



ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE DOS SUELOS DE LOS TABLEROS COSTEROS DEL NE DE BRASIL ENMENDADOS CON RESIDUOS AGRICOLAS: VINAZA Y TORTA DE CAÑA DE AZÚCAR¹

Zelson Tenório², Orosimbo Silveira Carvalho³, Odilon Reny Ribeiro Ferreira da Silva³,
José Maria Gascó Montes⁴ & Francisca Guerrero López⁴

RESUMEN

Se han seleccionado los epipedones de dos suelos representativos de la zona de Tableros Costeros de Brasil, dedicados mayoritariamente al monocultivo de la caña de azúcar. Estos fueron enmendados con torta de caña de azúcar (T), de relación C/N = 19,33, en dosis de 10, 20 y 30 t ha⁻¹, (T₁, T₂ y T₃), respectivamente; la enmienda con vinaza de caña (V), de relación C/N = 32,17, fue de 30, 60 y 90 m³ ha⁻¹, (V₁, V₂ y V₃), respectivamente. Dichas enmiendas se incorporaron al suelo sin compostaje previo. Fueron incubados en condiciones controladas de temperatura y de humedad en el laboratorio según el método de Gucker durante 39 días; los 27 primeros sin encalar y hasta el final del proceso añadiendo 2 t ha⁻¹ de CaCO₃. En ambos suelos, el tratamiento T₃ no mostró diferencia con el testigo, antes y después de encalar, encontrándose mayor actividad biológica en las enmiendas de 10 y de 20 t ha⁻¹. Con vinaza, en ambos suelos, la dosis de 90 m³ ha⁻¹ fue la de menor actividad biológica, también muy próxima a la del testigo. En ninguno de los casos se ha observado inhibición de la actividad biológica. Los suelos fueron caracterizados, después de incubar, con el fin de relacionar la posible influencia de estas enmiendas orgánicas en la fertilidad de los suelos.

Palabras-claves: mineralización, enmienda orgánica, materia orgánica, incubación

STUDY OF BIOLOGICAL ACTIVITY IN NORTHEAST BRAZIL'S COASTAL TABLELAND SOILS TREATED WITH ORGANIC RESIDUE: STILLAGE AND SUGAR CANE SOLID RESIDUE

ABSTRACT

Epipedons of two representative soils from "Coastal table lands" of Northeastern Brazil cultivated with sugar cane were selected for the study. These soils were fertilized with 10 (T₁), 20 (T₂) and 30 (T₃) t ha⁻¹ of solid sugar cane residue (C/N=19.33) and 30 (V₁), 60 (V₂) and 90 (V₃) m³ ha⁻¹ of stillage (C/N=32.17). The fertilizers were incorporated without previous composting. After incorporation, samples were incubated under controlled conditions of temperature and humidity in laboratory according to Gucker's method for 39 days. The soil samples received lime treatment (2 t ha⁻¹ CaCO₃) 27 days after fertilizer application. In both soils, treatment T₃ did not significantly differ from control before and after liming. Greater biological activity was observed under 10 and 20 t ha⁻¹ of sugar cane solid residue treatment. In both soils, 90 m³ ha⁻¹ of stillage induced minimum biological activity, very close to control response. In no case was inhibition of biological activity due to treatment observed. After incubation, some soil parameters were characterized to associate sugar cane organic fertilizers with soil fertility.

Key words: mineralization, organic amendment, organic material, incubation

Recebido em 02/08/1999, Protocolo 086/99

¹ Trabajo desarrollado como parte de las actividades de Posdoctorado en la Universidad Politécnica de Madrid

² Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, CEP 49025 - 040, Aracajú, SE, E-mail: postmaster@cpac.embrapa.br

³ Pesquisador da Embrapa - Algodão, CEP 58107 - 200, Campina Grande, PB, E-mail: postmaster@cnpa.embrapa.br

⁴ Profesor del Departamento de Edafología, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Avenida Complutense S/N, 28040 - Madrid

INTRODUCCION

La Usina Triunfo ha realizado un estudio edafológico de 20.520 ha de suelos de Tableros Costeros. En general, estos pertenecen al Orden de los Oxisols y de los Ultisols, localizados entre los paralelos 9° 30' 15" y 9° 46' 30" de latitud Sur y los meridianos 36° 1' 15" y 36° 28' 30" al Oeste de Greenwich. Estos se han desarrollado sobre sedimentos areno-arcillosos del Terciario, con relieve plano y ondulado suave, y según la clasificación climática de Köppen el clima es tropical lluvioso, con precipitaciones medias anuales entre 959 y 1160 mm. La vegetación era del tipo floresta subperenifolia y actualmente esta cobertura ha sido sustituida por el monocultivo de caña de azúcar. Así, es fácil comprender que se generan residuos agrícolas y subproductos de las industrias acopladas a este cultivo: torta y vinaza de caña de azúcar. Estos residuos pueden ser incorporados al suelo como fuente de nutrientes y de materia orgánica, con el fin de atenuar las pérdidas anuales a causa del intenso lavado de estos suelos y de la mineralización de la materia orgánica.

Numerosos autores, como Almeida (1952), Gloria et al. (1973), Gloria (1976) y Resende (1979), señalan el contenido trófico de la vinaza y los efectos beneficiosos de dicho residuo sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos: aumento de la capacidad de retención de humedad, de la porosidad, del contenido en potasio y de la conductividad eléctrica.

Marinho et al. (1982) trabajaron en dos suelos de los tableros costeros del Estado de Alagoas (Brasil), con dosis de 45, 90 y 135 m³ ha⁻¹ comprobando el efecto beneficioso, en todos los casos, sobre la producción de caña de azúcar.

Marinho et al. (1981) y Albuquerque & Marinho (1979) y Albuquerque (1990) al aplicar dosis entre 4 y 30 t ha⁻¹ de torta de caña de azúcar han obtenido incrementos en la producción de dicho cultivo entre 25 y 60%. Es de esperar que en el acondicionamiento del suelo influya en la actividad biológica, que se potencia con estas enmiendas, ya que se incorporan nutrientes, materia orgánica fresca con sustancias de bajo peso molecular, fuente de energía y nitrógeno, imprescindibles para la síntesis de las proteínas de los microorganismos del suelo.

Por todo lo dicho anteriormente es que se ha planteado el presente trabajo, de medida de la actividad biológica de los suelos de los tableros costeros al ser enmendados con residuos de torta de caña de azúcar y de vinaza, e intentar relacionar las modificaciones sufridas en algunos parámetros con la mejora de dicha actividad.

MATERIAL Y MÉTODOS

La torta de caña de azúcar (T) y la vinaza (V) tienen, respectivamente, una relación C/N de 19,33 y de 32,17. Se ha seleccionado dicho parámetro por ser el más representativo de las posibles transformaciones de la materia orgánica, mineralización y humificación.

En la Tabla 1 se presentan los parámetros físicos y químicos de los epipedones de los dos suelos seleccionados: Podzólico amarillo distrófico latossólico (PAL) sin y con fragipan en profundidad, A moderado, textura media/arcillosa, fase relieve plano y Latossolo-amarillo distrófico (LA), A moderado, textura

arcillosa, fase relieve suave ondulado. El suelo PAL ocupa el 27% de la zona estudiada en la Usina Triunfo y el LA el 30% aproximadamente. En la Tabla 2 se expone el fraccionamiento del carbono orgánico.

Tabla 1. Parámetros físicos y químicos del horizonte superior de los suelos PAL y LA

Profundidad (cm)	pH	CE (μS cm ⁻¹) a 25°	Cox ¹ (g kg ⁻¹)	CIC (cmol _c kg ⁻¹)	Cc ² (kg kg ⁻¹)
PAL - 0-21	4,84	30	7,4	5,81	0,0798
LA - 0-18	5,00	130	13,5	5,24	0,1420

¹ Carbono oxidable

² Capacidad de campo

Tabla 2. Fraccionamiento del carbono orgánico de los suelos PAL y LA

Suelo	C _{Ox} ¹	C.EHT ²	C.AH ³	C.AF ⁴	EHT/Cox	AH/AF
	(g kg ⁻¹)					
PAL	7,4	3,6	1,4	2,2	0,49	0,64
LA	13,5	6,9	2,6	4,3	0,51	0,60

¹ Carbono oxidable

² Carbono del extrato húmico total

³ Carbono de los ácidos húmicos

⁴ Carbono de los ácidos fúlvicos

Los tratamientos realizados están reunidos en la Tabla 3.

Tabla 3. Tratamientos realizados en los suelos PAL y LA

Nomenclatura	Enmienda
PAL	Suelo Podzólico (S.P.) sin enmendar
PAL+E	S.P. encalado con 2 t ha ⁻¹ de CaCO ₃
PAL+T ₁	S.P. con 10 t ha ⁻¹ de torta de caña de azúcar
PAL+T ₁ +E	S.P.+ encalado (2 t ha ⁻¹) + 10 t ha ⁻¹ torta de caña de azúcar
PAL+T ₂	S.P. con 20 t ha ⁻¹ de torta de caña de azúcar
PAL+T ₂ +E	S.P.+ encalado (2 t ha ⁻¹) + 20 t ha ⁻¹ torta de caña de azúcar
PAL+T ₃	S.P. con 30 t ha ⁻¹ de torta de caña de azúcar
PAL+T ₃ +E	S.P. + encalado (2 t ha ⁻¹) + 30 t ha ⁻¹ torta de caña de azúcar
PAL+V ₁	S.P. con 30 m ³ ha ⁻¹ de vinaza
PAL+V ₁ +E	S.P. con 30 m ³ ha ⁻¹ de vinaza + encalado (2 t ha ⁻¹)
PAL+V ₂	S.P. con 60 m ³ ha ⁻¹ de vinaza
PAL+V ₂ +E	S.P. con 60 m ³ ha ⁻¹ de vinaza + encalado (2 t ha ⁻¹)
PAL+V ₃	S.P. con 90 m ³ ha ⁻¹ de vinaza
PAL+V ₃ +E	S.P. con 90 m ³ ha ⁻¹ de vinaza + encalado (2 t ha ⁻¹)
LA	Suelo Latossólico (S. L.) sin enmendar
LA+E	S.L. encalado con 2 t ha ⁻¹ de CaCO ₃
LA+T ₁	S.L. con 10 t ha ⁻¹ de torta de caña de azúcar
LA+T ₁ +E	S.L.+ encalado (2 t ha ⁻¹) + 10 t ha ⁻¹ torta de caña de azúcar
LA+T ₂	S.L. con 20 t ha ⁻¹ de torta de caña de azúcar
LA+T ₂ +E	S.L. + encalado (2 t ha ⁻¹) + 20 t ha ⁻¹ torta de caña de azúcar
LA+T ₃	S.L. con 30 t ha ⁻¹ de torta de caña de azúcar
LA+T ₃ +E	S.L.+ encalado (2 t ha ⁻¹) + 30 t ha ⁻¹ torta de caña de azúcar
LA+V ₁	S.L. con 30 m ³ ha ⁻¹ de vinaza
LA+V ₁ +E	S.L. con 30 m ³ ha ⁻¹ de vinaza + encalado (2 t ha ⁻¹)
LA+V ₂	S.L. con 60 m ³ ha ⁻¹ de vinaza
LA+V ₂ +E	S.L. con 60 m ³ ha ⁻¹ de vinaza + encalado (2 t ha ⁻¹)
LA+V ₃	S.L. con 90 m ³ ha ⁻¹ de vinaza
LA+V ₃ +E	S.L. con 90 m ³ ha ⁻¹ de vinaza + encalado (2 t ha ⁻¹)

Método de incubación

Para simular el comportamiento aeróbico y atemperado de los suelos enmendados según los tratamientos descritos en la Tabla 3, se han incubado, en condiciones controladas de humedad, a 2/3 de capacidad de campo y temperatura de 28°C, según el método de Gucker et al. (1968) modificado por Polo et al. (1983) y adaptado en el Departamento de Edafología de la Escuela Técnica de Ingenieros Agrónomos (ETSIA) de Madrid. El CO₂ liberado se recoge en 50 mL de NaOH 0,1N y se valoran las especies carbónicas formadas con H₂SO₄ 0,1 N, utilizando

como indicadores fenolftaleína y naranja de metilo. En todos los tratamientos, a partir del día 27, cuando el proceso se ralentizaba, se incorporó una enmienda caliza correspondiente a 2 t ha^{-1} de CaCO_3 . El experimento duró 39 días.

El efecto de los tratamientos fué evaluado sobre las siguientes propiedades:

- Conductividad eléctrica y pH en extracto acuoso 1:2,5 con conductímetro y pH-metro CRISON.

- Carbono orgánico: determinado por el método de Walkley-Black, con dicromato potásico 1N en medio sulfúrico concentrado, utilizando como indicador orto-fenantrolina, de acuerdo con la recomendación de los Métodos Oficiales de Análisis (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 1986).

- Fraccionamiento del carbono orgánico, por el método de Dabin (1971)

- Nitrógeno total: fué determinado por el método de Kjeldahl, destilando el amonio formado sobre ácido bórico al 4%, en una unidad de destilación Buchi 323 y posterior valoración con ácido sulfúrico 0,01N (Embrapa, 1997).

- Capacidad de intercambio catiónico: con acetato amónico 1 N a pH 7 (Bower et al., 1952).

- Capacidad de campo: estimada en membrana de presión Richard, aplicando una presión de 33 kPa.

Los datos referentes al estudio de la mineralización de la materia orgánica fueron analizados por medio de los procedimientos estadísticos ANOVA y análisis de regresión (Fisher & Yates, 1963).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Curvas acumulativas de medida de la actividad biológica

En la Figura 1 se presentan las curvas acumulativas del desprendimiento de CO_2 , empleando el parámetro de coeficiente de mineralización total (CMT) acumulativo en función de los días:

$$\text{CMT} = \text{Cx}/\text{Ct} \cdot 10^5$$

donde:

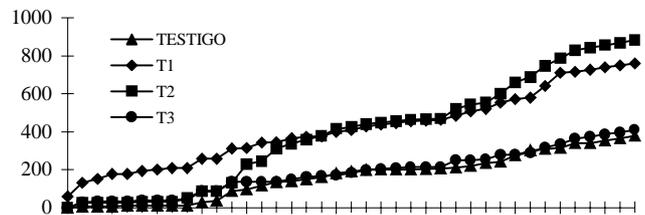
- Cx - mg de C desprendido por 100g de muestra de suelo
Ct - % de C orgánico de la muestra de suelo

En el suelo PAL las mayores tasas de mineralización correspondieron a las enmiendas T_1 y T_2 , de 10 y 20 t ha^{-1} , respectivamente. El testigo y la enmienda correspondiente a 30 t ha^{-1} quedaron muy próximas (Figura 1A). En el caso de la enmienda con vinaza, el tratamiento con $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, V_1 , siempre se mantuvo por encima de la enmienda de $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, estando muy próxima a la de $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Figura 1B). El testigo siempre se mantuvo por debajo. Al aumentar la dosis de ambas enmiendas no se potencia la actividad biológica del suelo PAL, que es mas ácido y con menor contenido en nutrientes que el suelo LA.

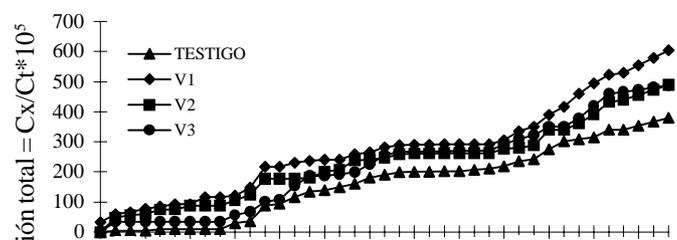
En el suelo LA, las mayores mineralizaciones correspondieron a los tratamientos T_2 y V_2 , seguidas de T_1 y V_1 , manteniéndose las dosis más elevadas, T_3 y V_3 muy próximas al testigo, aunque el encalado parece que activa la mineralización a elevadas dosis, dato a tener en cuenta en el manejo de estos suelos en general (Figura 1C y D).

Analizando el fraccionamiento del carbono orgánico, se deduce que se trata de una materia orgánica muy estabilizada en ambos suelos, de acuerdo con la intensa meteorización

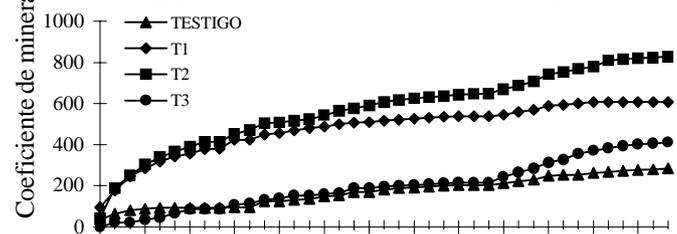
A. Suelo PAL enmendado con torta de caña de azúcar



B. Suelo PAL enmendado con vinaza



C. Suelo LA enmendado con torta de caña de azúcar



D. Suelo LA enmendado con vinaza

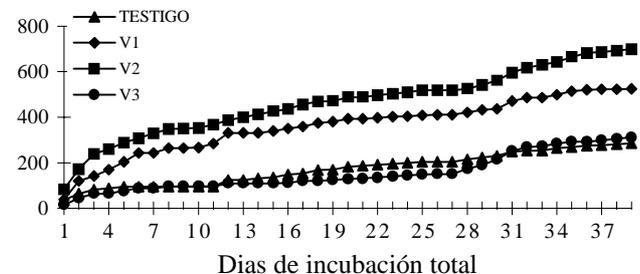


Figura 1. Curvas de mineralización acumulada en los suelos PAL y LA, enmendados con torta de caña de azúcar y vinaza

provocada por las intensas lluvias en climas cálidos. En ambos suelos, las relaciones $\text{EHT}/\text{C}_{\text{ox}}$ y $\text{C.AH}/\text{C.AF}$ son del mismo orden. En cambio, en el suelo PAL, dicho parámetro tiende a disminuir, lo que puede ser debido a una mineralización secundaria de la materia orgánica inicial.

Durante la medida de la actividad biológica diaria, se observaron dos fases bien diferenciadas:

a) una de crecimiento de dicha actividad, que se ajustó mejor a una ecuación exponencial del desarrollo de la población, porque la respiración es proporcional al número de microorganismos (Guerrero, 1987; Silveira, 1999), y

b) una de decrecimiento de dicha actividad, y que no fué proporcional al número de microorganismos, por causa de los factores limitantes, que pueden ser los nutrientes (Molina et al., 1980).

La mineralización diaria se ajustó mejor a una ecuación potencial del tipo:

$$C = K \cdot t^m$$

donde:

C - carbono desprendido acumulativamente con el tiempo, en mg, por 100g de muestra

t - tiempo en días

k y m - constantes relacionadas con el tratamiento y las condiciones del medio, generalmente interrelacionadas.

Las ecuaciones de las mineralizaciones ajustadas y de las velocidades de mineralización derivadas ($dc/dt = K m t^{m-1}$), se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Ecuaciones de mineralización acumulada y velocidades de mineralización

Tratamiento*	Mineralización Acumulada $C=K t^m$	R	Velocidad de Mineralización $dc/dt = K m t^{m-1}$
PAL	$0,61.t^{1,82}$	0,9561	$1,11.t^{0,82}$
PAL+E	$0,69.t^{1,76}$	0,9662	$1,21.t^{0,76}$
PAL+T1	$67,71.t^{0,59}$	0,9851	$41,13.t^{-0,41}$
PAL+T1+E	$42,64.t^{0,75}$	0,6484	$31,98.t^{-0,25}$
PAL+T2	$2,01.t^{1,73}$	0,9564	$3,48.t^{0,73}$
PAL+T2+E	$2,25.t^{1,67}$	0,9702	$3,76.t^{0,67}$
PAL+T3	$4,04.t^{1,28}$	0,9344	$5,17.t^{0,28}$
PAL+T3+E	$6,66.t^{1,11}$	0,8746	$7,39.t^{0,11}$
PAL+V1	$29,96.t^{0,72}$	0,9771	$21,57.t^{-0,28}$
PAL+V1+E	$26,13.t^{0,79}$	0,9758	$20,64.t^{-0,21}$
PAL+V2	$7,55.t^{1,17}$	0,8937	$8,83.t^{0,17}$
PAL+V2+E	$8,31.t^{1,11}$	0,9156	$9,22.t^{0,11}$
PAL+V3	$11,89.t^{0,91}$	0,7614	$10,82.t^{-0,09}$
PAL+V3+E	$10,41.t^{1,00}$	0,8356	$10,41.t^0$
LA	$48,30.t^{0,39}$	0,9027	$18,84.t^{-0,61}$
LA+E	$43,18.t^{0,46}$	0,9127	$19,86.t^{-0,54}$
LA+T1	$136,51.t^{0,45}$	0,9681	$61,43.t^{-0,55}$
LA+T1+E	$145,13.t^{0,42}$	0,9679	$60,95.t^{-0,58}$
LA+T2	$98,36.t^{0,62}$	0,9281	$60,98.t^{-0,38}$
LA+T2+E	$104,60.t^{0,58}$	0,9411	$60,67.t^{-0,42}$
LA+T3	$4,67.t^{1,27}$	0,9416	$5,93.t^{0,27}$
LA+T3+E	$5,04.t^{1,23}$	0,9560	$6,20.t^{0,23}$
LA+V1	$69,49.t^{0,58}$	0,9601	$40,30.t^{-0,42}$
LA+V1+E	$72,61.t^{0,56}$	0,9682	$40,66.t^{-0,44}$
LA+V2	$122,19.t^{0,41}$	0,9716	$50,10.t^{-0,59}$
LA+V2+E	$120,17.t^{0,47}$	0,9799	$56,48.t^{-0,53}$
LA+V3	$28,30.t^{0,53}$	0,9478	$15,00.t^{-0,47}$
LA+V3+E	$22,68.t^{0,65}$	0,9456	$14,74.t^{-0,35}$

* En las muestras encaledas (E) n = 39 y las sin encalar n = 28. Según Fisher y Yates (1963), la significación del 99% para n = 30 es de 0,5541.

Los valores del exponente m en los tratamientos del suelo PAL fueron mayores que en los del suelo LA, por lo que en los tratamientos del testigo y con 20 t ha⁻¹ las velocidades de mineralización fueron crecientes, manteniéndose constante en los V₃ y T₃ y decreciente en T₁, V₁ y V₂, concordante estos últimos con las mejores tasas de mineralización, y estabilizando la materia orgánica del suelo antes. En la Figura 1 se representan las velocidades de mineralización. En el caso del suelo LA, las velocidades de mineralización fueron en todos los casos decrecientes, a excepción del tratamiento T₃, que se mantiene constante, al igual que en el suelo PAL, concordante con una menor tasa de mineralización. Es de esperar una maduración lenta de la materia orgánica.

En la Tabla 5 se exponen las transformaciones de las muestras durante la incubación.

En todos los tratamientos decrece el contenido en carbono orgánico, salvo en el de 30 t ha⁻¹ de torta de caña de azúcar en ambos suelos, concordante con la menor mineralización y con la velocidad de mineralización constante.

Tabla 5. Transformaciones de las muestras después de la incubación

Tratamiento	C (g kg ⁻¹)	CIC (cmol _c kg ⁻¹)	Cc (kg kg ⁻¹)
PAL	7,4	5,81	0,0798
PAL-I	7,4	4,01	0,0905
PAL-I+T1	5,7	4,34	0,0703
PAL-I+T2	6,3	4,62	0,0759
PAL-I+T3	8,1	4,91	0,0824
PAL-I+V1	6,7	4,58	0,0846
PAL-I+V2	5,2	4,89	0,0817
PAL-I+V3	5,0	4,40	0,0812
LA	13,5	5,24	0,1420
LA-I	10,9	6,99	0,1270
LA-I+T1	10,8	6,07	0,1327
LA-I+T2	11,0	8,15	0,1265
LA-I+T3	13,3	6,76	0,1262
LA-I+V1	9,2	7,30	0,1243
LA-I+V2	10,0	5,87	0,1222
LA-I+V3	9,9	6,60	0,1192

* Se han caracterizado las muestras al final de los 39 días, por lo que no se distingue entre antes y después del encaledado.

En el suelo PAL la capacidad de intercambio catiónico tiende a disminuir con relación al suelo original, aumentando en el suelo LA que puede haber evolucionado hacia formas de materia orgánica más humificada. Durante la incubación, el suelo LA ha podido sufrir la polimerización de los AF hacia formas más polimerizadas, por lo que puede aumentar la CIC, como se muestra en la Tabla 5.

En cambio, la capacidad de campo de los tratamientos del suelo PAL tendió a aumentar y en el LA a disminuir, pudiéndose relacionar este comportamiento con las formas de materia orgánica menos humificada de los tratamientos del PAL.

En el suelo PAL aumentó la capacidad de retención de humedad a 33 kPa, disminuyendo la capacidad de intercambio catiónico. En el suelo LA ocurrió lo contrario. La razón puede encontrarse en la evolución de la materia orgánica, en el suelo PAL con mineralización secundaria y en el suelo LA, polimerización de los ácidos fúlvicos hacia los ácidos húmicos.

CONCLUSIONES

1. La actividad biológica detectada en todos los tratamientos se ajusta significativamente al 99 y 99,9% a una ecuación potencial del tipo $C = K t^m$.
2. En ninguno de los casos se inhibió la actividad biológica al añadir las enmiendas directamente, sin previo compostaje.
3. El tratamiento correspondiente a 30 t ha⁻¹ de torta de caña de azúcar, en ambos suelos, es el que presentó menor actividad biológica, similar al testigo, concordante con el mayor contenido en carbono orgánico de las muestras después de incubar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, G.A.C. Análise retrospectiva. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 1990. 10p.
- ALBUQUERQUE, G.A.C.; MARINHO, M.L. Influência da torta de filtro sobre a adubação nitrogenada em cana de açúcar. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, v.96, p.38-43, 1979.

- ALMEIDA, J.R. de. O problema da vinhaça em São Paulo. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1952. 9p.
- BOWER, C.A.; REITMEIER, R.F.; FIREMAN, M. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Science*, Baltimore, v.73, p.251-261, 1952.
- DABIN, B. Étude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. *Science du Sol*, v.1, p.47-63, 1971.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FISHER, R.A.; YATES, F. Statistical tables for biological agricultural and medical research. London: Longman, 1963. 146p.
- GLÓRIA, N.A. da. Emprego de vinhaça para fertilização. Piracicaba: Godistil Constructora Denini, 1976. 32p.
- GLÓRIA, N.A. da; SANTA ANA, A.G.; BIAGI, E. Composição dos resíduos de usinas e destilarias. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, v.95, p.49-71, 1973.
- GUCKER, A.; ROGER, P.; JAQUIN, F. Contribution à l'utilisation des techniques radiosotopiques pour l'étude de la matière organique du sol. *Bulletin ENSA*, Nancy, v.10, p.69-100, 1968.
- GUERRERO, F. Estudio de las propiedades físicas y químicas de algunas turbas españolas y su posible aprovechamiento agrícola. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias, 1987. 222p. Tesis Doctoral
- MARINHO, M.L.; ARAÚJO FILHO, J.T. de; ALBUQUERQUE, G.A.C. Uso da torta de filtro no sulco de plantio da cana-de-açúcar em Alagoas. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 2. Rio de Janeiro, 1981.
- MARINHO, M.L.; ALBUQUERQUE, G.A.C.; ARAÚJO FILHO, J.T. de. Efeito de doses de vinhaça e adubação mineral sobre a cana-soca em dois solos de Alagoas (1). *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro. v.99, n.2, p.39-50, 1982.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN. Métodos oficiales de análisis. Madrid. 1986. 532p.
- MOLINA, J.A.E.; CLAPP, C.E.; LARSON, W.E. Potentially mineralizable nitrogen in soil: The simple exponential model does not apply for the first 12 weeks of incubation. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v.44, n.2, p.442-443, 1980.
- POLO, A.; ALMENDROS, G.; DORADO, E. Dispositivo de incubación para el estudio de la mineralización de la materia orgánica del suelo. *Anales de Edafología y Agrobiología*, v.42, p.1335-1340, 1983.
- RESENDE, J.O. de. Consequências da aplicação de vinhaça sobre algumas propriedades físicas de um solo aluvial (estudo de um caso). Piracicaba: ESALQ, 1979. 112p. Tese Doutorado
- SILVEIRA, O.; GASCÓ, J.M.; HERNANDEZ-HAPAOLAZA, L.; GUERRERO, F. Dynamics of typic Xerofluvent organic matter under different crop rotations. In: INTERNATIONAL MEETING ON SOILS WITH MEDITERRANEAN TYPE OF CLIMATE, 6, 1999, Barcelona. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1999. p. 140-143.
- SUDENE. Levantamento exploratório: Reconhecimento de solos do Estado de Alagoas. Recife, 1975.
- USINA TRIUNFO. Levantamento dos solos da Usina Triunfo. [S. 1.], 1979. 2v. 76p. Relatório Técnico