

CARACTERIZACION DE SUELOS VOLCANICOS DE NARIÑO, COLOMBIA, CON ENFASIS EN EL COMPONENTE BIOLOGICO

HERNAN BURBANO ORJUELA*

MARIO BLASCO L.**

ALBERTO UNIGARRO SANCHEZ***

RESUMEN

En suelos de Nariño, Sur Colombia, en los volcanes Cum - bal, Morasurco y Galeras, a diferente altitud, se tomaron muestras del horizonte superficial, en las que se hizo caracterización físico-química, fraccionamiento de la materia orgánica con hidróxido de sodio y conteo microbial utilizando el método del plato de dilución y dispersión del medio en agar.

Se encontró que la materia orgánica relaciona con los valores de ácido húmico, N-total, CIC, población de actinomicetos, densidad aparente y pH. Los ácidos húmicos y fúlvicos influyen sobre la CIC y la densidad aparente; el carbono relaciona con los ácidos fúlvicos, húmicos y actinomicetos; las arcillas con la materia orgánica, ácidos húmicos, fúlvicos y población de hongos. La población de bacterias y hongos fue normal, la de actinomicetos ligeramente baja.

ABSTRACT

In the Nariño soils, south of Colombia, in the volcanoes Cumbal, Morasurco and Galeras, located at different altitude above sea level, soil samples from surface horizons were taken. In which samples physical-chemical characterization, organic matter fraction, with sodium hidroxide,

* Profesor Asociado, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

** Director Oficina del IICA-OEA en Colombia, Apartado Aéreo 14592, Bogotá, Colombia.

*** Ingeniero Agrónomo, Egresado Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

and microbial counting, by using the plate dilution technique, and dispersion of soil in agar were made.

It was found that the organic matter was related with values of humic acid, total nitrogen, actinomycetes population, bulk density and pH. The humic and fulvic acids had influence upon the cation exchange capacity and the bulk density. The carbon was related with fulvic and humic acids and with actinomycetes; and clays with the organic matter, fulvic and humic acids and with the fungus population. The fungus and bacteria populations were normal; the actinomycete population was slightly low.

INTRODUCCION

El material orgánico del suelo al transformarse por acción de los microorganismos, el clima y los agentes químicos, produce por una parte elementos minerales y por otra complejos húmicos de muy variada composición pero con características coloidales de influencia biológica (12).

Por lo anterior se realizó el fraccionamiento del humus; además de la caracterización físico-química en suelos de tres áreas volcánicas, y la estimación de la población microbiana, en suelos de tres áreas volcánicas, estableciendo correlaciones entre las variables estudiadas.

REVISION DE LITERATURA

En el proceso de alteración los materiales orgánicos presentan toda la gama de etapas transicionales, desde la presencia aun reconocible de la estructura vegetal hasta los compuestos altamente evolucionados y de gran complejidad molecular (12).

El papel de propiedades químicas y físicas del suelo en los procesos de transformación de la materia orgánica se determina, por un lado, por su influencia sobre los procesos de neoformación y descomposición de las sustancias orgánicas; por otro lado, no hay duda del papel esencial de esas propiedades del suelo en los fenómenos de interacción de la parte mineral con las sustancias orgánicas en la fijación de éstas en el suelo (11).

Como una resultante de los factores mencionados el medio

presentará mayor o menor presencia de compuestos orgánicos. Mediante determinada metodología es posible separar los materiales húmicos totales, los ácidos húmicos y los ácidos fúlvicos. //

Los métodos empleados para separar el humus más fácilmente dispersable del suelo se basan en el principio de que estas sustancias son coloides cargados negativamente cuando se encuentran en solución alcalina, y están retenidos sobre los puntos cargados positivamente las partículas de arcilla, o precipitados por la acción de los cationes como el calcio, el aluminio y el hierro (15).

La gran dificultad en todos los procesos de fraccionamiento, radica en el hecho de que cualquiera de los métodos empleados no separa todo el humus de aquel material no humificado ni de los constituyentes minerales del suelo. Además, se considera que estos procedimientos separan productos que no son "entidades" químicas definidas, e inclusive forman algo artificial que no tiene propiedades del material original, dando formas que se dispersan más fácilmente (15).

El método clásico de fraccionamiento del humus se basa en la extracción de la materia orgánica del suelo con alcali y posterior subdivisión del material extraído por precipitación parcial con ácidos minerales y por sulubilización parcial en alcohol (15).

En la composición de los ácidos fúlvicos predominan cadenas alifáticas periféricas alrededor de los núcleos esféricos aromáticos; en los ácidos húmicos el núcleo aromático es de mayor importancia, aumentando de las formas más móviles y menos polimerizadas hacia formas más condensadas (5, 10, 11).

Parece que el proceso de humificación ocurre así: 1a. Etapa. Alteración de las plantas: aquellas partes de las plantas, especialmente tejidos lignificados, que son resistentes a los ataques microbiales son alterados en el suelo para producir sustancias húmicas. 2a. Etapa. Polimerización química: el material químico degradado por los microorganismos a pequeñas moléculas, que son absorbidas por los microbios, como fuentes de carbono y energía. Los microbios sintetizan varios productos, usualmente fenoles y aminoácidos, los cuales son excretados, y por medio

de oxidación y polimerización pasan a sustancias húmicas. 3a. Etapa. Autólisis celular: la humificación constituye la autólisis de las células microbiales y de las plantas, después de la muerte celular. Es la condensación y polimerización de los residuos celulares. 4a. Etapa. Síntesis microbiana: durante el ataque microbiano a los tejidos vegetales, el microbio sintetiza intracelularmente varios compuestos de alto peso molecular, un primer paso de la humificación. Estos compuestos son liberados cuando el microbio muere. (7).

El metabolismo de los suelos está influido por los diversos factores que determinan la actividad microbiana. Diferentes estudios han demostrado que ese metabolismo disminuye con la temperatura, con el aumento de la acidez, la baja disponibilidad de nutrientes, inhibición enzimática, toxicidades, acomplexamiento de compuestos orgánicos, etc., factores estos que determinan la capacidad productiva del suelo.

Los suelos contienen un número enorme y diferentes clases de microorganismos. El tipo que predomina en el suelo dependerá de la composición del mismo y de los factores medioambientales relacionados. En igual forma, los procesos y transformaciones que realizan los microorganismos en él son muy variados. De la actividad microbiana dependen también en gran medida el destino ulterior de las sustancias húmicas recién formadas; bien su incorporación a nuevos procesos biológicos y descomposición hasta los productos finales de mineralización, o la conservación en el suelo por períodos de tiempo más o menos prolongados (4).

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el departamento de Nariño, al sur de Colombia. Se escogieron tres áreas volcánicas: Volcán Galeras, se tomaron cinco muestras de suelo del horizonte superficial y a una altitud de 3400, 3200, 3000 y 2800 msnm, respectivamente; predomina el bosque muy húmedo montano (bmh-M). Volcán Cumbal, se tomaron cuatro muestras de perfiles superficiales localizadas a 3400, 3300, 3200 y 3000 msnm, respectivamente, en lugares donde predomina la formación bosque húmedo montano (bh-M). Volcán Morasurco, se tomaron tres muestras de perfiles superficiales

localizadas a 3400, 3200 y 300 msnm; predomina el bosque muy húmedo montano (bmh-M).

Son suelos relativamente jóvenes con porcentajes de arena y limos que superan al de las arcillas. En el Cuadro 1 se presentan algunas características de los suelos utilizados en el estudio.

En relación con el fraccionamiento y valoración de los materiales húmicos se siguió el método del hidróxido de sodio (15). El método consiste en incrementar la concentración de iones hidroxilo, utilizando hidróxido de sodio, en razón de que el pH alto incrementa la carga eléctrica de las partículas de humus al aumentar la disociación de iones hidrógeno y los iones hidroxilo compiten más energicamente que muchos de los coloides húmicos por los sitios cargados positivamente de las partículas de suelo y de arcilla (15).

Para el conteo de la población microbiana, se utilizó el método del plato de dilución que implica la dispersión del suelo en un medio de agar.

Como medio de cultivo para bacterias se utilizó agar nutriente de glucosa (GNA), incubando por espacio de 3 a 4 días a temperatura de 30°C, con diluciones de 10^6 , 10^7 , 10^8 por triplicado y contando las colonias desarrolladas. El número de organismos por ml de cultivo, se calculó multiplicando el número de colonias contadas por el factor de dilución (4).

Para hongos, se utilizó un medio de agar ácido de peptona y glucosa (PGA), se incubó por espacio de 4 a 5 días a una temperatura de 22°C, procediendo igual que para las bacterias (4).

Los actinomicetos se desarrollaron en agar glicerol extracto de levadura (AGEL), se usaron las diluciones 10^4 , 10^5 , 10^6 y 10^7 por triplicado, se incubaron por espacio de 7 a 10 días, a una temperatura de 28°C. Se procedió al igual que en los casos anteriores (4).

RESULTADOS Y DISCUSION

El contenido promedio de materia orgánica de los doce

suelos estudiados, expresado como porcentaje de C, fue de 16,9. Sin embargo, se presentó una gran variabilidad, pues los valores extremos oscilaron entre 2,9 y 22,7% de C. En el Cuadro 1 se observa que los promedios generales para los suelos de Cumbal, Morasurco y Galeras, fueron de 11,3; 10,6 y 8,1% de C, respectivamente.

Los suelos bajo condiciones naturales tienen un rango característico tanto cualitativa como cuantitativamente de la materia orgánica, como resultado del equilibrio natural entre la acumulación de materia orgánica y su mineralización. La alófana reacciona con los radicales orgánicos y forma complejos que resultan relativamente resistentes a la mineralización, de ahí que, la materia orgánica tiende a acumularse en estos suelos (3).

Al analizar la distribución de la materia orgánica en función de la reacción del suelo, se encontró una tendencia definida a la acumulación de la materia orgánica en la medida en que disminuye el pH del suelo ($r = -0,79^{**}$).

El contenido de materia orgánica, sin embargo, no se puede considerar en forma aislada como únicamente dependiente del pH. El contenido y tipo de arcillas también deben tomarse en consideración. Así Bornemisza y Pineda (3) informan de una relación inversa entre el contenido de alófana y mineralización en suelos derivados de ceniza volcánica de Costa Rica. En los doce suelos estudiados se encontró una relación inversa entre el contenido de arcillas y de la materia orgánica ($r = -0,62^*$).

Se registra un amplio rango en el contenido de N-total; los valores extremos fueron 0,2 y 1,2%. El patrón de distribución encontrado para el nitrógeno es muy similar al de la materia orgánica. Ello se debe a la relativa constancia de relación C/N encontrada, la cual presentó un valor promedio de 14,7. La relación C/N osciló entre 8,9 y 22,1 (Tabla 1).

Los valores más altos corresponden a altitudes de 3200, 3400 y 3400 msnm, para los suelos de Cumbal, Morasurco y Galeras, respectivamente; los que presentaron igualmente contenidos altos en materia orgánica. Los valores promedio de N-total para los suelos de Cumbal corresponden a

0,6%, para Morasurco 0,8% y para Galeras 0,7%.

Hay una tendencia definida al incremento de N-total con el aumento de materia orgánica ($r = 0,85^{**}$). Dado que el N-total es mayormente de origen orgánico, su comportamiento se asemeja al de la materia orgánica (Tabla 1).

Los suelos derivados de cenizas volcánicas suelen tener altos contenidos de N-orgánico, sin embargo, la tendencia es a suministrar N-disponible lentamente, por reacciones con otros derivados orgánicos los cuales son estabilizados por su absorción sobre los minerales de arcilla y los sesquióxidos del suelo.

Concordando con los resultados obtenidos por Fuentes (8) en suelos volcánicos de Costa Rica, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), de los suelos estudiados en su mayoría ácidos, dependen directamente del contenido de materia orgánica ($r = 0,90^{**}$).

El pH del suelo presenta valores comprendidos entre 4,4 y 6,2 o sea una reacción que va de fuertemente ácida a ligeramente ácida, aunque en general las tres áreas de estudio presentan una reacción moderadamente ácida.

Los valores promedios de la densidad aparente fueron 0,7 g/cc para los suelos Cumbal, 0,8 y 0,9 g/cc para los suelos de Morasurco y Galeras, respectivamente; estos valores son comparables a los citados por Escovar et al. (6) para "andosoles" de Costa Rica, Japón, Chile, Hawaii, Ecuador y Nicaragua, en donde la densidad aparente de los suelos oscila entre 0,3 y 1,1 g/cc.

Al incrementarse el contenido de materia orgánica en los doce suelos estudiados, hay una disminución en los valores de la densidad aparente ($r = 0,91^{**}$), debido posiblemente al menor peso por unidad de volumen que tienen los materiales orgánicos.

Los valores en meq/100g de suelo, encontrados para las bases, presentan según los criterios del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (9) niveles altos de Mg y K para los doce suelos; contenidos de sodio aceptables (<4) y contenidos medios de Ca para los suelos de Cumbal y Morasurco y altos para los suelos de Galeras. La relación

Mg/K>1 indica buena disponibilidad de Mg para las plantas en los suelos en estudio.

Se encontró una relación directa entre el contenido de materia orgánica y el de ácidos fúlvicos ($r = 0,77^{**}$). Los contenidos de ácidos fúlvicos predominan sobre los húmicos; las cantidades presentes de ácidos fúlvicos y húmicos (Tabla 2), permiten dar una explicación basada en la alteración de los compuestos orgánicos en ácidos fúlvicos, asociado a condiciones no favorables. El aumento en la fracción fúlvica puede ser un resultado de la alteración orgánica por el laboreo (mayores condiciones de oxidación) o por limitación biológica (presencia de fenoloxidasas) (14).

La Figura 1 permite observar la relación de los ácidos húmicos y fúlvicos con los valores de carbono. La correlación entre el carbono y el ácido húmico ($r = 0,58^{**}$) indica que la variación del ácido húmico en estos suelos está expresada en forma exponencial, en cambio, la variación de los ácidos fúlvicos ($r = 0,77^*$) está definida por un modelo logarítmico.

Ya que una característica práctica relacionada con la composición del humus es la que se presenta asociada con la estructura (11); en los suelos utilizados donde predominan los limos y las arenas sobre las arcillas (Tabla 1) la cantidad de ácidos húmicos es mínima y la estabilidad estructural es baja predominando la clase textural franca, en donde la preparación del suelo debe ser controlada para evitar la degradación estructural y en consecuencia la pérdida de propiedades físicas tales como la permeabilidad, intercambio gaseoso e infiltración.

Al relacionar el contenido de arcillas con los valores de ácido húmico y fúlvico en los suelos estudiados (Figura 1) se halló que el ácido húmico ($r = -0,54$ N.S.) relaciona en forma exponencial con las arcillas. En tanto que los ácidos fúlvicos lo hacen inversamente ($r = -0,64^{**}$) de acuerdo con un modelo logarítmico.

El contenido de carbono de los ácidos húmicos varía entre 11,8 y 47,3% con un promedio general para los doce suelos de 32,1% y el de ácidos fúlvicos de 0,6 a 4,6% con un promedio para los doce suelos estudiados de 1,8% (Tabla 2).

La reactividad de las sustancias húmicas es principalmente causada por los grupos funcionales que contienen oxígeno, los ácidos fúlvicos tienen mayor reactividad (640-1420 meq/100 g) que los ácidos húmicos (560-770 meq/100g) (16). Esto hace que se haya presentado una mayor correlación entre los ácidos fúlvicos y la CIC ($r = 0,87^{**}$) que aquella presentada entre la CIC y los ácidos húmicos ($r = 0,61^*$).

La relación ácidos húmicos/ácidos fúlvicos, que expresa el grado de policondensación de las sustancias húmicas (2), fluctuó entre 0,01 y 0,39; con un promedio de 0,19 para los suelos de Cumbal, 0,06 para los del Morasurco y del Galeras, para un promedio general de 0,010. De acuerdo con Swindale (17) esta relación para algunos suelos volcánicos puede llegar a 1,0.

En suelos de la zona templada la misma relación varía de 0,3 a 2,0 (16).

Una propiedad importante del humus es su alta CIC. Esta propiedad se considera que está asociada con algunos grupos químicamente activos tanto en la materia orgánica viva como muerta. Durante la humificación de la materia orgánica, la lignina se modifica de tal manera que hay un incremento en los grupos COOH^- y OH^- . El H^+ de los hidroxilos de ambos grupos es reemplazado por cationes que producen un aumento en la CIC. El resultado es que la CIC del humus es varias veces mayor que aquella de los residuos que llegan originalmente al suelo. Los sitios de intercambio catiónico absorben cationes como el Ca, Mg y K; siendo así, que el humus actúa en forma semejante a las arcillas en la retención de los nutrientes disponibles protegiéndolos contra la lixiviación.

Ya que el contenido de materia orgánica, influye en forma inversa sobre la densidad aparente del suelo, los ácidos húmicos y fúlvicos presentan una influencia inversa sobre la densidad aparente del suelo que presenta valores de correlación $r = -0,58^*$ para el ácido húmico y $r = 0,84^{**}$ para el ácido fúlvico, siendo mayor para este último ya que la cantidad extraída es mayor (22,28) en las tres áreas de estudio y por la correlación altamente significativa encontrada entre el contenido de materia orgánica y el contenido de ácido fúlvico ($r = 0,77^*$).

El N-total del ácido húmico presenta un rango comprendido entre 0,3 y 4,4%, con valores promedios de 2,2; 2,4 y 2,0% para los suelos de Cumbal, Morasurco y Galeras, respectivamente. El N-total del ácido fúlvico presentó valores comprendidos entre 0,1 y 0,4%, los valores para los suelos de Cumbal, Morasurco y Galeras, fueron en promedio 0,1; 0,2 y 0,3%.

Para los ácidos húmicos, son característicos los grupos funcionales, carboxilo e hidroxilo fenólicos, cuyo hidrógeno es susceptible a las reacciones de sustitución. Por la presencia de estos grupos se determinan las propiedades ácidas y la capacidad de cambio de los ácidos húmicos, de ahí la correlación negativa encontrada entre el ácido húmico y el pH del suelo ($r = -0,60^{**}$).

Para los suelos, el conteo total de los microorganismos se debe considerar como descriptivo y no como un índice de su fertilidad, ya que uno o más nutrientes requeridos por las plantas, pueden estar disponibles para el desarrollo de una intensa actividad microbiana pero, ser limitante para el desarrollo de los cultivos agrícolas.

La cantidad de bacterias y hongos expresadas en millones y actinomicetos en miles que se desarrollaron en medios de cultivo para los suelos de Cumbal fueron 127,60; 38,96 y 2377,73; para los suelos del Morasurco 0,69; 11,17 y 4280,74 y en los suelos del Galeras 35,43; 41,95 y 148,02 respectivamente, para las tres clases de microorganismos (Tabla 3).

Es evidente que la síntesis microbiana de macromoléculas de estructura húmica en conjunto con la actividad estabilizante del alofán, constituyen los factores claves que explican la acumulación de humus de estos suelos, ya que una población mineralizadora potencialmente muy activa está presente, como se comprueba por el contenido promedio general de bacterias, ($57,17 \times 10^6$), hongos ($33,26 \times 10^6$) y actinomicetos ($2,6 \times 10^6$) desarrollados en medios de cultivo por gramo de suelo, en las tres áreas volcánicas estudiadas.

La población microbiana en general, presenta un número de bacterias en el suelo superior al de los otros grupos de microorganismos juntos tal como lo anota Alexander (1), siendo éste el grupo de microorganismos más importante

en el suelo, en cuanto a las funciones que desempeñan su capacidad para crecer en diferentes ambientes y a partir de variados sustratos. Los hongos, siguen en orden de abundancia; los actinomicetos tienen una población promedio general inferior a los otros grupos de organismos debido posiblemente a condiciones de aireación y pH bajo.

El contenido de arcillas influye directamente aunque no significativamente ($r = 0,52$ N.S.) sobre la población de hongos y es influido inversamente ($r = 0,52$ N.S.) por el contenido de arenas de los suelos volcánicos estudiados. La población de actinomicetos se ve influenciada directamente ($r = 0,52$ N.S.) por el contenido de materia orgánica.

CONCLUSIONES

La materia orgánica de los suelos estudiados influye directamente sobre los valores de los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, N-total, CIC y población de actinomicetos. En forma inversa influye sobre la densidad aparente y el pH.

Los ácidos húmicos y fúlvicos influyen directamente sobre la CIC e inversamente sobre la densidad aparente.

El carbono de los suelos relaciona directamente con los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y actinomicetos.

Hay una relación directa entre las arcillas y la población de hongos, e inversa con respecto a la materia orgánica, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.

Los conteos de microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetos), se encuentran dentro de los rangos citados en la literatura. La población de actinomicetos resultó especialmente baja.

BIBLIOGRAFIA

1. ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. New York, John Wiley and Sons, Inc., 1967. 472 p.
2. ANDREUX, F. Evolución de la materia orgánica en andosoles. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 13 (1):36-56. 1983.
3. BORNEMISZA, E. y PINEDA, E. Minerales amorfos y mineralización de nitrógeno en suelos derivados de cenizas volcánicas. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba, Costa Rica, 1969. pp. B7. 1 - 7.
4. CLARK, F. Agar-plate method for total microbial count. In Black, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 1460-1466.
5. DUCHAUFOR, Ph. Precis de pedologie. Deux. ed. Paris, Masson, 1965. 481 p.
6. ESCOVAR, G., JURADO, R. y GUERRERO, R. Propiedades físicas de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas del Altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Revista Turrialba (Costa Rica) 22 (3): 338-346. 1972.
7. FELBERCK, G. Chemical and biological characterization of humic matter. In Mc. Laren, A. D. and Skujins, J. eds. Soil biochemistry. New York, Dekker, 1971. pp. 36-59. 1971.
8. FUENTES, R. Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico en algunos suelos ácidos de origen volcánico. Tesis Ms.Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 112 p.
9. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). Fertilización en diversos cultivos. Cuarta aproximación. Tibaitatá, Colombia, 1981. 61 p. Manual de asistencia

técnica N° 25.

10. KONONOVA, M. Soil organic matter its nature, its role in soil fertility. Pergamon Press Ltda. Library of Congress Card N° 60 16806, 1961. 450 p.
11. _____. Materia orgánica del suelo; su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Nueva enciclopedia de agricultura. Barcelona Ediciones oikostav, 1982. 365 p.
12. MALAGON, D. y URIBE, C. Fraccionamiento y tipos humus en las principales series de la sabana de Bogotá y en el Valle de Ubaté. Agricultura Tropical (Colombia) 25 (12): 795-806. 1969.
13. MARTINEZ, H. y BLASCO, M. Influencia de los residuos vegetales en el nitrógeno de algunos suelos de cacao en Costa Rica. Revista Turrialba (Costa Rica) 22 (3): 311 - 316. 1972.
14. SOIL RESEARCHA INSTITUTE. Humic acid chemistry, chemical structure of a podzol fulvic acid. Ottawa, Ontario, 1967. pp. 73-74.
15. STEVENSON, F. Gross chemical fractionation of organic matter. In Black, C.A. ed. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 1414-1417.
16. _____. Humus chemistry. Genesis, composition, reactions. New York, Wiley, 1982. 443 p.
17. SWINDALE, L. Propiedades de los suelos de cenizas volcánicas. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba, Costa Rica, 1969. pp. B 10. 1 - 9.

68 TABLA 1. ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS DE TRES AREAS VOLCANICAS DE NARIÑO, COLOMBIA.

Nº	LOCALIZACION	CLASIFICACION	ALTITUD (msnm)	ARCILLAS (%)	ARENAS (%)	LIMO (%)	TEXTURA (Bouyoucos)
1	Cumbal	Andept	3400	8,0	57,6	34,4	FA
2		Andept	3300	12,4	47,6	40,0	F
3		Andept húmico	3200	10,0	52,9	37,1	FA
4		Dystropep ándico	3000	15,7	51,6	32,7	F
5	Morasurco	Dystrandept	3400	3,3	84,7	12,0	AF
6		Dystrandept	3200	11,7	58,7	29,6	FA
7		Dystrandept	3000	5,7	66,3	28,0	FA
8	Galeras	Andept	3400	1,3	81,0	17,6	AF
9		Andept	3200	7,3	67,0	25,6	FA
10		Andept	3000	7,3	68,7	24,0	FA
11		Andept	2800	11,0	58,7	30,7	FA
12		Dystropep	2800	21,3	42,7	36,0	F

Promedios aritméticos de cada una de las propiedades estudiadas

Cumbal	11,5	52,4	36,0
Morasurco	6,9	69,9	23,2
Galeras	9,7	63,6	26,8

TABLA 1 Continuación

No	Densidad aparente (g/cc)	pH agua (1:1)	Ca		Mg		Na		K		C. I. C. (meq/100g) NH ₄ OAC 1N pH 7,0
			NH ₄	OAC	1N	pH	Na	pH	K	7,0	
1	0,7	5,1	2,0	2,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2	40,8	
2	0,7	5,5	8,8	3,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	38,0	
3	0,5	4,4	2,8	2,2	0,5	0,7	0,5	0,7	0,7	53,7	
4	0,9	6,1	6,5	5,2	0,1	1,4	0,1	1,4	1,4	21,1	
5	0,7	4,9	2,3	1,6	0,1	1,1	0,1	1,1	1,1	39,6	
6	1,0	6,2	6,3	3,9	0,1	1,6	0,1	1,6	1,6	18,9	
7	0,7	6,0	2,4	2,3	0,0	0,2	0,0	0,2	0,2	38,1	
8	0,7	5,6	4,0	4,1	0,1	0,8	0,1	0,8	0,8	41,3	
9	0,8	5,4	3,2	3,2	0,1	0,7	0,1	0,7	0,7	39,6	
10	0,9	5,5	8,1	2,7	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3	28,4	
11	0,9	5,4	8,7	6,5	0,1	1,8	0,1	1,8	1,8	29,5	
12	1,0	5,7	13,2	4,0	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	21,4	

Promedios aritméticos de cada una de las propiedades estudiadas

Cumbal	0,7	5,3	5,0	3,2	0,4	0,6	0,4	0,6	0,6	38,4
Morasurco	0,8	5,7	3,7	2,6	0,1	1,0	0,1	1,0	1,0	32,2
Galeras	0,9	5,5	7,4	4,1	0,2	0,9	0,2	0,9	0,9	32,0

TABLA 1. Continuación

Nº	Materia Orgánica (W. Y Black) (%)	Carbono (%)	Nitrógeno total (Kjeldahl) (%)	C/N	Fósforo aprovechable (Bray II) (ppm)
1	16,0	9,3	0,4	21,5	1,4
2	14,8	8,6	0,7	12,1	6,6
3	39,2	22,7	1,0	22,1	2,3
4	8,2	4,8	0,3	15,8	9,9
5	30,1	17,5	1,2	14,4	6,0
6	6,4	3,7	0,3	12,3	10,9
7	18,4	10,6	0,7	14,6	1,7
8	23,6	13,7	1,0	13,3	3,6
9	17,7	10,3	0,8	13,3	2,4
10	11,5	6,7	0,8	8,9	13,0
11	11,5	6,7	0,7	10,1	17,5
12	5,1	2,9	0,2	18,4	82,3

Promedios aritméticos de cada una de las propiedades estudiadas

Cumbal	19,5	11,3	0,6	17,8	5,1
Morasurco	18,3	10,6	0,8	13,8	6,2
Galeras	13,9	8,1	0,7	12,8	23,7

TABLA 2 FRACCIONAMIENTO DE MATERIALES HUMICOS DE TRES AREAS VOLCANICAS: CUMBAL MORASURCO Y GALERAS

Nº	Localización	Altitud (msnm)	Acidos húmicos (%)	Carbono acidos húmicos (%)	Acidos fúlvicos (%)	Carbono ácidos fúlvicos (%)	Ac. húmicos / Ac. fúlvicos
1	Cumbal	3400	7,5	11,8	18,9	1,0	0,40
2		3300	4,8	19,5	28,9	0,6	0,20
3		3200	4,2	29,1	32,7	1,7	0,13
4	Morasurco	3000	1,0	42,3	14,0	4,6	0,10
5		3400	2,0	35,0	24,6	2,1	0,10
6		3200	0,6	47,3	9,5	1,5	0,10
7	Galeras	3000	1,0	39,4	26,6	1,9	0,04
8		3400	1,8	30,4	36,4	2,6	0,05
9		3200	1,8	30,6	29,2	2,1	0,06
10		3000	1,7	36,8	16,8	1,5	0,10
11		2800	0,9	39,2	15,6	0,8	0,06
12		2800	0,1	23,1	13,2	1,3	0,01

Promedios aritméticos del fraccionamiento húmico

Cumbal							0,19
Morasurco							0,06
Galeras							0,06

TABLA 3. POBLACION DE BACTERIAS, HONGOS Y ACTINOMICETOS, EN TRES AREAS VOLCANICAS DEL SUR DE COLOMBIA

Nº	Localización	Clasificación	Altitud (msnm)	Bacterias por gramo de suelo 10 ⁶	Hongos por gramo de suelo 10 ⁶	Actinomicetos por gramo de suelo 10 ³
1	Cumbal	Andept	3400	236,54	28,61	2,25
2		Andept	3300	0,70	58,33	2206,52
3		Andept húmico	3200	51,54	37,58	11258,43
4		Dystropept ándico	3000	221,65	31,33	43,75
5	Morasurco	Dystrandept	3400	0,01	19,57	8,90
6		Dystrandept	3200	2,08	0,12	208,33
7	Galeras	Dystrandept	3000	0,01	13,85	12625,00
8		Andept	3400	61,73	0,11	243,90
9		Andept	3200	1,86	22,48	*
10		Andept	3000	30,64	61,41	117,02
11	Galeras	Andept	2800	82,86	67,86	83,15
12		Dystropept	2800	0,08	57,89	*

Promedio aritmético de la población microbial

Cumbal	127,61	38,96	3377,74
Morasurco	0,70	11,18	4280,74
Galeras	35,43	41,95	88,81

* No se desarrollaron

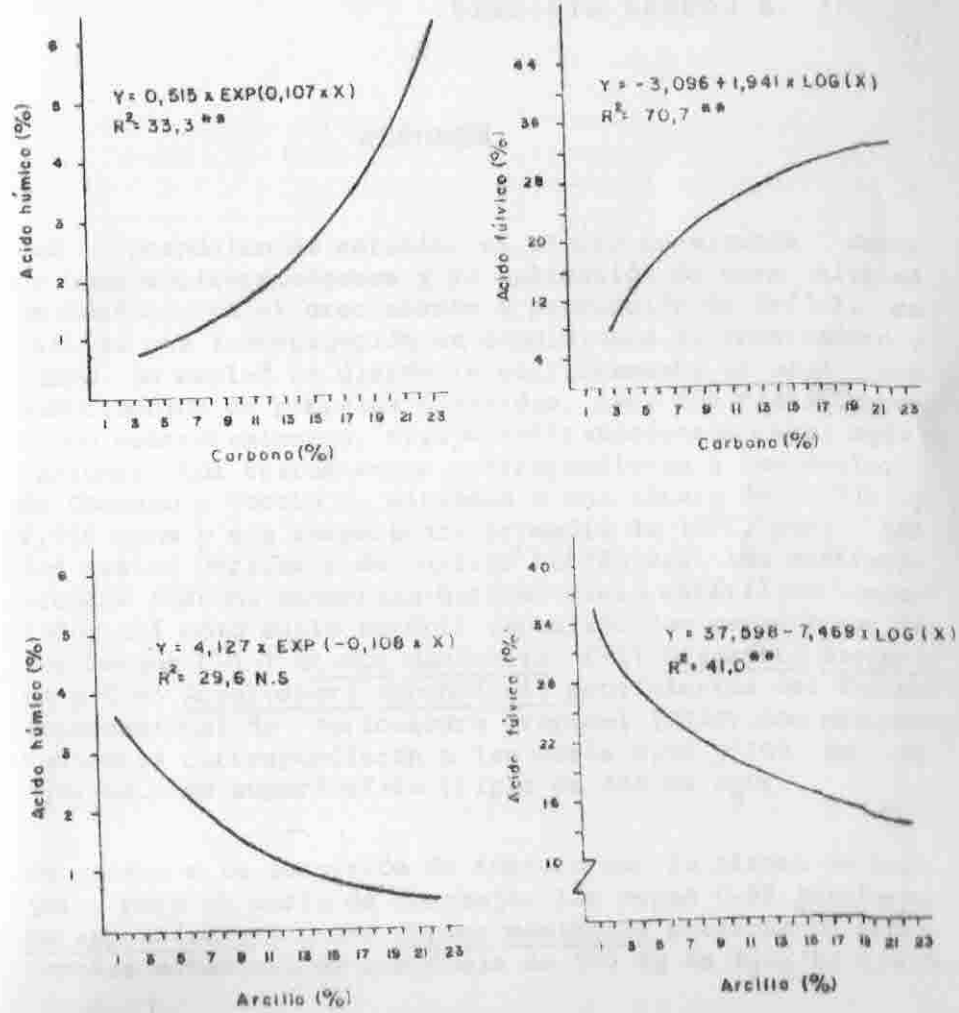


Figura 1 Relaciones entre algunas de las variables estudiadas.