

INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE LA MICROFLORA EDÁFICA Y ALGUNOS INDICADORES DEL CRECIMIENTO Y EL RENDIMIENTO DE *Coffea canephora* Pierre CULTIVADO EN SUELO PARDO ÓCRICO SIN CARBONATOS

A. Pérez[✉], C. Bustamante, P. Rodríguez y R. Viñals

ABSTRACT. The effect of nitrogen fertilization on the microbial activity and some *Coffea canephora* Pierre growth and production gauges, cultivated at 3x1.5 m, in an ocric Brown soil without carbonates was studied during 1996-2000. In a randomized block design with four replications five nitrogen fertilization systems were evaluated: N₀ (control), N₁ (30, 45 and 50 kg.ha⁻¹.year⁻¹), N₃ (90, 135 and 150 kg.ha⁻¹.year⁻¹) and N₄ (120, 180 and 200 kg.ha⁻¹.year⁻¹). Annually, 40 kg P₂O₅ and 50, 100 and 160 kg K₂O.ha⁻¹ were applied for the first, second and third years, respectively. The rhizospheric zone of plants considered as calculation of the highest nitrogen dressing systems (N₃ and N₄) as well as the control (N₀) was analyzed as for the bacterial, fungal and actinomycetal behavior, basal respiration (Rb), carbon-induced respiration (RIC) and carbon + nitrogen-induced respiration (RICN). In March, 1997 and May, 1999, height (cm) and top diameter (cm) were evaluated. During 1999-2000, the experiment was harvested and results were expressed in coffee berry ton.ha⁻¹. Nitrogen response depended on planting age: for the first year, the dose of 90 kg N.ha⁻¹ guaranteed an adequate growth; from this moment on, N requirements increased until 135 kg N.ha⁻¹. N requirements increased in the first year and it was necessary to apply 150 kg N.ha⁻¹ to achieve 1.17 coffee berry ton.ha⁻¹ production. The fertilization system proposed (N₃) did not provoke decrements on the microbial populations nor in its soil activities.

Key words: *Coffea canephora*, inorganic fertilizers, nitrogen, soil microorganisms

RESUMEN. Se estudió el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la actividad microbiana y algunos indicadores del crecimiento y la producción de *Coffea canephora* Pierre, cultivado a 3x1.5 m, en un suelo Pardo ócrico sin carbonatos durante 1996-2000. En un diseño de bloque al azar con cuatro réplicas se evaluaron cinco sistemas de fertilización nitrogenada: N₀ (testigo), N₁ (30, 45 y 50 kg.ha⁻¹.año⁻¹), N₂ (60, 90 y 100 kg.ha⁻¹.año⁻¹), N₃ (90, 135 y 150 kg.ha⁻¹.año⁻¹) y N₄ (120, 180 y 200 kg.ha⁻¹.año⁻¹). Se aplicaron anualmente 40 kg de P₂O₅ y 50, 100 y 160 kg de K₂O.ha⁻¹ para el primer, segundo y tercer años, respectivamente. La zona rizosférica de las plantas consideradas como de cálculo de los sistemas de mayor aplicación de nitrógeno (N₃ y N₄), al igual que el testigo (N₀), se analizaron en cuanto al comportamiento de las bacterias, los hongos, actinomicetos, la respiración basal (Rb), respiración inducida con carbono (RIC) y la respiración inducida con carbono + nitrógeno (RICN). En marzo de 1997 y mayo de 1999, se evaluaron la altura (cm) y el diámetro de la copa (cm). En el período de 1999-2000, se cosechó el experimento y los resultados se expresaron en toneladas de café oro.ha⁻¹. La respuesta al nitrógeno dependió de la edad de la plantación: para el primer año la dosis de 90 kg de N.ha⁻¹ garantizó un adecuado crecimiento, a partir de este momento se incrementaron los requerimientos de N hasta 135 kg de N.ha⁻¹. En el primer año de cosecha los requerimientos de N aumentaron y fue necesaria la aplicación de 150 kg de N.ha⁻¹ para alcanzar una producción de 1.17 ton de café oro.ha⁻¹. El sistema de fertilización propuesto (N₃) no provocó disminución en las poblaciones microbianas ni en sus actividades en el suelo.

Palabras clave: *Coffea canephora*, abonos inorgánicos, nitrógeno, microorganismos del suelo

INTRODUCCIÓN

El hombre desde tiempos muy antiguos ha tratado de mantener la fertilidad del suelo, para mejorar cada vez

más la producción de alimentos, al intervenir en el equilibrio que se establece entre el suelo y los microorganismos con la utilización de insumos agrícolas disponibles en el mercado, que en su mayoría son de naturaleza química y algunos compatibles con la práctica orgánica.

Ms.C. A. Pérez, Investigador Agregado, Centro de Desarrollo de la Montaña "El Salvador" Guantánamo; Dr.C. C. Bustamante, Investigador Titular; R. Viñals, Investigador Agregado y Adamelis Cambara de la Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao, Cruce de los Baños, Tercer Frente. Santiago de Cuba; Dr.C. P. Rodríguez del Departamento Agropecuario, Universidad de Oriente, Patricio Lumumba S/N, Santiago de Cuba.

✉ alberto@cdm.gtmo.inf.cu

Sin embargo, la determinación de la eficiencia del uso de los fertilizantes por los cultivos constituye uno de los principales objetivos de los investigaciones agroquímicas, ya que mediante esta se puede establecer un sistema de abonado racional y ecológico (1).

No obstante, existen movimientos que califican a los fertilizantes minerales como nocivos para la población

microbiana del suelo y llegan incluso a afirmar que estos pueden esterilizar el suelo. Esta aseveración se aleja de la verdad, pues las evidencias científicas acumuladas durante años indican que esto depende del tipo de fertilizante, la dosis, el cultivo y su manejo dentro del ecosistema (2).

Es por eso que la determinación de la actividad biológica en sus diversas modalidades, aparece como clave para cualquier investigación acerca de los distintos aspectos que conforman el manejo ecológico de un suelo agrícola. La determinación de la microflora edáfica y el contenido de biomasa microbiana es, por lo tanto, una herramienta para el diagnóstico del estado de fertilidad tanto actual como potencial de un suelo (3).

El café constituye un renglón importante para incrementar los ingresos de la economía nacional por concepto de exportación del grano (4). Sin embargo, las investigaciones sobre la fertilización mineral del café en América Latina y Cuba se han dirigido en lo fundamental al *Coffea arabica*, por ser la especie predominante en el mercado; mientras que los estudios con el *Coffea canephora*, especie de porte alto, con un crecimiento y manejo agronómico diferente, son escasos (5). Por esta razón y unido con lo incipiente de los estudios relacionados con el efecto de la aplicación de fertilizante mineral sobre la biofase de un ecosistema cafetalero, se realizó la siguiente investigación, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de nitrógeno sobre algunos indicadores del crecimiento y el rendimiento de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, la microflora edáfica y sus actividades en un suelo Pardo ócrico sin carbonatos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en áreas experimentales de la Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao (ECICC), situada en el macizo montañoso Sierra Maestra a 150 m snm en el período 1996 al 2000.

Se estudió el efecto de cinco dosis de nitrógeno en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro réplicas. Las parcelas experimentales estuvieron formadas por tres hileras de siete plantas cada una y se consideraron las cinco centrales como de cálculos.

Se utilizaron posturas de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner plantadas en mayo de 1996 a 3 x 1.5m en un suelo Pardo ócrico sin carbonatos (6) con 40 % de sombra a base de leucaena (*Leucaena leucocephala*), algarrobo (*Samanea saman*) y piñón (*Gliricidia sepium*).

Los componentes de la fertilidad del suelo se expresan en la Tabla I, mientras que el esquema de fertilización utilizado se describe en la Tabla II.

Tabla II. Sistema de fertilización estudiado (kg.ha⁻¹)

Tratamientos	Años		
	1996	1997	1998
N ₀	0	0	0
N ₁	30	45	50
N ₂	60	90	100
N ₃	90	135	150
N ₄	120	180	200
P ₂ O ₅	40	40	40
K ₂ O	50	100	160

El fertilizante N se fraccionó al 50 % en 1996 en dos aplicaciones. En 1997, se fraccionó al 33 % (junio, agosto y octubre). En 1998, las condiciones climáticas permitieron hacer dos aplicaciones (julio y octubre).

El fósforo se aplicó al hoyo, al momento de la plantación, y el resto de los años todo primavera (abril-mayo).

El potasio se fraccionó igual que el N en los dos primeros años y a partir del tercero, 60 % en primavera (abril-mayo) y 40 % en frío (octubre-noviembre).

Como portadores se utilizaron la urea, el superfosfato sencillo y cloruro de potasio.

Los fertilizantes se incorporaron a la banda de abonamiento y se cubrieron con los restos vegetales de la chapea.

Se utilizó una mezcla de clones seleccionados de *Coffea canephora* Pierre, provenientes del banco de madera de la ECICC.

En marzo de 1997 y mayo de 1999, se evaluaron la altura (cm) y el diámetro de la copa (cm). En el período de 1999-2000, se cosechó el experimento y los resultados se expresaron en toneladas de café oro/ha.

Análisis microbiológico. Para evaluar el efecto de las aplicaciones de nitrógeno sobre la microflora edáfica (bacterias, hongos y actinomicetos) y sus actividades en el suelo (respiración basal, respiración inducida con carbono y respiración inducida con carbono + nitrógeno) se tomaron los sistemas de mayor aplicación de nitrógeno (N₃ y N₄) y el testigo absoluto (N₀).

Para ello se realizaron muestreos del suelo rizosférico antes y después de establecido el café en cada parcela, pero sin haber recibido fertilización alguna.

Durante 1996 y 1997 se realizaron dos muestreos por año cada cinco meses. A partir de la última aplicación de nitrógeno en 1997, se procedió a realizar los muestreos de forma mensual hasta abril de 1999.

Para determinar el efecto residual sobre la actividad microbiana, se realizó el estudio cinco meses después de la última aplicación de N en 1998.

En todos los casos, se evaluó la rizosfera de cinco plantas por parcelas y de cada una se tomaron tres submuestras para su análisis microbiológico. Las

Tabla I. Componentes de la fertilidad del suelo Pardo ócrico sin carbonatos

Horizonte	pH, H ₂ O	M.O %	mg/100 g				Ca ⁺² Cmol/kg ⁻¹	Mg ⁺²
			P ₂ O ₅	K ₂ O	K ⁺¹			
0-10 cm	6.3	2.71	8.7	11.7	0.31	31.5	11.8	
20-40 cm	6.4	2.54	8.7	6.7	0.19	32.3	11.8	

submuestras fueron secadas al aire, tamizadas y posteriormente homogenizadas para cada uno de los tratamientos. Se realizaron tres réplicas por tratamiento.

Las poblaciones de Bacterias, Hongos y Actinomicetos se cuantificaron por el método de las diluciones de suelo e inoculación profunda en placas de petri en los medios de cultivos Agar Nutriente, Agar Rosa de Bengala y Agar Almidón Amoniaco, respectivamente; mientras que la Respiración Basal, la Respiración Inducida de Carbono y la Respiración Inducida de Carbono + Nitrógeno también se determinaron.

Determinaciones de suelo:

- ↳ pH H₂O-relación suelo-solución 1:2.5
- ↳ Materia orgánica (%), Walkley-Black
- ↳ Ca, Mg (meq/100g), extracción NH₄Ac 1N, pH 7
- ↳ Fósforo y potasio disponible (mg/100g) por Oniani.

Análisis estadísticos. Se utilizaron análisis de correlación para las recomendaciones de las dosis y en el caso que encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de rangos múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cafetos respondieron a la fertilización nitrogenada desde la primera evaluación y estuvo en dependencia de la edad de la plantación; para el primer año la dosis de 90 kg de N/ha garantizó un crecimiento estable (Figura 1).

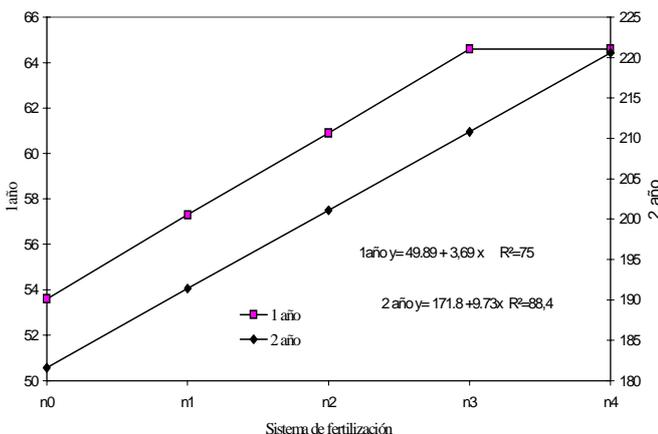


Figura 1. Efecto de las dosis de N en la altura de *Coffea canephora*

En el segundo año se encontró una respuesta lineal a las dosis estudiadas (Figura 2) y se observó una producción precoz de algunas plantas, lo que indicó la necesidad de estudiar dosis superiores.

En Costa de Marfil, se encontró una respuesta lineal en la altura y el diámetro de la copa de *Coffea canephora* al estudiar niveles de N hasta 100 kg.ha⁻¹ (8), mientras que en Uganda no se pudo establecer una curva respuesta; sin embargo, se reafirma que es económicamente rentable la aplicación de nitrógeno al cafeto robusta (9).

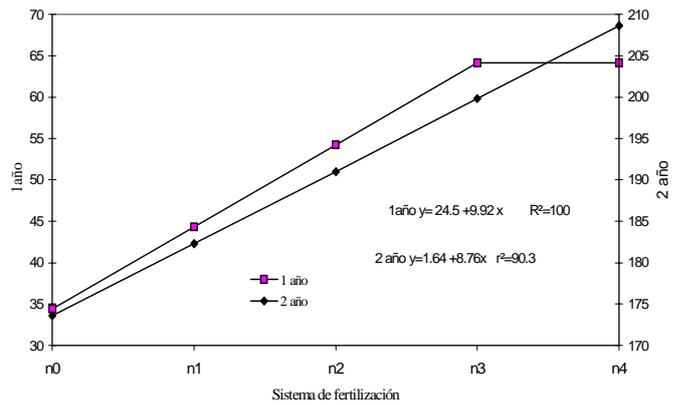


Figura 2. Efecto del N en el diámetro de la copa de *Coffea canephora*

En la India se recomiendan 80 kg de N.ha⁻¹ para garantizar un adecuado crecimiento y productividad de *Coffea canephora* (10).

Para las mismas condiciones edafoclimáticas objeto de estudio, no se encontraron efectos de las dosis de nitrógeno sobre la altura y el diámetro de la copa de cafetos de la especie arábica después de la poda (11).

El requerimiento de N por *Coffea canephora* en el primer, segundo y tercer años (Tabla III) fue inferior a las necesidades de *Coffea arabica* de similar edad según las recomendaciones para suelo Pardo ócrico sin carbonatos (12). Sin embargo, para un suelo Ferrítico Rojo de Pinares de Mayarí se recomienda aplicar 240 kg de N.ha⁻¹ para obtener rendimientos en *Coffea arabica* cercanos a las 2 ton de café oro.ha⁻¹ (13).

Tabla III. Disminución de las dosis de N para *Coffea canephora*

Años	Sistema de fertilización		Diferencia (kg.ha ⁻¹)
	Anterior	Propuesto	
Primero	100	90	10
Segundo	202	135	67
Tercero	275	150	115

En el primer año de cosecha, se observó una respuesta positiva de los cafetos a las dosis de nitrógeno aplicada y fue necesario la aplicación de 150 kg de N.ha⁻¹ (N₃), para garantizar un rendimiento de 1.17 ton. de café oro.ha⁻¹ superior al testigo, donde solo se alcanzaron rendimientos de 0.85 ton. de café oro.ha⁻¹, pero sin diferencias significativas con respecto al tratamiento N₄ (Tabla IV). Estos resultados estuvieron en correspondencia con los alcanzados en los parámetros altura y diámetro de la copa, pues aquellas plantas con un desarrollo vegetativo más vigoroso resultaron las de mayores rendimientos.

Por lo que pudiera proponerse el sistema de fertilización N₃ (90, 135 y 150 kg.ha⁻¹.año⁻¹) para garantizar un buen crecimiento y aceptables rendimientos de *Coffea canephora* en suelo Pardo ócrico sin carbonatos.

El sistema de fertilización propuesto permite un ahorro en relación con la fertilización indicada para el cafeto

arábico de 10, 67 y 115 kg de N.ha⁻¹.año⁻¹ para el primer, segundo y tercer años de plantado el café. Es decir, el sistema propuesto permite una utilización más racional de los fertilizantes, lo que debe estar relacionado con la mayor capacidad de absorción o mayor desarrollo del sistema radicular de la especie *Canephora* en relación con el arábico.

Tabla IV. Rendimiento de *Coffea canephora* en dependencia de la dosis de nitrógeno aplicadas al suelo

Sistemas de fertilización	Rendimiento ton. de café oro.ha ⁻¹
N ₀	0.85 c
N ₁	0.98 b
N ₂	1.01 b
N ₃	1.17 a
N ₄	1.18 a
ES X	0.012**

N₀ (testigo) N₁ (30, 45 y 50 kg.ha⁻¹.año⁻¹)
 N₂ (60, 90 y 100 kg.ha⁻¹.año⁻¹) N₃ (90, 135 y 150 kg.ha⁻¹.año⁻¹)
 N₄ (120, 180 y 200 kg.ha⁻¹.año⁻¹).

No obstante, podría pensarse que existe una contradicción al proponer un sistema de fertilización con dosis menores a las habituales; sin embargo, debe aclararse que al utilizar un espaciado superior al del arábico, las dosis por plantas aumentan, lo que estaría en concordancia con el porte alto de *Coffea canephora*.

Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la microflora edáfica y sus actividades en el suelo. En el análisis microbiológico inicial del suelo, antes del establecimiento del cultivo y sin haber aplicado fertilización alguna, las poblaciones de bacterias se encontraron en el orden de 137x10⁶ ufc.g⁻¹ y le siguieron en importancia los actinomicetos (7.33x10⁴ ufc.g⁻¹) y luego los hongos (18x10³ ufc/g). Similares resultados fueron obtenidos en un agroecosistema cafetalero en Villa Rica, Selva Central de Perú, donde se encontraron poblaciones de bacterias entre 10⁵ y 10⁶ ufc.g⁻¹ y de hongos entre 10³-10⁴ ufc.g⁻¹ (14). Esto se debe a que los hongos y los actinomicetos en relación con las bacterias, generalmente son menos numerosas y crecen a velocidades considerablemente bajas (15).

Con el establecimiento del café, el número de microorganismos heterótrofos aumentó (Tabla V). Este aumento puede explicarse por dos razones, una que el sistema radical del café establece relaciones de asociación con los microorganismos al depositar (mediante los exudados de las raíces, las células y tejidos vegetales muertos) aminoácidos, proteínas y carbohidratos que estimulan la vida de estos (16) y la otra que las bacterias, los hongos y actinomicetos predominan en suelos ricos en restos vegetales; esta es una característica de los suelos donde se cultiva café bajo sombra, debido a que las hojas caídas forman una capa de hojarasca como fuente de materia orgánica con grandes beneficios para el suelo.

Tabla V. Comportamiento de las poblaciones microbianas (ufc.g⁻¹) en suelo cultivado y sin cultivar

Microorganismos	Suelo sin cultivar	Suelo cultivado
Bacterias	137 x 10 ⁶	107.6 x 10 ⁷
Hongos totales	18 x 10 ³	21.5 x 10 ³
Actinomicetos	7.33 x 10 ⁴	27.8 x 10 ⁴

La fertilización mineral influyó en las poblaciones microbianas y sus actividades en el suelo independientemente de las dosis aplicadas. Para una mayor comprensión de los resultados se presenta su análisis por grupo microbiano.

Bacterias. Las poblaciones en el testigo (N₀) no variaron significativamente a lo largo de 1998, obteniéndose valores por encima de 10⁷ ufc.g⁻¹ de suelo. Estos resultados se corresponden con lo informado en un cafetal en Perú, México y Cuba (14, 17, 18). Este comportamiento se mantuvo durante 1997 y 1998 con un ligero incremento a 110x10⁷ ufc.g⁻¹ de suelo a inicio de 1999, pero volviendo a su normalidad en abril de ese año (Figura 3).

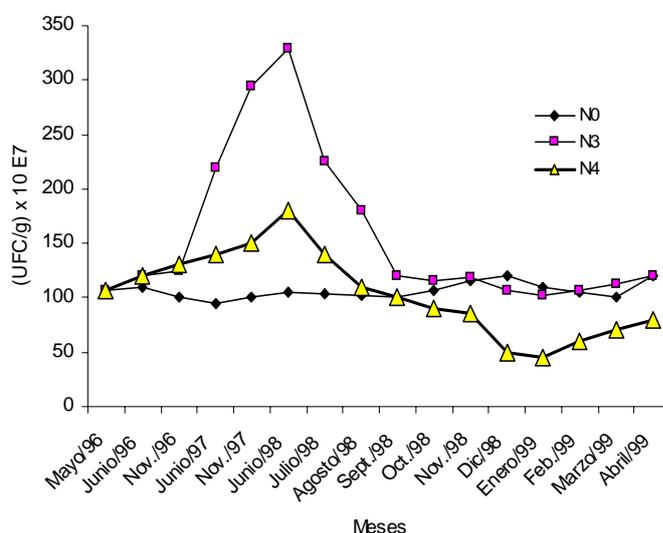


Figura 3. Influencia de la aplicación de nitrógeno en la población de bacterias

Con la aplicación de nitrógeno desde 1996 a 1997, se observaron durante este período e incluso hasta junio de 1998 incrementos en las poblaciones de bacterias, en relación con la parcela testigo (Figura 3). Se encontró un mayor número de bacterias en la parcela donde se habían aplicado 90 y 135 kg de N.ha⁻¹ (N₃) con valores de 116-329 x 10⁷ ufc.g⁻¹ de suelo con relación a la parcela N₄ (120 y 180 kg de N.ha⁻¹), donde solo se alcanzaron valores de en este período de 180x10⁷ ufc.g⁻¹.

La aplicación de 150 kg de N.ha⁻¹ en 1998 en la parcela N₃ redujo las poblaciones a su estado inicial (107x10⁷ ufc.g⁻¹). Sin embargo, un incremento de la dosis hasta 200 kg de N.ha⁻¹ deprimió considerablemente la población bacteriana hasta llegar a 50x10⁷ ufc.g⁻¹, con un ligero incremento a 80x10⁷ ufc.g⁻¹ en 1999, pero sin llegar a restablecerse durante el período que duró la investigación.

Hongos. La población de hongos encontrada en la parcela testigo se consideró adecuada para suelo de pH ligeramente ácido. En dinámica microbiana realizada en un cafetal en Perú y México, se encontraron similares valores de hongos en el suelo (14, 17).

La aplicación de N durante 1996 y 1997 en las parcelas N₃ y N₄ no incrementó la población de hongos totales con relación a la parcela testigo durante 1998. Este comportamiento no se mantuvo después de la última aplicación de N, así la aplicación de 150 kg de N.ha⁻¹ en la parcela N₃ incrementó la población fúngica a 25 x 10³ ufc.g⁻¹ de suelo, mientras que el aumento de la dosis a 200 kg de N.ha⁻¹ (N₄) la incrementó a 32 x 10³ ufc.g⁻¹ respecto al testigo (Figura 4).

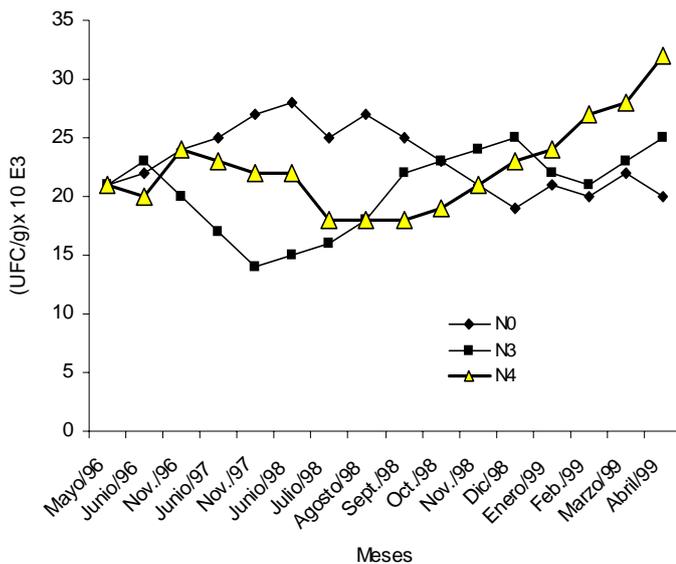


Figura 4. Influencia de la aplicación de nitrógeno en la población de hongos

Es probable que este comportamiento se deba a que los hongos necesitan diversos nutrientes para su crecimiento y desarrollo, como el nitrógeno, ya sea en forma de sales minerales o de compuestos orgánicos nitrogenados pues están desprovistos de capacidad fijadora.

Actinomicetos. La incorporación al suelo de 90 y 135 kg de N.ha⁻¹ (parcela N₃) durante 1996 y 1997 respectivamente, incrementó las poblaciones a 55 x 10⁴ ufc.g⁻¹ hasta finales de 1998; sin embargo, un incremento de la dosis hasta 150 kg de N.ha⁻¹ redujo sus poblaciones transitoriamente, pues se notó una tendencia a incrementarse en el tiempo (Figura 5).

El inicio del sistema de fertilización a partir de 120 y 180 kg de N.ha⁻¹ en estos años les redujo considerablemente, llegando inclusive hasta 10 x 10⁴ ufc.ha⁻¹ a finales de 1998.

Una posterior aplicación de 200 kg de N.ha⁻¹ en 1998 la deprimió hasta 5 x 10⁴ ufc.g⁻¹; incrementándose moderadamente durante el inicio de 1999, pero sin llegar a su estado potencial inicial (Figura 5).

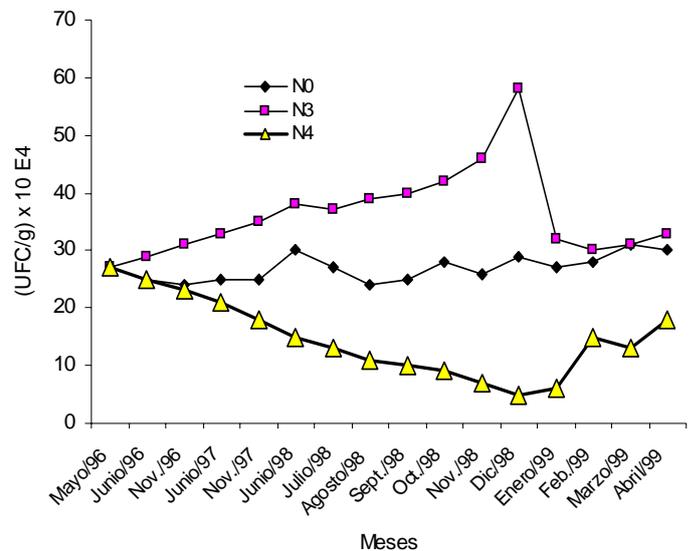


Figura 5. Influencia de la aplicación de nitrógeno en la población de Actinomicetos

De manera general, los resultados evidenciaron que dosis bajas de N estimulan la microflora edáfica y, por ende, el proceso de mineralización del nitrógeno; sin embargo, al incrementar la dosis por encima de 150 kg de N.ha⁻¹, se encontraron disminuciones en las poblaciones de bacterias y actinomicetos, no así en la de hongos totales que se incrementó. Esto sugiere que a medida que se aumentan los niveles de N en el suelo, habrá un incremento de la acumulación de nitratos en la rizosfera de la planta, lo que provocaría una ligera disminución del pH por lo que favorecería de esta forma a la población de hongos y deprime a bacterias y actinomicetos, máximos exponentes del proceso de mineralización del N, por encontrarse en mayor cuantía en el suelo, debido a sus exigencias ecológicas y nutricionales.

Este incremento del N disponible en el suelo y que mucho de ello la planta no lo asimila rápidamente traería, además, un incremento de la microflora inmovilizadora del N, debido en lo fundamental a que la urea entre los fertilizantes amoniacales es de lenta descomposición, con un efecto residual de al menos 90 días y hasta tanto no se restablezcan las poblaciones microbianas en la rizosfera por efecto de la inmovilización del N, su actividad en el suelo se verá limitada.

Esto se observó al determinar la actividad microbiana en el suelo e incluso cinco meses posterior a la última aplicación de urea, en aquellas parcelas donde la dosis fue de hasta 200 kg de N.ha⁻¹, donde persistió una actividad pobre en el suelo (Tabla VI).

Tabla VI. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la actividad microbiana en el suelo

	Rb (mg.CO ₂ /100g)	RIC (mg.CO ₂ /100g)	RICN (mg.CO ₂ /100g)	MO (%)
N ₀	14.50 b	33.4 c	75.16 b	3.08
N ₃	19.22 a	77.45 a	82.12 a	3.49
N ₄	8.44 c	61.21 b	68.50 c	3.47
ES	0.408***	0.577***	0.55***	0.25ns

Rb. Respiración basal RIC Respiración inducida con carbono
 RICN Respiración inducida con carbono + nitrógeno
 Medias con letras iguales no difieren significativamente para 0.001%

Sin embargo, los resultados relacionados con la influencia de la fertilización nitrogenada sobre la actividad microbiana varía en dependencia del tipo de suelo, el momento de aplicación y el cultivo en cuestión (2); así en cítrico cultivado en un suelo Ferralítico Rojo, dosis por encima de 100 kg de N/ha resultaron perjudiciales para la microflora y sus actividades en el suelo, por lo que se recomienda aplicar 100 kg de N/ha para obtener un mejor equilibrio biológico, mejorar la fertilidad del suelo y obtener mayores rendimientos (19).

En la papa (*Solanum tuberosum*) cultivada en un Ferrasol cubano, la aplicación de altas dosis de N ya sea en fórmula completa o solo, varía la biomasa microbiana a tal punto que provoca un estado potencialmente degradativo en el suelo al manifestarse una disminución de la respiración basal en el suelo (20), mientras que en España, se observaron influencias positivas de la fertilización nitrogenada sobre la actividad enzimática específica del ciclo del carbono (CM-Celulasa e Invertasa) y una influencia variable (positiva, negativa, no hubo efecto) sobre los parámetros relacionados con la biomasa microbiana y la actividad general de los microorganismos (21).

Existen autores que plantean que la aplicación de altas dosis de N provoca una disminución de las reservas energéticas del suelo por el incremento de la microflora fisiológicamente activa que a su vez va disminuyendo paulatinamente (22). No obstante, estos resultados necesitan una valoración especial en el caso del cultivo del café bajo sombra, pues no se obtuvo diferencias significativas en el contenido de materia orgánica (Tabla VI) al aplicar diferentes dosis de N, debido en lo fundamental al alto aporte de biomasa de los árboles de sombra y el café que sin lugar a duda es una considerable incorporación de fuente de carbono para el suelo (23, 24, 25).

Por lo que, la posible variación de las poblaciones microbianas y sus actividades en el suelo por el efecto del nitrógeno no estará influenciada por una deficiencia en las reservas energéticas, sino más bien por un efecto de movilización e inmovilización del N en el suelo como se explicó anteriormente.

REFERENCIAS

- Bustamante, C. /et al./ Balance de tres fertilizantes nitrogenados ¹⁵N en un Oxisol cubano cultivado con *Coffea arabica* L. *Tropicultura*, 1997, vol. 15, no. 4, p. 169-172.
- Rodríguez, P. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre las propiedades biológicas y el crecimiento de frijón cultivado en condiciones de montaña. *Café Cacao*, 2002, vol. 3, no. 3, p. 75-77.
- Canet, R. /et al./ Los índices de actividad biológica como herramienta de diagnóstico de la fertilidad del suelo en agricultura ecológica. En: Investigaciones y perspectivas de la enzimología de suelos en España. España : Centro de Edafología y Biología Aplicada Segura, 2000. 352 p.
- Bustamante, C. /et al./ Efecto de la fertilización nitrogenada en el crecimiento y producción de *Coffea canephora* cultivado en suelo Pardo. Boletín, Sociedad Cubana de las Ciencias del Suelo. 2001, p. 124.
- Cuba Minagri. Informe anual sobre el cultivo del café. La Habana: Dirección Nacional de Café y Cacao, 1998. 19 p.
- Cuba. Minagri. Instituto de Suelos. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. La Habana : AGROINFOR, 1999. 64 p.
- Calero, B. /et al./ Efecto residual de la fertilización mineral sobre el estado microbiológico del suelo. *La Ciencia y el Hombre*, 1999, vol. 11, no. 33, p. 89-94.
- Oliveira, J. A. /et al./ Primeira observacaoes sobre adubacao NPK em cafetos conilon en el estado Rio de Janeiro. En Congreso Brasileiro de Pesquisas Cafeiras. Resumen. (8:1980:Campo Jordao), 1980. p. 395-398.
- Kibirige, I. /et al./ Comparison among various robusta coffee (*Coffea canephora*) clonal materials and their seedling progenies at different levels of nitrogen Uganda. *Jornal of Agricultural Science*, 1993, vol. 1, no. 1, p. 5-12.
- Jarayama, R. P. /et al./ Latest concept of fertiliser usage in coffee plantations with respect to nitrogen, phosphorus and potassium. *Indian Coffee*, 1994, vol. 58, no. 9, p. 9-12.
- Rodríguez, M. I. /et al./ Crecimiento y requerimiento nutricionales del café (*Coffea arabica*) var. Isla 5-16 hasta el tercer año de plantación en suelo Pardo sin carbonatos. *Café y Cacao*, 1998, vol. 1, no. 1, p. 10-16.
- Bustamante, C. /et al./ Perfeccionamiento de las dosificaciones de fertilización a aplicar en café. Tercer Frente: Centro de Documentación, ECICC, 1990. 15 p.
- Bustamante, C. y Ochoa, M. Mineral fertilization of *Coffea arabica* under systematic pruning of Ferralitic soil.I. nitrogen. *Café y Cacao*, 1998, vol. 1, no. 2, p. 51-55.
- Julca-Otiniano, A. /et al./ Efecto de la sombra y la fertilización sobre la población de hongos y bacterias del suelo en café var Catimor en Villa Rica, Selva Central de Perú. *Café y Cacao*, 2002, vol. 3, no. 3, p. 74-76.
- Eweis, J. /et al./ Principios de biorrecuperación (bioremediation). Madrid, 1999. 327 p.
- Cifuentes, L. E. Competitividad y calidad en armonía con la naturaleza. En: Simposio Latinoamericano de Caficultura. (17:1997:Costa Rica), 1997. p. 99-119.
- García, M. T. /et al./ Ocurrencia y variación anual de la comunidad microbiana en la rizosfera del café. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 1991, vol. 35, p. 29-37.
- Berboa, G. /et al./ Influencia del aporte de hojarasca de un bosque semicadusifólio sustituido con cultivo antrópico de café sobre las propiedades químicas, físicas y microbiológicas del suelo. Informe Final PNCT 005. La Habana: Agencia de Ciencia y Técnica, 2000. 100 p.
- Font, L. /et al./ Estado microbiológico del suelo Ferralítico como base para la planificación, uso y manejo integral de agroecosistema cítrico. Boletín, Sociedad Cubana de las Ciencias del Suelo. 2001, no. 4.

20. Calero, B. /et al./. Estado microbiológico de un Ferrasol sometido a diferentes sistemas de manejo agrícola. Boletín, Sociedad Cubana de las Ciencias del Suelo. 2001, no. 4.
21. Salgado, M. /et al./. Biomasa y actividad microbiana en un suelo con cultivo de patata y diferentes tratamientos con fertilizantes. Boletín, Sociedad Cubana de las Ciencias del Suelo. 2001, no. 4.
22. Guerrero, A. /et al./. Efecto de la fertilización y la labranza sobre el estado microbiológico de un suelo Ferralítico Rojo Compactado. En: Resúmenes del IV Congreso de la Sociedad Cubana de las Ciencias del Suelo. (4:1997:Matanzas). 1997. p. 68.
23. Bustamante, C. /et al./. Sistema de fertilización mineral para *Coffea canephora* cultivado en los macizos Sierra Maestra y Nipe Sagua Baracoa. Informe Parcial de Etapa, PNCT 046. Tercer Frente: Centro de Documentación, ECICC, 1999. 35 p.
24. Muschler, R. Arboles en cafetales. En: Materiales de Enseñanza, No. 45, CATIE, Costa Rica, 2000. 137 p.
25. Viñals, R. /et al./. Requerimientos nutricionales de *Coffea arabica*. Crecimiento y extracción de nutrientes en condiciones de Sagua de Tánamo. *Café y Cacao*, 2001, vol. 2, no. 1, p. 38-42.

Recibido: 1 de julio de 2004

Aceptado: 7 de enero de 2005

Cursos de Verano

Precio: 320 CUC

Producción y manejo de biofertilizantes en condiciones del trópico

Coordinador: Dr.C. Nicolás Medina Basso

Fecha: julio

Duración: 40 horas

SOLICITAR INFORMACIÓN

Dr.C. Walfredo Torres de la Noval
Dirección de Educación, Servicios Informativos
y Relaciones Públicas
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,
La Habana, Cuba. CP 32700
Telef: (53) (64) 86-3773
Fax: (53) (64) 86-3867
E.mail: posgrado@inca.edu.cu