

CARACTERIZACION DE LA MATERIA ORGANICA MEDIANTE SU FRACCIONAMIENTO EN UN SUELO CULTIVADO CON PAPA EN EL DEPARTAMENTO DE CALDAS –COLOMBIA

Chavarriaga A. M. William¹, Galindo. D. Bibiana², Garcés P. Nelson³

¹ Ing. Agr. M.Sc. Suelos y Aguas, Candidato a Dr. En Ciencias Agrarias Universidad Agraria de la Habana. Profesor Asistente Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Caldas. E-mail: wicham57@hotmail.com

² Estudiante Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Programa de Agronomía. E-mail bibianagalindo@latinmail.com.

³ Ingeniero Químico, Doctor en Ciencias Agrarias, Profesor Titular, Universidad Agraria de la Habana, E-mail: Nelsong@isch.edu.cu

RESUMEN

La investigación se realizó en un suelo Entisol a 3000 m.s.n.m, sembrado con papa y sobre un bosque natural contiguo. Se evaluaron las características químicas a dos profundidades y se fraccionó la materia orgánica (MO) para su caracterización. La extracción general de las sustancias húmicas, ácidos húmicos (AH) y ácidos fúlvicos (AF) fue realizada por el método de KONONOVA-BELCHIKOVA. . El objetivo general del estudio consistió en la caracterización de la materia orgánica mediante su fraccionamiento, evaluando su fertilidad a través del humus estable en el suelo. El estudio presenta al contenido de MO (9.9%) como relevante sin ser un suelo orgánico y cuya presencia está ligada a los grandes complejos metal-orgánico para estos suelos, con presencia de alofanos, altos contenidos de Fe (334.08 ppm), Mn (17.0 ppm) y alta saturación de Al (16.87%) y específicamente a los complejos solubles e insolubles que forman los AH y AF con cationes polivalentes, se destaca el alto valor de P (39.58 ppm), nutriente cuya disponibilidad es afectada por la presencia de la MO dado que los compuestos orgánicos contribuyen al bloqueo de sitios de adsorción y posiblemente al alto nivel de fertilizaciones fosfatadas en el cultivo. La capacidad de intercambio catiónica efectiva CICE de 2.46 es probable sea responsabilidad de las cargas negativas aportadas por la disociación de grupos carboxílicos y fenólicos de la MO, el pH 5.07 interviene en los procesos descritos. Todas las variables relacionadas con Sustancias Húmicas (SH) fueron mayores en A₁ que en B_w. la RAH/AF fue muy superior en bosque (5.68) que en el cultivo (2.22). Los niveles altos de CAH y CAF (32 y 24.67 respectivamente) y la presencia de componentes alofánicos pueden ratificar la alta estabilidad del humus de estos suelos (complejos humus-alofán de alta resistencia a la biodegradación). Los valores altos registrados sobre la RAH/AF en el horizonte superficial (4.99) y en bosque natural (5.68) proveen criterios de alto peso molecular y complejidad de la estructura húmica

Palabras Claves: Sustancias húmicas, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos.

ABSTRACT

The research was carried out in an Entisol soil at 3000 m.s.l planted with potatoes an on adjacent natural forest. The chemical features were evaluated at two different depths and the organic matter (OM) was fractionated to get its characterization. The general extraction of the Humic Substances (HS), the Humic Acids (HA), and the Fulvic Acids (FA) was carried out by means of the KONONOVA - BELCHIKOVA method. The general aim of this study consisted in the characterization of the organic matter by its fractionating, evaluating its fertility through the soil stable humus.

The study shows the OM content (9,9%) as relevant without being an organic soil and its presence is linked to this soil metal-organic complexes with alophanes, high levels of Fe (334,08 pbm) , Mn (17,0 pbm) , a high saturation of Al (16,87%), and specifically to the soluble and insoluble complexes that make up the HA and FA with polyvalent cations. It is highlighted the high value of P(39,58 pbm), a nutrient whose availability is affected by the presence of OM, due to the fact that organic components contribute to the blockage of the adsorption sites and, possibly, to the high level of phosphated fertilizations in the cultivation. It is likely that the effective cationic exchange capacity (ECEC) of 2,46 be responsibility of the negative charges provided by the dissociation of the OM carboxylic and phenolic groups, the pH 5,07

intervenes in the described processes. All the variables related to Humic Substances (HS) were higher in A₁ than in B_w. The RHA/FA was more superior in the forest (5,68) than in the cultivation (2,22). The high levels of HAC and FAC (32 and 24,67 respectively) and the presence of alophanic components can ratify the high humus stability of these soils (Humus-alophan complexes of high resistance to biodegradation). The high values recorded over the RHA/FA in the superficial horizon (4,99) and in the natural forest (5,68) provide high molecular weight and humic structure complexity criteria.

KEY WORDS: Humic Substances, Humic Acids, Fulvic Acids

INTRODUCCION

En el orden de los Entisoles se encuentran todos los suelos que presentan un estado incipiente de evolución, por que en su interior solamente se manifiesta la presencia de un horizonte superficial o epipedón que descanza directamente sobre la roca dura, capas de material parental o estratos de sedimentación reciente, como en las terrazas aluviales. Benitez, Bossio y Chavarriaga, 1997.

La materia orgánica del suelo (MOS) constituye un todo heterogéneo donde la producción de las formas mas estables es el resultado de un conjunto de reacciones físicas químicas y biológicas. A estas formas químicamente muy estables es lo que generalmente se conoce con el nombre de "humus". Aunque el término es usado como sinónimo de MO, ellos mismos representan diferentes estados de organización de la fracción orgánica del suelo cada una con un rol característico dentro del sistema. Adaptado de Rivero, 1999.

Las SH constituyen el 85% de la fracción orgánica, ellas se forman posterior a la presencia de residuos que llegan al suelo en compañía de compuestos como proteínas, lípidos, carbohidratos, ácidos nucleicos, lignina etc., estos compuestos de naturaleza altamente compleja constituyen la MO estable del suelo o Humus (Stevenson, 1994).

Cuando se extraen sustancias orgánicas de un suelo, es necesario separar las fracciones orgánicas y mineral sin alteración de sus características fisico-químicas, aislarlas libres de contaminantes, con máxima eficiencia de extracción (100%) del material húmico y que el método tenga carácter universal para un variado tipo de suelos. A finales de 1700 (Schnitzer y Khan 1978, citados por Rivero 1999), comienza el proceso evolutivo del aislamiento de las SH del suelo. Un gran número de investigadores ha probado la efectividad de diferentes sustancias extractantes (Kononova y Belchikova, 1961, Kononova, 1966, Schnitzer, 1977, Schnitzer y Schuppli, 1989, citados por Rivero 1999)

Stevenson 1994, señala para la extracción de SH con una alta eficiencia al NaOH (base fuerte), Na₄P₂O₇ (sal neutra) y quelantes orgánicos como el 8-hidroxiquinolina. De acuerdo a técnicas operacionales de extracción las SH se dividen en : a) AH que es la parte soluble en medio alcalino y precipita cuando se acidifica este medio; b) AF que son sustancias que permanecen en solución después de acidificar el medio alcalino y c) Humina que es la fracción húmica que puede ser extraída solamente en álcali caliente.

Con base en la composición química de los AF y AH de diversos suelos de la zona templada y tropical, se ha concluido que estos dos ácidos poseen contenidos muy similares de C e H sin embargo difieren significativamente en el contenido de N y en la acidéz total; de otra parte el porcentaje de AH de suelos de la zona templada y tropical es casi el doble que el de AF. Además la acidéz total del AF prácticamente duplica la del AH. Esta acidéz total atribuida mayormente a los grupos carboxíl e hidroxil fenólicos, explica la actividad de las reacciones de intercambio y de complejamiento. En consecuencia la capacidad del AF en el intercambio de cationes y en la quelatación puede exceder la del AH. Burbano, 1995.

La importancia de las SH, con su composición química compleja y variada resistencia a la degradación microbiana y que se encuentra también en ríos, mares y depósitos geológicos; ha sido reconocida desde tiempos remotos, la presencia en el suelo de un pequeño porcentaje imparte a éste propiedades singulares no discutidas. Son amorfas, polielectrolitos y por lo tanto hidrofílicas de reacción ácida, de color oscuro desde el marrón al negro y cuyos pesos moleculares varían desde cientos a miles de unidades de masa atómica.

El efecto benéfico de las SH en la nutrición de las plantas ha sido otro motivo para que hayan sido y sigan siendo estudiadas. En general se acepta que los efectos benéficos son indirectos; aunque se le atribuyen también efectos directos sobre las plantas (sabores y aromas). Chavarriaga, 2002.

La mayoría de los autores coinciden en que los efectos indirectos son de mayor importancia cuando se trata de describir propiedades benéficas de las SH, como parte fundamental de la composición de los suelos orgánicos de alta fertilidad.

Según diversos autores (Stevenson, 1985 citado por Lobartini y Orioli, 1996), las características de las SH que explican su efecto sobre las propiedades físicas se originan en una asociación arcilla-metal-humus en la cual el catión polivalente, neutraliza las cargas negativas de las arcillas y del coloide orgánico sirviendo de puente entre ambos. Los principales cationes polivalentes responsables de esa unión son Ca, Fe y Al. (Stevenson 1995, citado por Lobartini 1996. Sus efectos sobre las propiedades químicas (CIC, pH, capacidad quelante, etc.) han sido los más estudiados y están directamente relacionados con su peso molecular y la presencia de grupos funcionales (carboxílicos, hidroxilos, fenólicos y alcohólicos que le dan la capacidad para solubilizar minerales y/o afectar su disponibilidad. Lobertini y Orioli 1996.

Un efecto sobre la solubilidad de nutrientes minerales que ha sido descrito es la interacción de las SH con sustancias fosfatadas de muy escasa solubilidad como la apatita y fosfatos de Fe y de AL. En este caso la reacción química entre los fosfatos y las SH hace que el producto SH-Catión sea insoluble, mientras que el anión fosfato queda en la solución del suelo. Lobartini 1999, encontró mayor eficiencia del AH sobre el AF en la disolución de apatita y los fosfatos de Fe y AL a pesar de que los Fúlvicos tienen mayor acidéz total y grupos carboxílicos. SH de alto peso molecular forman con cationes polivalentes complejos de escasa solubilidad que son poco móviles y por lo tanto poco disponibles para los vegetales. Por el contrario AF y AH de bajo peso molecular forman complejos solubles y por lo tanto móviles y disponibles para las plantas.

Todas las fracciones de SH son importantes, aún las de alto peso molecular. En efecto, éstas si bien tienen menor o nula movilidad, retienen gran parte de los micronutrientes al formarse complejos orgánicos insolubles, así por ejemplo: Si se forma Fe-AH de alto peso molecular el Fe al ser excluido de la solución acuosa del suelo no quedará inmovilizado por reacciones químicas que lo precipitan como óxidos de muy poca solubilidad, sino que por el contrario queda sustraído del medio, pero disponible para las plantas.

Otra importante propiedad química de las SH es su capacidad de intercambio catiónica (CIC) que puede ser perfectamente entendida si se consideran las SH como micelas coloidales componiendo una matriz cuya superficie es fuertemente negativa debido a la ionización de los grupos carboxilos e hidroxilos ácidos y que debido a su bajo potencial Zeta el coloide flocula fácilmente con cationes polivalentes. Así entonces, en un suelo con un contenido alto de MO entre un 30 y 90% de la CIC de ese suelo puede ser debida a las SH, componiendo un compartimento importante en lo que hace a los cationes macronutrientes, pero reducido para los cationes micronutrientes. Lobartini, 1999.

En virtud de lo anterior, el fraccionamiento y la separación de cada fracción de las SH con fines de caracterización de la MO de los suelos, indudablemente permite y ayuda a un mejor entendimiento y comprensión de sus propiedades y de sus interacciones directas e indirectas en fenómenos de nutrición y fertilidad del sistema suelo.

MATERIALES Y METODOS

1. Trabajo de Campo (localización, suelo, clima)

La investigación se realizó en un agroecosistema andino representativo del Departamento de Caldas, Municipio de Manizales, sobre un suelo clasificado como Entisol, sembrado con papa y en rotación con pastos y ganado de leche, con más de cuarenta (40) años de historia y en un bosque natural adyacente, no intervenido. Los sistemas se encuentran ubicados a 3000 m.s.n.m, en un piso térmico de páramo, con temperatura promedio de 9.6, máxima de 12.9 y mínima de 7.4 grados celcius.

Los suelos fueron muestreados de nueve (9) microcalicatas (18 muestras) en sus dos primeros horizontes, se homogenizaron y se cuartearon hasta obtener una muestra compuesta (6 muestras por cultivo y por bosque), general y representativa de cada horizonte y del predio, rotuladas y preparadas para su caracterización química y para el desarrollo de los procedimientos analíticos de extracción y fraccionamiento de la materia orgánica.

2. Procedimientos de Laboratorios

Los procedimientos de laboratorio consistieron en la caracterización físico-química de los suelos según protocolo del laboratorio de química de la universidad de caldas y en la extracción y/o fraccionamiento de las sustancias húmicas mediante el método de KONONOVA-BELCHIKOVA, el cual permite separar los componentes globales con la consecuente determinación del contenido de carbono en cada una de las fracciones, obteniendo una primera identificación de las SH que están en el suelo. Este método más expedito que otros, está basado en la solubilidad y la diferencia de peptización de las SH y no Húmicas y realiza la extracción por una mezcla de disoluciones 0.1 M de $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ con NaOH 0.1 N, hasta obtener un pH= 13, realizando una extracción rápida de las SH unidas al calcio y las formas no silícicas del hierro y del aluminio.

La relación suelo: extractante fue 1:20 por agitación hermética durante 8-12 horas, separándose el extracto por centrifugación a 5500 rpm. Luego se procedió a fraccionar el extracto alcalino en AH y AF por su solubilidad diferencial en ácidos (H_2SO_4 ó HCl hasta pH= 2.0-2.5 (precipitación) y álcali (NaOH caliente y por filtración) y finalmente se determinaron las proporciones de carbono orgánico de las SH por el método de tiurín.

3. Análisis Estadístico

La información obtenida fue analizada mediante estudios de varianza utilizando las herramientas del programa SAS 6.12.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Fertilidad

En la Tabla 1, se registran los valores para las características químicas promedio del suelo. Los datos obtenidos sobre reacción del suelo o pH, muestran una clasificación fuertemente ácida (5.07) Este resultado evidencia en consecuencia deficiencia de bases (K, Ca y Mg), presencia significativa de aluminio, con un nivel de saturación algo superior al límite crítico (15%) por encima del cual sería necesaria su corrección a partir de la aplicación de enmiendas con cal para su neutralización y el consiguiente aporte de bases para su balance en el suelo. Howeler 1974, citado por Tomita, et al., (2001), sobre el particular menciona que la alta acidéz de los suelos aumentan la concentración de aluminio por lo que la aplicación de enmiendas como cal no solo suministra calcio al suelo, sino que reduce notablemente la concentración de aluminio y aumenta la disponibilidad del fósforo en la planta. El pH, suministra mucha información y nos ayuda a predecir si uno o varios nutrientes pueden ser deficientes o pueden causar toxicidades para las plantas, León (2001). Teniendo en cuenta que el estudio se realizó sobre un suelo ubicado en alta montaña cabe decir que los suelos en razón a su génesis en general, formados principalmente con mantos de cenizas volcánicas sobre una matriz de rocas de dominio ígneo; permiten una explicación del comportamiento ácido del suelo y de sus propiedades físicas (para el caso específico de textura arenosa a franco arenosa) y químicas derivadas, además de la presencia de un régimen pluviométrico alto que incide en muchos procesos y fenómenos edáficos, caso especial del lavado o lixiviación, fenómeno que contribuye grandemente en el proceso de acidificación de los suelos.

Tabla 1. Variables químicas promedio para el suelo

Variable	Valor
pH	5.07
MO	9.9 %
N	0.50 %
P	39.58 ppm
K	0.15 me/100 g
Ca	1.34 me/100 g
Mg	0.48 me/100 g
Al	0.49me/100 g
Fe	334.08 ppm
Mn	17.0 ppm
Zn	4.28 ppm
Cu	5.39 ppm
S	6.23 ppm
B	0.56 ppm
Sat. Al	16.87 %
CICE	2.46 me/100 g

La capacidad de intercambio catiónica efectiva (CICE), que incluye al aluminio como factor principal, resalta un valor de 2.46, dato inferido químicamente por la presencia de arcillas tipo 1:1 y de óxidos e hidróxidos de Fe, con influencia del pH, este valor representa mucha mas responsabilidad de la MO en la CICE probablemente sea responsabilidad de las cargas negativas aportadas por la disociación de grupos carboxílicos y fenólicos de la MO. Según el IGAC 1993. la fuerte unión de la MO con los óxidos de Fe y Al afectan la estabilidad de los agregados arcillo-húmicos. Sobre el particular Silva (2001) supone que la caolinita y compuestos de óxidos de Fe a pH ácido pueden adquirir cargas positivas y de esta manera contribuir a un incremento en la capacidad de intercambio aniónico del suelo. García (2001), agrega que elementos como el Ca y el Mg pueden ser deficientes cuando la CIC del suelo es extremadamente baja y señala que mientras mayor sea la CIC, mas cationes puede retener un suelo y que esta depende de la cantidad y tipo de arcillas y del contenido de MO, (a bajos contenidos de MO, corresponden bajos valores de CIC, circunstancia no propia para el suelo estudiado aquí), señala además que los suelos arcillosos con una alta CIC pueden prevenir la pérdida potencial por lixiviación (percolación). Sobre la materia orgánica presente (9.9%), advierte valores que aunque altos, son normales en pisos térmicos de páramo (3000 m.s.n.m), donde prevalece la condición de clima frío y una consecuyente y muy baja rata de mineralización en razón a la deficiente presencia de microorganismos transformadores de sustancias orgánicas. El estudio presenta al contenido de MO como relevante sin ser un suelo orgánico y cuya presencia está ligada a los grandes complejos metal – orgánico para estos suelos con presencia de alófanas, altos contenidos de Fe (334.08 ppm), Mn (17.0 ppm) y alta saturación de Al (16.87%) y específicamente a los complejos solubles e insolubles que forman los AH y AF con cationes polivalentes. Aquí la alta competitividad del Fe en los procesos de estabilización de la MO juega un papel muy importante y no es limitada, como si lo es para algunos suelos oxisoles. IGAC, 1993.

El fósforo, nitrógeno y azufre, representan suministros importantes cuya responsabilidad la comparte la MO junto a la adición permanente de fertilizantes fosforados para el cultivo de la papa, los fenómenos volcánicos en la participación y presencia de azufre en el suelo y como ya se mencionó la incorporación de grandes y frecuentes proporciones de abonos con fósforo. Para el S además Garavito 1979, citado por Silva et al (2001), señala su origen principal a varios sulfuros metálicos que se encuentran en las rocas igneas y a las emanaciones volcánicas de S elemental, anhídrido sulfuroso (SO₂) y ácido sulfhídrico (H₂S) y agrega que el S elemental es estable sólo con pH ácido y en condiciones reductoras moderadas. García (2001), afirma que la disponibilidad del P, es máxima a valores de pH entre 5.5 y 6.5. Para el caso del N (0.50 %) corresponde a un valor acorde con la presencia de MO. Los valores para los microelementos Fe (334.08 ppm), Mn (17.0 ppm), Zn (4.28 ppm), Cu (5.39 ppm), y B (0.56 ppm) son considerados medios a altos para

estos suelos, datos que coinciden con la presencia de materiales parentales de origen ígneo (rocas graníticas y basálticas especialmente) en la región volcánica donde se ubica el suelo estudiado.

La Tabla 2, presenta diferencias entre variables químicas promedio, entre el sistema bosque y cultivo y resalta el pH, MO y N con valores superiores en el bosque, y a P, S, bases. CICE y elementos menores a excepción de Cu, con valores mayores en el cultivo. Estos resultados pueden indicar, consecuencias de un manejo químico del suelo acorde con las necesidades de un cultivo de alta exigencia en fertilizantes compuestos y a la probable incorporación de enmiendas con cal, en la recuperación de bases y control de los problemas derivados por la presencia de aluminio. Se destaca igualmente la alta presencia de Fe (478 ppm) para un suelo de influencia volcánica y con una mineralogía propia, por la participación de goethita, hematita, limonita y otros óxidos e hidróxidos de Fe, producto de la mineralización de rocas ígneas que dominan la litología de el área productora de papa en la región.

Tabla 2. Variables químicas promedio para los sistemas bosque y cultivo

VARIABLE	SISTEMA			
	Bosque		Cultivo	
pH	5,23	a	4,90	b
MO	10,95	a	8,86	a
N	0,55	a	0,44	b
P	33,00	a	46,17	a
K	0,12	a	0,19	a
Ca	0,97	b	1,72	a
Mg	0,38	a	0,57	a
Al	0,22	b	0,77	a
Fe	190,20	a	478,00	a
Mn	11,33	b	22,66	a
Zn	2,20	b	6,35	a
Cu	5,72	a	5,06	a
B	0,46	a	0,65	a
S	4,70	b	7,76	a
CICE	1,68	b	3,24	a
Sat. Al	10,32	a	23,43	a

Medias con igual letra, no presentan diferencias significativas a una $p > 5\%$

En profundidad, sin excepción todas las variables químicas mostraron valores superiores en A₁ que en B_w (Tabla 3), tanto en bosques como en el cultivo, datos que ratifican una mayor concentración de elementos en los estratos superiores de los suelos, en virtud al aporte en dos direcciones: abonamiento orgánico natural (dinámica de bosques y vegetación alterna) y fertilización química al cultivo.

Tabla 3. Variables químicas promedio según profundidad

VARIABLE	Profundidad			
	A1		BW	
pH	5,00	a	5,13	a
MO	10,77	a	9,04	a
N	0,54	a	0,45	a
P	41,50	a	37,67	a
K	0,20	a	0,10	a
Ca	1,60	a	1,08	a
Mg	0,60	a	0,35	a
Al	0,57	a	0,42	a
Fe	433,20	a	235,00	a
Mn	19,00	a	15,00	a
Zn	6,13	a	2,41	b
Cu	7,62	a	3,17	a
B	7,15	a	5,32	a
S	0,68	a	0,43	b
CICE	2,97	a	1,95	b
Sat. Al	17,66	a	16,09	a

Medias con igual letra, no presentan diferencias significativas a una $p > 5\%$

2. Fraccionamiento del humus estable y su análisis en la fertilidad

En general se observó una disminución en el contenido de MO y del C.O, al aumentar la profundidad del suelo (Tabla 3), de igual manera sus componentes orgánicos (AH y AF), y sus relaciones (AH/AF y AF/AH), (Tabla 4). Sobre el particular Andreux y Becerra (1975), estudiando material húmico en suelos de sabana encontraron igual circunstancia y añaden que es mayor en todo el perfil de los suelos de textura más fina.

Tabla 4. Variables químicas y orgánicas promedio, según profundidad del suelo

VARIABLE	Profundidad			
	A1		BW	
Carbono Orgánico	6,37	a	5,35	a
Relación C/N	11,77	a	11,77	a
Carbono Orgánico Sustancias Húmicas	56,67	a	38,17	a
Carbono Orgánico ácidos Húmicos	32,00	a	22,17	b
Carbono Orgánico ácidos Fúlvicos	24,67	a	16,00	a
Relación AH/AF	4,99	a	2,90	a
Relación AF/AH	0,88	a	0,79	a

Medias con igual letra, no presentan diferencias significativas a una $p > 5\%$

Todas las variables relacionadas con SH, fueron mayores en A₁ que en B_w (Tabla 4), la RAH/AF fue mayor en bosque (5.68) que en el cultivo (2.22), Tabla 5. Los niveles altos de CAH y CAF (32 y 24.67 respectivamente, tabla 4) y la presencia de componentes alofánicos pueden ratificar la alta estabilidad del humus de estos suelos (complejos humus –alofán de alta resistencia a la biodegradación). Los valores altos registrados sobre la RAH/AF en el horizonte superficial (4.99) y en bosque natural (5.68), tablas 4 y 5 respectivamente, proveen criterios de alto peso molecular y complejidad de la estructura húmica encontrada, y sugiere un proceso de humificación menor y mucho mas lento aunque con un posible y permanente aporte mineral para estos suelos de tradición en el cultivo de la papa.

Tabla 5. Variables químicas y orgánicas promedio, según sistema

VARIABLE	SISTEMA			
	BOSQUE		CULTIVO	
Carbono Orgánico	6,57	a	5,14	b
Relación C/N	11,95	a	11,59	b
Carbono Orgánico Sustancias Húmicas	40,33	a	54,50	a
Carbono Orgánico ácidos Húmicos	27,67	a	26,50	a
Carbono Orgánico ácidos Fúlvicos	12,67	a	28,00	a
Relación AH/AF	5,68	a	2,22	a
Relación AF/AH	0,51	a	1,16	a

Medias con igual letra, no presentan diferencias significativas a una $p > 5\%$

Considerando el humus como la fracción o pool más estable del componente orgánico del suelo, en el suelo estudiado, su representación es relativamente alta, en virtud a la baja rata de descomposición originada por la baja temperatura presente, además de las características físico-químicas de estos suelos por su fracción mineral especialmente compuesta por arcillas amorfas tipo alófana, imogolitas, óxidos e hidróxidos de Fe y Al y a los complejos extraordinarios de estos con la MO, gracias a los cuales, se le puede atribuir el mantenimiento de la productividad y la fertilidad que caracteriza los suelos aquí estudiados.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, el estudio sugiere especialmente que los complejos organo-metálicos confieren a estos suelos propiedades altas de estabilidad húmica y por ende calidad de sus componentes acídicos, esto es, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos que proveen al suelo un lento pero permanente aporte de nutrientes y aseguran la permanencia de las características de fertilidad conocidas para estos suelos de histórica tradición en el cultivo de la papa. Las condiciones edáficas y climáticas influyen directamente en los procesos de humificación, y permiten cualificar y calificar las SH como de alto peso molecular y de alta complejidad molecular, con una participación alta de AH, mayor que los AF presencia debida a la mineralogía típica de la región y a las bajas temperaturas registradas.

Para los bosques naturales no intervenidos las variables orgánicas estudiadas, superan las del suelo cultivado con papa y sugieren pérdidas de la condición orgánica en la transición bosque – cultivo.

RECOMENDACIONES

Investigaciones en la caracterización de la MO para su análisis frente a la fertilidad de los suelos, requiere de otros elementos de juicio, caso particular de los estudios espectroscópicos, que permitan describir mejor el estado de las SH en el suelo, su estructura macromolecular y entender su papel en suelos bajo condiciones especiales en sus características edafoclimáticas y su génesis, sin embargo tales herramientas sugieren inversiones a veces inaccesibles por sus altos costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Stevenson, F. J. 1994. Humus Chemistry: Gènesis, Composition and Reactions. New York, Jhon Wiley. 496 p.
- Rivero DE T, C. 1999. Materia Orgánica del Suelo, Alcance 57, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, 211 p, Maracay, Junio
- Lobartini, J.C. y Orioli, G.A. 1996. Las Sustancias Húmicas y la nutrición vegetal, Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, 8000 Bahía blanca, 101(2): 201-209

- Chavarriaga, M.W. 2002. Características y dinámica de la MO en algunos suelos de agroecosistemas andinos en Colombia. Tesis Doctoral. Universidad Agraria de la Habana, Universidad de Caldas, Manizales-Colombia.
- Burbano, O, H. 1995. El recurso suelo: Análisis desde una perspectiva biológica, versión preliminar, Mimeografiada. Universidad de Nariño, pasto Colombia
- Benítez, O. W, Bossio, S. D. Y Chavarriaga, M. W. 1997. Levantamiento y evaluación de suelos de Niebla, Provincia de Huelva, Andalucía-España. Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC, Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla IRNASE, 134 p, Sevilla, Julio
- Tomita, K. 2001. Efecto de la Cal, Fósforo y Mulch de Paja de Arroz en el Cultivo de Arroz Secano en un Ultisol, Panamá. Suelos Ecuatoriales, Volumen 31-2, Diciembre, 118-130
- León L. A. 2001. Las Propiedades Químicas de los Suelos y su Efecto Sobre la disponibilidad de los Nutrientes para las Plantas. En Manejo Productivo de suelos para Cultivos de Alto rendimiento, Sociedad colombiana de la ciencia del Suelo, Comité Regional del Valle del Cauca, Palmira 27-28.
- García, O. A. 2001. Conceptos Sobre el Uso del Análisis de Suelos como Herramienta para el Diagnóstico de la Fertilidad del Suelo. En Manejo Productivo de Suelos para Cultivos de Alto Rendimiento. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Comité Regional del Valle del Cauca. Palmira 27-28.
- Silva, A, Dávila, A. G, Dominguez, A. 2001. Variación del S Disponible y su Contenido Foliar en Cítricos, durante Cuatro periodos Estacionales en Suelos de Caicedonia, Valle del Cauca. Suelos Ecuatoriales, Volumen 31-2, Diciembre 161-168
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Igac, 1993. Estudios en la Amazonía Colombiana. Aspectos Ambientales para el Ordenamiento Territorial del Occidente del Departamento del Caquetá. Capítulo VIB.