

**II congreso  
latinoamericano  
sobre fertilizantes**

Caracas, 23 al 25 de agosto de 1976  
Parque Central

TEMA II  
Subtema 3

INVESTIGACION EN AZUFRE Y SU IMPORTANCIA EN LA PRODUCCION  
AGRICOLA DE AMERICA CENTRAL

Rufo Bazán, Ph.D.  
CATIE  
Costa Rica

INVESTIGACION EN AZUFRE Y SU IMPORTANCIA EN LA PRODUCCION  
AGRICOLA DE AMERICA CENTRAL

Rufo Bazán, Ph.D.  
CATIE  
Costa Rica

RESUMEN

América Central comprende países (Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Honduras, Guatemala y Panamá) esencialmente agrícolas y como tales su economía se basa fundamentalmente en la agricultura. Destacan en tal concepto los cultivos de café, bananos, caña de azúcar, algodón y arroz, los que son considerados propios de los grandes agricultores capaces de utilizar alta tecnología; y frijol y maíz entre los productos de los medianos y pequeños agricultores caracterizados por una tecnología basada en el uso de mano de obra.

Los suelos del área centroamericana presentan características y condiciones diferentes según pertenezcan a la región Atlántica o del Pacífico. La primera está caracterizada por un clima tropical caliente, húmedo, con una precipitación media anual de aproximadamente 2500 mm, mientras que en la región del Pacífico el clima que prevalece fluctúa entre el tropical subhúmedo a semiárido y árido. En ambas regiones los suelos provienen de rocas volcánicas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Sin embargo, y por las condiciones climáticas imperantes, los suelos de la región atlántica tienden a ser de baja fertilidad natural, sujetas a alta lixiviación, con intrusiones de suelos de origen aluvial.

El uso de fertilizantes se concentra mayormente en materiales que proporcionan, sea en calidad de materiales simples o en mezclas de tipo físico o químico, los tres elementos esenciales característicos, N-P y K; a pesar de que otros elementos, entre los que destaca el S parecen ser de tanta o mayor importancia a los tres antes citados, en la producción de cultivos en el área.

En América Central, la investigación en S y su efecto en la producción de cultivos es limitada, a pesar de la evidencia que existe en su deficiencia en los suelos, tanto de la región del Atlántico como del Pacífico, y de la respuesta positiva de los cultivos a la aplicación de fertilizantes que incluye S en su constitución.

Ensayos en condiciones de invernadero y de campo en diversos suelos y cultivos del área dan evidencia de la respuesta significativa a aplicaciones de azufre. Se mencionan ejemplos de resultados obtenidos y las recomendaciones correspondientes que destacan la necesidad e importancia de considerar la aplicación de azufre en la mayoría de los programas de fertilización.

# INVESTIGACION EN AZUFRE Y SU IMPORTANCIA EN LA PRODUCCION AGRICOLA DE AMERICA CENTRAL

Rufo Bazán Ph.D.  
CATIE  
Costa Rica

## I. Aspectos Generales

Los países de América Central (Costa Rica, El Salvador, Nicaragua, Honduras, Guatemala y Panamá) presentan condiciones muy variadas en lo que respecta a su agricultura; sin embargo, una característica es general, que todos poseen una agricultura llamada de "exportación" o comercial, y una de "alimentación" o subsistencia (áreas mayores de 20 hectáreas) capaces de utilizar alta tecnología de producción; los cultivos que identifican a este sector son café, bananos, caña de azúcar, algodón y arroz. La agricultura de "alimentación" o subsistencia es propia de los llamados "medianos y pequeños" agricultores (áreas menores de 20 hectáreas) que producen principalmente granos básicos como frijol y maíz.

América Central basa su economía en la agricultura, y en comparación con el resto de América Latina, la agricultura en el área representa un porcentaje mayor comparado al de otros países.

La actividad agrícola en los países de América Central produce el 90% de las exportaciones extra-regionales, suple más del 90% de los alimentos consumidos en el área y ocupa alrededor del 62% de la fuerza laboral de la región.

Consecuentemente, la agricultura en el área se considera como importante fuente de divisas. Durante el año 1972, del total de exportaciones, el correspondiente a productos agrícolas en El Salvador fue de 70%, 81% en Nicaragua y 82% en Honduras, siendo los productos principales café, banano, azúcar y algodón. Estos datos demuestran claramente que la agricultura es la actividad predominante y de la cual dependen la alimentación y los ingresos de la gran mayoría de la población centroamericana.

En vista de la disparidad de condiciones generales que caracterizan a uno y otro sector, los esfuerzos actuales de desarrollo agrícola parecen estar dirigidos al sector del mediano y pequeño agricultor, especialmente este último, con el fin de aumentar su producción y productividad, pero también mejorar sus condiciones económicas y sociales; en general, mejorar su bajo nivel de vida.

## II. Los Suelos de América Central

América Central presenta dos regiones naturales separadas por una cadena montañosa; ellas son: laderas y llanuras costeras del Atlántico y los correspondientes al Pacífico. Ambas regiones presentan características de suelo y clima diferentes.

### Región del Atlántico

Los suelos de la región atlántica se derivan de rocas graníticas intrusivas, lavas volcánicas terciarias y cuaternarias y rocas piroclásticas, rocas sedimentarias continentales y marinas, cuya edad geológica varía del Triásico al Cuaternario y Reciente; además de rocas metamórficas de edad que va del Paleozoico al Terciario. El clima es tropical caliente húmedo, las temperaturas son altas y la precipitación con frecuencia es mayor de 2500 mm por año, con dos períodos máximos de precipitación, en junio y noviembre.

Consecuentemente los suelos tienden a ser de una baja fertilidad natural (latosoles) debido a la lixiviación continua y prolongada. En las partes altas predominan los andosoles del período Reciente o Pleistoceno.

Los suelos de las partes planas se encuentran enriquecidos, en grado variable, por adiciones y mezclas con ceniza volcánica arrastrada de las laderas de los conos volcánicos.

La mayor parte de estos suelos se encuentran en áreas de poco desarrollo, principalmente debido a falta de vías de comunicación. La producción de banano y cacao es la característica de estas áreas.

### Región del Pacífico

Los suelos de esta región provienen, igualmente, de rocas volcánicas, ígneas, sedimentarias y metamórficas. Caracteriza a esta región la predominancia de volcanes, varios de ellos aún en actividad, y arrojan material fragmentario de tipo andesítico, aunque de vez en cuando también arrojan lava de tipo más basáltico.

El clima fluctúa entre tropical subhúmedo a semiárido y árido, presentando gran diversidad de condiciones.

Por tanto, los suelos que predominan tienen mucha influencia de deposiciones de material volcánico, en diverso grado de desarrollo, Su utilización agrícola en muchas áreas está restringida por insuficiencia de lluvia.

### III. Producción y consumo de fertilizantes en América Central

La industria de los fertilizantes en América Central depende básicamente de materia prima importada, como roca fosfática, amoníaco, muriato de potasio, azufre y otros; los tres primeros provienen principalmente de Estados Unidos, México y Canadá; el azufre se importa de México y Estados Unidos, Otros países de los cuales se adquiere materia prima son Japón, Africa, Sur América, Europa Occidental.

Además de materia prima, y a fin de ayudar a cubrir la demanda interna, América Central importa fertilizantes terminados. En el año 1972, por ejemplo, las importaciones de fertilizantes alcanzaron un total de 280.000 toneladas de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, siendo Costa Rica y El Salvador los países de mayor importación, aproximadamente 2/3 de ese total, que en su mayoría provienen de Estados Unidos, México, Japón y Europa Occidental. Los principales fertilizantes involucrados fueron Fosfatos de Amonio, Sulfato de Amonio, Muriato de Potasio y diversas fórmulas.

La gran dependencia de materiales importados resulta en la extrema vulnerabilidad de las fluctuaciones en el mercado mundial de fertilizantes.

Las Figuras 1 y 2 dan evidencia del grado de importación de materia prima y de fertilizantes terminados de los Estados Unidos de Norte América.

La producción de fertilizantes en América Central depende básicamente de la capacidad de la Empresa Fertilizantes de Centro América (FERTICA) en sus plantas situadas en Costa Rica, El Salvador y Guatemala, la misma que durante el año 1974 fue la siguiente:

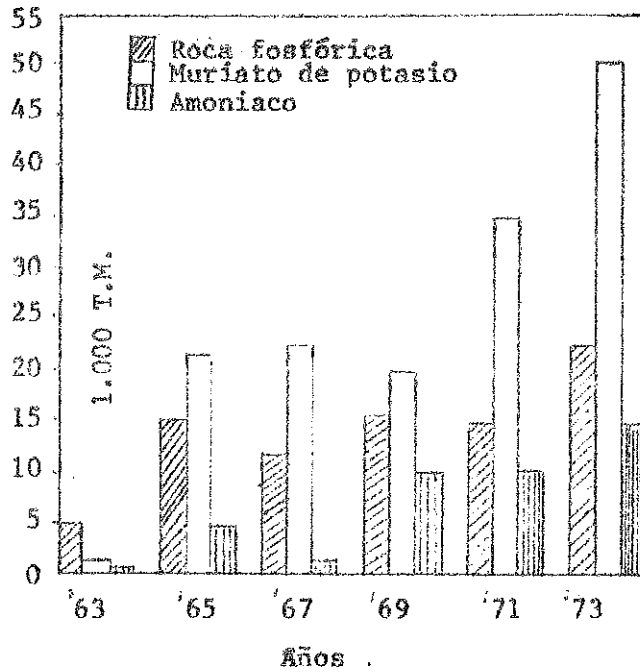


Figura 1. Materiales importados de los Estados Unidos a América Central para producción de fertilizantes (1963-1973) (De: TVA-01-74)

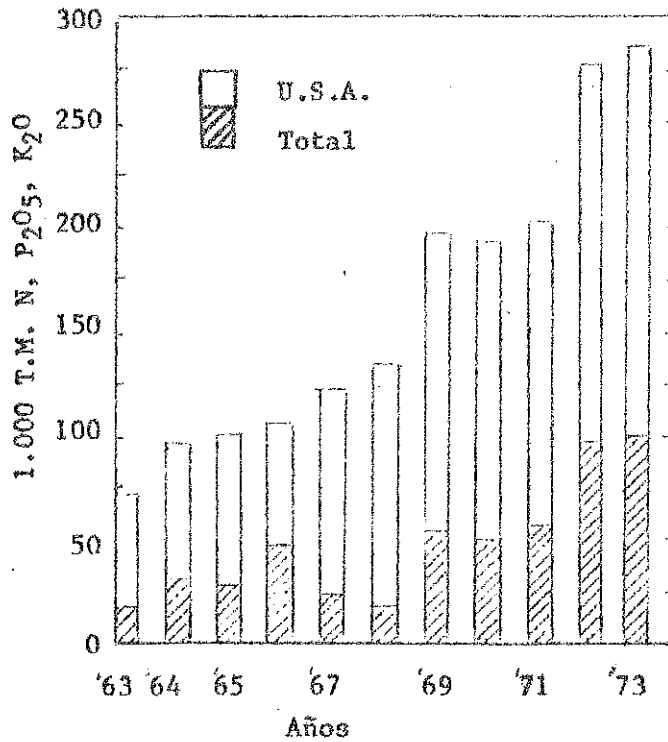


Figura 2. Fertilizantes importados a América Central (1963-1973) (De: TVA-01-74)

Producción de fertilizantes durante los años 1973/1974 en América Central

Tipo de Material	Costa Rica		El Salvador		Guatemala		Totales	
	1973	1974	1973	1974	1973	1974	1973	1974
Acido Nítrico	60452	10626					60452	60626
Acido Sulfúrico			14871	14605		4068		
Nitrato Amonio	42006	43791					42006	43791
N.A. Sol 100%	16155	6900					16155	6900
Superfosfato Simple			17686	17644			17686	17644
Mezclas físicas	23965	15270					23965	15270
Complejos	89358	84323	82124	100052	25548	14615	198030	198990

Posiblemente la capacidad de algunas de sus plantas, en especial las de Acajutla en El Salvador y de Puntarenas en Costa Rica sean incrementadas significativamente. En Acajutla, la instalación de la nueva planta de Sulfato de Amonio permitirá una producción de 450 TM/día. La nueva planta de Acido Sulfúrico tendrá una capacidad de 400 TM/día y la de solución nitrogenada tendrá una capacidad de producción de 150 TM/día.

El incremento en producción en Puntarenas se deberá a la nueva planta de Acido Nítrico con capacidad de 225 TM/día y la de Acido Sulfúrico con capacidad de 200 TM/día. Igualmente se tendrá la planta de Nitrosulfato de Amonio con capacidad de 350 TM/día y que alternativamente podría producir 200 TM/día de Nitrato de Amonio y 150 TM/día de Sulfato de Amonio.

Además de FERTICA, existen en cada uno de los países del área diversos importadores, importadores-distribuidores del sector privado, dedicados a la comercialización de fertilizantes preparados, simples o complejos, e inclusive algunos poseen plantas mezcladoras para la preparación de mezclas físicas.

Respecto al consumo de fertilizantes en América Central, se observa en el Diagrama 3, que el total de fertilizantes expresados en términos de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O tuvo un incremento significativo en el período 1962-1973, de aproximadamente 62 TM. a aproximadamente 270 TM. De los 3 elementos considerados, el nitrógeno es el que representa el mayor volumen, siguiéndole el fósforo y potasio en ese orden. Costa Rica y El Salvador son los países de mayor consumo, seguidos por Nicaragua, Guatemala, Panamá y Honduras.

La crisis energética mundial ocurrida en 1972 y 1973, afectó más seriamente en la producción y consecuentemente oferta de materiales nitrogenados y fosforados, básicamente debido a que los primeros dependen fundamentalmente en su manufactura, del gas natural, cuya demanda es ilimitada, y por lo mismo sujeta a posibles interrupciones en el futuro. En lo que respecta a

los productos fosforados, aun depende en su manufactura, de la roca fosforada y si bien se anuncia la expansión en sus yacimientos no ocurre lo mismo con su capacidad de explotación.

El impacto de la situación de los fertilizantes en América Central afecta de forma diferente a los países del área; posiblemente, El Salvador y Costa Rica aparecen como los menos dependientes de importaciones comparados con los restantes países. Una característica es, sin embargo, similar en todos, y es que el consumo de los fertilizantes es significativamente mayor en el sector denominado de agricultores grandes y que poseen cultivos de "exportación" y por el contrario, el pequeño agricultor, del llamado sector "de consumo" es el que menos posibilidades económicas ha tenido para enfrentar el aumento en costos de materiales. Con base en los datos presentados, referentes al consumo de fertilizantes y las estadísticas existentes en los países lo demuestran, el uso de fertilizantes se restringe casi exclusivamente a suministrar al suelo y basar los incrementos agrícolas en los elementos ya tradicionales N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O. No existen estadísticas similares referentes a la importancia y necesidad de otros elementos; a la par que el suministro de fertilizantes se limita a los 3 elementos citados.

En América Central al igual que en otros países, desarrollados y en desarrollo, los estudios en fertilidad de suelos cubren una amplia gama de aspectos, como fuentes, dosificaciones, épocas de aplicación, fijación y otros, pero casi exclusivamente dirigidos a los 3 elementos citados; la tendencia a continuar este tipo de investigación es predominante con pocas excepciones a efectuar cambios en la orientación.

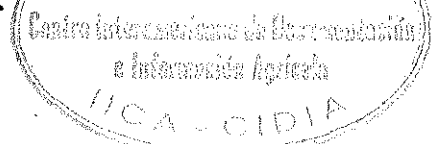
#### IV. El azufre en los suelos de América Central

La mayor parte de las rocas ígneas contienen entre 0,05 y 0,3% de azufre, principalmente como sulfuros de hierro, níquel y cobre; las rocas ígneas básicas poseen un contenido más alto que las de tipo ácido.

En condiciones de suelo agrícola, el azufre se encuentre en la mayor parte de los terrenos arables, acompañado por la materia orgánica, o como sulfatos solubles en la solución del suelo o adsorbido en el complejo coloidal. Para América Central, se dan valores entre 0,047 y 0,23% de azufre total, concentraciones que se comparan a las de suelos de otras regiones; sin embargo, en una gran mayoría de suelos los niveles detectados, inferiores a 10 ppm califican de deficientes, cuya condición se manifiesta en características evidentes de anomalía en los cultivos.

#### V. Aspectos agrícolas e investigación en azufre

Los países de América Central, al igual que la mayoría de los países de América Tropical son considerados poco eficientes en la producción de cultivos alimenticios. En realidad, América Central no produce la cantidad de alimentos suficiente para cubrir la demanda de su población, por lo que ha tenido que importar el equivalente de aproximadamente C. A. \$20 millones anuales (pesos centroamericanos) en forma de granos o productos alimenticios elaborados o semi-elaborados.





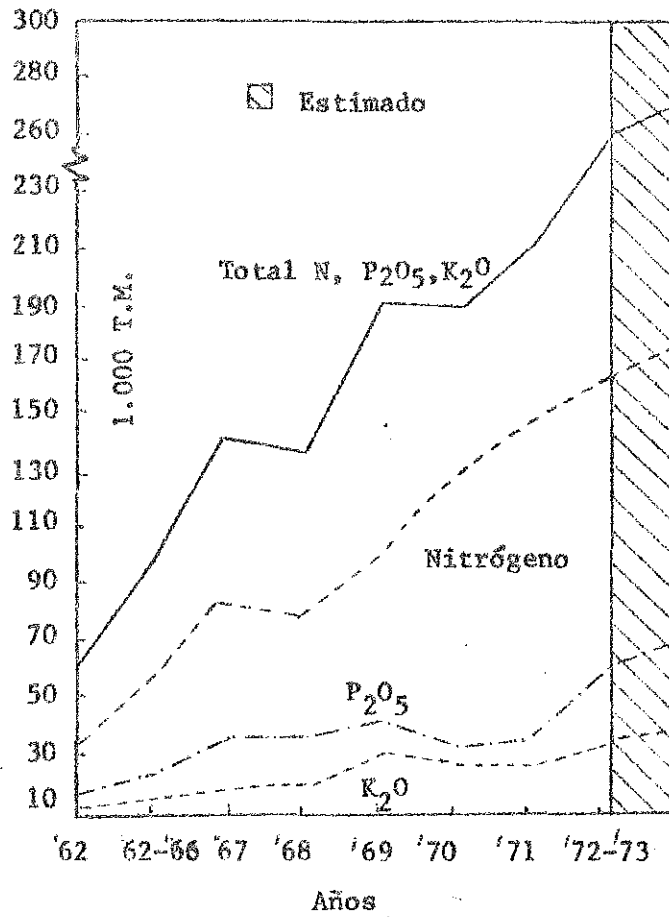


Figura 3. Consumo de fertilizantes en América Central (1962-1973)

En el Cuadro 2 se presentan los rendimientos promedio por hectárea, en el período 1967-1969 de varios cultivos alimenticios y de exportación, así como los rendimientos medios experimentales y con tecnología mejorada obtenidos en algunas localidades.

Los rendimientos actuales son bajos en todos los cultivos si se comparan con los rendimientos experimentales reportados en todos los países para estos cultivos y algunas explotaciones comerciales con uso de alta tecnología (fertilizantes, pesticidas, fungicidas, etc.) obteniendo rendimientos entre 3 y 5 veces superiores que los rendimientos promedios actuales.

Una de las prácticas agrícolas de mayor eficiencia para el incremento de rendimientos en cultivos es el uso de fertilizantes químicos. Sin embargo en el área centroamericana, su uso es limitado y con frecuencia en la literatura se menciona que, por ejemplo, en lo que respecta al cultivo de leguminosas de grano, menos del 10% del área cultivada recibe fertilizantes, y de ese porcentaje, una mínima porción recibe un manejo adecuado de fertilizantes. Además, en el campo de la investigación en uso de fertilizantes, y de acuerdo con las estadísticas del Proyecto Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, el aspecto de fertilizantes ocupa el tercer lugar en prioridad de investigación en el área, le anteceden los aspectos de mejoramiento genético y enfermedades y plagas.

En el uso de fertilizantes los aspectos comúnmente estudiados incluyen niveles, épocas de aplicación y fuentes de nutrimentos. Sin embargo, y salvo pocas excepciones, los elementos estudiados sea en condiciones de laboratorio, invernadero o campo, son casi exclusivamente N, P y K. Esta tendencia de investigación da a entender que:

1. Los suelos estudiados son deficientes o anormales solamente en dichos elementos.
2. El rendimiento de cultivos en el área es función de los mismos elementos.
3. Poca disponibilidad de fertilizantes que aporten otros elementos.

Los dos primeros puntos son inaceptables, puesto que, es evidente que una gran mayoría de los suelos de América Tropical, especialmente los de trópico húmedo son de baja a muy baja fertilidad natural, mostrando deficiencia tanto de elementos mayores como menores; de manera que el rendimiento de un cultivo es función no solamente de la concentración absoluta, sino que la concentración relativa tanto de elementos mayores como de elementos menores.

Cuadro. 2 Centroamérica: Márgenes de producción por desarrollo tecnológico en cultivos seleccionados y ganadería, 1969, kilogramos por hectárea y por centenar de cabezas. (Tomado de SIECA)

Producto	Rendimiento medio centroamericano 1/	Rendimiento modal comercial con tecnología mejorada 2/	Rendimiento experimental con tecnología avanzada 3/	Con tecnología mejorada	Con tecnología avanzada
<u>Productos de exportación</u>					
Café	604	960	1.900	1.5	3.1
Algodón	2.093	2.570	3.800	1.2	1.8
Caña de azúcar	48.142	90.160	100.000	1.8	2.0
<u>Productos de consumo interno</u>					
Maíz	1.035	3.800	8.000	3.7	7.7
Sorgo	1.117	4.500	7.600	4.0	6.8
Frijol	652	1.280	2.300	1.9	3.5
Arroz	2.046	5.150	10.000	2.5	4.9
<u>Ganadería</u>					
Carne 4/	2.500	3.400	5.000	1.4	2.0
Leche (por 100 cabezas) 4/	13.000	16.000	75.000	1.2	5.7

Fuente: GAFICA, hojas de producción y utilización de productos agrícolas en Centroamérica (datos no publicados); SIECA, sección de Desarrollo Agropecuario; recopilaciones con base en publicaciones técnicas de los países centroamericanos.

- 1/ Promedio ponderado de los rendimientos medios nacionales de los cinco países centroamericanos en el período 1967-69
- 2/ Rendimientos modales existentes actualmente en operaciones comerciales
- 3/ Rendimientos obtenidos experimentalmente en estaciones experimentales de Centro América, aunque algunas operaciones comerciales han reportado estos rendimientos.
- 4/ Producción de carne y leche por centenar de cabezas en el hato regional.

El tercer punto es evidente y se hace necesario considerar la fabricación de materiales que conjuntamente con los macroelementos permitan agregar al suelo aquellos micronutrientes que se detecten como deficientes.

La investigación en el campo de los fertilizantes químicos en América Central parece no guardar relación con las condiciones climáticas ni con las características de los suelos y su realización muestra la influencia de tendencias foráneas de países desarrollados, con características ambientales muy diferentes a las nuestras, y de los cuales provienen una gran mayoría, si acaso la totalidad de los fertilizantes que se utilizan en el medio. En la actualidad el Ca, Mg y ciertos micronutrientes constituyen serios problemas pendientes de una mayor atención a nivel de campo.

El azufre, hasta hace poco considerado como un elemento secundario, merece en la actualidad, una mayor atención. Hasta hace una década, más o menos, su aplicación dentro de un programa de fertilización era descartada, ya que, indirectamente se lo conseguía por ser un componente secundario de ciertos materiales entonces utilizados, i.e., superfosfato simple y los sulfatos de amonio o de potasio. La aparición en el mercado, de fuentes de alta concentración de los elementos primarios, N, P y K, limitó la atención a estos elementos eliminando el azufre.

Alrededor del año 1965 se detectó la deficiencia de azufre más crítica del área, en cultivos de algodón y café en El Salvador, en campos donde se había eliminado el uso de fuentes conteniendo azufre (sulfato de amonio) por el de Nitrato de Amonio.

Los cultivos afectados mostraban características evidentes de deficiencia de azufre, i.e. amarillamiento intenso de hojas jóvenes, y paralización del crecimiento. El análisis foliar de las hojas de café afectado mostraron diferencia significativa en concentración de azufre comparado con el de hoja de plantas normales, 0.07% en hojas anormales y 0.12% en hojas normales.

El estudio de los suelos afectados, en condiciones de invernadero, mostraron en forma clara, el efecto positivo significativo del azufre, como se observa en el Cuadro 3.

CUADRO 3

Rendimiento relativo (%) de plantas de tomate en suelos y subsuelos deficientes en S.

Tratamientos	Novoa (Café)		Herradura (Algodón)	
	Suelo	Subsuelo	Suelo	Subsuelo
Testigo	100	100	100	100
PK	514	80	174	79
NK	1068	180	327	705
NP	5145	1096	349	496
NPK	5533	676	484	939
NPK + S	19728	10093	753	10030

La aplicación de azufre a los suelos produjo incrementos de 1 a 5 veces más que el tratamiento NPK y de 10 a 15 veces más en los subsuelos.

Posteriormente y en estudios continuados en condiciones de invernadero y en suelo de diversa procedencia seleccionados y muestreados por FERTICA y por el CATIE cubriendo un amplio espectro en el área centroamericana, se detectaron deficiencias severas de azufre y consecuentemente efectos positivos significativos a la aplicación de este elemento.

El Cuadro 4 recopila los resultados de una serie de tales ensayos altamente demostrativos y que exponen en forma evidente la necesidad de continuar su estudio a nivel de campo.

CUADRO 4

Rendimientos relativos (%) en suelos deficientes en azufre

País	Localización	Tastigo	NPK	NPK+S	Cultivo
Costa Rica	Sardinal	100	200	2200	Maiz, arroz, pastos, caña
	Liberia	100	500	12650	Maiz, arroz, pastos, caña
	La Cruz	100	1200	2800	Maiz, arroz, pastos, caña
	El Coco	100	175	450	Maiz, arroz, pastos, caña
	Peñas Blancas	100	600	1900	Maiz, arroz, pastos, caña
	Bagaces	100	500	3333	Maiz, arroz, pastos, caña
	La Lola	100	360	1000	Cacao
	Turrialba	100	560	740	Cacao, café, caña
	Aquíares	100	400	1000	
	Guápiles	100	450	900	Pastos, banano, maiz
	Paraíso	100	230	420	Pastos, maiz, café
	Cervantes	100	100	250	Hortalizas, maiz
Nicaragua	Tisma Masaya	100	133	567	Pastos, algodón, granos básicos
	Somoto	100	110	260	Pastos, granos básico
	Matagalpa 1	100	200	450	Café, pastos, granos básicos
	Matagalpa 2	100	125	750	Café, pastos, granos básicos
	Jinotega	100	250	1050	Café, frutales, pastos
	Sebaco	100	180	400	Papa, pastos, granos básicos
Panamá	Los Brasiles	100	225	550	Algodón, pastos
	Delfín Aparicio	100	275	650	Arroz, Caña
	La Chorrerita	100	125	1125	Pastos, arroz
	Choy T. Sung	100	750	1000	Arroz, caña
	Pacífico Marciaga	100	200	550	Arroz, caña
Guatemala	Alanje	100	250	800	Arroz, caña
	Antigua	100	140	1700	Frutales, hort. trigo, pastos
Honduras	San Lucas	100	120	700	Frutales, hort. trigo, pastos
	Yojoa	100	433	667	Caña, granos básic.

Si bien los resultados indicados representan respuestas en condiciones de invernadero, bajo condiciones naturales de campo, es posible que la situación anormal referente a deficiencias de azufre se vean enmascaradas por efectos ambientales, sin embargo, existe evidencia de la necesidad de dedicar mayores esfuerzos a la investigación del elemento azufre.

Como consecuencia de los estudios antes indicados y de observaciones y ensayos de campo, las siguientes son las recomendaciones de aplicación de azufre en suelos con diferentes cultivos característicos de la región (Cuadro 5).

En ensayos de campo efectuados en Turrialba, Costa Rica en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en 1973-1974, con cultivos de maíz, arroz, frijol, camote y yuca, dispuestos en varios sistemas, monocultivos y policultivos en diversos grados de asociación, se observó que de los elementos aplicados el orden de importancia (eficiencia), unidades de producto por unidad de elemento aplicado, fue el siguiente:  $K > S > N > P$ .

En estos experimentos los niveles aplicados de azufre variaron entre 195 y 346 Kg  $SO_4$ /ha, en forma de mezclas químicas 10-30-10 (10%  $SO_4$ ) y 20-10-6-5 (21%  $SO_4$ ).

Podría estimarse que en América Central, en un 80% de las áreas cultivadas, puede esperarse una respuesta positiva a azufre; porcentaje a todas luces indicativo de su importancia en el desarrollo agrícola del área.

Sin embargo, resulta hasta paradójico resaltar la necesidad de mayor investigación en azufre y la seguridad de su aplicación dentro de un programa de fertilización, cuando a nivel de investigación no se tiene una fuente adecuada de este elemento. Las existentes son los tradicionales sulfatos de diversos cationes, o sea, como elemento todavía secundario en mezclas físicas o químicas. En cualquier forma su uso para "investigación" no es muy conveniente, pues de requerir estudiar en detalle el aspecto de niveles, trae consigo el incremento paralelo de los cationes acompañantes que en determinado caso pueden alterar o enmascarar la respuesta del elemento azufre en estudio.

Como elemento componente en mezclas se asegura en el ambiente centroamericano con la ampliación de las plantas de FERTICA en Puntarenas, Costa Rica y Acajutla en El Salvador para producción de ácido sulfúrico y nítrico, además de la posibilidad de producción de nitrosulfatos.

Una fuente potencial para el trópico americano en general constituye el producto, hasta ahora aun de tipo experimental, proveniente del Tennessee Valley Authority (T.V.A.) de los Estados Unidos, que es la Urea recubierta con azufre (SCU). Este producto ha tenido amplio éxito en países asiáticos para cultivo de arroz inundado como fuente de nitrógeno, por su capacidad de lenta liberación de dicho elemento, aunque no

CUADRO 5

Recomendaciones preliminares de azufre (SO<sub>4</sub>, KG/ha) en cultivos varios

Cultivo	País	SO <sub>4</sub> Kg/ha
Algodón	Guatemala	65
	El Salvador	75
	Honduras	75
	Nicaragua	55
	Costa Rica	75 ✓
Arroz (de secano)	Guatemala	100
	El Salvador	100
	Honduras	100
	Nicaragua	55
	Costa Rica	100
Café (en producción)	Panamá	100
	Todos los países	75
	Guatemala	100
	El Salvador	75-125
	Honduras	50
Caña de azúcar (de siembra)	Nicaragua	75
	Costa Rica	75
	Panamá	25-150
	Todos los países	35
	Guatemala	50-75
Maíz	El Salvador	35-55
	Honduras	75
	Nicaragua	75
	Costa Rica	50 ✓
	Panamá	75
	Todos los países	200
Pastos	Todos los países	200



fue plenamente evaluado como fuente de azufre. Por el contrario su potencial para América Tropical se fundamenta en el azufre además de su capacidad de lenta liberación del nitrógeno. Su uso no ha tenido diseminación por estar aún en etapa de investigación, pero no se descarta su verdadero valor para cultivos especialmente de ciclo largo (1 año o más) o sean cultivos semiperennes y perennes.

No se descarta la necesidad de realizar estudios de encalado como complementarios a un programa de fertilización que incluye el azufre, por su capacidad potencial de acidificante del suelo.

Un producto adicional de tipo similar es el Muriato de Potasio recubierto de azufre, de características igualmente similares al SCU.

Finalmente, una investigación más efectiva será si acaso la Empresa Privada especialmente en el caso de fertilizantes, participa en forma directa con el aporte tanto técnico como de recursos y medios necesarios, en estrecha cooperación con los Centros de Investigación, ya que de esta forma la fabricación de fertilizantes, mezclas físicas o químicas, seguirá pautas provenientes de estudios de base y con la confiabilidad suficiente, de manera que los productos resultantes se ajusten necesariamente a problemas reales y no se enfoquen solamente desde el punto de vista comercial.

LITERATURA CONSULTADA

1. ACOSTA, J. R. Respuesta al azufre en suelos de América Central. V Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Colombia. 1975
2. BAZAN, R. Fertilización con nitrógeno y manejo de leguminosas de grano en América Central. In Manejo de suelos en la América Tropical. North Carolina State University, Raleigh N.C., 1974.
3. HARDY, F. Suelos Tropicales. Herrero Hnos. Suc. S.A. México. 1970.
4. HARDY, F. y BAZAN, R. Sulphur deficiency in Turrialba soils. (mimeographed), IICA, Turrialba, Costa Rica. 1966.
5. HARDY, F. y BAZAN, R. Sulphur deficiency in La Lola soils, Costa Rica (mimeographed), IICA, Turrialba, Costa Rica. 1966.
6. FERTICA, S.A. Memoria 1974, San José, Costa Rica.
7. MULLER, L. Deficiencia de azufre en algunos suelos de Centro América. Turrialba 15 (3):208-215. 1965.
8. SORIA, J. Los sistemas de agricultura en el istmo centroamericano (mimeografiado) Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales, CATIE Turrialba, Costa Rica. 1975.
9. SORIA, J. et al. Investigación sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico. Turrialba 25 (3):283-293.
10. TENNESSEE VALLEY AUTHORITY. Appraisal of fertilizer markets of distribution systems in Central America with emphasis on small farmers. T.V.A.-01-74. National Fertilizer Development Center, Muscle Shoals Alabama, USA. 1974.