

# EFECTO DE NIVELES DE NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO EN LA PRODUCCION DE CACAO EN COLOMBIA

A. Uribe, H. Méndez y J. Mantilla

## Introducción

Países americanos y africanos, reconocidos productores de cacao, han adelantado numerosos estudios sobre fertilización. En Trinidad, experimentos sobre fertilización, distancia de siembra y sombra, señalan la importancia de utilizar mezclas completas de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en cacao a plena exposición solar. En México, se demostró una buena respuesta a la aplicación de N. En este caso se indica la amplia relación C/N de los residuos sobre el campo que hace necesaria la aplicación de altas cantidades de este elemento (Quiroz, 1981).

Experimentos conducidos en Brasil han demostrado que la fertilización del cacaotero bajo sombra solamente produce pequeños incrementos en producción, mientras que la fertilización de cacao a plena exposición solar produce incrementos considerables en rendimiento de grano seco. La fotosíntesis es mucho más intensa en una plantación sin sombra y la respuesta a la fertilización es alta. Sin embargo, cuando se suprime todo el sombrío y no se fertiliza, los rendimientos se reducen apreciablemente con el tiempo y la plantación entra en senescencia temprana (Pinto, 1962; Murria, 1982).

Los incrementos en producción documentados en experimentos conducidos en Africa son muy interesantes. Experimentos conducidos en Ghana, evaluados por 3 años consecutivos que se iniciaron en una plantación de 9 años de edad, demostraron que la aplicación de fertilizantes sin remoción de sombra incrementó la producción en un 25%. La simple remoción del sombrío elevó la producción de 750 a 2875 kg/ha (Pinto 1963, citado por Llano y Castaño 1997).

Los trabajos de investigación sobre fertilización edáfica y foliar en el cultivo del Cacao en Colombia han sido relativamente escasos. Se dispone de poca información sobre los requerimientos nutricionales, las dosis y épocas de aplicación de fertilizantes de acuerdo con la edad y grado de sombrío de las plantaciones en las diferentes zonas productoras del país.

Resultados de un experimento realizado durante 4 años en Marsella, Risaralda, Colombia, en una plantación de 9 años de edad, constituida por una mezcla comercial de híbridos, demuestran que la respuesta a la fertilización se obtiene a largo plazo. El mejor tratamiento obtuvo un promedio de 2536 kg/ha y fue el de mayor rentabilidad (Llano y Castaño, 1977).



Foto 1. Síntomas deficiencia de N en cacao.



Foto 2. Síntomas de deficiencia de K en cacao.

\* Tomado de: Uribe, A., H. Méndez y J. Mantilla. 1998. Efecto de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio sobre la producción de cacao en suelo del Departamento de Santander. Revista Suelos Ecuatoriales, 28:31-36.

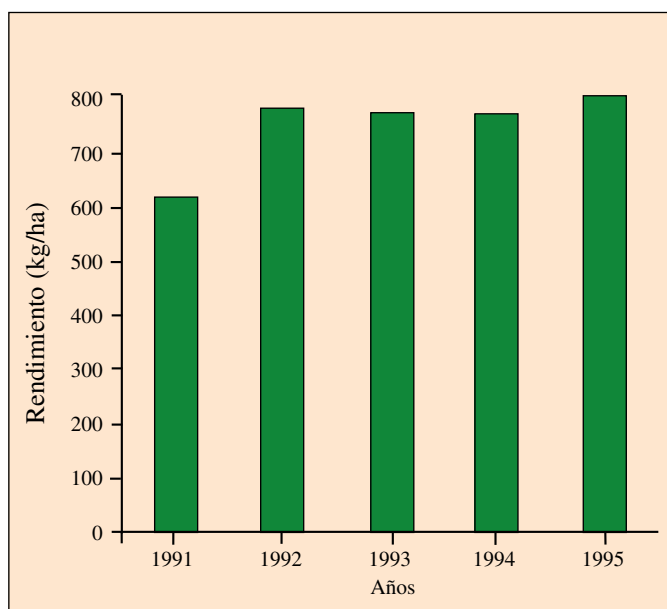
Experimentos conducidos en el área de Santa Marta, en el Caribe Colombiano, en una plantación de cacao constituida por mezcla de híbridos, se encontró que los mejores rendimientos se obtuvieron con la aplicación de 350 kg/ha de las fórmulas 13-26-4 y 12-6-22-2. La primera produjo 1.077 kg/ha y la segunda 1.020 kg/ha que representan incrementos de 383 y 325 kg sobre el testigo (694 kg/ha), respectivamente (Quiroz, et. al., 1981).

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la respuesta agronómica y económica del cultivo del cacao a plena exposición solar a la aplicación de diferentes niveles de N, P y K, en la zona agroecológica de mayor importancia para el cacao en Colombia.

## Materiales y métodos

El experimento se condujo desde octubre de 1990 a enero de 1996 en el municipio de Landázuri, Santander, Colombia. El sitio está ubicado a 900 m.s.n.m y tiene una precipitación promedio anual de 3.000 mm, temperatura media anual de 24°C y una humedad relativa del 85%. El suelo del área experimental presenta textura arcillosa, reacción ácida pH (4.7), alto contenido de M.O. (9.3%), mediana a alta saturación de aluminio (66%), bajos contenidos de P (9.0 ppm) y K (0.11 meq K/100 g).

Los tratamientos utilizados en el experimento fueron dosis anuales de las siguientes combinaciones: Testigo agricultor (200 g dolomita/planta + 2 kg/planta de gallinaza ); 50-90-50; 100-90-50; 150-90-50; 50-90-100; 100-90-100; 150-90-100; 50-90-200; 100-90-200



**Figura 1. Rendimientos de cacao durante los 5 años del estudio (1991-1995) promediados a través de los tratamientos de fertilización, en Landázuri, Colombia.**

y 150-90-200 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente. Todas las unidades experimentales recibieron una aplicación anual de 200 g/planta de dolomita. Las fuentes utilizadas fueron urea, superfosfato triple y cloruro de potasio. Las dosis anuales se fraccionaron en 2 aplicaciones que se colocaron al inicio de los principales períodos lluviosos (marzo y septiembre). La plantación a plena exposición solar estuvo constituida por una mezcla comercial de híbridos y al inicio del trabajo las plantas tenían 4 años de edad. Se realizaron los análisis de suelos en las etapas inicial, intermedia y final del experimento.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones. La parcela experimental estuvo constituida por 15 árboles, con sus respectivos bordes. Mediante un normal manejo agronómico se atendió la plantación y la recolección de frutos con una frecuencia quincenal o mensual, según fuera época de alta o baja cosecha.

## Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan los rendimientos promedio de 5 años como respuesta a la aplicación de los diferentes tratamientos. Sobresalen por su mayor respuesta a las dosis más altas de N y K. El tratamiento 150-90-200 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente, es el mejor con una producción promedio de 1160 kg de grano seco/ha, rendimiento que superó al testigo con 597 kg/ha, lo que equivale a un 51% de incremento. El segundo mejor tratamiento es el de 100-90-200 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, con un rendimiento promedio de 1049 kg de grano seco, lo que equivale a un incremento del 46% frente al testigo.

Las respuestas en rendimiento de grano seco a la aplicación de niveles crecientes de N y K se explican en gran parte por los requerimientos del cultivo y por el

**Tabla 1. Efecto de niveles crecientes de N y K en el rendimiento de cacao en Landázuri, Colombia. Rendimientos promedio de 5 años (1991-1995).**

----- Tratamientos, kg/ha -----			Rendim.
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	kg/ha
50	90	50	560
100	90	50	574
150	90	50	572
50	90	100	601
100	90	100	650
150	90	100	943
50	90	200	819
100	90	200	1049
150	90	200	1160
Testigo			562

bajo contenido de nutrientes en el suelo (Tabla 2). Estos resultados son similares a los obtenidos en otros estudios con cultivos de cacao sin sombra en diferentes países en el mundo (Cabala, 1975).

El análisis combinado de varianza del rendimiento por años, promediando los tratamientos de fertilización, indica que el año 5 del estudio fue el que acumuló

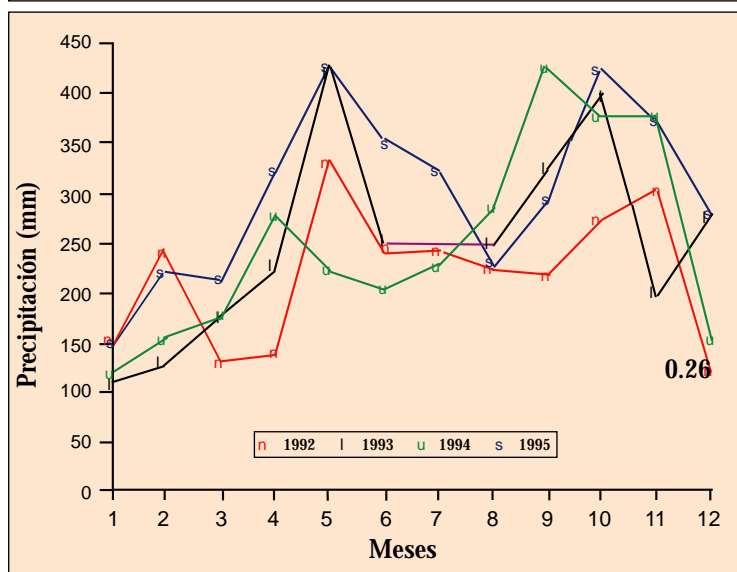
mayor rendimiento con un promedio de 802 kg de granos secos/ha. Los años 2, 3 y 4 presentan rendimientos más o menos similares y el año 1 resultó ser el de menor rendimiento (Figura 1). Estos resultados son similares a los obtenidos en otros estudios y demuestran que el efecto de la fertilización en cultivos de plantación como el cacao se materializa a largo plazo (Llano y Castaño, 1977). La Tabla 2 registra la dinámica de los nutrientes en el suelo durante el período del estudio. Los incrementos visibles en la fertilidad aseguran la sostenibilidad del recurso suelo, su nivel nutritivo y la producción de rendimientos altos.

La mayoría de zonas productoras de cacao en Colombia, excepto las localizadas sobre la costa pacífica, presentan un rango de precipitación que va de 1000 a 2000 mm anuales. La zona de estudio tiene un promedio de 2956 mm para los últimos 4 años del estudio. La distribución de la precipitación es importante para determinar la época de aplicación de los fertilizantes a través del año. Aun cuando este no fue un parámetro de estudio cabe indicar que la aplicación de las dosis totales de fertilización utilizadas en el estudio se fraccionaron para coincidir con el inicio de los períodos de lluvia (Figura 2). Esto contribuye también al efecto de la aplicación de nutrientes en el rendimiento.

La tasa de retorno marginal para los diferentes tratamientos se presenta en la Tabla 3. De acuerdo con este análisis el mejor tratamiento, en términos económicos, es la aplicación 150-90-200 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente. Al comparar este tratamiento con el segundo mejor tratamiento

**Tabla 2. Análisis inicial, intermedio y final en las parcelas donde se obtuvo el mejor rendimiento. Landázuri, Colombia.**

Fecha	pH	M.O. %	P ppm	Al ---	K meq/100 g suelo	Ca ---	Mg ---
Marzo, 1990	4.6	9.2	10	2.9	0.12	0.60	0.11
Agosto, 1992	5.0	9.7	12	2.4	0.21	0.75	0.19
Julio, 1994	5.6	10.8	14	2.1	0.31	1.01	



**Figura 2. Distribución de la lluvia en el municipio de Landázuri, Colombia en el período 1992-1995.**

**Tabla 3. Tasa de retorno marginal por tratamiento en el experimento de fertilización cacao en Landázuri, Colombia.**

Tratamientos, kg/ha			Beneficio neto parcial \$/ha *	Costo variable fertilizantes \$/ha	Incremento marginal beneficio neto	Incremento marginal costo variable	Tasa retorno marginal %
150	90	200	1310500	258200	115250	37300	308
150	90	100	1195250	220900	103000	40100	256
150	90	200	1092250	180800	424400	37300	137
50	90	200	886150	184500**			
100	90	100	695300	182200**			
50	90	100	667850	143500	36700	18650	196
50	90	50	631150	124850			
Testigo			615700	143000**			
100	90	50	611350	163550**			
150	90	50	569950	202250**			

\* Pesos Colombianos (2200 pesos por dólar).

\*\* Tratamientos dominados.

(150-90-100), se observa que produce un ingreso adicional de \$115.250/ha, con una inversión adicional de \$37.300, lo que se traduce en una tasa de retorno marginal del 308%, considerado altamente rentable. Al compararse el mejor tratamiento con el tratamiento testigo, se observa un ingreso adicional de \$694.800/ha con una inversión marginal de solo \$115.200, lo que es altamente rentable.

## Conclusiones

El experimento documentó claramente la necesidad de fertilizar plantaciones de cacao a plena exposición solar, debido a su intensa actividad fotosintética que se refleja en altos rendimientos. Se obtuvo una alta respuesta a la fertilización con N y K y en el tratamiento que produjo el mejor tratamiento se aplicó al suelo 150-90-200 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente. Los datos demuestran que la fertilización adecuada del cacao a plena exposición puede ser rentable y que los rendimientos se sostienen a través del tiempo.

## Referencias bibliográficas

- Cabala, R. P. 1975. Exigencias nutricionales e fertilizacáo do cacauero. Centro de pesquisas Docacau. Itabuna, Brasil P:1-10.
- Llano, A. O. y Castaño M. C. 1977. Segunda etapa del ensayo sobre fertilización en cacao (*Theobroma cacao* L.) en la hacienda Calamar. Tesis U. Caldas. Manizales (Colombia).
- Murray, D. B. 1982. Sombra y Nutrición. Cacao. 3ª edic. México. Edit. Continental. Pág. 13-159.
- Pinto, C. M. D. 1963. Requerimiento nutricional del Cacaotero durante un ciclo anual. Rev. Instituto Internacional de Ciencia Agrícolas.
- Quiroz, P. G. et al. 1981. Abonamiento del Cacao (*Theobroma cacao* L.) en fertilizantes compuestas en el corregimiento de Río Frío, zona bananera. I. A, Tesis (Resumen) 8ª conferencia Internacional de Cacao. Cartagena Oct. 18-24. 6 pág.

## Eficiencia del uso de nutrientes.. cont.

y eólica. Se producen cantidades altas de residuos que enriquecen el suelo con materia orgánica. Si los rendimientos se localizan en el rango B, se logra el óptimo económico y esto ayuda a asegurar la sostenibilidad del sistema.

Se podría concluir que la agricultura en los países desarrollados, como Estados Unidos o Europa Occidental, caería en esta categoría y esto es probablemente cierto. Sin embargo, en estos países todavía se encuentran preocupaciones de tipo ambiental como las pérdidas de suelo por erosión y la acumulación de N y P en los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, así como con la viabilidad económica de la agricultura. A qué se debe esto? En parte se debe a que la mayoría de agricultores están en la parte superior del área III, o en la base del área IV de la curva, y todavía pueden mejorar. Los agricultores están tratando de introducir mejoras en el sistema, ya sea por medio de un mejor balance de nutrientes y adecuadas épocas y formas de aplicación de los fertilizantes, buscando elevar la **Eficiencia de Uso de Nutrientes**, por medio de un mejor manejo de los residuos del cultivo para reducir la erosión y mejorar la calidad del suelo, por medio de fajas de filtración que controlen la escorrentía superficial e intercepten los nutrientes que podrían perderse del campo hacia los

cuerpos de agua, y por medio de una gran cantidad de otras decisiones de manejo que buscan rendimientos más altos y mejor control ambiental.

Muy pocos agricultores logran rendimientos mayores al 75 u 80% del rendimiento potencial, aun en los países desarrollados. Por esta razón, se han empezado a utilizar nuevas herramientas en lo que hoy se conoce como Agricultura de Precisión o más objetivamente como agricultura de Manejo por Sitio Específico. Todo este nuevo manejo mejora la **Eficiencia de Uso de Nutrientes** y lo lleva a niveles aceptables para una producción agrícola sustentable, que provea adecuada cantidad de alimentos, fibras y combustibles en todo el mundo. En este punto se logra una verdadera **Eficiencia en el Uso de Nutrientes**, un punto que reside en el área IV de la curva y no en las áreas I, II y III. La **Eficiencia de Uso de Nutrientes** se optimiza como parte del sistema total de producción y esto a su vez maximiza la **Eficiencia de Uso de la Tierra** y el retorno económico a los insumos utilizados, mientras que al mismo tiempo se protege el ambiente. Estos componentes definen y determinan la sostenibilidad de la agricultura al momento y en el futuro.