

Efecto del nitrógeno sobre los rendimientos y contenido foliar de *Coffea canephora* en un suelo Pardo ócrico sin carbonatos Nitrogen effect on the yields and foliage content in *Coffea canephora* on a Inceptisol soil

Alberto Pérez¹, C. Bustamante², R. Rivera³ y Gloria M. Martín³

¹ Facultad Agroforestal de Montaña. Centro Universitario de Guantánamo.

² Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao. Tercer Frente.

³ Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana.

E-mail: aperez@fam.cug.co.cu

RESUMEN. La investigación se desarrolló durante dos ciclos productivos, en el período 1996 - 2007 en la localidad de Tercer Frente, provincia de Santiago de Cuba en una plantación de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner var. Robusta, cultivado sobre suelo Pardo ócrico sin carbonatos a 3x1.5 m (2222 plantas/ha) con el objetivo de evaluar la respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada. Se utilizó un diseño de bloque al azar con cuatro réplicas, se evaluaron cinco sistemas de fertilización nitrogenada con dosis crecientes desde 0 - 400 kg/ha. De fondo se aplicó fósforo en dosis de 40 kg/ha y el potasio a razón de 160 kg/ha de K₂O. Se determinó el rendimiento del café (t/ha de café oro) en ambos ciclos, efecto de las precipitaciones sobre los rendimientos y el contenido de nitrógeno en las hojas. Para rendimientos esperados *C. canephora* entre 1.22 a 1.36 t/ha de café oro son suficientes 100 kg/ha de N. Con el incremento de los rendimientos a 2 t/ha de café oro fue necesario aplicar 200 kg/ha de N, relacionado con adecuado régimen de precipitaciones. Se encontró relación entre los contenidos de N y los rendimientos del café *canephora* y permitió plantear que al menos, uno de los momentos adecuados para evaluar el grado de suministro de nitrógeno a la especie *canephora*, es el mes de junio.

Palabras clave: *Coffea canephora*, fertilizantes mineral, nitrógeno, análisis foliar, N foliar.

ABSTRACT. The investigation was developed during two productive cycles, in the period 1996 - 2007 in the town of Tercer Frente, county of Santiago from Cuba in a plantation of *Coffea canephora* Pierre ex Froehner var. Robust, cultivated on Inceptisol soil to 3x1.5 m (2222 plantas/ha) with the objective of evaluating the answer from the cultivation to the fertilization nitrogen. A block design was used at random with four replicas, five systems of fertilization nitrogen were evaluated with growing dose from 0 - 400 kg/ha. Of bottom match was applied in dose of 40 kg/ha and the potassium to reason of 160 kg/ha of K₂O. The yield of the coffee was determined (t/ha of coffee. I pray) in both cycles, effect the precipitations on the yields and the nitrogen content in the leaves. For prospective yields *C. canephora* among 1.22 to 1.36 t/ha of coffee is enough 100 kg/ha of N. With the increment from the yields to 2 t/ha of coffee it was necessary to apply 200 kg/ha of N, related with appropriate régime of precipitations. He was relationship between the contents of N and the yields of the coffee *canephora* and it allowed to outline that at least, one of the appropriate moments to evaluate the degree of nitrogen supply to the species is the month of June.

Keywords: *Coffea canephora*, fertilizers mineral, nitrogen, foliage analysis, foliage N.

INTRODUCCIÓN

Resultados de estudios en diversas regiones del mundo reportan que al menos 30 a 50 % del rendimiento de los cultivos es atribuible a la optimización de los sistemas de suministro de nutrientes (Stewart *et al.*, 2005; Fixen y García, 2007). De los macronutrientes, el nitrógeno es el elemento que más influye sobre los rendimientos de los cultivos agrícolas (Dos Reis *et al.*, 2006; Leal *et*

al., 2009), en parte por las altas cantidades que del mismo se requiere, así como por las bajas cantidades que de este elemento pudiera aportar el suelo para garantizar los rendimientos (da Silva *et al.*, 2008).

Las investigaciones sobre el uso del fertilizante nitrogenado en Cuba, se enfocaron en la especie *Coffea arabica* con vistas a caracterizar los aspectos

más apremiantes: obtención de dosis; fraccionamiento más adecuado, el establecimiento de métodos de diagnóstico y la participación del N del fertilizante y del suelo en la nutrición de las plantas (Rivera, 1988).

Sin embargo, en aquellos momentos no se trabajó con la especie *canephora* debido a que las áreas dedicadas a su cultivo eran escasas; esto propició que los aspectos relacionados con la nutrición nitrogenada de *Coffea canephora* se hayan estado manejado según lo orientado para *Coffea arabica*, sin tener en cuenta las características propias de la especie: porte diferente, capacidad de formar múltiples tallos, sembrarse a densidades más pequeñas y condiciones de suelos incluso desiguales (Bustamante y col., 2002).

A partir de estos resultados se establecieron los siguientes objetivos: determinar las dosis óptima de

N para la especie *C. canephora* cultivada sobre un suelo Pardo durante dos ciclo productivo y evaluar el análisis foliar como estimador del diagnóstico nutricional de la especie *canephora*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló durante el período de 1996 a 2007 en el macizo montañosos Sierra Maestra: en la localidad de Tercer Frente: situada a 150 m.s.n.m. provincia Santiago de Cuba, con una temperatura media anual (promedio de 20 años) de 24.5 °C, precipitación de 1509 mm, 111 días con lluvia, Relieve: Premontaña. Sombra predominante: *Samanea saman* (Jacq) Merrill. Tipo de suelo: Pardo ócrico sin carbonatos (MINAG, 1999), que se corresponde con un Cambisol háplico (éutrico) (arcílico) (WRB, 2006). Algunas propiedades del suelo se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Principales características químicas del horizonte cultivable (0 – 30 cm) de los suelos bajo estudio al inicio de los experimentos, 1996

Suelos	pH	M.O (%)	P ₂ O ₅	K ₂ O	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	CIB	CIC
			(mg.100 g ⁻¹)		(cmol. kg ⁻¹)					
Pardo ócrico sin carbonatos	6.4	2.97	15.20	22.14	0.64	31.5	11.8	0.4	44.3	45.6

CIB: Capacidad de Intercambio de Bases = “ Bases cambiables.

CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico = “ Bases cambiables + H⁺.

El pH (H₂O) se determinó por el método potenciométrico, con relación suelo: solución de 1:2.5; materia orgánica (% M.O.) por el método de Walkley y Black; P asimilable por extracción con H₂SO₄ 0.1 N con relación suelo: solución 1:2.5; cationes intercambiables (cmol.kg⁻¹) por extracción con NH₄Ac 1 Mol.l⁻¹ a pH 7 y determinación por complejometría (Ca y Mg) y fotometría de llama (K).

El suelo donde se condujo la investigación posee contenidos relativamente adecuados de magnesio y bajos de potasio, el pH es ligeramente ácido, dentro de los rangos adecuados para el cultivo del cafeto, presentó valores medios de materia orgánica y bajos contenidos de fósforo. Todas las evaluaciones se hicieron según las tablas de interpretación de análisis de suelo (Paneque, 2001).

Las posturas fueron plantadas en mayo de 1996 en Tercer Frente a 3 x 1.5 m para una densidad de plantación de 2222 plantas/ha. La poda se realizó en febrero del 2003.

Se estudió la respuesta de cinco sistemas de fertilización nitrogenada (Tabla 2) en presencia de un fondo fijo de PK, en 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 de cada surco se consideraron como de cálculo.

El nitrógeno se fraccionó al 50 % en dos aplicaciones anuales todos los años (abril y octubre). El fósforo en el primer ciclo se aplicó en el hoyo, al momento de la plantación, y el resto de los años todo en primavera (abril) con dosis de 40 kg.ha⁻¹ de P₂O₅. El potasio se fraccionó en todos los años en abril al 60 % y 40 % en octubre con dosis de 160 kg.ha⁻¹. Como portadores se utilizaron urea, superfosfato sencillo y cloruro de potasio. Los fertilizantes se incorporaron a la banda de abonamiento y se cubrieron con los restos vegetales de la limpieza de las arvenses.

Todos los años en que fructificó el cafeto, se cosecharon los frutos maduros de cada parcela, se

Tabla 2. Dosis de nitrógeno (kg/ha) empleadas en los diferentes esquemas de fertilización estudiados.

Tratamientos	Primer ciclo productivo			Segundo ciclo productivo		
	1996	1997	1998 - 2002	2003	2004	2005 - 2007
N ₀	0	0	0	0	0	0
N ₁	30	45	50	50	75	100
N ₂	60	90	100	100	150	200
N ₃	90	135	150	150	225	300
N ₄	120	180	200	200	300	400

pesaron (kg) y se extrapolaron a t/ha de café cereza y posteriormente se llevaron a tonelada de café oro por hectárea (t/ha de café oro), con un factor de conversión de 0.22 para el Robusta en estas condiciones (Bustamante y col., 2002).

La recomendación de la dosis óptima de fertilización nitrogenada para cada año y sitio, se realizó según el modelo discontinuo rectilíneo descrito por Waugh *et al.* (1972), a partir de las medias de los rendimientos obtenidos en todos los tratamientos.

Análisis foliar: Se siguió una dinámica de los contenidos foliares de N en los cafetos sólo en el primer ciclo. Se tomaron muestras del 4^o par de ramas fructíferas de la parte central de las plantas según la metodología propuesta por Carvajal (1969). Cada muestra estuvo compuesta por 32 pares de hojas, tomándose 4 pares de hojas por planta de cálculo (Rivera, 1988). Durante el primer ciclo productivo (2000 y 2001) los muestreos se realizaron en los meses de mayo, junio, septiembre y diciembre en todos los tratamientos.

Las hojas recolectadas fueron lavadas y se procedió a determinar la masa seca (secado de cada órgano a 70 °C hasta obtener peso constante), así como el correspondiente análisis químico de nitrógeno, mediante digestión húmeda con H₂SO₄ + Se y determinación calorimétrica con el reactivo de Nessler y expresado en % de masa seca por órganos.

Se establecieron relaciones entre porcentaje de N contenido en las hojas, determinado en los meses de muestreos y porcentaje de rendimiento máximo para cada uno de los meses (en los diferentes años de trabajo). Se utilizaron diferentes modelos matemáticos para obtener la mayor relación entre el contenido foliar y el rendimiento.

Se utilizó además, la prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($p < 0.05$) para la comparación de las medias de los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró una respuesta significativa del rendimiento a la fertilización nitrogenada, en ambos ciclos productivos, encontrándose como en la medida que el rendimiento máximo estable fue mayor, se incrementaron las necesidades de fertilizante N, en todas las cosechas evaluadas.

En la primera cosecha (1999) conocida como despunte se alcanzaron 0.24 t/ha de café oro con dosis de 100 kg/ha de N, en las restantes cosechas fueron relativamente similares, con rendimientos máximos estables que oscilaron entre 1.25 – 1.36 t/ha/año de café oro y para las cuales fueron necesarios dosis de 100 kg/ha/año de N (Figuras 1).

En estas condiciones, Bustamante y col. (1989) obtuvieron en *Coffea arabica* que para alcanzar sólo 1 t/ha de café oro, fueron necesarias dosis de 100 kg.ha⁻¹. Esto sugiere que la especie *C. canephora* es capaz de producir con mayor eficiencia y con igual dosis de fertilizante N en condiciones de premontaña, indicativo de mejor adaptación para aquellas zonas consideradas como marginales para *Coffea arabica*.

En relación a esto, Veloso *et al.* (2003) informaron que una fertilización adecuada confiere a las plantas de *canephora* mayor productividad, mejor calidad de los frutos y mayor tolerancia a plagas y enfermedades; mientras que Stewart, (2007) planteó que el rendimiento en la mayoría de los cultivos es específico del sitio, época del año y dependen del cultivar, prácticas de manejo y clima. En el segundo ciclo (2004 – 2007), se encontró que los rendimientos máximos estables se incrementaron con respecto al primer ciclo, así en la primera cosecha se alcanzaron rendimientos de 0.50 t.ha⁻¹ de café oro, y que requirieron de una dosis óptima de 75 kg.ha⁻¹ de N (Figuras 1 B). Para rendimientos máximos de 1.25 t.ha⁻¹ de café oro

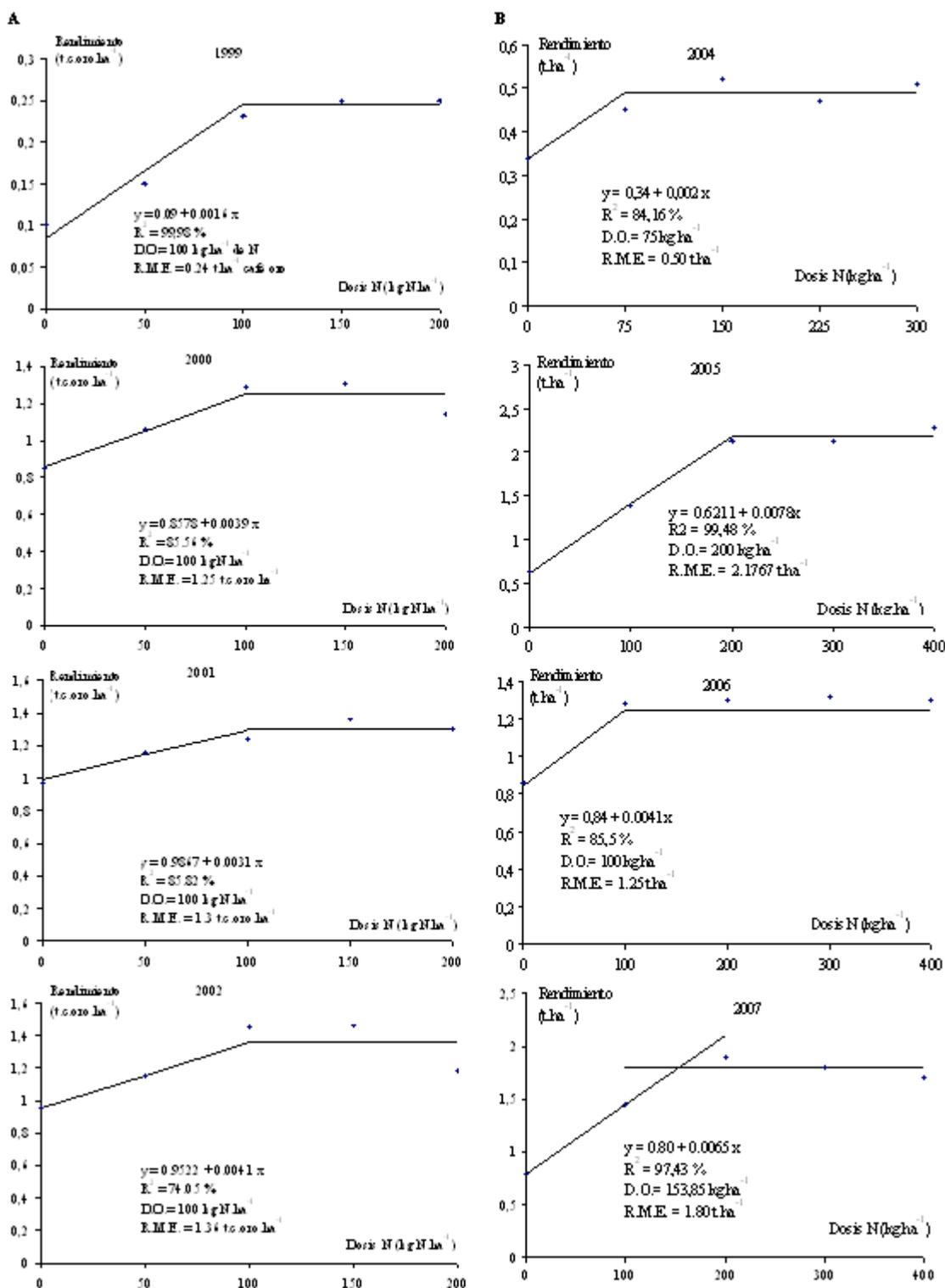


Figura 1. Efecto de la fertilización nitrogenada) sobre el rendimiento de *C. canephora* en su primer ciclo (A) y segundo ciclo (B). D.O. Dosis óptima recomendada. RME Rendimiento máximo estable

fueron necesarios 100 kg.ha⁻¹ de N, al incrementarse los rendimientos máximos hasta 1.8 t.ha⁻¹ de café oro, aumentaron consecuentemente los requerimientos de fertilizante N hasta 154 kg.ha⁻¹ de N y para

rendimientos máximos de 2.17 t.ha⁻¹ de café oro, fueron necesarios 200 kg.ha⁻¹ de N.

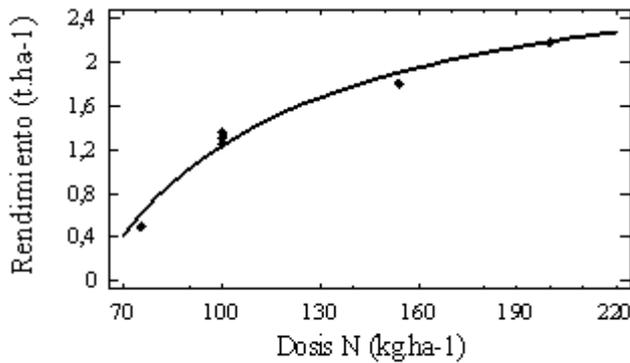
En otro trabajo, Rivera (2006) informa de rendimientos similares para plantaciones de

C. arabica cultivadas sobre suelo Ferralítico Rojo, a bajas alturas y en altas densidades, donde se alcanzan producciones del orden 2.06 t.ha⁻¹ con 200 kg.ha⁻¹.

Un aspecto de alto valor metodológico y práctico para la recomendación de fertilizantes en el cafeto *canephora* fue que las relaciones de recomendación de dosis óptimas de fertilizante N para la obtención de los rendimientos máximos anuales para las diferentes cosechas en ambos ciclos presentaron un alto ajuste, R² > 97 % (Figura 2).

desde 1983 hasta 2003) y donde *Coffea arabica*, bajo estas condiciones de precipitaciones, sólo alcanzó de 0.9 – 1 t.ha⁻¹ de café oro con igual suministro de N (Bustamante y col., 1989). Este otro factor permite recomendar para estas condiciones la especie *C. canephora*, la cual puede lograr un 30 % de incremento del rendimiento que el arábico.

Sin embargo, cuando las precipitaciones ascendieron a 2000 mm en el segundo ciclo, se obtuvieron 2 t.ha⁻¹ de café oro.año⁻¹ (Figura 3). Este comportamiento de las precipitaciones es poco frecuente en Tercer Frente según datos desde 1983 – 2004.



$$y = 3,12634 - 188,878/x \quad R^2 = 97.5 \% \quad Es\hat{y} = 0.09$$

Figura 2. Relación entre las dosis óptimas de fertilizante N y los rendimientos máximos obtenidos en los dos ciclos productivos

Por lo que se hace necesario mantener una vigilancia en las precipitaciones anuales, y principalmente en los primeros meses del año, que permita en caso de abundantes lluvias, corregir la fertilización nitrogenada en el mes de octubre.

Un aspecto que debe quedar claro para entender adecuadamente las relaciones entre rendimiento máximo anual, fertilización nitrogenada y precipitaciones, es el hecho de que el rendimiento del cafeto depende de la variedad, producción de ramas nuevas, densidad de plantación, nivel de precipitaciones del año anterior y del

Esto indica que los resultados de dosis recomendadas para obtener un nivel de rendimiento máximo, fueron independientes del ciclo y sugiere su extrapolación para condiciones de plantaciones de Robusta sobre suelos Pardos, en regiones con precipitaciones anuales promedios entre 1500 y 1600 mm.

Es decir, en este estudio, cuando las precipitaciones anuales fueron del orden de 1400 – 1600 mm, no se obtuvieron más de 1.30 t.ha⁻¹ de café oro.año⁻¹ en el primer ciclo (Figura 3). Esta es una característica propia del sitio Tercer Frente, donde se pueden encontrar promedios lluvias en el orden de 1600 mm con 111 días de lluvias (valores medios

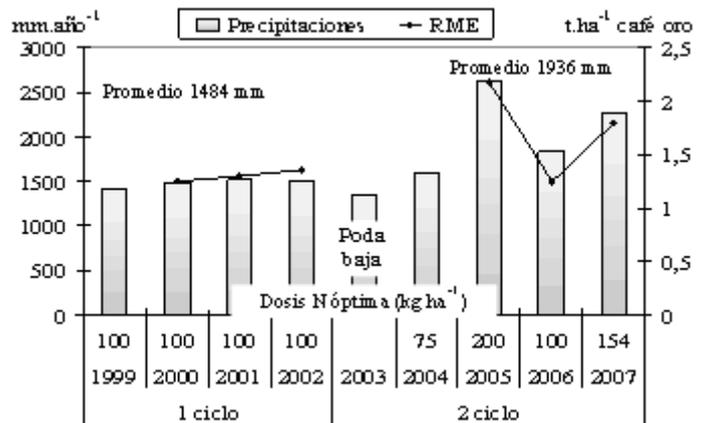


Figura 3. Comportamiento de los rendimientos máximos estables (RME) y las precipitaciones anuales durante los dos ciclos del café

propio año, intensidad de la cosecha anterior y tipo de suelo (Rivera, 1988) de forma tal que estas variables predeterminan un nivel de rendimiento y la fertilización permitirá alcanzar este.

Es de destacar que la relación rendimiento – precipitación no es tan simple y aquí influye además la distribución de la lluvia en función de la etapa fenológica del cultivo, el número de días de lluvia, entre otros aspectos relacionados con las precipitaciones.

Por la anterior razón, si bien en todas las cosechas hubo una respuesta positiva a la fertilización N, no es el nivel de suministro de N quien condiciona el nivel de rendimiento, sino que es el suministro de N quien permite que se alcance el rendimiento que estaba predeterminado.

Palacios y col. (2008) al evaluar la variabilidad climática en el oriente cubano determinaron que la precipitación total anual es la variable que determina la mayoría de las variaciones en los rendimientos del cultivo, reafirmando a la lluvia como el elemento climático de mayor variabilidad en el país. No ocurre así con la temperatura, dado el carácter preponderadamente cálido del clima.

Los contenidos foliares de nitrógeno dependieron no sólo de la cosecha en formación y del momento del muestreo, sino también de las dosis y fraccionamiento del fertilizante y de las precipitaciones y por tanto, una vez obtenido que en estas condiciones el café *canephora* no solo presentó respuesta a la fertilización nitrogenada

sobre el rendimiento, se debe establecer que momento de muestreo refleja mejor los efectos de la aplicación de N sobre el rendimiento.

En la Tabla 3 se presentan los coeficientes de determinación correspondientes a regresiones lineales establecidas entre los rendimientos obtenidos en cada tratamiento de fertilización y el porcentaje de nitrógeno en las fechas de muestreo, para las dos cosechas.

El análisis integral de toda la información deja claro que el muestreo de junio fue el que presentó las mayores asociaciones con el gradiente de rendimiento obtenido en cada cosecha y sitio, desde del punto de vista de los valores absolutos obtenidos (Tabla 3) fue el mes en que se encontraron los mayores contenidos foliares de los tratamientos fertilizados y los mayores diferencias entre tratamientos fertilizados y no fertilizados, lo cual resultó además adecuado para establecer los criterios de interpretación de los contenidos foliares.

Estos resultados coinciden además con los obtenidos por Labouisse y Charmetant (2001) en diferentes clones de *C. canephora*, donde encontraron diferencia en el N foliar en dependencia de la fase del cultivo.

En Cuba, Rivera (2006) estableció en *C. arabica*, que el momento más adecuado para realizar el muestreo foliar fue el periodo de máxima demanda de los frutos en formación, que se asocia con los meses de junio – julio, en las

Tabla 3. Relación entre el % de rendimiento máximo esperado y el contenido de N foliar. Primer ciclo productivo

Meses	Ecuación	R ²	Es \hat{y}
Sitio Tercer Frente			
Marzo/00	y= -93.61+69.86x	86.89	6.29
Junio/00	y= -68.31+56.76x	99.30	1.45
Septiembre/00	y= -320.00+162.73x	89.19	5.71
Diciembre/00	y= -577.43+315.91x	38.82	13.58
Marzo/01	y= -96.39+76.15x	90.51	4.14
Junio/01	y= -154.42+88.22x	96.42	2.54
Septiembre/01	y= -462.75+260.07x	31.47	11.12
Diciembre/01	y= -334.76+206.14x	55.87	8.93

Esw: Error Estándar de estimación

áreas cultivadas a bajas alturas, en que las cosechas son tempranas y esta fecha óptima de muestreo se desplaza en la medida que lo hace el período de recolección.

Esta cuestión no se había podido establecer en los suelos Pardos de la región oriental en anteriores investigaciones con la especie *C. arabica* (Bustamante y col., 1989) y difieren de Stephens (1968) en Uganda, donde aplicaciones de N incrementaron los niveles de nutrientes en las hojas, pero no se encontró relación significativa entre el N foliar y los rendimientos de *C. canephora*.

CONCLUSIONES

1. Para rendimientos esperados *C. canephora* entre 1.22 a 1.36 t/ha de café oro son suficientes 100 kg/ha de N en ambos ciclos productivos.
2. El incremento de los rendimientos en 2 t/ha de café oro requirió de 200 kg/ha de N y de abundantes precipitaciones en el período.
3. Se encontró relación entre los contenidos de N y los rendimientos del cafeto *canephora* y permitió plantear que al menos, uno de los momentos adecuados para evaluar el grado de suministro de nitrógeno a la especie *canephora*, es el mes de junio, precisamente coincide con el periodo de máxima demanda de la cosecha en formación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bustamante C; Rodríguez; M. I.; Camejo, R.; Ochoa, M. Informe de etapa. Efecto de los tratamientos sobre el crecimiento e índices agroquímicos en el período. Informe del resultado 003-046. Cruce de los Baños: ECICC, 1989. 30 p
2. Bustamante, C.; Viñals, R.; Pérez, A.; Araño L. Sistema de fertilización mineral y biofertilización de *Coffea canephora* Pierre cultivado bajo las condiciones de los macizos Sierra Maestra y Nipe – Sagua – Baracoa. Informe. Agencia de Medio Ambiente. 95 p. 2002.
3. Carvajal, J.F. La toma de muestras foliares en cafeto para fines de diagnóstico. Universidad de

Costa Rica. Facultad de Agronomía. Boletín Informativo, No.2. 1969

4. da Silva, A.; Arf, O.; Buzetti S.; da Silva, M.. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo em sistema plantio direto no Cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32: 2717-2722, Número Especial, 2008.

5. Dos Reis, A.R.; Furlani, E.; Buzetti, S. y Andreotti, A. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. Bragantia, Campinas. 65 (1):163-171, 2006.

6. Fixen, P.E. y F.O. García. Decisiones efectivas en manejo de nutrientes más allá de la próxima cosecha. Informaciones Agronómicas, 64: 5 -11, 2007.

7. Labouisse, J.P.; Charmetant, P. Response of *Coffea canephora* Pierre clones to soil mineral deficiency. In. Colloque Scientifique International Sur le Café. 19. Trieste (Italia). Paris: ASIC. 2001.

8. Leal, L.; A. Salamanca y S. Sadeghian. Pérdidas de nitrógeno por volatilización en cafetales en etapa productiva. Informaciones agronómicas. 74: 1-4, 2009.

9. MINAG. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. La Habana. Agrinfor. 64 p. 1999.

10. Paneque, V. M. La fertilización de los cultivos. Aspectos teórico-prácticos para su recomendación. Folleto impreso. INCA. 25 pp. 2001.

11. Palacios, J.R; A.V. Guevara; A. Campos. 2008. Evaluación de la variabilidad climática interanual en el oriente cubano con el uso de la clasificación climática de Köppen. En. Resúmenes Convención Trópico. II Congreso de Meteorología Tropical, p. 337.

12. Rivera R.: Nutrición, fertilización y balance del fertilizante nitrogenado (15N) para el cafeto en un suelo Ferralítico Rojo compactado./ R. Rivera - Tesis de grado (Doctor en Ciencias Agrícolas), INCA, 110 pp. 1988.

13. Rivera R. Nutrición y fertilización de *Coffea arabica* en Cuba. 2006/ En: R. Rivera, F. Soto editores. El Cultivo del cafeto en Cuba. Investigaciones y Resultados, 2006. p.500. ISBN 959-7023-37-7. 2006.

14. Stephens, D. Fertiliser, trials on small coffee farms in Uganda. *Journal Horticultura Sciences*. 43 (1): 75-90, 1968.
15. Stewart, W.; D.W. Dibb; A.E. Johnston y T.J. Smyth.. The contribution of comercial fertilizer to food production. *Agron. Journal*, 97: 1-6, 2005.
16. Stewart, W.M. Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. *Informaciones Agronómicas*. 67: 1 – 6, 2007.
17. Veloso C:A.C., F.R. de Souza; J.R.V. Correa, S. I. Ribeiro, M.C. M. De Oliveira Junior y E.J.M. Carva. Avaliacao do estado nutricional do cafeeiro (*Coffea canephora*) na regio da Transamazonica. *Anais do III Simposio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*. Brasilia: Embrapa Café. p 397 – 398. 2003.
18. Waugh, D.L.; Cate, Jr R.B. y Nelson L. A. Modelos discontinuos para una rápida correlación, interpretación y utilización de los datos de análisis de suelo y la respuesta a la fertilización. *Boletín Técnico* (7). Proyecto Internacional de Evaluación y Mejoramiento de la Fertilidad del Suelo. North Carolina State University, 106 p. 1972.
19. WRB. 2006. World Reference Base for Soil Resources. Classification Key. FAO AGL (2006). <http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/newkey.stm.<17 - 1 - 2007>>.

Recibido: 09/01/2011

Aceptado: 24/06/2011