LA FERTILIZACION NITROGENADA DEL CAFETO EN DIFERENTES CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS **DE CUBA**

- R. Rivera, C. Bustamante, M. Ochoa, J. R. Martín, J. Molina, C. González,
- J. D. Mederos, C. Sánchez y Maritza Rodríguez

ABSTRACT. Several experiments were conducted over 1981-1991 period, for evaluating coffee response to nitrogenous fertilization and splitting in plants growing on mountainous Red Ferralitic, Red Ferralitic, Ferritic and Brown soils. Difterent N fertilization systems were studied in randomized block designs with four and five replicates. There was response to this fertilizer in all soils studied, it being very intense in Ferritic and Ferralitic soils, where just 6.5 and 18 % of cumulative top yields were respectively obtained without such a fertilizer. Concerning Brown soils, this response was less intense, the soil securing 58 % of crop requirements. The annual optimum N dose depended mainly on the annual top yield achieved, the type of soil or edaphoclimatical condition and splitting used, it ranging from 100 by N.ha¹ for yields of 1-1.3 t coffee berries.ha¹ in Brown woils, 250 kg N.ha¹ for harvests of 2-25 t coffee berries.ha 1 in Ferritic soils and 300-350 kg.ha⁻¹ for yields of 3-3.5 t coffee berries.ha⁻¹ in mountaneous Red Ferralitic soils. The recovery coefficient of N fertilizer depended upon soil type, splitting and plant density, it being of 52 % in Ferritic soils with four split applications for densities of 5 000 plants.ha⁻¹, 55 to 70 % in Red Ferralitic soils with three timings and densities of 5 000 or 10 000 plants.ha 1 and 33 % in Brown soils with two splittings.

Key words: Fertilization, fertilizer recovery, soil type, Coffea arabica

ron un grupo de experimentos, para evaluar la respuesta a la fertilización nitrogenada y su fraccionamiento en el cafeto cultivado sobre suelos Ferralítico Rojo de montaña, Ferralítico Rojo, Ferrítico y Pardo. Se estudiaron diferentes sistemas de fertilización nitrogenada en diseños de bloques al azar, con cuatro y cinco repeticiones. Se encontró respuesta al fertilizante nitrogenado en todos los suclos estudiados, siendo muy intensa en los suelos Ferríticos y Ferralíticos, donde sin fertilizante nitrogenado solo se obtuvieron el 6.5 y 18 % respectivamente de los rendimientos máximos acumulados. En los suelos Pardos la respuesta fue menos intensa, garantizando el suelo el 58 % de los requerimientos del cultivo. La dosis óptima anual de nitrógeno dependió fundamentalmente del rendimiento máximo anual alcanzado, del tipo de suelo o condición edafoclimática y del fraccionamiento utilizado, oscilando entre 100 kg N.ha¹ para rendimientos de 1-1.3 t café oro.ha¹ en los suelos Pardos, 250 kg N.ha¹ para cosechas de 2-2.5 t café oro.ha¹ en los suelos Ferriticos y 300-350 kg.ha⁻¹ para rendimientos de 3-3.5 t café oro.ha en los suelos Ferralíticos Rojos de montaña. El coeficiente de aprovechamiento del fertilizante nitrogenado dependió del tipo de suelo, el fraccionamiento y la densidad de la plantación, siendo de 52 % en los suelos Ferríticos con cuatro fraccionamientos para densidades de 5 000 plantas.ha⁻¹ de 55 a 70 % en los suelos Ferralíticos Rojos con tres fraccionamientos y densidades de 5 000 ó 10 000 plantas.ha ¹ y de 33 % en los suelos Pardos con dos fraccionamientos.

RESUMEN. Durante el período 1981-1991 se desarrolla-

Palabras claves: Fertilización nitrogenada, aprovechamiento del fertilizante, tipos de suelo, Coffea ambica

INTRODUCCION

No hay dudas de que es el nitrógeno el elemento que más influye sobre los rendimientos del cafeto, en parte por las altas cantidades que del mismo requiere (Correa, García y Costa, 1986; Rivera y Mederos, 1993), así como por las cantidades relativamente bajas que puede aportar el suelo para garantizar los rendimientos propios de tecnologías de cultivo intensivo (Sánchez, 1981).

Por todo lo anterior es que abunda internacionalmente la información experimenta! sobre los requerimientos del fertilizante nitrogenado, oscilando las dosis

Dr. R. Rivera y Dr. J. R. Martín, Investigadores Titulares y J. D. Mederos, Investigador Agregado del departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal. No.1, San José de las Lajas, La Habana; Dr. C. Bustamante, investigador Auxiliar; M. Ochoa, C. González y Maritza Rodríguez, Investigadores Agregados y C. Sánchez, Investigador de la Red de Estaciones de Investigación de Café y Cacao (ECICC), Cruce de los Baños, Tercer Frente, Santiago de Cuba; J. Molina, Investigador Agregado de la Estación Experimental "La Renee", Quivicán, La Habana, Cuba.

entre 80 y 412 kg N.ha⁻¹.año⁻¹, dependiendo fundamentalmente del nivel de rendimiento obtenido, la tecnología del cultivo y condición edafoclimática concreta (Geus, 1967; Vicente-Chandler et al., 1968; Oficina del Café, 1977; Uribey Salazar, 1981; Carvajal, 1984; Krisna Murthy Raoy Ramaiah, 1985; Malavolta, 1986; Matiello et al., 1987).

Precisamente por esto, cualquier definición de sistemas de fertilización nitrogenada para un país, requiere de resultados experimentales obtenidos en las principales condiciones en que se cultiva y para las tecnologías más adecuadas, lo cual en unión de información sobre los análisis de suelo y foliar, y los criterios de exportación y requerimientos del cultivo permitirá definir los mismos.

En este trabajo se exponen los principales resultados, obtenidos del primer grupo de experimentos de respuesta a la fertilización nitrogenada, realizados para tales fines en el país.

MATERIALES Y METODOS

Durante el período 1978-1991 se llevaron a cabo un grupo de experimentos, para evaluar la respuesta a la fertilización nitrogenada del cafeto en diversas condiciones, correspondientes a los siguientes tipos de suelos: Ferrítico, Ferralítico Rojo de montaña, Ferralítico Rojo y Pardo.

Las principales características de los suelos y de las zonas en que se condujeron los experimentos, se presentan en las tablas i y il. Sitio Pinares de Mayarí - Suelo Ferrítico. El área está situada a 650 m sobre el nivel del mar y con un régimen de precipitación, temperatura y relieve muy favorables para el cultivo del cafeto (Tabla I). Los suelos son de baja fertilidad (Tabla II), con alta capacidad de fijación de fósforo y baja capacidad de intercambio catiónico; sin embargo, si se maneja adecuadamente tanto la fertilización mineral como la orgánica, se obtienen buenas plantaciones con muy buenos rendimientos.

Sitio Topes de Collantes - Suelo Ferralítico Rojo de montaña. Las plantaciones de cafeto están ubicadas a 700-750 m sobre el nivel del mar, en áreas con relieve ondulado y condiciones climáticas muy favorables para el cultivo (Tabla I). Los suelos poseen una capacidad de intercambio catiónico entre 10-13 cmol.kg⁻¹, con bajos contenidos de Ca y P, condiciones fuertes de acidez (Tabla II) y en ocasiones fuertemente desaturados; no obstante, un manejo adecuado de fertilizantes, abonos orgánicos, enmiendas y del cafeto conducen a plantaciones con muy buenos rendimientos.

Sitio San José de las Lajas - Suelo Ferralitico Rojo. Las plantaciones de cafeto están situadas a baja altura a 150 m sobre el nivel del mar, con un régimen de precipitación relativamente adecuado y temperaturas ligeramente altas (Tabla I). El suelo posee buena fertilidad (Tabla II) y condiciones muy buenas de relieve. El cafeto crece vigorosamente y con un adecuado manejo alcanza buenas producciones. En este caso se aplicó riego en el período 1982-86 en los meses de bajas precipitaciones con una media de cinco riegos.año⁻¹; con posterioridad se dejó de aplicar.

Tabla I. Principales características edafocilmáticas y de manejo del cafeto en las áreas cafetaleras

Sitio experimental	Suelo	Altura sobre el nivel del mar (m)	Precipitación anual (mm)	Días de lluvia anual*	Temperatura media anual* (°C)	Relieve	Sombra
Pinares de Mayarí	Ferrítico	65 0	1 626	180	21.4	meseta	Pinus cubensis
Topes de Collantes	Ferralítico Rojo de Montaña	700-750	2112	-	20.5	ondulado	<i>Eugenia jambo</i> y <i>Albicia</i> sp.
San José de las Lajas	Ferralitico Rojo	138	1 632	-	23.8	llano	plena exposición solar
Ili Frente	Pardo	250	1 446	117	24.6	montañoso	Pitheallobium saman

Las variables climáticas son medias del período 1981-1990, excepto en Topes de Collantes que corresponden al período 1986-91

Tabla II. Principales características químicas de los suelos de las áreas experimentales

Suelo*	pH-H ₂ 0	M.O. (%)	P ₂ O ₅ (mg.100g- ¹)	<u>K</u>	Ca (emol.kg ⁻¹	Ma	K/K+Ca+Mg (%)	CIC (cmol kg 1)	Al (cmol.kg ⁻¹)
Ferrítico	5.92	-	0.64	0.10	29	1 86	21	< 5	-
Ferralitico Rojo de montaña	4.33	4.69	1.60	0.20	20	0.58	7.0	10-13	1.96
Ferralítico Rojo	6.20	267	5.95	0.26	11.4	1.05	20	15-17	-
Pardo	6.25	3.40	2.80	0,75	320	10.60	1.7	~45	-

^{*}La clasificación de los tipos de suelos es según Hernández et al (1975) y en el caso del Ferralítico Rojo de montaña según Ruiz (1990), comunicación personal

Sitio III Frente - Suelos Pardos. Las plantaciones de cafetos están situadas aproximadamente a los 200 m sobre el nivel del mar, con fuerte pendiente y un régimen de precipitación menos favorable que los de Pinares de Mayarí y Topes de Collantes (Tabla I), no solo por la menor cantidad de lluvia sino por el menor número de días de lluvia.año⁻¹, así como por temperaturas mucho más altas. El suelo posee alta fertilidad química (Tabla II). En este tipo de condición edafoclimática el cafeto crece y produce menos que en cualquiera de los anteriores.

Las principales particularidades de los experimentos ejecutados en cada sitio se presentan en las tablas III y IV.

Los coeficientes de aprovechamiento del fertilizante nitrogenado se determinaron en todos los casos por el método de las diferencias:

C.A. (%) = Extracción N_1 - Extracción N_0 x 100 dosis de fertilizante N_1

siendo N_1 = Tratamiento fertilizante-N correspondiente a la dosis más adecuada en cada condición.

No = Tratamiento sin fertilizante N

Se utilizó la metodología de remoción de plantas y el análisis químico para el cálculo de la extracción en el experimento 5 y la de estimación de la extracción anual en el resto de los experimentos, a partir de la metodología descrita por Rivera (1993), basada en el nivel de rendimiento esperado y los índices de exportación (IE) y utilización (IU) del cafeto.

Los análisis estadísticos (Anova) se realizaron de acuerdo con los diseños utilizados, obteniéndose las dosis más adecuadas a través del ajuste por modelos discontinuos (Waugh, Cate y Nelson, 1973), madelos continuos o simplemente mediante la Prueba de Duncan.

RESULTADOS

Sitio Pinares de Mayarí - Suelo Ferrítico. La respuesta alafertilización nitrogenada fue muy intensa, observándose inclusive en el propio año que se plantó el cafeto en el crecimiento de las plantas. La no aplicación de fertilizante-N condujo a producciones mínimas, menores del 10 % del rendimiento máximo acumulado durante el primer ciclo productivo en los experimentos 1 y 2 (Figuras 1 y 2) y que ascendió a 28 % durante el segundo ciclo productivo en el primer experimento.

Tabla III. Experimentos ejecutados y características de los mismos

Suelo	Tipo de experimento	Diseño experimental	Período experimental	Observaciones
F errític ο	Experimento 1 5 sistemas de fertilización N y dos fondos fijos de P y K	Rectángulo latino, método factorial con 5 repeticiones	1981-1991 1er. cielo productivo* 1981-1987 2do. cielo productivo** 1987 en adelante	5 000 plantas ha ¹ 2 aplicaciones anuales de N en el primer ciclo y 4 en el segundo. No existió interacción significativa entre los factores
	Experimento 2 Fraccionamiento del fertilizante nitrogenado (4 fraccionamientos diferentes y un testigo sin fertilizante-N)	Bloques al azar con 5 repeticiones	1983-1991 1er. ciclo productivo* 1983-1990 2do. ciclo productivo** 1990 en adelante	5 000 plantas.ha ⁻¹
Ferralitico Rojo de montaña	Experimento 3 5 sistemas de fertilización-N y 3 niveles de estiércol	Bioques al azar, método factorial con 4 repeticiones	1986-1990	12 500 plantas ha ⁻¹ 3 aplicaciones anuales de N. Existió interacción entre los factores
Ferralitico Rojo	Experimento 4 3 sistemas de fertilización-N, 2 fuentes de abono orgánico y 3 dosis de estos	Bioques al azar, método factorial con 4 repeticiones	1982-1991 1 er. ciclo productivo* 1982-1989 2do. ciclo productivo** 1989 en adelante	5 000 plantas.ha ⁻¹ 3 aplicaciones anuales de N. No existió interacción significativa entre los tactores
	Experimento 5 2 sistemas de fertilización-N y 2 densidades de plantación (Evaluación del coeficiente de aprovechamiento)	Bloques al azar, con 7 repeticiones	1982-1986	5 000 y 1 0 000 plantas ha 3 aplicaciones anuales de N
Pardo sin carbonatos	Experimento 6 5 sistemas de fertilización-N y 2 fondos fijos de P y K	Rectángulo latino, método factorial con 5 repeticiones	1981-1991 1 er. ciclo productivo* 1982-1989 2do. ciclo productivo** 1989 en adelante	5 000 plantas ha ¹ y 2 aplicaciones anuales de N. No existió interacción significativa entre los factores

^{* 1}er. ciclo productivo - deede la plantación hasta la realización de la poda baja total

** 2do. ciclo productivo - después de la poda baja total

Tabla IV. Breve descripción de los sistemas de fertilización-N estudiados en los experimentos

Experimentos	Sistemas de fertilización-N
1 y 6	0-1 00-200-300-400 kg N.ha ⁻¹ .año ⁻¹
-	(1 er. ciclo productivo)
	0-80-160-240 320 kg N.ha ⁻¹ .año ⁻¹
	(2do. ciclo productivo)
2	1983-1984: 100 kg N.ha ⁻¹ . año ⁻¹
_	1983-1984: 100 kg N.ha ⁻¹ . año ⁻¹ 1985-1990: 250 kg N.ha ⁻¹ .año ⁻¹
3	1986: 0 - 35 - 70 - 105 - 140 kg N.ha ⁻¹
•	1987: 0 - 50 - 100 - 150 - 200 kg N.ha ⁻¹
	1988: 0-100 - 200 - 300 - 400 kg N.ha ⁻¹
	1989-1990: 0-125-250-375-500 kg N.ha ⁻¹
4	1982-1983: 0 - 40 - 80 - 120 kg N.ha ⁻¹
	1984-1985: 0-120-200-280 kg N ha ⁻¹
	1 984-1 985: 0 -1 20- 200- 280 kg N.ha ⁻¹ 1 986-1 989: 0 -200- 280- 380 kg N.ha ⁻¹
5	1982-1983: 0 - 80 kg N.ha ⁻¹
ŭ	1984-1985: 0 -200 kg N.ha ⁻¹

Elanálisis por el modelo discontinuo (Waugh, Cate y Neison, 1973) de los diferentes años, a partir de la primera cosecha grande durante el primer ciclo en el experimento 1, indicó que las necesidades de fertilizante nitrogenado dependerán del nivel de rendimiento máximo alcanzado; para buenas cosechas del orden de 2t café oro.ha⁻¹ fueron necesarios 270 kg N.ha⁻¹, que descendieron a 200 kg N.ha⁻¹ para rendimientos de 1.5 t café oro.ha⁻¹ y del orden de 1.25 kg N para cosechas menores del orden de 1.25 t café oro.ha⁻¹.

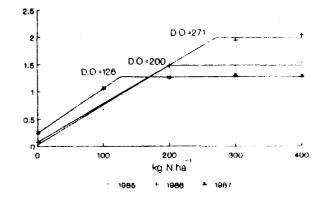
No obstante lo anterior, estas dosis dependerán del fraccionamiento utilizado, siendo relativamente altas aún para el nivel de producción obtenido e indicativas de una eficiencia de la fertilización relativamente baia.

Lo anterior se ejemplifica en el segundo ciclo productivo de este experimento, donde al variar el fraccionamiento a cuatro aplicaciones anuales, las dosis óptimas fueron siempre menores que las correspondientes al primer ciclo, garantizando rendimientos superiores y del orden de un 34 % mayor. En este caso, dosis de 240 kg N.ha.¹ garantizaron rendimientos de hasta 2.5 t café oro.ha.¹

En el experimento 2 (Fig. 2) precisamente se confirma la utilidad de fraccionar la dosis en cuatro momentos, alcanzándose siempre con este los mayores rendimientos e incrementos en el coeficiente de aprovechamiento de 36 % con dos aplicaciones a 52% con cuatro. En este caso, la dosis anual aplicada fue de 250 kg N.ha⁻¹.año⁻¹, similar a la óptima encontrada durante el segundo ciclo productivo en el experimento 1 y suficiente para garantizar altos rendimientos de hasta 2.5 t café oro.ha⁻¹.año⁻¹.

Sitio Topes de Collantes - Suelo Ferralítico Rojo de montaña. La respuesta del cafeto al fertilizante nitrogenado fue intensa, manifestándose en el crecimiento del cafeto a los diez meses de plantado; no obstante, el grado de Intensidad dependió de la dosis inicial de estiércol aplicada (Fig. 3).

1er ciclo productivo



2do ciclo productivo

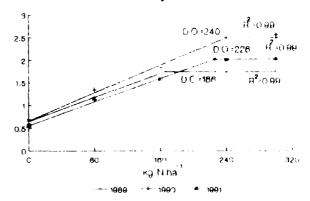


Figura 1: Efecto de la fertilización-N sobre el rendimiento. Sitio Pinares de Mayari. Suelos Ferríticos. D.O.-dosis óptima (relación café oro/cereza=0.19)

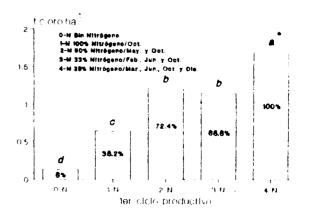
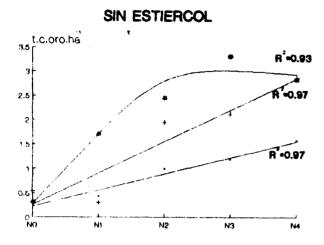
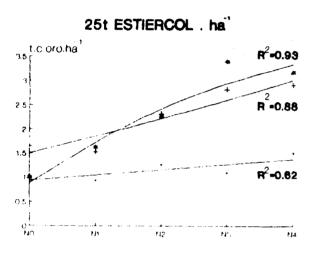


Figura 2. Efecto del fraccionamiento del fertilizante-N sobre el rendimiento promedio 1986-1990. Sitio Pinares de Mayari (% - % rendimiento máximo), * letras diferentes implican diferencias significativas al 95 % según Test de Duncan





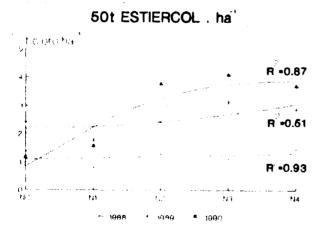


Figura 3. Efecto de la fertilización-N y dosis de estiércol sobre el rendimiento del cafeto. Sitio Topes de Collentes (relación café oro/cereza=0.18)

En ausencia de estiércol, la respuesta fue significativamente lineal y muy positiva, obteniéndose con el tratamiento Nobajos porcentajes con relación al rendimiento máximo obtenido (RM), que oscilaron entre 11 y 19 %, disminuyendo con el número de cosechas. Los mayores rendimientos se obtuvieron con las mayores dosis utilizadas (400-500 kg N.ha⁻¹.año⁻¹), las cuales son altas aún para los buenos niveles de rendimiento (3 t café oro, ha⁻¹.año⁻¹).

Enestecaso, los coeficientes de aprovechamiento del fertilizante-N estimados de acuerdo con Rivera y Mederos (1993), oscilaron entre 25-50 %, bajos en relación con el 70 % obtenidos para plantaciones con altas densidades sobre suelos Ferralíticos Rojos (Rivera, 1991) y pueden estar relacionados con los altos valores de aluminio cambiable y del porcentaje de saturación - Al en el perfil (>50 %) que existen en estos suelos Rojos de montaña, a través del efecto negativo de estas altas concentraciones sobre el desarrollo del sistema radical (Malavolta, 1986), y por ende, sobre la eficiencia de los procesos de absorción.

En presencia de la dosis media de estiércol (25 t. ha⁻¹) la respuesta fue menos intensa, obteniéndose con el tratamiento N₀ el 69 % del rendimiento máximo en la primera cosecha, disminuyendo sucesivamente en las posteriores cosechas hasta un 25 %. El sistema de fertilización N₃ garantizó el 95 % del rendimiento máximo acumulado y tomando como criterio de optimización de la fertilización, las dosis que garantizaron el 90 % del RM, entonces las mismas serían de 260, 310 y 320 kg.ha⁻¹.año⁻¹ para la primera, segunda y tercera cosechas respectivamente, obteniéndose una relación positiva entre el nivel del rendimiento máximo anual alcanzado y los requerimientos de fertilizantes.

En los tratamientos que recibieron la dosis superior de 50 t de estiércol, no se obtuvo una respuesta positiva a la aplicación de fertilizante-N en la primera cosecha, comenzando esta a partir de la segunda cosecha y aumentando la intensidad de la respuesta con el número de cosechas.

Los datos presentados en la figura 3 indican que elefecto del estiércol va disminuyendo paulatinamente, lo cual debe estar relacionado entre otros con la propia descomposición de este material, debiendo señalarse que estas aplicaciones no solo aportaron cantidades apreciables de N, 260-520 kg N ha respectivamente, sino además Ca y Mg, mejorando sensiblemente las condiciones de acidez en los primeros 25 cm en dicho período (Rivera et al., 1992).

Sitio San José de las Lajas - Suelo Ferralítico Rojo. Se encontró una marcada respuesta al fertilizante nitrogenado en los experimentos realizados, inclusive sobre el crecimiento al año de plantado el cafeto, que se incrementó con el número de cosechas (Tabla V). El tratamiento No garantizó un bajo rendimiento relativo acumulado que osciló entre el 5 y el 14 % del RM obtenido en cada caso.

La dosis óptima anual dependió del rendimiento máximo alcanzado; para buenas producciones que oscilaron entre 1.8-2.06 t café oro.ha⁻¹ (2.6-2.9 kg café cereza planta⁻¹) fueron suficientes dosis de 200 kg N.ha⁻¹, las cuales se incrementaron hasta 280 kg N.ha⁻¹ cuando el rendimiento se elevó hasta 2.37 t café oro.ha⁻¹ (3.4 kg café cereza planta⁻¹), fraccionándose en todos los casos el nitrógeno en tres momentos (marzo, junio y septiembre).

Tabla V. Rendimientos anuales y acumulado en el experimento 4 en el sitio San José de las Lajas

Experimento 4						
Trata- mientos (kg.ha ⁻¹)	<u>1984</u> (t café c	1.985 oro.ha ⁻¹)	Trata- mientos (kg.ha ⁻¹)	<u>1987</u> (t d	1988 afé oro.h	1969 a ⁻¹)
0	0.85 c	0.28 o	0	0.21 b	0.00 b	0.00 b
120	1.43 b	1.78 b	200	1.90 a	1.81 a	1.89 a
200	1.55 ab	1.93 b	280	1.88 a	206 a	211 a
260	1.65 a	237 a	360	1.88 a	1. 92 a	211 a
E.S. X	0.44**	0.60**	,	0.85**	0.78**	0.84**

relación café oro/café cereza - 0.14

En estos suelos con contenidos de materia orgánica de 2.5-2.8 % (Tabla II) y un porcentaje de saturación por bases entre 60-70 %, la aplicación de abono orgánico (cachaza o estiércol) solo incrementó significativamente el crecimiento y el rendimiento hasta la primera cosecha, y al término de cinco cosechas no existieron diferencias entre los acumulados con y sin abono orgánico y, por esta razón, solo se presenta la información del efecto de la fertilización-N.

El fraccionamiento del fertilizante-N presentó una decisiva influencia sobre la eficiencia de la fertilización nitrogenada. En la tabla VI se resume la información obtenida sobre los requerimientos de fertilizante-N en diferentes experimentos ejecutados sobre este tipo de suelo y con diferentes fraccionamientos.

Tabla VI. Influencia del fraccionamiento del fertilizante-N sobre los requerimientos defertilizantes en suelo Ferralítico Rojo

Número de aplicaciones anuales	Doele óptima encontrada (kg N.ha ⁻¹)	Rendimiento promedio (t café oro.ha ⁻¹)		
1	420	1.35 (1)		
2	300-405	1.33 (2)		
3	200-280	1.90 (3)		

^{*} Rendimiento promedio de las diferentes cosechas informadas

Se observó cómo la dosis óptima fue disminuyendo desde 420 kg N.ha. cuando se utilizó un solo momento de aplicación anual, hasta 200-280 kg N.ha. para tres fraccionamientos, siendo inclusive los rendimientos obtenidos mayores en la medida que aumentó el número de fraccionamientos.

La eficiencia de la fertilización-N también dependió de la densidad de plantación. A partir del experimento 5 se obtuvo que, con densidades de 5000 plantas. ha⁻¹, el aprovechamiento del fertilizante-N fue de 55 % y ascendió hasta 70 % cuando la densidad se incrementó hasta 10 000 plantas. ha⁻¹. Una información más detallada de este aspecto fue publicada por Filvera (1991).

Sitio III Frente - Suelos Pardos. Se presentó una respuesta positiva a la fertilización nitrogenada, que se evidenció a los 18 meses de plantado el cafeto en las evaluaciones de crecimiento, ratificándose en las diferentes cosechas (Fig. 4). Los tratamientos sin fertilización nitrogenada, garantizaron en este caso el 58 % del RM, siendo un porcentaje relativamente alto que indica un suministro medio de nitrógeno por estos suelos, al menos para los niveles de rendimiento obtenidos.

La dosis de 100 kg N.ha⁻¹ resultó prácticamente la más adecuada para los diferentes años, con producciones anuales que oscilaron alrededor de 1 t café oro.ha⁻¹, con excepción de 1986 (tercera cosecha), en la cual se incrementaron los rendimientos hasta 1.5 t café oro.ha⁻¹ y, por ende, los requerimientos de fertilizante-N. En dicho año la dosis más adecuada según el ajuste realizado fue de 200 kg N.ha⁻¹, aunque posiblemente desde el punto de vista económico, sería más apropiada una dosis entre 100 y 200 kg N.ha⁻¹.

Durante el segundo ciclo productivo se mantuvieron los mismos criterios de fertilización obtenidos en el primer ciclo, aunque los rendimientos obtenidos (Fig. 4) fueron ligeramente inferiores a los encontrados en el primer ciclo. De forma general, la eficiencia de la fertilización mineral fue relativamente baja, con estimados de recobrados del orden de 33 %.

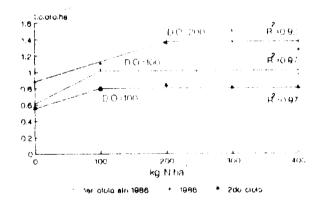


Figura 4. Efecto de la fertilización-N sobre el rendimiento. Sitio III Frente. Suelos Pardos (relación café oro/cereza=0.15) D.O. doeis óptima

DISCUSION

Se encontraron respuestas significativas y positivas al fertilizante nitrogenado en los diferentes sitios experimentales estudiados, muy intensa en los sitios sobre suelos Ferríticos y Ferralíticos Rojos y media en el sitio sobre suelos Pardos, suministrando los suelos del 5al 8 %, del 13 al 19 % y el 58 % de los requerimientos del cafeto respectivamente.

Es interesante destacar que si blen este grado de respuesta no solo debe depender de las características del suelo (disponibilidad de N) sino de los requerimientos del cultivo, en este caso el suministro de N anual estimado de acuerdo con Rivera y Mederos (1993) fue de 10, 38 y 67 kg N.ha⁻¹ para los suelos Ferrítico, Ferralítico Rojo y Pardo, indicando que el tipo de suelo fue un factor determinante en el grado de respuesta al fertilizante-N.

^{*} letras diferentes implican diferencias significativas al 95 %, según Test de Duncan

^{**} Prueba de F significativa al 99 %

¹⁻ Martin, 1968

²⁻ Molina, Chala y Micaela Estrada, 1990

³⁻ Datos del experimento 4

El aprovechamiento del fertilizante nitrogenado (según el método de las diferencias), osciló alrededor del 50 % para todos los suelos, excepto los Pardos donde se obtuvieron valores bajos y del orden del 30 %. Recobrados del orden del 50-55 % se señalan como valores relativamente adecuados, de acuerdo con la amplia información de que se dispone en otros cultivos y condiciones (Allison, 1955; Sánchez, 1981) y teniendo en cuenta los diferentes procesos de pérdidas absoluta o temporal a que se encuentra sometido este elemento (Roswally Paustian, 1984).

Está claro que este aprovechamiento dependió del método empleado para estimar el mismo, debiendo señalarse que en el cafeto es mínimo el número de trabajos con ¹⁵N en condiciones de campo (Rivera, 1988), realizándose este en suelo Ferralítico Rojo, donde se obtuvieron valores ligeramente Inferiores al de 50 %, encontrado por el método de las diferencias. Es de señalar, además, que son muy escasas las evaluaciones de aprovechamiento del fertilizante-N aún con el método de las diferencias.

No existen, por otra parte, referencias sobre los tipos de pérdidas preponderantes por tipo de suelo, exceptuando en suelos Ferralíticos Rojos (Rivera, 1988) y estimándose hasta en 25 % las pérdidas del sistema, fundamentalmente gaseosas; no obstante, en los Ferríticos y en los Ferralíticos Rojos de montaña el lavado puede ser una pérdida importante por el nivel de precipitación, la textura del suelo y la poca profundidad del sistema radical (Rivera et al., 1989) entre otros factores.

La optimización del fraccionamiento fue decisiva en los suelos Ferríticos y Ferralíticos Rojos, estando muy relacionada en Pinares de Mayarí la respuesta positiva a cuatro aplicaciones anuales con la buena distribución del régimen de precipitaciones (Tabla I), siendo necesario precisar los fraccionamientos más adecuados para otras condiciones.

El bajo aprovechamiento del N obtenido en el sitio con suelos Pardos y el hecho de que el cafeto presentó en este los menores índices de crecimiento y producción, sugieren que esta baja eficiencia no solo pueda ser una consecuencia del fraccionamiento utilizado, sino además por la existencia de uno o varios factores limitantes, posiblemente relacionados con un régimen desfavorable de humedad en el suelo y de temperaturas, que influyen negativamente sobre los procesos de absorción y crecimiento del cafeto.

Así mismo, surge como una vía importante para elevar el recobrado del fertilizante, el incremento en la densidad de plantación, aunque es necesario señalar que los requerimientos absolutos pueden aumentar al incrementarse los rendimientos, pero siempre con una mayor eficiencia en la utilización del fertilizante (Rivera, 1991).

Las dosis de fertilizante-N más adecuadas además de variar entre los sitios, asociadas con el potencial productivo, tipo de suelo, aprovechamiento del fertilizante, etcétera, varían en el mismo dependiendo de los rendimientos máximos anuales (Rivera et al., 1989); no obstante, se encontró una nítida separación entre los requerimientos de fertilizantes para las diferentes condiciones estudiadas.

Las dosis obtenidas se encuentran dentro del amplio rango establecido internacionalmente para el cafeto (Oficina del Café, 1977; Uribe y Salazar, 1981; Carvajal, 1984; Malavolta, 1986 y Matiello et al., 1987) y reflejan la diversidad de condiciones edafoclimáticas en las cuales se cultiva el cafeto en Cuba.

BIBLIOGRAFIA

- A moderna cafeicultura nos cerrados. Instrucces Técnicas sobre a cultura de café no Brasil. /J. C. R. Matiello.../et al/.- Río de Janeiro : Instituto Brasileiro do Café, 1987.-148 p.
- Allieon, F. J. Nitrogen Losses in Soil. Advances In Agronomy 7:213-250, 1955.
- Carvajal, J. F. Cafeto, cultivo y fertilización. / J. F. Carvajal.-Berna : Instituto Internacional de la Potasa, 1984.- 254 p.
- Correa J. B., Extracac de nutrientes pelos cafeiros M. Novo e Catual. / J. B. Correa, A. W. R. García, P. C. Costa.- En. Congreso Brasileiro Pesquisas Cafetaleras, 13, Sao Lourenco, 1986.- p. 35.
- Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Oficina de Café. Informe anual de labores 1976.- San José, 1977.- 84 p.
- Geus, J. G. de. Guía de fertilización para cultivos tropicales y subtropicales. / J. G. de Geus.- Zurich : Centre d'Etude de L'azote, 1967.
- Hernández, A. /et a//. Il Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. Suelos (La Habana) (23):1-25, 1975
- Kriena Murthy Rao, W. ArrApproach to Rationalised Fertilizer Usage For Coffee. En: Colloque ASIC, 11 Togo, 1985./W. Kriena Murthy Rao, K Ramaiah.- p.589-598.
- Malavolta, E. Nutricao, adubacao e alagem para o cafeeiro. / E. Malavolta. En: Cultura do Cafeiro, fatores que afetam a productividade. Rio de Janeiro; Associacao Brasileira da Potassa, 1986.-447 p.
- Martín, J. R. La fertilización NPK del Coffea arabica L. / J. R. Martín.-Tesis de grado (Dr. en Ciencias Agrícolas), INCA, 1988.
- Metodología para calcular los requerimientos de nutrientes y dosis de fertilizantes para el cafeto. / R. Rivera... /et at/ - Informe final de investigación; INCA, 1992-30 h.
- Molina, J. Perfeccionamiento de la fertilización del cafeto en el Wajay. / J. Molina, S. Chala, Micaela Estrada Informe final de investigación; Instituto de Suelos, 1989.
- Perfeccionamiento de la fertilización del cafeto en densidades medias. / B. Rivera. / et al/ Informe final de investigación, INCA, 1989.- 72 p.
- Rivera, R. Nutrición, fertilización y balance del fertilizante nitrogenado (15N) para el cafeto en un suelo Ferralítico Rojo compactado. / R. Rivera - Tesis de grado (Dr. en Ciencias Agrícolas); INCA, 1988 - 110 h
- Rivera, R. Deneidad de plantación y aprovechamiento del fertilizante nitrogenado en el cultivo del cafeto, variedad Caturra, sobre suelos Ferralíticos Rojos compactados. Cultivos Tropicales (La Habana) 12(3):5-8, 1991.
- Rivera, R. y J. D. Mederos. Requerimientos de NPK de una plantación de cafeto var. Caturra a plana exposición solar, sobre suelo Ferralítico Rojo compactado. **Cultivos Tropicales** (La Habana) 14(1): 1-7, 1993.
- Roswall, T. y K. Pauetian Cycling of Nitrogen in Modern Agricultural Systems Plant and Soll (La Haya)76(1-3) 3-21, 1984.
- Sánchez, P. A. Suelos del Trópico. Características y manejo. / A. Sánchez. San José de Costa Rica : Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1981.-634 p.
- Uribe, A. y V. Salazar Distancias de siembra y dosis de fertilizantes en la producción de café. Centcafé (Chinchina) 32(3):88-105, 1981.
- Vicente-Chandler, J. / et al./. Intensive Coffee Culture in Puerto Rico.

 University of Puerto Rico Mayagüez Campus Agr. Exp. Sta.

 Bull. (Mayagüez)211:84, 1968
- Waugh, D. L. Modelos discontinuos para una rápida correlación, interpretación y utilización de los datos de análisis de suelos y las respuestas a los fertilizantes. / D. L.Waugh, R. B. Cate, L. Nelson.- Carolina del Norte: Universidad Carolina del Norte. 1973.

Recibido: 1 de septiembre de 1993 Aceptado: 15 de octubre de 1993