

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN DOS CICLOS PRODUCTIVOS DE *COFFEA CANEPHORA* PIERRE SOBRE ALGUNOS INDICADORES DE CALIDAD DE SUELOS PARDOS DE CUBA.

Alberto Pérez¹, C. Bustamante²; R. Rivera³ y R. Viñals².

1. *Facultad Agroforestal de Montaña. Centro Universitario de Guantánamo. MES, Cuba. Email: aperez@fam.cug.co.cu*
2. *Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao .MINAG, Cuba.*
3. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. MES. Cuba.*

INTRODUCCIÓN

Debido a que los índices de calidad del suelo dependen considerablemente del ecosistema, es de suma importancia determinar las principales características de los suelos que sirven como indicadores para lograr la sostenibilidad de los agroecosistemas, dentro de estos los más importantes son los físicos, químicos y biológicos (Font *et al.*, 2005; Pérez *et al.*, 2007).

Garbisu *et al.* (2007) hacen referencia a parámetros biológicos con potencialidad para ser utilizado como indicadores de calidad de suelo, como son la biomasa microbiana, respiración biológica, nitrógeno mineralizable, grupos funcionales de la microflora, actividades enzimáticas, composición y diversidad de la comunidad microbiana, etcétera.

Por lo que, el objetivo del trabajo consistió en evaluar la influencia de la fertilización mineral nitrogenada de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner var. Robusta en su segundo ciclo productivo sobre algunos indicadores químicos y microbiológicos edáficos de los suelos Pardos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló durante el período de 1998 a 2006 en dos localidades de los macizos montañosos Sierra Maestra y Sagua – Nipe – Baracoa: en La Mandarina, Cruce de los Baños, municipio Tercer Frente, provincia Santiago de Cuba y en La Alcarraza, municipio Sagua de Tánamo, provincia Holguín.

El suelo en los sitios experimentales se clasificó como Pardo ócrico sin carbonatos y Pardo gleyzoso sin carbonatos (MINAG, 1999).

Tabla I. Principales características químicas y físicas de los suelos bajo estudio en los primeros 30 cm de profundidad, al inicio de la investigación.

Tipo de suelo	pH H ₂ O	M.O %	P ₂ O ₅	K ₂ O	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ⁺	Vs	Vt
			mg.100 ⁻¹ g		Cmol.kg ⁻¹					
Pardo ócrico sin carbonatos	6.3	2.7	8.7	11.7	0.31	0.4	31.5	11.8	44.0	45
Pardo gleyzoso sin carbonatos	5.8	2.07	9.72	8.33	0.19	0.27	26.8	10.8	30.4	34

Vs: Capacidad de cambio de bases; Vt: Capacidad de intercambio catiónico Pardo ócrico sin carbonatos pertenece al sitio Tercer Frente y Pardo gleyzoso sin carbonatos pertenece al sitio La Alcarraza.

Se estudió la respuesta a diferentes dosis de fertilización nitrogenada que variaron desde 0 a 400 kg de N.ha⁻¹ en presencia de un fondo fijo de P₂O₅(40 kg.ha⁻¹) y K₂O (160 kg.ha⁻¹). Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 4 réplicas. Las parcelas experimentales estuvieron compuestas por 3 hileras de 7 plantas cada una, de ellas las 5 centrales se consideraron como de cálculo. A partir del 2004, se escogieron 5 plantas y se tomaron tres muestras por plantas a la profundidad de 0 – 30 cm por 10 cm de diámetro dentro de la banda fertilización, las cuales se mezclaron entre si para formar una muestra compuesta.

Método para determinar la respiración biológica: Se utilizó el sistema de frasco cerrado, con humedecimiento de 25 g de suelo al 60 % de la capacidad máxima de retención de humedad y

la determinación del CO₂ se realizó al cabo de 24 horas de incubación a 30 °C. Para determinar la Respiración Basal del Carbono (Rbc) se utilizó la fórmula descrita por Calero *et al.* (1999).

Método para determinar la nitrificación: Se utilizó el método de incubación de 25 g de suelo durante 15 días. La extracción de nitrato se realizó con K₂SO₄ al 0,01 % y se utilizó ácido disulfofenólico para el desarrollo del color. Para la nitrificación potencial (NP) se adicionó sulfato de amonio al 1 % respecto al peso del suelo.

La nitrificación se cuantificó a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{mg de NO}_3 / 100 \text{ g suelo} = \frac{a \times v \times 100 \times 4.43}{b \times v_1} \times (c / c_1)$$

a. lectura en la curva 100 coeficiente para llevar a 100 g de suelo
v. solución extractora 4.43 coeficiente de conversión de N a NO₃
v₁. mL que se evaporan *c.* volumen al cual se lleva la solución
b. peso del suelo *c₁.* mL tomado para la dilución

Determinación de algunas propiedades químicas del suelo: Se determinó además el efecto de la fertilización nitrogenada sobre algunas propiedades químicas del suelo: pH (H₂O) por el método potenciométrico, con relación suelo : solución de 1:2.5 y materia orgánica (%) por el método de Walkley y Black. Se muestreó a 30 cm en la banda de fertilización de los cafetos. Las evaluaciones se realizaron durante los años 1998, 2001, 2005 y 2006.

En los casos que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, las medias fueron comparadas por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan (*p* < 0.05). Se realizaron además, análisis de regresión entre las dosis de fertilizantes y los indicadores químicos y microbiológicos del suelo, y se escogieron los modelos de mejor ajuste (mayor coeficiente de determinación R²).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Respiración biológica: Se mantuvo el efecto positivo de la fertilización nitrogenada sobre la respiración biológica al año después de la poda, en dependencia de la dosis aplicada al suelo. En el 2004 dosis entre 75 y 150 kg N.ha⁻¹ incrementaron la respiración biológica del suelo en ambas localidades en relación con el resto de los tratamientos (Tabla 2). La aplicación de 300 kg N.ha⁻¹ deprimió éste indicador respecto al testigo.

El incremento de la dosis en el tratamiento N₁ a 100 kg N.ha⁻¹ en el 2006, no provocó efectos negativos sobre la respiración biológica en ambos tipos de suelos (Tabla 2). Sin embargo, dosis de 200 kg N.ha⁻¹ (N₂) inicialmente no provocó efecto negativo durante el año 2005 en el suelo Pardo ócrico sin carbonato, pero se deprimió en el 2006 en ambos tipos de suelo. En la Alcarraza sólo se favoreció éste indicador con dosis de 100 kg N.ha⁻¹ (N₁). El incremento hasta 400 kg N.ha⁻¹ deprimió la respiración en ambas localidades.

Mantener una fertilización con dosis de 200 a 400 kg N.ha⁻¹ en el año 2006 provocó en ambos tipos de suelo disminución de la respiración biológica del suelo respecto al testigo (Tabla 2). Una fertilización racional no sólo incrementará los rendimientos de los cultivos sino además los retornos de C y N orgánico al suelo como sustrato para el crecimiento de las poblaciones microbianas edáficas (Zagal y Cordova, 2005).

Tabla 2. Efecto del nitrógeno sobre la respiración microbiana (mg de CO₂.100g de suelo seco).

Tratamientos	Tercer Frente			La Alcarraza		
	2004	2005	2006	2004	2005	2006
N ₀	59.60 b	39.22 b	55.68 a	32.52 c	37.17 c	43.10 a
N ₁	68.83 a	70.87 a	54.01 a	58.20 a	59.90 a	30.49 b
N ₂	75.75 a	66.85 a	36.78 b	54.38 a	43.00 b	33.42 b
N ₃	53.94 b	38.86 b	33.54 b	43.98 b	32.81 c	27.26 c
N ₄	34.59 c	21.56 c	23.40 c	25.20 d	24.38 d	20.82 d
ES	2.44*	3.50*	1.50*	1.46*	1.71*	1.30*

Medias con letras iguales no difieren significativamente según Duncan

Por otro lado, se encontró relación entre la respiración biológica obtenidas en ambos suelos y el pH ($R^2 = 0.73$) en el año 2006. En la medida que los suelos se acidificaron debido altas dosis de N, la respiración biológica se deprimió (Figura 1).

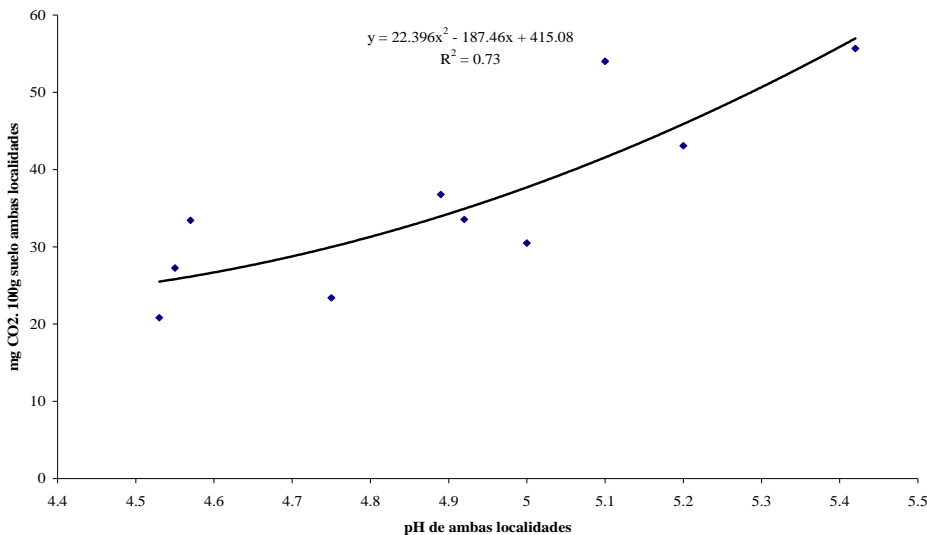


Figura 1 .Relación entre la respiración microbiana y el pH de ambos tipo de suelos.2006.

Al respecto, (Moscatelli *et al.*, 2007) informan que los cambios producidos en el pH del suelo provocan variación en la comunidad microbiana y sus actividades.

Efecto del nitrógeno sobre la nitrificación del suelo: Al evaluar éste indicador, se encontró efecto de la fertilización nitrogenada sobre la nitrificación real del suelo. Este efecto estuvo en dependencia al igual que la respiración biológica de las dosis aplicadas y el tipo de suelo. Dosis de 75 y 150 kg de N.ha⁻¹ en el año 2004 incrementaron la nitrificación del suelo superior al resto de los tratamientos (Tabla 3). Dosis entre 225 kg N.ha⁻¹ (N₃) y 300 kg N.ha⁻¹ (N₄) deprimieron la nitrificación del suelo.

La aplicación entre 100 kg de N.ha⁻¹ y 200 kg N.ha⁻¹ durante el 2005 favoreció éste indicador de la actividad microbiana en el suelo (Tabla 3). Sin embargo, se deprimió con 300 y 400 kg de N.ha⁻¹. La continuada aplicación de dosis entre 300 y 400 kg de N.ha⁻¹ en el 2006 (sitio Tercer Frente), deprimió la nitrificación del suelo por debajo de lo alcanzado en la parcela testigo. Este efecto pudiera ser atribuido a que las bacterias nitrificantes no se desarrollan con eficiencias en suelos con alta acidez (ver acápite sobre comportamiento de la acidez del suelo), efecto provocado por las dosis altas de nitrógeno al suelo.

Tabla 3. Efecto del nitrógeno sobre la nitrificación del suelo (mg de NO₃/100g de suelo seco).

Tratamientos	Tercer Frente			La Alcarraza	
	2004	2005	2006	2004	2005
N ₀	14.63 c	25.73 c	46.80 b	18.46 d	20.18 c
N ₁	62.92 a	50.50 a	53.80 a	36.17 a	30.15 a
N ₂	63.00 a	47.78 ab	46.05 b	35.12 a	30.63 a
N ₃	35.33 b	38.43 b	24.51c	32.45 b	25.47 b
N ₄	36.85 b	24.30 c	21.55c	24.56 c	19.40 c
ES	1.74*	3.34*	1.59*	1.25*	1.64*

Medias con letras iguales no difieren significativamente según Duncan

Efecto del nitrógeno sobre el pH: Como tendencia se encontró disminución del pH del suelo respecto a su estado inicial en 1996. En el sitio Tercer Frente, en la medida que se incrementaron las dosis de nitrógeno por año, la cual se acentuó en el año 2001 y 2006 con la aplicación de 200 y 400 kg de N.ha⁻¹.año⁻¹, respectivamente (Figura 4).

Esto se debe a la rápida disolución e hidrólisis de la urea en el suelo produce aumento del pH alrededor del gránulo y facilita la formación de NH_3 a partir del amonio (NH_4) producto de la primera reacción de la urea y la liberación de H^+ (Dos Reis *et al.*, 2006) aspecto que se acentuará en la medida que las dosis de N en forma de urea sean mayores.

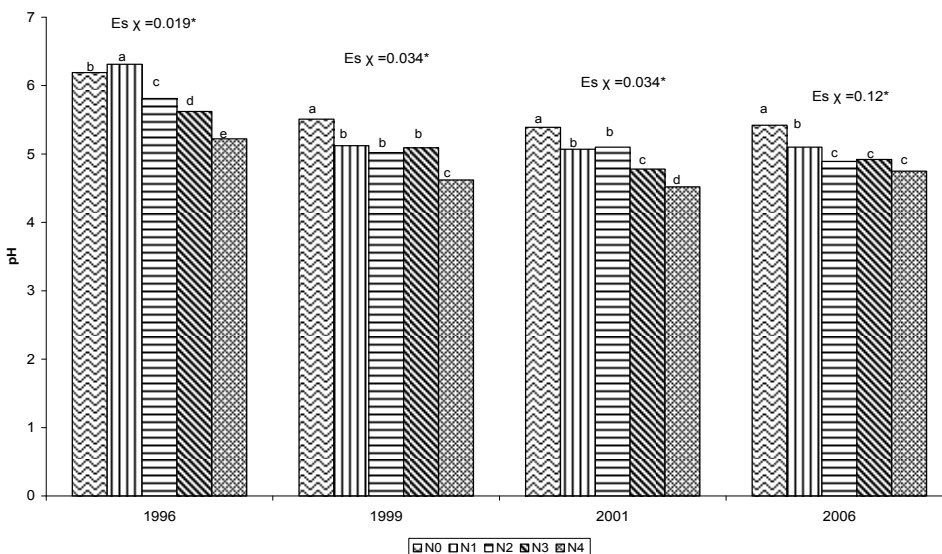


Figura 5. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el pH del suelo. Sitio Tercer Frente..Medias con letras iguales no difieren significativamente según Duncan

En La Alcarraza se encontró similar efecto en la evaluación realizada en los años 2001, 2005 y 2006 (Figura 6).

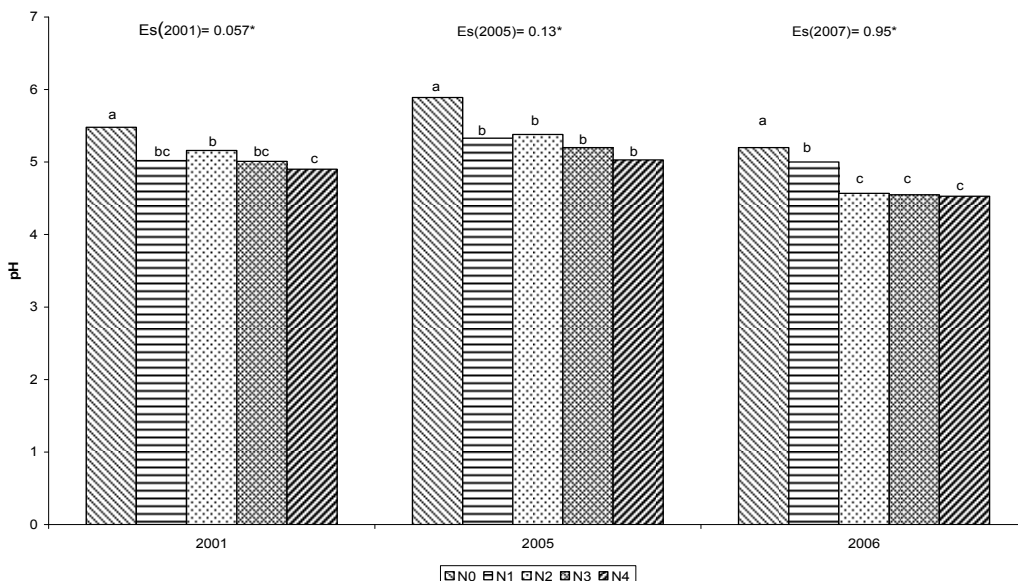


Figura 6. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el pH del suelo. Sitio La Alcarraza. **2001** Medias con letras iguales no difieren significativamente según Duncan

Efecto del nitrógeno sobre la materia orgánica del suelo: El efecto de la fertilización nitrogenada aplicada al cafeto sobre la materia orgánica del suelo varió por tipo de suelo si se

compara con el contenido de 1996 (Tabla 4). En Tercer Frente no se observaron efectos negativos de la fertilización sobre la materia orgánica durante los años 1996, 1998 y 2006; mientras que en La Alcarraza, dosis entre 200 y 400 kg de N.ha⁻¹ deprimieron éste indicador en los años 2001, 2005 y 2007, lo que trajo consigo un deterioro de la fertilidad y por tanto, un desequilibrio del agroecosistema (Tabla 4).

Se encontró como tendencia incrementos de los contenidos de materia orgánica del suelo respecto a 1996.

Tabla 4. Efecto de las dosis de N en la materia orgánica del suelo.

Dosis	Tercer Frente			La Alcarraza		
	1996	1998	2006	2001	2005	2006
N ₀	3.08	2.28	4.19	2.88 a	3.6 2 a	3.65 ab
N ₁	3.03	3.03	3.50	2.92 a	3.51ab	3.71a
N ₂	6.45	3.49	3.99	3.09 a	3.14 b	3.30 bc
N ₃	3.53	3.08	3.99	2.61 a	3.31 b	3.35 abc
N ₄	2.95	3.0	3.85	1.65 b	2.95 b	2.96 c
EsX	0.23ns	0.25ns	0.35ns	0.24**	0.23*	0.12**

Medias con letras iguales no difieren significativamente según Duncan

Referencias bibliográficas.

- Calero, B.J.; Guerrero, A.; Alfonso, C.A.; Somoza, V. y Camacho, E. 1999. Efecto residual de la fertilización mineral sobre el estado microbiológico del suelo. *La Ciencia y el Hombre*. XI: 89-94.
- Dos Reis, A.R.; Furlani, E.; Buzetti, S. y Andreotti, A. 2006. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. *Bragantia*, Campinas. 65 (1):163-171.
- Font L.; P. Chaveli; B. Calero; A. Guerra; P. López; M. Valenciano. 2005. Evaluación del estado microbiológico de un Cambisol Ferrálico cultivado de papa con diferentes manejos de fertilización. *Centro Agrícola* No 1 enero- marzo, 71-79p.
- Garbisu, C.; J.M. Becerril; L. Epelde y I. Alkorta. 2007. Bioindicadores de la calidad del suelo: herramienta metodológica para la evaluación de la eficacia de un proceso fitorremediador. *Ecosistema*, 16 (002):1697-2473.
- Pérez A., C. Bustamante; P. Rodríguez y R. Viñals. 2007. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre algunos indicadores químicos-biológicos edáficos de un suelo Pardo ócrico sin carbonatos cultivado con *Coffea canephora* Pierre. *Café y Cacao*. 8 (2): 8-11.
- MINAG. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. La Habana. Agrinfor. 64 p.
- Moscatelli, M.c., A. Ditzio, S. Marinari, S. Grego. 2007. Microbial indicators related to soil carbon mediterranean land use systems. *Soil and Tillage Research*, 97: 51-59.
- Zagal, E. y C. Cordova. 2005. Indicadores de calidad de la materia orgánica del suelo en un Andisol cultivado. *Agricultura Técnica (Chile)*. 65 (1): 186-197.