



RESUMEN

Con el propósito de determinar el efecto de la materia orgánica, la cal dolomita y el azufre, sobre la producción de cacao, se condujeron experimentos durante dos años en las localidades cacaoteras de Rionegro y Lebrija, en el departamento de Santander. Para el diseño experimental se establecieron parcelas principales con diferentes dosis de materia orgánica y subparcelas con cal dolomita con tres repeticiones. En los experimentos para determinar las dosis de azufre se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, tomando unidades experimentales parcelas de 16 árboles. Como fuente de materia orgánica se utilizaron diferentes dosis de gallinaza de piso. También se aplicó cal dolomita, y la urea revestida SUL-N-64, como fuente de azufre. El trabajo se realizó en suelos con contenidos de aluminio superiores a 5 meq/100 gr. de suelo y pH inferior a 5.5, bajos en materia orgánica, fósforo, calcio y magnesio y contenido medio de potasio. Los mejores rendimientos biológicos y económicos para las dos zonas, se obtuvieron con aplicaciones de 1 kg de gallinaza y 300 gr. de cal dolomita por planta año, fraccionados en partes iguales en cada semestre, con una rentabilidad de \$388 y \$287 por cada \$100 invertidos. Se recomienda la aplicación entre 20 y 40 kg/ha de azufre, para obtener rendimientos de cacao entre 1079 y 1130 kg/ha. con rentabilidad de \$514 y \$556 por \$100 invertidos. Las aplicaciones de azufre deben estar acompañadas de cal dolomita, gallinaza y cantidades adecuadas de fósforo y potasio de acuerdo con los requerimientos de la planta y el análisis de suelo.

**Palabras Claves:** Cacao, nutrición, correctivos, dolomita, gallinaza, azufre, fertilización cacao, producción cacao.

## Producción de cacao mediante la aplicación de materia orgánica cal dolomita y azufre

### Cacao production with organic matter, dolomite lime and sulfur applications

Luis Antonio Mejía Florez<sup>1</sup>

#### ABSTRACT

To determine the effect of organic matter, dolomite lime, and sulfur application on cacao's production, a series of experiments were done during two years, at the Rionegro and Lebrija regions at Santander. The experimental design consisted of three plots with different organic matter dosage, and subplots with addition of dolomite. Three replications were made. A random block design, with three replications, each plot with 16 trees, was used to determine the sulfur dosage. Different doses of poultry manure (deep pit) was used as the source of organic matter. Dolomite lime and covered urea SUL-N64, as sulfur source, were also used. The soils had a higher than 5 meq./gr. aluminum content and a pH lower than 5.5; low organic matter, phosphorus, calcium and magnesium content, and a medium potassium content. The best biologic and economic yields for both areas were obtained with applications of 1 Kg of hen dung and 300 gr. Of dolomite lime per plant/year, separated in equal amounts per semester. The profitability was \$388 and \$287 per \$100 invested. The application of 20 to 40 Kg/ha of sulfur is recommended to obtain cacao yields of 1079 and 1130 Kg/ha and a profitability of \$514 and \$556 per \$100 invested. The sulfur applications must be done adding dolomite lime, hen dung and adequate amounts of phosphorus and potassium, following the plant and soil analysis requirements.

**Key Words:** Cacao nutrition, corrective, dolomite, poultry manure, sulfur, cacao fertilization, cacao production.

<sup>1</sup> Ing. Agr. M. Sc. Edafólogo - Corpoica - Bucaramanga  
A.A. 1618 Avenida Quebrada Seca No. 31-39

### INTRODUCCION

Según el censo cacaoero de 1998, en Colombia se cultivan 89.000 hectáreas de cacao con una producción de 39.000 t/año, un valor de \$80.000 millones que benefician a 12.000 familias. Los suelos de las zonas cacaoeras son ácidos con pH menor de 5.5, contenidos altos de aluminio intercambiable mayor de 5.0 meq/100g de suelo, bajos en calcio y magnesio, materia orgánica menor de 3% y bajos en azufre, contenidos menores de 10 ppm (Méndez 1991), razón por la cual un buen programa de nutrición en cacao debe incluir aplicaciones de calcio, magnesio y azufre.

En Colombia no se han desarrollado trabajos de investigación sobre la aplicación de materia orgánica, correctivos de la acidez y azufre, por lo tanto se hace necesario adelantar estudios en la zona del oriente colombiano con el propósito de determinar la influencia de estos elementos para los productores de la región, cuya producción es alrededor de 480 kg/ha. La importancia del azufre en la producción de cultivos, se ha reconocido en numerosas especies como caña de azúcar, leguminosas, hortalizas y soya. (Gualdrón y Salinas, 1981).

Los resultados de este trabajo aportan a la solución parcial de los problemas de la baja producción de cacao, asociados al bajo estado nutricional de los suelos, y a la disminución del daño provocado por los efectos tóxicos del aluminio, hierro y manganeso en suelos ácidos.

El cultivo de cacao responde a las aplicaciones de gallinaza y de cal dolomita, debido al bajo contenido de materia orgánica y al estado nutricional de los suelos y los altos contenidos de aluminio intercambiable, lo mismo que al efecto de la mineralización de la materia orgánica, (Pearson, 1970) y a la solubilidad de nutrientes especialmente del fósforo.

En suelos ácidos, generalmente el contenido de azufre es bajo y se considera que niveles de 5 ppm son deficientes, aspecto estudiado por Guerrero y Burbano (1979) en trabajos realizados con azufre en suelos de los Llanos Orientales. Ellos encontraron que, en diferentes altillanuras y terrazas, el contenido de azufre total varía entre 275 y 427 ppm estando su disponibilidad entre 23 y 5 ppm.

El azufre es el cuarto elemento más limitante en la producción en suelos altamente intemperizados y no ha recibido atención en los estudios de nutrición mineral como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, debido, en muchos casos a que algunos fertilizantes son portadores de azufre. (Blair, 1976).

Cuando los suelos tienen bajo contenido de materia orgánica el azufre orgánico se reduce a tal extremo, que puede ser deficitario limitando las producciones, aspecto que puede mejorarse mediante aplicaciones de azufre el cual influye en la mineralización del nitrógeno tal como fue sugerido por Zapata y Munevar (1986).

En oxisoles y ultisoles y, derivados de cenizas volcánicas de las diferentes regiones Andinas se encontró que la disponibilidad de azufre es baja, especialmente en la región andina de clima medio en donde el 67% de los suelos contiene azufre por debajo de 5 ppm. (Lora 1991). Este mismo autor propone rangos menores de 5 ppm como muy bajos, entre 5 y 10 ppm bajos, entre 10 y 15 ppm medios y más de 15 ppm altos.

El azufre es absorbido como ion sulfato  $SO_4^{2-}$  y es integrante de tres aminoácidos, cistina, cisteína y metionina, y de algunas vitaminas como tiamina, gliotina y acetil-coencima A, interviene en la síntesis y degradación de los ácidos grasos, proteínas, absorción de nitrógeno y fijación de carbono. (Duke and Reisenauet, 1986).

El calcio es absorbido como ion  $Ca^{2+}$  y es importante en el crecimiento vegetal e integrante de la laminilla media de las células y sus deficiencias se observan en los tejidos jóvenes Kirby y Pilbeam, (1984) y en las zonas meristemáticas de las raíces, tallos y hojas, en donde la carencia de estos elementos causa daños, impidiendo la división celular, y la formación de la laminilla media de la pared celular, determinando tejidos retorcidos y deformes, con ocurrencia de la muerte en etapas tempranas.

La aplicación de compuestos que producen iones hidroxilos que aceptan protones, es común en la agricultura para corregir la acidez intercambiable y neutralizar el aluminio causante de los daños fisiológicos a las plantas.

### MATERIALES Y METODOS

Para determinar el efecto de materia orgánica, cal dolomita y azufre, sobre la producción de cacao seco, se estudiaron dosis de gallinaza de 1, 2 y 3 kg y 100, 200 y 300 gramos de cal dolomita por árbol/año, aplicados en partes iguales en

cada semestre al iniciar el periodo de lluvias. Las dosis de azufre fueron 0, 20 y 40 kg/ha adicionando un tratamiento testigo del agricultor con aplicaciones de 1 Kg de gallinaza y 200 g de cal dolomita.

Como fuente de calcio y magnesio se utilizó cal dolomita que contiene 45% de carbonato de calcio y 15% de carbonato de magnesio y como fuente de azufre se aplicó Sul-N 64 ó urea revestida de azufre con 32% de nitrógeno y 32% de azufre.

Todos los tratamientos que incluyeron gallinaza y sul - N 64 en los experimentos conducidos para determinar el efecto de gallinaza - nitrógeno y azufre fueron acompañados de aplicaciones de 90-100 kg/ha de fósforo y potasio, fraccionados en cada semestre, y se tomaron como fuente de nitrógeno la cantidad de gallinaza, urea y sul - N en tal forma que la dosis de nitrógeno siempre fue de 90

kg/ha/año. Como fuentes de fósforo se tomó superfosfato triple del 46% de  $P_2O_5$  y para potasio cloruro de potasio del 60% de  $K_2O$ .

Los datos de producción con base en número y peso de mazorcas y producción de granos secos, se analizaron estadísticamente mediante el programa SAS (Statistic Analysis System) y se complementaron con pruebas múltiples de Duncan y análisis económicos de beneficio costo, para determinar la rentabilidad de la aplicación de gallinaza, cal y azufre, de acuerdo con la metodología propuesta por Richard (1976).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los análisis para las zonas de Lebrija y Rionegro se encontró que el pH varía entre 4 y 5.5 y los contenidos de materia orgánica son menores de 3%, el fósforo entre 2 y 9 ppm y el contenido de aluminio fluctúa entre 5.1 y 8.3 meq/100 g de suelo y los contenidos de calcio y magnesio bajos para las dos localidades, el contenido de potasio en promedio es de 0.15 meq/100g de suelo, resultados muy similares a los encontrados por Méndez (1991) y Lora (1991).

Según los investigadores que han trabajado en la nutrición de cacao, Quiroz, (1981), la respuesta a la aplicación de materia orgánica y fertilizantes nítricos, es evidente en suelos con bajos contenidos de materia orgánica y amplia relación de carbono y nitrógeno, ya que la liberación de nitrógeno amoniacal es menor, por lo tanto, es necesario aplicar éste elemento, para complementar las deficiencias nutricionales de las plantas, debido a la competencia con microorganismos por este elemento. Quiroz (1981).

Los rendimientos de cacao producidos por las aplicaciones de gallinaza y cal dolomita fueron diferentes en las dos localidades, Lebrija y Rionegro y los rendimientos en cada una son diferentes estadísticamente con relación al testigo Tabla 1. En las dos localidades los mejores rendimientos se obtuvieron con aplicaciones de 1kg de gallinaza y 300 g de cal dolomita por planta/año. Este resultado fue diferente, cuando se comparó con las demás combinaciones con gallinaza y cal dolomita.

Para la zona de Rionegro las aplicaciones de 3 kg de gallinaza más 200 g de cal dolomita mostraron rendimientos equivalentes a las aplicaciones descritas, siguiendo en importancia las aplicaciones de 1 kg de gallinaza y 100g de cal dolomita y de 3 kg de gallinaza y 300g de cal dolomita, cuyas producciones son estadísticamente iguales.

El análisis estadístico del efecto de la gallinaza y la cal dolomita encontró, que no existe una interacción

significativa entre los dos elementos, lo cual indica que los efectos que causan sobre las producciones son independientes. Para la localidad de Lebrija las aplicaciones de gallinaza que mayor efecto produjeron fueron 1 y 2 kg/planta con rendimientos promedio de 805 kg / ha mientras que para la localidad de Rionegro las aplicaciones de 1 y 3 kg presentaron los más altos rendimientos, debido al aporte de nitrógeno amoniacal y nítrico, mediante la mineralización de la materia orgánica y la retención de humedad.

Con relación a las aplicaciones de cal dolomita no se encontraron diferencias estadísticas entre las tres dosis aplicadas para las dos localidades, por tanto la decisión de aplicarla se debe tomar dependiendo de su costo.

Estos resultados sugieren que las aplicaciones en las cantidades propuestas son eficientes para neutralizar la acidez del suelo que contribuye a incrementar las producciones de cacao, posiblemente por el efecto sobre la solubilidad de nutrientes en especial de fósforo contribuyendo a mejorar la disponibilidad en el suelo para ser más eficiente la mineralización de la materia orgánica, poniendo a disposición de la planta fuentes solubles de nutrientes.

Los resultados indican que la aplicación de azufre, complementada con nitrógeno, fósforo y potasio, incrementa la producción en forma significativa, con relación al testigo del agricultor y al testigo de azufre donde se complementó con nitrógeno, fósforo y potasio, lo cual indica que el azufre contribuye eficientemente a incrementar los rendimientos, corroborando, en forma parcial, la hipótesis propuesta por Blair (1970), quién afirma que "en suelos altamente intemperizados, el azufre debe considerarse como un cuarto elemento en la producción"

Los resultados muestran que el cacao responde económica y significativamente a las aplicaciones de

azufre, produciendo rendimientos de 1.079 y 1.130 kg/ha de cacao cuando se aplican 20 y 40 kg/ha de azufre. El testigo con fertilización (fósforo, nitrógeno y potasio) presentó un rendimiento de 750 kg muy inferior y desde el punto de vista estadístico diferente a las aplicaciones de azufre.

Cualquier aplicación de azufre produce rendimientos superiores al tratamiento testigo, obteniendo rendimientos económicos de \$556, y \$514 cuando se aplican 40 y 20 kg respectivamente.

Al comparar los rendimientos económicos producidos por

las aplicaciones de cal dolomita y gallinaza se encontró que para la zona de Lebrija la mejor inversión se obtiene con aplicaciones de 1 kg de gallinaza más 300 gramos de cal dolomita, seguido de aplicaciones de 1 kg de gallinaza más 100 g de cal dolomita y 2 kg de gallinaza más 100 g de cal dolomita, con rentabilidad de \$388, \$271 y \$218 por \$100 invertidos.

Para Rionegro, los mejores resultados económicos, se obtuvieron con aplicaciones de 1 kg de gallinaza más 300g de cal dolomita, y 1 kg de gallinaza más 100g de cal dolomita con una rentabilidad de \$287, \$214 respectivamente.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El cultivo de cacao de tres años y medio a plena exposición responde a las aplicaciones de materia orgánica, cal dolomita y azufre.
- Para la zona de Lebrija los más altos rendimientos se obtuvieron con aplicaciones de 1 kg de gallinaza y 300 g de cal dolomita/planta/año, seguido de aplicaciones de 2 kg de gallinaza y 100 g de cal dolomita.
- Para la zona de Rionegro los mejores rendimientos se obtuvieron con aplicaciones de 1 kg de gallinaza más 300 g/de cal dolomita/planta/año y 3 kg de gallinaza más 200 g de cal dolomita/planta/año.
- Para la zona de Lebrija los mejores rendimientos económicos se obtienen con aplicaciones de 1 kg de gallinaza y 300 g de cal dolomita; 2 kg/gallinaza más 100 g de cal dolomita/planta/año; 1 kg de gallinaza más 100 g de cal dolomita/planta/año con rendimientos económicos de \$288, 218 y 271 por \$100 invertidos.
- Para la zona de Rionegro la aplicación de gallinaza y cal dolomita tiene menor rentabilidad con relación a Lebrija, en donde las aplicaciones de 1 kg de gallinaza más 300 g de cal dolomita/planta/año y 1 kg de gallinaza más 100 g de cal dolomita producen rendimientos económicos de \$287 y 214 por \$100 invertidos.
- La aplicación de azufre en plantaciones a plena exposición de tres años y medio en cantidades entre 20 y 40 Kg producen rendimientos de 1.079 y 1.130 kg/ha respectivamente, con rentabilidad de \$514 y \$556 por \$100 invertidos.
- Por la repuesta obtenida, no solamente en el presente estudio sino en otros cultivos como caña, leguminosas, gramíneas, el azufre debe ser considerado como el cuarto elemento en la nutrición vegetal (Foy 1980).

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Blair, J. 1976. El Azufre en la agricultura. Editorial HILL México. 145 p.
- Duke, S. H. and H. M. Reisenauet, 1986. Roles and requirements of sulfur in plant nutrition. Sulfur in Agriculture, Agronomy Monograph No. 27, Madison, Wisc.
- Gualdrón, R.; Salinas, G. J., 1981. El Azufre en suelos de los Llanos Orientales de Colombia. Congreso de la ciencia del suelo. Villavicencio, Colombia. P4-10 p.
- Guerrero, A; Burbano, S. 1982. El azufre en los suelos de los Llanos Orientales. Suelos Ecuatoriales, Volumen XII; No 2 P221-227 p.
- Kirby, E. A. and Pilbeam, D.J., 1984. Calcium as a Plant Nutrient. Plant, Cell and Environment 7:397-405.
- Lora, S. R. 1991. VI Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Tercer Panel Latinoamericano sobre Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Resumen. Manizales, Colombia. 78 p.
- Méndez, A. H., 1991. VI Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Tercer Panel Latinoamericano sobre Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Resumen. Manizales, Colombia. 66 p.
- Pearson, J. W., 1970 Some aspects of the chemistry of soil organic matter. Reports on the Progress of applied Chemistry. 55: 411-422.
- Richard, K. P. et al. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual Metodológico de Evaluación Económica. Adaptado por Jorge Lopera Palacios. CIMYT. 127 p.
- Zapata, A.; Munevar, F., 1986. Efecto del azufre sobre la mineralización del nitrógeno en un andisol. Revista ICA (21). No. 3. p103-112.