series of the "Sabana de Bogotá" presented the largest content of organic matter (5.379%), while the soils of the "Cauca Valley" reached only 3.268% and the "Risaralda Valley" had an intermediate content of 4.207%.

Soils of all regions and surfaces gave a highly significant negative correlation between the percentage of transmittance and the content of organic carbon. The largest correlation was for the subsoils of the "Sabana de Bogotá" ( $-0.943$ ) and the lowest one was for the subsoils of "Risaralda Valley" ( $-0.739$ ).

The transmittance percentages were not statistically affected by the changes in turbidity within the first four hours after the color appeared.

#### VIII.— BIBLIOGRAFIA

1. ALLISON, L. E.— Wet Combustion Apparatus and Procedure for organic and inorganic carbon in soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24: 36-40. 1.960.
2. ARENAS, B., J.— Comparación de tres métodos para la determinación de materia orgánica en algunos suelos del Valle del Cauca. *Acta Agronómica* 9: 169-84. 1.959.
3. BARRIOS, O. e I. DELGADO.— Propiedades físicas de los suelos del Valle Geográfico del Río Risaralda. Universidad Nacional. Palmira. Tesis de grado. 64 p. 1.965. (no publicada).
4. BAVER, L. D.— Soil physics. 3 th. Ed. John Wiley & Sons. New York. 370 p. 1.956.
5. BLASCO, L. M.— Conferencias de suelos. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira. 457 p. 1.963. (Mimeografiado).
6. BROADBENT, F. E.— Basic problems in organic matter transformations. *Soil Sci.* 79: 107-114. 1955.
7. BROWING, G. M.— A comparison of the dry combustion and the rapid dichromate titration methods for determining organic matter in soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 3: 158-161. 1938.
8. CAROLAN, R.— Modification of Graham's method for determining soil organic matter by colorimetric analysis. *Soil Sci.* 66: 241-348. 1.948.
9. CHEPIL, W. S.— Factors that influence clod structure and erodability of soils by wind: V. Organic matter at various stages of decomposition. *Soil Sci.* 80: 413-421. 1.955.
10. DELGADO, P. y GONZALEZ, A.— Curvas de pF de veintisiete tipos y un complejo de suelos del Tolima y del Valle. Colombia. *Acta Agronómica* 4: 66-88. 1954.
11. GARCIA, F. y A. GUERRERO.— Estudio de 4 métodos para determinar el potasio asimilable en los suelos del Valle Geográfico del Río Cauca. Universidad Nacional Facultad de Agronomía. Palmira. Tesis de grado. 54 p. 1.965. (no publicada).

12. GOMEZ, B. y H. JARAMILLO.— Algunas propiedades físicas de los suelos de la Sabana de Bogotá. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira. Tesis de grado. 55 p. 1.964. (no publicada).
13. GOMEZ, J.— Conferencias de física de suelos. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira. 52 p. 1.963. (mimeografiado).
14. GONZALEZ M. A.— Manual de laboratorio de suelos. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira. 96 p. 1.964.
15. GRAHAM, E. R.— Determination of soil organic matter by means of a photoelectric colorimeter. *Soil. Sci.* 65: 181-183. 1.948.
16. JACKSON, B. H.— The relation of soil texture and color of the organic matter content. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 3: 112-114. 1.938.
17. JACKSON, M. L.— *Soil Chemical Analysis*. Englewood Cliffs. New York. Prentice-Hall. 458 p. 1958.
18. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI.— Levantamiento agrológico del Valle del Río Risaralda. Publicación LD-2. Bogotá. 100 p. 1.958.
19. JOSHI, R. H. —A rapid colorimetric method for the evaluation of organic matter of the soils of Madhya Pradesh Soils and Fertilizers. 18: 308. 1.955.
20. KLUTE, A. y N. C. JACOBS.— Physicals properties of Sassafras silt Loam as affected by long time organic matter additions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 14:: 24-28. 1.949.
21. KOSAKA, J., H. CHIKAFUMI y A. ISEKI.— A new rapid and accurate method for the determination of carbon in soils. *Soil and Plant Food* 5: 77-83. 1.959.
22. KRAMER, P. J.— *Plant and soil water relationships*. McGraw Hill. New York. p. 18-49. 1949.
23. LYON, T. L. y H. O. BUCKMAN.— *Edafología. Naturaleza y propiedades del suelo*. Victor Nicollier. Compañía Editorial Continental. México. D. E. 478 p. 1.956.
24. MALHERBE, I. V.— *Soil Fertility*. 3rd. Ed. Oxford University Press. New York. p. 16-61. 1.953.
25. MATON, A., A. ROTTI y A. COTTENIE.— Critical study of some methods of determining humus in soils. *Soils and Fertilizers* 18: 122. (en alemán). 1.955.
26. MENDEZ, A. y A. MORENO.— Propiedades físicas de algunos suelos de la zona plana del municipio de Palmira. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira. Tesis de grado. 59 p. 1.964. (no publicada).

27. MILLER, C. E., L. M. TURK y M. D. FOTH.— Edafología. Fundamentos de la ciencia del suelo. Angel Reinoso F. Compañía Editorial Continental S. A. México. D. F. 612 p. 1.961.
28. MOODIE, C. D.— The Hyjodite method for studying the nature of soil organic matter. *Soil Sci.* 70: 461-470. 1.850.
29. Peech, M. Chemicals methods for assesing soil fertility. Kitchen Herminie Broedel. Washington, D. C. p. 13-48. 1.948.
30. PEECH, M. et al.— Methods of soils' analysis for soil fertility investigations. Washington. USDA 757. 1.949.
31. QUASTEL, J. H.— Influence of organic matter on aeration an structure of soil. *Soil Sci.* 73: 419-426. 1.952.
32. ROBINSON, W. O.— The determination of organic matter in soils by means of hidrogen peroxide. *Jour Agr. Res.* 34: 339-356. 1.927.
33. RUSSEL, D. A.— A laboratory anual for soil fertility students. 3 rd. W.M.C. Brown Company. Dobuque, Iowa. p. 20-25. 1.958.
34. SAIZ DEL RIO, J. F. y E. BORNEMISZA.— Análisis químico de suelos .Dpto. de Energía Nuclear. Turrialba. 2ª Ed. p. 94-96. 1.962.
35. SCHOLLENBERGER, C. J.— The determination of soil organic matter *Soil Sci.* 59: 53-35. 1.945.
36. SCHWAB, F. y E. BARNES.— Elementary soils and water engineering John Wiley & Sons. New York. 96 p. 1.957.
37. SMITH, H. W. y M. D. WELDON.— A comparison of some methods for the determination of soilorganic matted. *Soil Sci. Soc. Amer Proc.* 5: 177-182 .1.940.
38. SMITH, K. D. et al.— Soil organic matter, crop yields and land use in the Texas Blackland. *Soil Sci.* 77: 377-388. 1.954.
39. VAN VUREN, J. P.— Soil fertility and sewage. Faber and Faber Ld mited. New York. 170 p. 1.949.
40. WALKLEY, A.— A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils. *Soil Sci.* 63: 251-263. 1.947
41. WEIR, W. W.—Soil science, its principles and practice. Lillincott Co. New York. p. 44-45. 1.949.
42. WILDE, S. A.— Rapid colorimetric determination of soils organic mater. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 7: 393-394. 1.942.
43. WILDE, S. A. y G. K. VOIGT.— Analysis of soils and plants for fo- rester and horticulturalists. Second Ed. J. W. Edwards Publisher Inc. Ann Arbor Michigan. p. 6-9. 1.959.