SCIB

CONTENIDO DEL AZUFRE ASIMILABLE Y TOTAL EN - SUELOS DE LA ZONA BANANERA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

Por :

ALFONSO OSPINO M. LUIS E. COQUIES P.

Tesis de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de :

INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis :

MANUEL GRANADOS N., I.A. M.S.

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DEL MAGDALENA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Santa Marta

1.974

634.77
IA/c.
00476
1960

014728

" El Presidente de Tesis y el Consejo Examinador de Grado no serán responsables de las ideas emitidas por los Candidatos".

D E D I C O :

A mis Padres,

A mis hermanos,

A mis sobrinos,

A mis amigos.

ALFONSO'.

D E D I C O :

A mis queridos Padres, con afecto y cariño.

A mi querida abuela Rosario,

A mis hermanos, en especial a Nacho por su valiosa colaboración.

A mi querida esposa,

A mi querido hijo Coquito,

A la familia Pérez Manjarrez,

A todos los míos.

LUIS EDUARDO.

AGRADECIMIENTOS :

Los autores expresan sus sinceros agradecimientos:

Al Dr. MANUEL GRANADOS NUÑEZ, I.A., M.S. por su acertada orientación en el desarrollo de este trabajo.

A la Universidad Tecnológica del Magdalena por su valiosa colaboración.

Al Dr. HERNANDO OSPINO ECHEVERRIÁ, I.A. Jefe de Asistencia Técnica de Banadelma por su valiosa ayuda.

Al personal de la Biblioteca de la Universidad por su colaboración.

A todas aquellas personas que en una u otra forma contribuyeron para la realización de esta tésis.

C O N T E N I D O

CAP.		PAG.
I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISION DE LITERATURA	3
III.	MATERIALES Y METODOS	13
	3.1. Descripción General del Area	13
	3.2. Series y Fincas muestreadas	14
	3.3. Toma y Preparación de muestras	15
	3.4. Análisis de Laboratorio	15
	3.4.1. Análisis Fisicos	16
	3.4.1.1. Determinación del porcentaje de humedad	16
	3.4.1.2. Análisis Granulométrico	16
	3.4.2. Análisis Químicos	16
	3.4.2.1. Determinación del pH.	16
	3.4.2.2. Determinación de la materia orgánica.	16
	3.4.2.3. Determinación de. $S-SO_4$	16
	3.4.2.4. Determinación de S-Total	16
	3.5. Análisis Estadísticos	16
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	17
V.	CONCLUSIONES	36

CAP.		PAG.
VI.	RESUMEN	39
	SUMMARY	40
VII.	BIBLIOGRAFIA	42
	APENDICE	47

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Nos.		PAG.
Cuadro No. 1.	Resultados de los análisis físicos de los suelos estudiados.	21
Cuadro No. 2.	Resultados de los análisis químicos de los suelos estudiados.	25
Cuadro No. 3.	Promedio de los resultados físico-químicos por serie.	29
Cuadro No. 4.	Promedios de S-Total y S-SO_4 en Kg./Ha.	31
Cuadro No. 5.	Matríz de correlación entre las variables estudiadas.	32
Cuadro No. 6.	Incremento de S-SO_4 con el aumento de la materia orgánica y/o del S-Total, en muestras con igual pH.	33
Cuadro No. 1. del Apéndice.	Incremento del S-SO_4 con el aumento de la arcilla, materia orgánica, humedad y S-Total, en muestras con igual pH.	2
Gráfica No. 1.	Relación entre S-SO_4 y pH de los suelos de la Zona Bananera.	34
Gráfica No. 2.	Relación entre S-Total y S-SO_4 de los suelos de la Zona Bananera.	35

I.- INTRODUCCION

En la fertilización de los cultivos en Colombia se sigue prestando mayor atención a los elementos primarios N, P y K. La mayoría de las investigaciones sobre los nutrientes del suelo que se han hecho en el país han sido dirigidas hacia estos elementos, sin tener en cuenta los requerimientos que las plantas tienen de los otros nutrientes, el agotamiento de las cantidades que de ellos existan en los suelos cultivados por extracción de las cosechas, pérdidas por drenaje, etc., la interrelación de los elementos en el suelo y en la planta y la importancia de ellos en el metabolismo vegetal y en la alimentación de los humanos y animales.

El uso de plantas mejoradas y la introducción de técnicas modernas de cultivo hace necesario conocer la cantidad y las formas en que se hallen en el suelo los nutrientes, para obtener mejores cosechas.

Los conocimientos que se tienen sobre el azufre indican que entra en la formación de proteinas y otros compuestos de las plantas y que es necesario en la solubilización de otros elementos que son así más aprovechables para los vegetales.

No son muchos los estudios que se han hecho en Colombia para determinar las cantidades y formas de azufre en los suelos agrícolas, a pesar de que la literatura especializada revela la importancia de este elemento en la producción vegetal y las deficiencias que han sido halladas en otras

partes del mundo.

El presente trabajo se realizó en la Zona Bananera del Magdalena, una de las regiones agrícolas más importantes de Colombia por su extensión de varios miles de hectáreas, por estar ocupada con cultivo intensivo de banano y por ser apta para otros cultivos. En doce series de suelos se determinó la relación existente entre el pH, la materia orgánica, el porcentaje de arcilla y la humedad, con el azufre asimilable y el azufre total. El objetivo general del trabajo fué medir el contenido de azufre soluble y total de los suelos estudiados, cuya fertilidad podría estar afectada por deficiencias de este elemento, pués el azufre puede ser uno de los nutrientes más limitantes en el Trópico, porque además de presentar problemas de fijación como el fósforo, también los tiene de lixiviación como el nitrógeno y el potasio.

II.- REVISION DE LITERATURA

Aunque desde hace varios siglos se vienen usando los compuestos de azufre incorporados al suelo, solo en 1884 De Saussure comprobó que este elemento es esencial para las plantas (22).

Evans y Rost, citados por Lowe y Delong (18), afirmaron que el azufre era injustificadamente ignorado de los trabajos del suelo. Little, y Williams et al, atribuyen este abandono por el azufre a que los estudios hechos a principio del siglo indicaban que el suelo y la atmósfera eran fuentes que podrán en la mayoría de los casos suplir las necesidades de este elemento por las plantas y también en parte a la falta de métodos convenientes para la determinación (18). También contribuyeron el escaso interés por el azufre las determinaciones de las cantidades de los elementos contenidas en las cenizas vegetales hechas por Wolff que hacian suponer que las necesidades de azufre de las plantas eran pequeñas (22).

Jacob y Uexküll (13), dan como razones para la poca atención que se prestaba al azufre en la fertilización vegetal la enorme reserva natural de la mayoría de los suelos y su presencia como componente de varios fertilizantes.

Las investigaciones sobre el azufre del suelo se intensificaron desde principios del siglo XX según se desprende de varios de los trabajos consultados. Se ha encontrado que existen muchos suelos deficientes -

en este elemento (6,10,13,19,23,33), que las plantas lo extraen del suelo en cantidades considerables, a veces mayores que las de fósforo (21) y que es arrastrado de la superficie del suelo en cantidades variables por las aguas de drenaje (7,14,16). Existen numerosos estudios que indican los efectos positivos de los tratamientos con azufre en aquellos casos en que se habían observado deficiencias (4,6,10,19).

La composición mineralógica de los suelos depende de las aportaciones del material parental. El azufre de los suelos proviene de la desintegración y descomposición de las rocas que contienen materiales sulfurosas (3).

Cairns y Richer (6) dicen que el azufre está presente en el suelo en forma orgánica e inorgánica. La composición mineralógica, la textura, la edad y las condiciones climáticas pueden influír en la proporción del azufre total de los suelos que se halle en compuestos inorgánicos (22).

Según Bear (3) los minerales que contienen azufre en mayor proporción son el sulfato de calcio hidratado o yeso ($CaSO_4 .2H_2O$), la anhidrita ($CaSO_4$) y la piritas (FeS_2). Lawton, citado por Cairns y Richer (6), dice que en las regiones húmedas donde la materia orgánica de los suelos no es mayor de 5% el azufre está presente en la pirita o marcasita (FeS_2) y en menores cantidades de esfalerita (ZnS), calcopirita ($CuFeS_2$), cobaltita (CoAsS) y cantidades variables de yeso ($CaSO_4 .2H_2O$) y epsomita ($MgSO_4$.

7.H_2O).

En suelos de regiones húmedas las cantidades de sulfatos son pequeñas debido a su gran solubilidad; en los terrenos áridos las concentraciones son mayores, cuando hay una fuente de tales sulfatos (22). Según Kilmer y Nearpass (15), en la superficie de suelos bien drenados de regiones húmedas el azufre está contenido principalmente en la fracción de materia orgánica.

Generalmente los suelos de los campos de las regiones templadas húmedas tienen de 50 a 500 p.p.m. de sulfatos soluble en agua o ácidos débiles; la mayor parte del azufre en suelos de regiones áridas y semi-áridas puede hallarse en forma de sulfatos solubles de calcio, potasio, magnesio o sodio, en estos suelos se han encontrado hasta 10000 p.p.m. de $S-SO_4$ (16). Sin embargo, Birch, citado por Granados (9), anota que la cantidad de azufre total en los suelos de Colombia no pasa generalmente de 1500 p.p.m.

Según Thompson (32) en zonas húmedas el suelo contiene entre 220 y 1120 Kg./Ha., de azufre en combinación orgánica en los terrenos de cultivo.

Williams y Steinberg, citados por Granados (9), señalan que la mayor porción de azufre en la superficie del suelo ocurre en combinaciones orgánicas, mientras que las formas inorgánicas predominan en los horizon

tes inferiores. Witehead (34) dice que el azufre orgánico representa de 90 a 95% del azufre total, la fracción inorgánica representa de 4 a 9% y dentro de esta fracción la mayor parte corresponde a la forma de sulfato adsorbido. Bardsley y Lancaster (2) encontraron valores de $S-SO_4$ de 9,59% del azufre total, estando el resto en las combinaciones orgánicas. Starkey (30) reporta en suelos de región húmeda un contenido de 0,42% de azufre total, el 14% de este valor era sulfato. Lowe y Delong (18) trabajando en Canadá con tres métodos diferentes para la determinación encontraron en suelos podsólicos valores de 260 y 440 p.p.m. de azufre total y en suelo pardo forestal de 487, 860 y 1385 p.p.m.; el sulfato soluble fué el 2% del azufre total en los podsoles y el 1% en el pardo forestal. Hesse, citado por Fassbender (8), encontró en algunos suelos de Africa que el azufre orgánico era el 99% del azufre total, Bormenisza, citado por Fassbender (8), encontró en Costa Rica en suelos volcánicos porcentajes de azufre orgánico de 4,5%, 34,6% y 9,3% del azufre total; en suelos lateríticos de 2,2%, 2,7% y 13,8% y en suelos aluviales de 18,2%, 17,1% y 19,2%.

En el suelo el azufre pasa por una serie de transformaciones de naturaleza química y biológica que aseguran de una parte la provisión del elemento a las plantas en la forma más asimilable y por otra reducen las pérdidas por lixiviación y arrastre de las lluvias. Estas transformaciones incluyen procesos de oxidación, reducción, síntesis y descomposición de las proteinas que contienen azufre (31).

Los sulfuros metálicos liberan su azufre en forma de anhídrico sulfuroso (SO_2) o de ácido sulfhídrico (H_2S) (3). El anhídrico sulfuroso se oxida a anhídrido sulfúrico (SO_3), este se combina con el agua para formar ácido sulfúrico (H_2SO_4); el ácido sulfúrico reacciona con algunas bases del suelo para formar sulfatos. La oxidación de SO_2 a SO_3 involucra la acción de microorganismos (3, 31).

Los sulfatos se solubilizan y las plantas absorben el SO_4 que es utilizado en la síntesis de proteinas y otros compuestos sulfatados, los cuales entran a formar parte de la materia orgánica del suelo cuando caen los restos de vegetales y animales.

El azufre de la materia orgánica es sometido a proceso de descomposición y mineralización por la fauna y microorganismos del suelo. Estos procesos dependen de las condiciones predominantes en el suelo. Cuando las condiciones de aireación son deficientes el azufre de la materia orgánica es reducido a sulfuro de hidrógeno (H_2S), bisulfuro de carbono (CS_2), azufre elemental y otras formas; si persisten las condiciones anaeróbicas se forman compuestos de azufre malolientes como los mercaptanos (22).

El sulfuro de hidrógeno en condiciones aeróbicas es oxidado a sulfato (22, 28). La oxidación continúa hasta el ácido sulfuroso (H_2SO_3) y el ácido sulfúrico (H_2SO_4), proceso que se conoce como <u>sulfoxidación</u> (22).

En la oxidación de sulfuros a sulfatos intervienen bacterias aeróbicas

del género Thiobacillus y en la reducción de los géneros Desulforibrio y Desulfotomaculum (8).

Según Piatkin (24), la oxidación del H_2S por los sulfobacterias ocurre de la siguiente manera :

$$2H_2S + O_2 \text{ ——— } 2H_2O + S_2$$

$$S_2 + 2H_2O + 3O_2 \text{ ——— } 2H_2SO_4$$

Las bacterias de los géneros Thiothrix, Thiobacillus y otras pueden asimilar H_2S y producir azufre elemental o H_2SO_4 directamente (31).

El azufre es un componente esencial de las proteinas vegetales contribuyendo por lo tanto en el crecimiento y la producción de las plantas.- Bentley et al citados por Cairns y Richer (6) demostraron la recuperación de las plantas con la aplicación de azufre sulfato. El azufre se encuentra en las plantas formando parte de los aminoácidos cistina, y metionina (3). Según Buckman y Brady (5) muchos compuestos orgánicos especialmente los de naturaleza nitrogenada, contienen azufre. Jacob y Uexküll (13) llaman la atención sobre la importancia del azufre como constituyente de ciertas proteinas y enzimas, así como por el papel que desempeña en los sistemas de oxidación y reducción de la respiración y en la activación de los fermentos; el azufre se encuentra también en la materia orgánica en los péptidos, tiocianatos y otros compuestos azufrados (8).

Pereira, citado por Granados, (9), dice que el efecto del azufre en -

la planta está directamente relacionado con la presencia y concentración de otros elementos nutritivos en el suelo; esto ha sido observado en el caso del nitrógeno y del fósforo, que se acumulan en las hojas cuando hay deficiencia de azufre (23, 32) por ser deficiente en estas condiciones la síntesis de proteínas.

Las plantas absorben el azufre principalmente en forma de SO_4(2,33), de ahí que la oxidación biológica del azufre tenga tanta importancia por suministrar la forma más aprovechable del azufre por los vegetales (15,30).

Miller, citado por Bardsley y Lancaster (2), demostró que las plantas pueden absorber compuestos orgánicos de azufre.

Según Fassbender (8), algunos aminoácidos son absorbidos por las plantas. El SO_2 también puede ser absorbido (3,7,22) pero esta forma no es importante en las zonas rurales.

Martin y Ervin (20) encontraron que el azufre interviene en la reducción de los nitratos en el suelo; enpresencia de las formas reducidas de azufre como azufre elemental o sulfuro de hidrógeno, ocurre conjuntamente la denitrificación y la oxidación del azufre.

El azufre interviene en el ciclo del nitrógeno favoreciendo a los microbios amonificantes; por los efectos retardadores del amoníaco sobre los fermentos nítricos, la nitrificación es inhibida (21).

La absorción del hierro, cinc, manganeso y fosfato del suelo por las plantas es incrementada por el azufre al aumentar la acides del suelo (28).

En suelos alcalinos el azufre convierte los carbonatos sódicos en sulfatos de sodio, estos últimos son más tolerados por las plantas (32). La formación de sulfatos conduce a la conversión del carbonato de calcio alcalino y poco soluble en sulfato de calcio neutro y muy soluble, quedando el calcio a disposición de las plantas (31).

Entre los factores que intervienen en la cantidad y forma del azufre presente en el suelo se cuentan la materia orgánica, la textura, la humedad y el pH.

El azufre orgánico es resistente a la solubilización, en cambio los sulfatos son bastante solubles perdiéndose por lixiviación.

El SO_4 puede ser adsorbido por los suelos, dependiendo principalmente esta adsorción del contenido de arcillas y materia orgánica del pH, y de la presencia de hidróxidos de aluminio yhierro (8). Jensen y Soria, citados por Granados (9), señalan entre los posibles mecanismos de adsorción de sulfatos por el suelo, las propiedades anfotéricas de la materia orgánica del suelo, que desarrolla cargas positivas bajo ciertas condiciones específicas.

Lyon y Buckman, citados por Arias y González (1), dicen que a medida

que empieza a faltar la materia orgánica el azufre se vá haciendo crítico. Müller (23) en sus trabajos en Centro América encontró que los subsuelos, más pobres que la superficie en materia orgánica, eran más deficientes en azufre. Bardsley y Lancaster (2), en suelos francos con diferentes porcentajes de materia orgánica encontraron mayor contenido de azufre en los suelos con más cantidad de materia orgánica.

Llanos, citado por Granados (9), encontró una correlación de 0,9351 entre adsorción de sulfato y la fracción limo más arcilla de los suelos; a mayor contenido de material fino hay mayor superficie de adsorción de las partículas del suelo.

Relacionando la textura con el azufre del suelo Bardsley y Lancaster (2) hallaron que el suelo franco arenoso contenía 158 Lbs/acre de azufre total, el suelo franco y el franco limoso 206, el franco arcilloso 238 y el arcilloso 380 Lbs./acre.

La solubilidad de los compuestos inorgánicos de azufre en todo el intervalo de pH que presente el suelo es suficiente para cubrir las necesidades de los cultivos (32); el pH elevado favorece la mineralización de las formas orgánicas de azufre (15, 32) y el pH bajo contribuye a la pérdida de azufre por lixiviación (32).

Harward y Reisenauer, y Llanos, citados por Granados, (9), anotan -

que la retención de sulfatos aumenta cuando aumenta la acidez. Según Llanos esto se debe a que la acidez aumenta las cargas positivas del suelo y también neutraliza los grupos OH-, disminuyendo su concentración y eliminando así un anión competidor del $SO=_4$ en la coordinación de los sesquióxidos.

Cairns y Richer (6) anotan que suelos de Canadá con pH promedio de 6,7 dieron un contenido promedio de S-Sulfato de 1,5 p.p.m., variando en una escala de 0 a 3,0 p.p.m.; con pH promedio de 6,8 hubo un promedio de 3,4 p.p.m. con un rango de 0 a 11,0 p.p.m.

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1. DESCRIPCION GENERAL DEL AREA.-

Los suelos estudiados pertenecen a la Zona Bananera del Magdalena, al Sur de Santa Marta, cultivados intensivamente con banano Cavendish y aptos para otros cultivos.

La Zona Bananera del Magdalena limita por el Norte con la quebrada del Doctor, por el Sur con el río Fundación, por el Este con las primeras estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta y por el Oeste con los terrenos de la Ciénaga Grande, Tiene alturas entre 2 y 80 m.s.n.m.

Cartográficamente esta zona se encuentra ubicada de la siguiente manera:

Longitud Oeste :	74°	:	07'
	74°	:	24'
Longitud Norte :	11°	:	01'
	10°	:	22'

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (11) los suelos son formados por aluviones, con granulometría bastante variable y con buena retención de humedad; la composición mineralógica presenta materiales derivados de rocas metamórficas de la Sierra Nevada de Santa Marta. Entre los materiales livianos se encuentran cuarzo, plagioclasa y muscovita; entre los pesados biotita, epidota y hornblenda. Entre las arcillas predomi-

nan la illita y la caolinita; también se halla vermiculita y cantidades pequeñas de goetita. El relieve es plano, con pendientes entre 0,1 y 2%, con leves ondulaciones debidas a caños poco profundos que atraviezan los planos.

3.2. SERIES Y FINCAS MUESTREADAS.-

Se muestrearon 12 series de suelos y dentro de cada una de ellas fincas representativas, (Ver mapa adjunto) tal como se detalla a continuación:

Serie Mangos

Fincas: Isla
Alicia

Serie Julia

Fincas: Santa Marta
Dilia Ester
Catalina

Serie Bonilla

Fincas: Latal
Sacramento

Serie Sevilla

Fincas: Concepción
Josefina

Serie San Rafael

Finca: La Agustina

Serie Francia

Fincas: Santa Rita
Sacramento

Serie Victoria

Fincas: Santa Inés

Serie Antonia

Fincas: Pantoja
Teresa
Sara
Julia

Serie Palermo

Fincas: El Carmen
Virginia

Universidad Tecnológica Biblioteca La Mixtadalena

Serie Ninfa

Finca: La Bomba

Serie Teresita

Fincas: La Olga
Argelia

Serie Mocho

Finca: Josefa

3.3. TOMA Y PREPARACION DE MUESTRAS.-

Las muestras se tomaron en zig-zag cada 200 m. de distancia aproximadamente, a 0,20 m. de profundidad, siguiendo las instrucciones conocidas para muestreo de suelos. Se utilizaron barrenos y bolsas plásticas para empacar el suelo.

En cada sitio escogido para muestrear se tomaron 5 submuestras que se echaron en una bolsa plástica y se homogenizaron para formar la muestra de ese sitio. Cuando dentro de una misma serie y finca se encontraron muestras que al tacto presentaron la misma textura, se mezclaron para formar una sola muestra.

Las muestras se secaron al aire y a la sombra sobre papel periódico y se trituraron con rodillos de madera; luego se empacaron nuevamente y se guardaron en el laboratorio de la Facultad.

3.4. ANALISIS DE LABORATORIO .-

Todos los análisis de laboratorio, físicos y químicos, relacionados con el estudio, se realizaron en el laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía.

3.4.1. Análisis Físicos.-

3.4.1.1. Determinación del porcentaje de humedad.

Se utilizó el método gravimétrico seguido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (12).

3.4.1.2. Análisis granulométrico.- Los resultados del análisis granulométrico se tomaron de Raudales y Cuellar (25) quienes trabajaron con las mismas muestras determinando fijación de fósforo.

3.4.2. Análisis Químicos.-

3.4.2.1. Determinación del pH.- El pH se tomó con potenciómetro y electrodos de vidrio con la relación suelo:agua 1:1 según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (12).

3.4.2.2. Determinación de la materia orgánica.- Se siguió el método Walkley-Black modificado por el laboratorio de suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (12).

3.4.2.3. Determinación de S-SO_4.- Se siguió el método de Carolina del Norte (26).

3.4.2.4. Determinación de S-Total.- Se siguió el método de Carolina del Norte (26).

3.5. Análisis Estadísticos.- Se hicieron correlaciones según de la Loma (17) y Snedecor (29) y regresiones múltiples lineales y cuadráticas.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro No. 1 se muestran los resultados de los análisis físicos de ciento seis (106) muestras de suelos y en el cuadro No. 2 los dos análisis químicos.

Los resultados para S-Total son bastantes bajos, teniendo en cuenta que han sido halladas cifras hasta de 10000 p.p.m. (16) y la cifra más alta encontrada en el presente trabajo fué de 853,00 p.p.m. en la serie Julia; esta misma serie tuvo el mayor promedio de S-total con 617,20 p.p.m. (Cuadro No. 3). Sin embargo, el contenido de S-Total está de acuerdo con los resultados de Birch, citado por Granados (9), quien dice que los suelos de Colombia no tienen generalmente más de 1500 p.p.m. de S -Total, y con los de Lowe y Delong (18) para suelos podsólicos de Canadá (260 y 440 p.p.m.). La serie de San Rafael, con el menor promedio de S-total, tuvo 551,00 Kg./Ha. de S-Total y la serie Julia 1234,40 Kg./Ha. (Cuadro No. 4), cantidades un poco mayores a los 220,00 y 1120,00 Kg/Ha. datos por Thompson (32) para suelos de zonas húmedas.

Aunque no se analizaron otras formas de azufre mineral, se puede suponer, de acuerdo con Starkey (30) y Witehead (34) que el S-SO_4 en los suelos estudiados constituye la mayor parte del azufre inorgánico. De este modo el porcentaje de azufre orgánico puede estar entre 97,30 y 99,20%, cifras muy de acuerdo con el 99,0% encontrado por Hesse, citado por Fass

bender (8), para algunos suelos de Africa, y superiores al 90-95% de Witehead (34).

Las cantidades de S-SO_4, comprendidas entre 2,07 p.p.m. en las series Sevilla, Antonia y Victoria y 14,15 p.p.m. en la serie Antonia (Cuadro No. 2) están en general de acuerdo con la pequeña proporción de esta forma de azufre atribuída a la superficie de los suelos de regiones húmedas (2,8,18,30,34); los porcentajes promedios por serie (Cuadro No. 3) son, por el contrario, muy inferiores a los porcentajes encontrados por Bardsley y Lancaster y por Starkey (2,30), y mucho más inferiores aún a los encontrados por Bornemisza, citado por Fassbender (8), en suelos aluviales de Costa Rica, pero están por el contrario de acuerdo con el 1,0 y 2,0% hallados por Lowe y Delong (18) en Canadá.

Los resultados estadísticos según se puede ver en el Cuadro No. 5 muestran relación entre S-SO_4 y pH, esta relación consiste, según la gráfica No. 1, en que al aumentar la acidez se incrementa el S-SO_4, lo que está de acuerdo con Harward y Reisenauer, citados por Granados (9), y tiene su explicación, según Llanos (9) en que la acidez aumenta las cargas positivas del suelo, lo que tiene efecto sobre el intercambio aniónico con el S-SO_4.

Al observar el Cuadro No. 5 se encuentra estrecha relación entre S-SO_4 y materia orgánica, lo mismo en el cuadro No. 7 en el cual puede apreciarse que la materia orgánica incrementa el S-SO_4. Resulta muy clara esta -

dependencia porque en la materia orgánica se encuentran aminoácidos y otros compuestos que contienen azufre (3,5,8,13) los cuales al descomponerse y mineralizarse, por acción de las sulfobacterias, son oxidadas a $S-SO_4$ (8,22,28).

No hubo significación entre S-SO4 y arcilla (Cuadro No. 5). Si se tiene en cuenta que Llanos, citado por Granados (9), se encontró alta correlación (0,9351) entre adsorción de sulfatos y la fracción limo más arcilla, podemos afirmar que la no significación en este caso se debe a que la cantidad de arcilla de los suelos estudiados no está influyendo en la adsorción de sulfatos porque no presenta bastante superficie de adsorción.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico (Cuadro No. 5), el S-Total presenta relación con la materia orgánica, esto tiene una explicación lógica, ya que en los resíduos vegetales se encuentra el azufre haciendo parte de la constitución de los mismos.

Al observar el Cuadro No. 5 notamos que el S-Total no tiene significación con el pH (0,1337). Esto tiene su explicación debido a que en el suelo se encuentran ciertos compuestos azufrados, Bear, Cairns y Richer, (3,6), en los cuales este elemento no está en forma asimilable o soluble, lo que hace que en la determinación del pH, los compuestos anotados por los autores antes mencionados no influyan directamente en la lectura del pH.

La relación entre S-Total y la arcilla se puede observar en el Cuadro No. 5, que es estrecha, debido a que la arcilla con cargas negativas en su superficie, atrae S con cargas positivas.

La relación entre S-Total y S-SO_4 es altamente significativa como lo muestra la matríz de correlación en el Cuadro No. 5, lo mismo se puede ver en la gráfica No. 2 y en el Cuadro No. 7, en el cual las muestras que presentan igual pH, al aumentar el S-Total, se incrementa el S-SO_4. Esto tiene una explicación lógica, como es la de que en los suelos en que se presentan cantidades altas de azufre, hay mayor oportunidad a que este elemento se mineralice, pasando a formas solubles como el S-SO_4.

En el mismo cuadro No. 5 se observa relación entre S-Total y la humedad, lo cual es lógico porque el agua es un disolvente de los compuestos inorgánicos de azufre, interviniendo por ello en la cantidad de azufre presente en el suelo, en una mayor actividad de los microorganismos y consecuencialmente en la solubilización de los compuestos orgánicos que contienen azufre y en una reducción bajo condiciones anaeróbicas (3,8,22,24, 28,31).

Relacionando todos los factores estudiados se encuentra que el aumento de la arcilla, materia orgánica, S-Total, y humedad, están ligados al incremento de S-SO_4.

CUADRO No. 1

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS DE LOS SUELOS ESTUDADOS

SERIE	FINCA	% DE HUMEDAD	TEXTURA		
			% de A.	% de L.	% de Ar.
LOS MANGOS	ALICIA	38,15	10,58	56,50	33,50
	"	41,45	38,83	35,00	26,17
	"	39,90	8,08	59,00	32,92
	"	42,26	2,08	57,50	40,42
	"	31,11	2,33	54,75	42,92
	"	26,45	39,08	40,50	20,42
	LA ISLA	36,05	13,08	60,75	26,17
	"	34,87	11,33	65,00	23,67
	"	26,06	16,58	49,00	34,42
	"	56,61	16,33	59,25	24,42
	"	33,81	28,08	35,00	36,92
JULIA	SANTA MARTA	30,10	6,33	59,00	34,67
	"	35,49	8,33	59,00	32,17
	"	33,10	9,96	48,79	41,25
	"	56,42	3,46	56,50	40,04
	"	41,03	10,33	60,75	28,92
	"	35,76	4,58	55,75	39,67
	DILIA ESTER	33,23	28,46	44,37	27,17
	"	28,73	25,58	49,38	25,04
	"	39,51	22,08	51,50	26,42
	CATILINA	31,34	18,08	56,88	25,04
	"	31,49	17,08	54,00	28,92
BONILLA	LATAL	24,45	38,83	38,63	22,54
	"	53,66	28,83	51,50	19,67
	"	23,00	15,58	54,00	30,42
	"	41,23	41,33	41,13	17,54
	"	40,81	16,71	60,75	22,54
	SACRAMENTO	58,35	10,96	66,12	22,92

(CONTINUACION CUADRO No. 1)

SERIE	FINCA	% DE HUMEDAD	TEXTURA		
			% de A.	% de L.	% de Ar.
VICTORIA	SANTA INES	32.35	49.21	31.50	19.29
	"	27.91	48.83	33.63	17.54
	"	16.45	52.08	30.75	17.17
	"	55.68	45.96	39.37	14.67
	"	31.05	55.58	21.50	12.92
	"	15.43	56.71	29.00	14.29
	"	19.85	41.33	41.50	17.17
ANTONIA	PANTOJA	42.26	41.17	38.62	19.67
	"	46.50	13.08	52.25	34.67
	"	40.79	26.33	41.13	32.25
	"	32.80	26.33	51.50	22.17
	"	45.29	33.83	44.00	22.17
	"	43.52	13.83	66.13	20.04
	TERESA	33.13	16.33	59.00	24.67
	"	43.35	23.46	59.37	17.17
	"	40.79	31.08	53.50	15.42
	"	46.73	30.58	49.36	20.04
	"	36.98	36.33	46.50	17.17
	"	39.53	12.71	64.77	22.52
	SARA	48.68	3.08	64.38	32.54
	"	45.77	8.15	54.13	37.72
	"	39.15	10.96	56.12	32.92
	LUCIA	54.53	4.21	66.12	29.67
PALERMO	EL CARMEN	36.75	8.08	67.25	24.67
	"	42.63	10.58	56.50	32.92
	"	37.95	21.33	56.13	22.54
	"	37.22	5.58	69.75	24.67
	"	35.14	25.96	53.62	20.42
	"	31.14	10.96	64.00	25.04
	VIRGINIA	42.95	1.33	66.50	32.17
	"	37.01	10.58	59.38	30.04

(CONTINUACION CUADRO No. 1)

SERIE	FINCA	% DE HUMEDAD	TEXTURA		
			% de A.	% de L.	% de Ar.
NINFA	LA BOMBA	33.00	29.83	47.25	22.92
	"	50.37	38.08	41.13	20.79
	"	32.90	38.83	40.72	20.45
	"	38.56	30.58	42.25	27.17
SN. RAFAEL	LA AGUSTINA	18.03	26.71	56.12	17.17
	"	48.16	30.58	49.00	20.42
	"	26.75	29.58	43.25	27.17
	"	57.80	13.83	48.63	37.54
	"	59.60	3.46	38.62	57.92
	"	56.23	33.83	43.25	22.92
	"	25.15	7.08	55.75	37.17
	"	58.50	2.08	50.75	47.17
	"	40.54	24.12	46.12	29.67
	"	56.09	33.08	41.50	25.42
	"	38.79	1.71	58.62	39.67
	"	44.54	4.21	56.12	39.67
	"	35.75	38.08	41.88	20.04
FRANCIA	SANTA RITA	53.67	8.46	59.37	32.17
	"	48.61	38.83	33.63	27.54
	"	36.65	13.08	52.25	34.67
	"	16.93	13.46	56.50	30.04
	"	39.27	50.58	46.50	32.92
	"	28.79	25.58	49.38	25.04
	SACRAMENTO	49.21	6.33	66.13	27.54
	"	39.61	15.96	56.87	27.17
	"	67.09	3.08	76.88	20.04

(CONTINUACION CUADRO No. 1)

SERIE	FINCA	% DE HUMEDAD	TEXTURA		
			% de A.	% de L.	% de Ar.
SEVILLA	CONCEPC.	16.66	25.58	58.63	15.79
	"	11.09	29.96	52.87	17.17
	"	32.25	15.58	71.50	12.92
	JOSEFINA	38.02	18.46	60.37	21.17
	"	51.15	19.58	60.75	19.67
	"	51.37	33.08	49.00	17.92
MOCHO	JOSEFA	45.85	33.83	46.88	19.29
	"	59.79	18.83	49.00	32.17
	"	38.80	14.58	51.50	33.92
	"	42.58	45.33	35.75	18.92
	"	49.93	35.33	48.25	16.42
TERESITA	LA OLGA	25.21	40.58	39.75	19.67
	"	34.91	15.58	49.38	35.04
	"	13.14	55.58	26.88	17.54
	"	25.92	27.83	47.88	24.29
	LA ARGELIA	17.62	34.58	46.13	19.26
	"	35.46	33.08	42.25	24.67
	"	12.30	24.96	41.12	23.92
	"	24.21	11.33	56.50	32.17
	"	26.45	40.96	44.37	14.67
	"	32.32	29.58	46.50	23.92

CUADRO No. 2

RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

SERIE	FINCA	S-TOTAL p.p.m.	S-SO_4 p.p.m.	M.O.%	pH
LOS MANGOS	ALICIA	291.50	4.62	2.85	7.20
	"	573.00	5.83	2.72	6.95
	"	-	4.22	2.65	7.00
	"	-	7.49	2.21	6.52
	"	-	7.07	2.71	6.80
	"	479.50	4.22	2.83	6.55
	ISLA	-	7.49	3.28	6.30
	"	-	7.07	3.49	6.45
	"	693.50	9.55	1.95	6.95
	"	625.00	5.83	4.32	6.60
	"	-	5.83	3.23	6.00
JULIA	SANTA MARTA	-	2.90	2.01	7.45
	"	659.00	3.32	1.87	7.50
	"	-	2.90	2.06	7.70
	"	-	4.22	3.77	8.00
	"	541.50	4.22	1.94	7.10
	"	-	5.41	2.81	7.30
	DILIA ESTER	479.50	3.32	2.52	7.35
	"	-	8.32	2.88	6.65
	"	573.00	8.32	2.88	6.65
	CATALINA	833.00	13.73	2.49	6.60
	"	-	4.22	1.59	6.45
BONILLA	LATAL	323.00	4.62	1.07	6.55
	"	458.00	2.90	0.53	6.30
	"	125.25	2.90	1.06	6.30
	"	-	5.41	1.22	6.80
	"	323.00	2.90	1.21	6.65
	SACRAMENTO	458.50	3.32	1.36	6.60

(CONTINUACION CUADRO No. 2)

SERIE	FINCA	S-TOTAL p.p.m.	S-SO_4 p.p.m.	M.O %	pH
VICTORIA	STA. INES	388.50	4.62	2.05	6.80
	"	228.50	3.32	2.20	6.80
	"	291.50	4.22	1.60	6.90
	"	-	2.07	2.41	6.75
	"	260.00	5.83	1.58	6.75
	"	228.50	8.32	1.59	6.40
	"	-	4.22	2.48	6.70
ANTONIA	PANTOJA	260.00	4.22	1.97	8.45
	"	-	3.32	3.03	8.10
	"	-	7.07	2.47	8.45
	"	-	4.22	2.18	7.40
	"	-	9.55	2.52	8.45
	"	353.50	3.32	4.01	8.30
	TERESA	-	2.49	2.52	6.05
	"	-	4.22	2.72	6.90
	"	-	5.83	2.18	6.10
	"	228.50	2.49	2.53	6.65
	"	-	4.22	1.89	6.40
	"	-	5.41	2.64	6.45
	SARA	-	5.41	2.56	6.35
	"	-	2.07	3.27	6.45
	"	656.00	3.32	2.64	6.55
	LUCIA	805.50	14.15	3.73	8.40
PALERMO	EL CARMEN	541.50	7.07	2.36	6.35
	"	-	4.22	2.70	6.50
	"	323.00	2.90	2.61	6.50
	"	-	7.07	2.84	6.55
	"	-	8.73	2.33	6.75
	"	353.50	2.49	2.49	6.35
	VIRGINIA	388.50	8.73	4.93	6.95
	"	479.50	5.41	2.12	6.20

(CONTINUACION CUADRO No. 2)

SERIE	FINCA	S-TOTAL p.p.m.	S-SO_4 p.p.m.	M.O %	pH
NINFA	LA BOMBA	260.00	7.49	1.60	6.65
	"	193.50	3.32	2.07	6.50
	"	260.00	4.62	1.60	7.50
	"	479.50	2.49	1.91	7.10
SN. RAFAEL	AGUSTINA	228.50	11.14	1.02	6.60
	"	193.50	9.55	2.55	6.95
	"	-	7.07	0.87	7.15
	"	-	10.00	2.99	6.85
	"	-	2.90	4.13	6.90
	"	-	4.62	1.88	6.95
	"	-	8.73	1.72	7.10
	"	-	5.41	3.82	6.50
	"	-	2.90	2.42	7.40
	"	-	10.00	2.96	6.85
	"	388.50	2.49	3.80	6.90
	"	291.50	5.83	2.24	7.00
	"	-	8.73	2.57	6.95
FRANCIA	STA. RITA	500.00	7.07	2.38	6.60
	"	388.50	5.83	2.40	6.60
	"	-	7.07	2.35	6.50
	"	-	7.07	2.57	6.50
	"	-	7.07	2.16	7.50
	"	500.00	8.32	2.88	7.35
	SACRAMENTO	-	4.22	2.05	8.10
	"	323.00	12.49	1.61	6.50
	"	353.50	9.55	2.22	6.15

(CONTINUACION CUADRO No. 2)

SERIE	FINCA	S-TOTAL p.p.m.	S-SO_4 p.p.m.	M.O %	pH
	Concepción	323.00	4.62	1.61	6.70
	"	291.50	4.62	1.34	6.60
	"	388.50	7.07	1.82	6.90
SEVILLA	JOSEFINA	353.50	3.32	2.34	7.30
	"	291.50	2.07	2.38	6.95
	"	-	4.62	2.09	6.90
	JOSEFA	323.00	4.22	1.76	6.70
	"	291.50	4.22	1.93	7.05
MOCHO	"	193.50	4.22	2.39	6.85
	"	417.00	4.62	0.98	7.20
	"	388.50	8.73	2.32	6.70
	LA OLGA	-	2.90	3.02	6.75
	"	291.50	4.22	2.56	6.90
	"	323.00	2.49	0.78	6.55
	"	323.00	7.07	2.17	6.90
TERESITA	LA ARGELIA	-	4.22	2.03	7.75
	"	291.50	5.41	1.63	6.60
	"	291.50	2.49	1.74	8.50
	"	-	2.49	2.35	7.25
	"	-	2.49	3.19	7.00

CUADRO No. 3

PROMEDIO DE LOS RESULTADOS FISICO-QUIMICOS POR SERIE

SERIE	No. de Muestras	pH	% H	M.O %	S-Total p.p.m.	S-SO_4 p.p.m	% S-SO_4*
LOS MANGOS	5	6.85	38.14	2.93	532.50	6.01	1.13
JULIA	5	7.04	36.12	2.34	617.20	6.58	1.07
BONILLA	4	6.48	40.05	1.04	337.65	3.32	0.98
NINFA	5	6.93	38.70	1.79	298.25	4.48	1.50
FRANCIA	5	6.64	41.15	2.29	413.00	8.65	2.09
VICTORIA	5	6.75	24.63	1.80	279.40	5.26	1.88
ANTONIA	5	7.67	45.59	2.97	460.70	5.50	1.19
PALERMO	5	6.47	37.16	2.90	417.20	5.32	1.28
SEVILLA	5	6.89	29.83	1.90	329.60	4.34	1.32
MOCHO	5	6.90	47.39	1.87	322.70	5.20	1.61
TERESITA	5	7.09	24.34	1.77	304.10	4.33	1.42

* Porcentaje de S-SO_4 con respecto al S-Total.

Universidad Tecnologica del Magdalena Biblioteca

(CONTINUACION CUADRO No. 3)

SERIE	No. de MUESTRAS	% de A.	% de L.	% de Ar.
LOS MANGOS	5	16.17	54.05	27.94
JULIA	5	19.56	54.50	27.94
BONILLA	4	22.39	54.00	23.61
NINFA	5	34.35	42.83	22.82
SN. RAFAEL	4	15.81	54.96	29.23
FRANCIA	5	18.39	55.22	26.39
VICTORIA	5	54.49	29.27	16.24
ANTONIA	5	20.27	55.27	24.46
PALERMO	5	10.46	62.65	26.89
SEVILLA	5	21.84	60.82	17.34
MOCHO	5	29.59	46.27	24.14
TERESITA	5	33.41	41.50	25.09

CUADRO No. 4

PROMEDIO DE S-TOTAL Y S-SO_4 EN Kg/Ha.

SERIE	S-TOTAL	S-SO_4
LOS MANGOS	1065.00	12.02
JULIA	1234.00	13.16
BONILLA	675.00	6.64
NINFA	596.50	8.96
SAN RAFAEL	551.00	14.64
FRANCIA	826.00	17.30
VICTORIA	558.80	10.52
ANTONIA	921.40	11.00
PALERMO	834.40	10.64
SEVILLA	659.20	8.68
MOCHO	645.40	10.40
TERESITA	608.20	8.66

CUADRO No 5

MATRIZ DE CORRELACION ENTRE LAS VARIABLES ESTUDIADAS

	pH	M.O	Arcilla	% de Humedad	Azufre Sulfato	Azufre Total
pH	1	0.0622 NS	-0.2378 NS	0.1659 NS	0.2058 +	0.1337 NS
M.O		1	0.3814 ++	0.4304 ++	0.3242 ++	0.2904 +
ARCILLA			1	0.2869 ++	0.0248 NS	0.2557 ++
% DE HUMEDAD				1	-0.0511 NS	0.2850 +
AZUFRE SULFATO					1	0.3861 ++
AZUFRE TOTAL						1

NS = No significativo

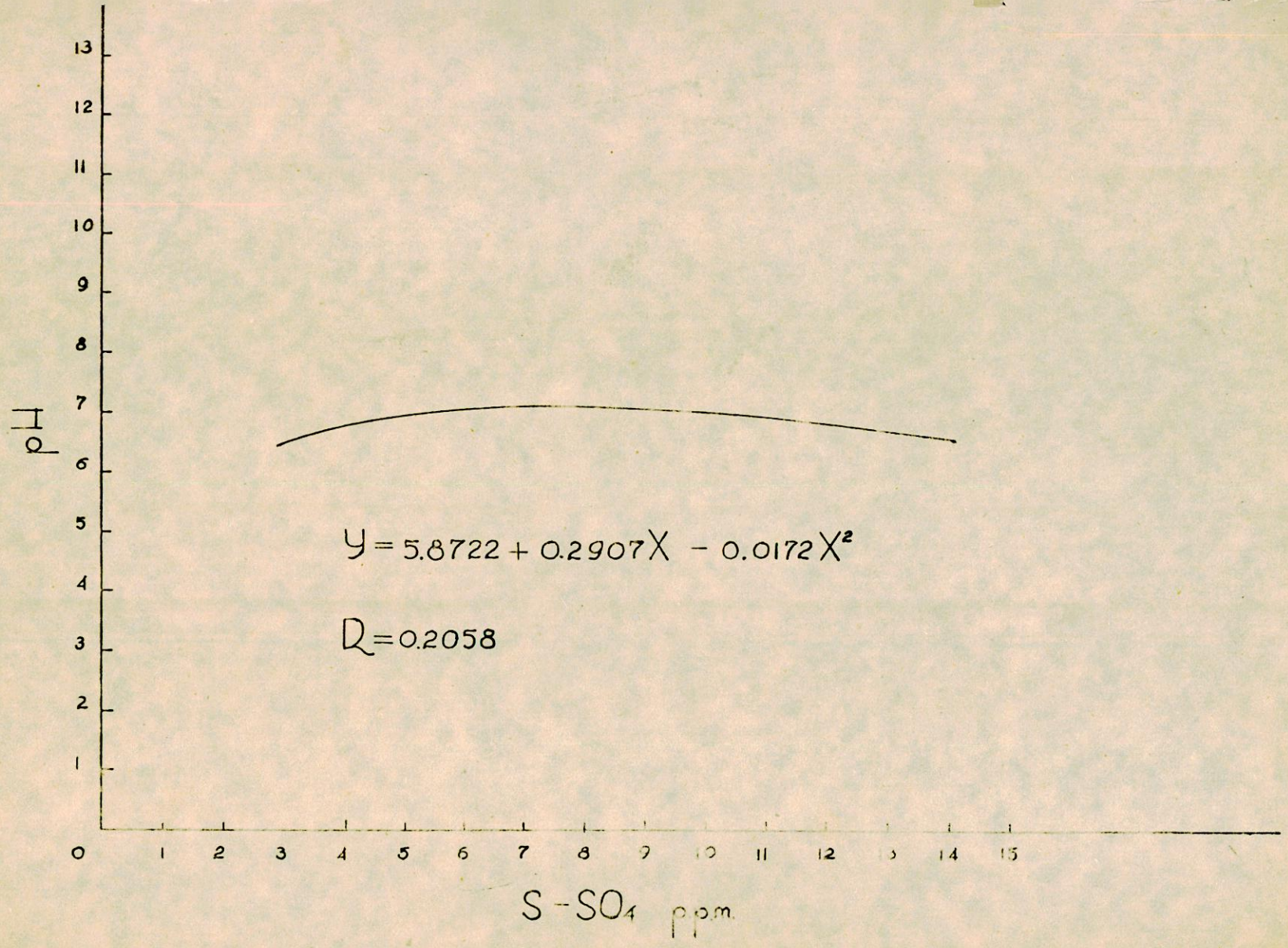
\+ = Significativo para el 5 %

++ = Significativo para el 1 %

CUADRO No. 9

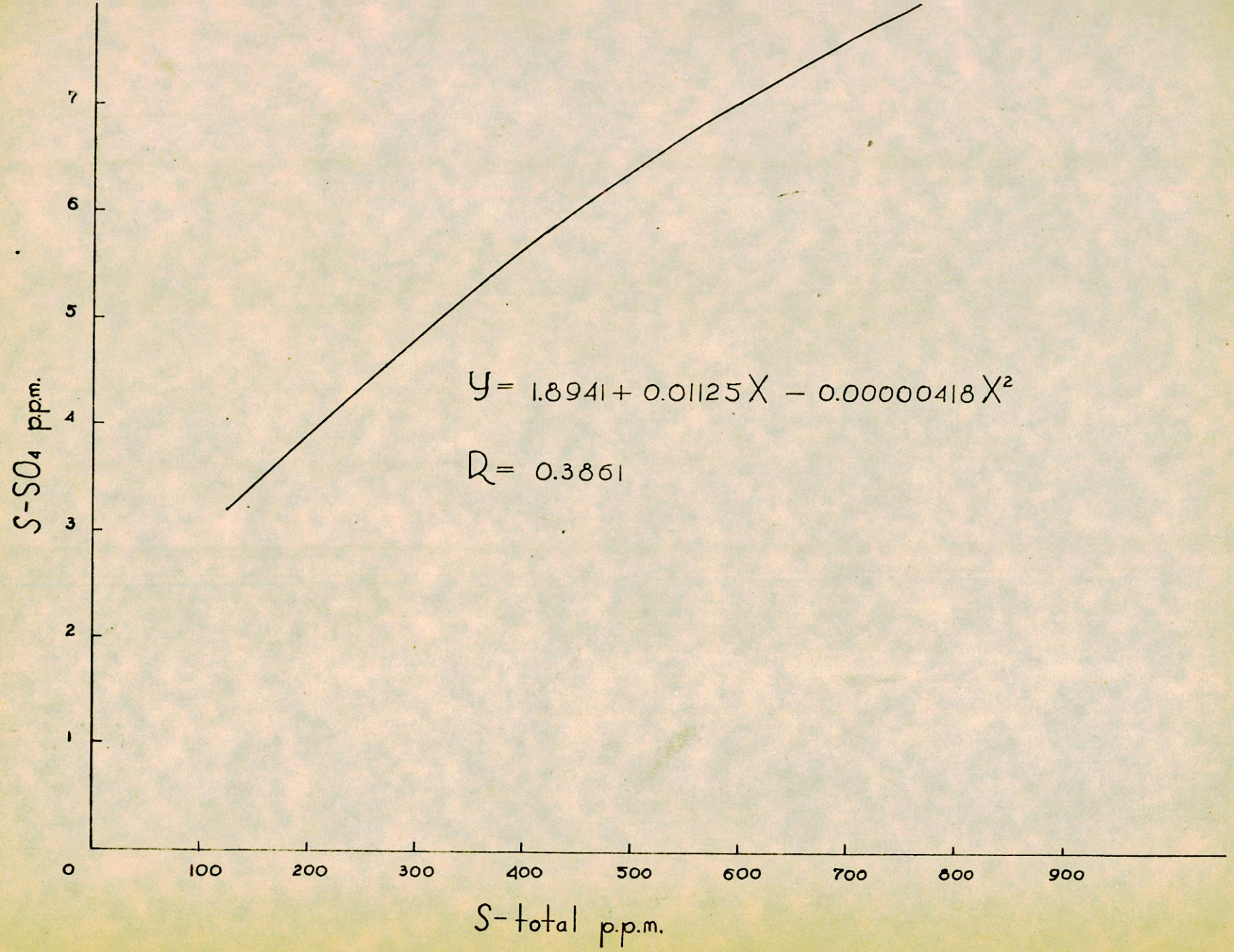
INCREMENTO DEL S-SO_4 CON EL AUMENTO DE LA MATERIA ORGANICA Y/O DEL S-TOTAL EN MUES - TRAS CON IGUAL pH.

pH	% M. O	S-TOTAL p.p.m.	S-SO_4 p.p.m.
6.35	2.36	541.50	7.07
6.35	2.83	353.50	2.49
6.55	2.83	479.50	4.22
6.55	2.64	656.00	3.32
6.70	1.76	323.00	4.22
6.70	2.32	388.50	8.73
6.90	2.56	291.50	4.22
6.90	2.17	323.00	7.07
6.95	1.95	693.50	9.55
6.95	4.93	388.50	8.73
6.60	2.49	833.00	13.73
6.60	2.38	500.00	7.07
7.35	2.52	479.50	3.32
7.35	2.88	500.00	8.32
6.65	1.21	323.00	2.90
6.65	1.60	260.00	7.49
6.90	1.82	388.50	7.07
6.90	2.56	291.50	4.22
6.70	1.76	323.00	4.22
6.70	2.32	388.50	8.73



Grafica Nº 1

RELACION ENTRE $S-SO_4$ Y pH DE LOS SUELOS DE LA ZONA BANANERA



Gráfica Nº 2 RELACION ENTRE S-TOTAL Y S-SO_4 DE LOS SUELOS DE LA ZONA BANANERA

V.- CONCLUSIONES

Los análisis físico-químicos hechos en el laboratorio y las relaciones establecidas en el presente estudio permiten sacar las siguientes conclusiones:

1) No hubo relación entre la humedad con el S-SO_4 y fué significativa con el S-Total.

2) Los análisis texturales dan los mayores porcentajes de limo, a excepción de la serie Victoria en la cual correspondieron a la arena. El contenido de arcilla es, en términos generales, bajo, con valores comprendidos entre 12,92% en las series Mocho y Victoria, y 57,92% en la serie San Rafael. Las series Victoria y Sevilla tuvieron los porcentajes promedios de arcilla más bajos con 16,24 y 17,34% respectivamente, y las series Los Mangos y San Rafael los más altos con 29,78 y 29,23% respectivamente.

3) La arcilla y el S-SO_4 no tuvieron relación, sin embargo, con el S-Total la relación fué altamente significativa.

4) Muy bajo porcentaje de materia orgánica varianda entre 0,53% en la serie Bonilla y 4,93% en la serie Palermo; en promedios, el menor valor fué de 1,04% en la serie Bonilla y el valor más alto fué de 2,97% en la serie Antonia.

5) La materia orgánica dió estrecha relación con el S-SO_4 y escasa con el

S-Total.

6) El pH dió valores entre 6,0 en suelos de la serie Los Mangos y 8,50 - en suelos de la serie Teresita, estando la mayoría sobre 6.40. El menor promedio de pH fué de 6,47 en la serie Palermo y el mayor fué de - 7,67 en la serie Antonia.

7) El pH resultó ser, significativo con el S-SO_4 y no tuvo significancia - con el S-Total.

8) Los valores de S-SO_4 están entre 2,07 p.p.m. en las series Sevilla, Antonia y Victoria y 14,15 p.p.m. en la serie Antonia y los promedios entre 3,32 p.p.m. en la serie Bonilla y 8,65 p.p.m. en la serie Francia.

9) El S-Total varió entre 125,25 p.p.m. en la serie Bonilla y 833,00 p.p. - m. en la serie Julia; los promedios van de 275,50 p.p.m. en la serie San Rafael a 617,20 p.p.m. en la serie Julia. Entre S-SO_4 y S-Total hubo alta significación.

10) La variación del porcentaje de S-SO_4 con respecto al S-Total estuvo comprendida entre 0,98% en la serie Bonilla y 2,66% en la serie San Rafael.

11) Los promedios del S-SO_4 expresados en Kg./Ha. varían entre 6.64 en - la serie Bonilla y 17,30 en la serie Francia y los de S-Total entre 551,00 en la serie San Rafael y 1234,40 en la serie Julia.

12) Las cantidades de azufre encontradas son bajas, el S-SO_4 está en muy -

pequeña proporción del S-Total, lo cual indica que la mineralización del azufre en estos suelos es muy escasa.

Debido a la influencia del azufre en el aprovechamiento de otros nutrientes por las plantas y a su importancia en la formación de las proteinas vegetales, puede asegurarse que tan pequeñas cantidades de sulfatos no son suficientes para cubrir las necesidades de los cultivos en estos suelos. Los resultados obtenidos para el azufre también nos permiten afirmar que aunque hasta el momento no se hayan observado deficiencias del elemento en los suelos estudiados, los rendimientos si pueden ser aumentados si se lleva a cabo una fertilización dirigida a proveer azufre en una forma racional, ya que actualmente se le aplica solo en forma indirecta en los fertilizantes hechos a base de sulfatos. Además, estando sometida a la Zona Bananera al cultivo intensivo, es claro que debe prestarse atención a todos los elementos nutritivos para tener un buen equilibrio de ellos en el suelo, razón por la cual no puede pasarse por alto la conveniencia de llevar a cabo ensayos de fertilización con azufre en tan importante área, para conocer la respuesta a este elemento de los principales cultivos comerciales en los suelos agrícolas de esta parte del país.

VI.- RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en suelos de la Zona Bananera del Magdalena, Colombia, para determinar el contenido de azufre soluble y azufre total y establecer las relaciones de dichas formas de azufre con algunas características físico-químicas de estos suelos.

En 12 series de suelos se analizaron 106 muestras para S-Total y 58 para S-SO_4 utilizando el método de Carolina del Norte.

Se encontró entre 2,07 y 14,15 p.p.m. (4,14 y 28,30 Kg./Ha.) de S-SO_4, con promedios entre 3,32 y 8,65 p.p.m. (6,64 y 17,30 Kr./Ha.) y entre 125,25 y 833,00 p.p.m. (250,50 y 1666,00 Kg./Ha.) de S-Total, con promedios que varían entre 275,50 y 617,20 p.p.m. (551,00 y 1234,40 Kg./Ha.). Se considera que estas cantidades de azufre son bajas, dado que las plantas tienen necesidades de azufre similares a las de fósforo.

Se determinó pH, porcentajes de materia orgánica y de humedad y se utilizaron los resultados de los análisis texturales determinados por Raudales y Cuellar.

En los análisis estadísticos, las correlaciones presentaron significación entre S-SO_4 y pH, S-Total y materia orgánica, y S-Total y porcentaje de humedad, siendo altamente significativa la relación entre S-SO_4 y materia orgánica, S-Total y arcilla y S-Total y S-SO_4.

total "S" and organic matter and total S and humidity percentage; being - highly significant the relation between $S-SO_4$ and organic matter, total - "S" and clay and total "S" and $S-SO_4$.

VIII.- BIBLIOGRAFIA

1. ARIAS Hernández, A.J. y A. González Montenegro. Aplicación de la colorimetría en la determinación de la materia orgánica de los suelos. Acta agronómica. 1966 (16): 3-4.

2. BARDSLEY, C.E. and J. D. Lancaster. Determination of reserve sulfur and soluble sulfates in soils. Soil Science Society of America Proceedings, 24(4): 265, 267, 268.

3. BEAR, F.E. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. - Barcelona, ediciones Omega. 1969. 368 p.

4. BLEDSOE, R.W. and R.E. Blaser. The influence of sulfur on the yield - and composition of clovers fertilized with differents sources of - phosphorus. Journal of the American Society of Agronomy, 39(2); - 146-147. 1946.

5. BUCKMAN, H.O. y N.C. Brady. Naturaleza y propiedades de los suelos México, UTEHA, 1966. 590 p.

6. CAIRNS, R.R. and A.C. Richer. A comparative study of a sulphur responsive and a non-responsive grey wooded soil. Canadian Journal of - soil Science, 40(2):246,248,249. 1960.

7. DEMOLON, A. Principios de Agronomía; crecimiento de vegetales cultivados. Barcelona, ediciones Omega, 1966. 587 p.

8. FASSBENDER, H.W. Química de Suelos. Turrialba, IICA, 1969. 268p.

9. GRANADOS, Núñez M. Mineralización del azufre en suelos bajo cultivo de cacao (Theobroma cacao L.). Tesis Mag. S.C. Turrialba, - IICA, 1972, 57 p. (mimeografiada).

10. HARRIS, H.C., R.W. Bledsoe and P.W. Calhoun. Responses of cotton to sulfur fertilization. Journal of the American Society of Agronomy, 37(5): 323 - 329. 1945.

11. INSTITUTO Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Agrológico. Estudio semidetallado de suelos del sector plano del Municipio de Ciénaga, para fines agrícolas. Bogotá, 1969. 336 p. (Vol.5 No.1).

12. INSTITUTO Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Agrológico. Metodos analíticos del laboratorio de suelos. Bogotá, 1963. 130p. - (Pub. IT - 6).

13. JACOB, A. y H.V. Uexküll. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. 3a Ed. Verlagsgesell Schoft,- 1966. 625 p.

14. JORDAN, H.V. and H. M. Reisenauer. Sulfur and soil fertility. Washington, D.C. U.S. Department of Agriculture, 1957. 784 p.

15. KILMER, V.J. and D.C. Nearpass. The determination of available sul-

fur in soils. Soil Science Society of America Procedings, 24(5): 337 - 339. 1960.

16. LAWTON, K. Composición química de los suelos. En: Bear, F. Química del suelo. Madrid, Interamericana, 1963 p.97.

17. LOMA, J. L. de la. Experimentación agrícola. 2ª. ed. México, - UTEHA, 1966. 493 p.

18. LOWE, L.E. and W.A. DeLong. Aspects of the sulphur status of - three Quebec soils. Canadian Journal of soil Science, 41(2):141 142. 1961.

19. MARTIN, W.S. Sulfur deficiency widespread. California Agriculture, 12(11): 10-12. 1958.

20. MARTIN, J.P. and J.O. Ervin. Oxidation of sulfur in soils. California Agriculture. 8(1): . 1954.

21. MELA Mela, P. Tratado de Edafología y sus distintas aplicaciones. 2a. ed. Zaragoza, Agrciencia, 1963. 615 p.

22. MILLAR, C.E. Fertilidad del suelo. Barcelona, Salvat, 1963. 477 p.

23. MULLER, L. E. Deficiencia de azufre en algunos suelos de Centro America. Turrialba, 15(3): 208-215. Jul-Set.

24. PLIATKIN, K. Microbiología,. Moscú, Mir, 1968. 683 p.

25. RAUDALES, P. y R. Cuellar. Fijación de fósforo en suelos de la Zona Bananera. Tesis Ing. Agr. Santa Marta, Univ. Tecnológica del Magdalena, Fac. de Agronomía, 1974, 41 p. (mimeografiada).

26. REID, P.H. and C. Copeland. Analytical methods used by the soil testing division North Carolina Department of agriculture, Raleigh N. C. 1969.

27. ROSA, Haroldo Bequis de la J. Rincón y A. Díaz. Correlación entre análisis de plantas y análisis de suelos en la Zona Bananera. Tesis - Ing. Agr. Santa Marta, Univ. Tecnológica del Magdalena, Fac. de Agronomía. 1973. 81 p. (mimeografiada).

28. RUSSEL, E. y E. W. Russel. Las condiciones del suelo y el desarrollo - de las plantas. 3a. ed. Barcelona, Aguilar, 1964. 771 p.

29. SNEDECOR, G.W. Métodos estadísticos. 4a. ed. México, CECSA, - 1966. 626 p.

30. STARKEY, R.L. Relation of microorganism to transformationes of sulfur - in soil. Soil Science, 70:55-65. 1950.

31. TESCHER, H. y R. Adler. El suelo y su fertilidad. México, CECSA, - 1965. 510 p.

32. THOMPSON, L.M. El suelo y su fertilidad. 3a. ed. Barcelona, Rever

té. 1965. 409 p.

33. WALKER, D. R. and C. F. Bentley. Sulphur fractions of legumes as indicators of sulphur deficiency. Canadian Journal of Soil Science, 41(2): 164-166. 1961.

34. WITEHEAD, D.C. Soil and plant nutrition aspects of the suphur cycle. Soil and Fertilizer, 27:1-2 . 1964.

A P E N D I C E

REGRESION ENTRE $S\text{-}SO_4$ y pH

$$Y = a + b - c\ X^2$$

$$Y = 5,8722 + 0,2907\ X - 0,0172\ X^2$$

REGRESION ENTRE S - TOTAL y $S\text{-}SO_4$

$$Y = a + b\ X - c\ X^2$$

$$Y = 1,8941 + 0,01125\ X - 0,00000418\ X^2$$

REGRESION ENTRE S- TOTAL, $S\text{-}SO_4$ Y % DE HUMEDAD

$$Y = a + b\ X_1 + c\ X_2$$

$$Y = 126,12 + 22,32\ X_1 + 3,64\ X_2$$

REGRESION ENTRE S-TOTAL, MATERIA ORGANICA Y ARCILLA

$$Y = a + b\ X_1 + c\ X_2$$

$$Y = 190,11 + 51,16\ X_1 + 3,45\ X_2$$

REGRESION ENTRE S-TOTAL, MATERIA ORGANICA Y $S\text{-}SO_4$

$$Y = a + b\ X_1 + c\ X_2$$

$$Y = 202,57 + 40,91 + 17,15\ X_2$$

CUADRO No. 1

INCREMENTO DEL S-SO_4 CON EL AUMENTO DE LA ARCILLA, MATERIA ORGANICA, HUMEDAD Y S-TOTAL, EN MUESTRAS CON IGUAL pH

pH	% Ar.	% M.O.	% de HUMEDAD	S-TOTAL p.p.m.	S-SO_4 p.p.m.
6.90	19.29	2.05	32.35	388.50	4.62
6.90	17.17	1.60	16.45	291.50	4.22
6.60	25.04	2.49	31.34	833.00	13.73
6.60	17.17	1.02	18.03	228.50	11.14
6.60	32.17	2.38	53.67	500.00	7.07
6.60	27.54	2.40	48.61	388.50	5.83
6.55	20.42	2.83	26.45	479.50	4.22
6.55	17.54	0.78	13.14	323.00	2.49
7.10	28.92	1.94	41.03	541.50	4.22
6.55	26.42	2.88	39.51	573.00	8.32
6.55	22.92	1.60	33.00	260.00	7.49
6.55	22.54	1.21	40.81	323.00	2.90
6.55	20.04	2.53	46.73	288.50	2.49
6.70	16.42	2.32	49.93	388.50	2.32
6.70	15.79	1.61	16.66	323.00	1.61

CARACTERISTICAS DE LAS PRINCIPALES SERIES ESTUDIADAS (27).

SERIE : PALERMO (PR).

Presentan estos suelos un relieve plano con pendiente de 0-1%. Se caracterizan por tener textura modernamente finas en las capas superiores que descansan sobre texturas medianas, suelos muy profundos; estructuras en bloques subangulares moderada y media; color pardo grisáceo sobre pardo amarillento, con moteado gris oscuro drenaje natural va de imperfecto a moderadamente bien drenado.

Poseen una fertilidad baja, mediana capacidad de cambio, alto contenido de bases totales, muy pobre en fósforo disponible.

SERIE : BONILLA (BN)

Esta serie se encuentra en suelos de relieve plano, cuya pendiente va de 0-1%. Se caracteriza por tener dentro de todo el perfil, arenas medias y finas, con profundidad efectiva.

Color pardo amarillento sobre pardo grisáceo: bien drenado. Tiene una fertilidad baja, mediana capacidad de cambio, alto contenido en bases totales y muy alta saturación en bases, muy pobre en fósforo disponible.

SERIE : SAN RAFAEL (SR).

Suelos de relieve plano, con pendiente de 0-1%. Presentan estos suelos texturas finas en las capas superiores, que descansan sobre texturas gruesas. Poseen bastante profundidad, estructuras en bloques subangulares débiles y fina, colores pardo oscuro y pardo; drenaje natural imperfecto a modera -

damente bien drenado. La fertilidad es moderada; mediana capacidad de cambio; alto contenido de bases totales y muy alta saturación de bases; y regular en fósforo disponible.

SERIE : TERESITA (TR).

Incluye esta serie suelos de relieve plano con pendiente de 0-1%. Posee texturas medias en las capas superiores y finas en las inferiores; profundidad efectiva profunda, bloque subangulares. Colores pardos y pardo oscuros sobre pardo grisáceo oscuro; al drenaje natural va de imperfecto o moderadamente bien drenado. Su fertilidad es moderada, alta capacidad de cambio, muy alto el contenido de bases totales, regular en fósforo disponible.

SERIE : SEVILLA (SL)

Suelos de relieve plano, con pendiente 0-1%. Las capas superiores son de textura moderadamente ruesas. Las capas alternas entre texturas moderadamente gruesas, medias y gruesas dentro de todo el perfil; posee una profundidad efectiva que va profunda o moderadamente; estructuras en bloques subangulares debil y media colores pardo oscuro en las capas superiores y pardo oliva, en las inferiores y con drenaje natural bueno. La fertilidad es moderada, capacidad de cambio baja, regular en contenido de bases totales y regular en fósforo disponible.

SERIE : NINFA (NF).

Los suelos que forman esta serie son de relieve plano con pendiente 0-1%. Esta serie posee general dentro de todo su perfil texturas moderadamente - gruesas y medias a diferentes profundidades; profundidad efectiva muy profunda y moderadamente profundas, estructura de bloques subangulares debil y media fina en las capas superiores y aún estructuras en la inferiores en - su mayor parte. Los colores de las capas superiores son pardo amarillento oscuro, pardo oscuro y en las inferiores pardo grisáceo; drenaje natural de bien a moderadamente bien drenado. Fertilidad moderada mediana capaci - dad de cambio, alto en bases totales y muy alto en saturación de bases y - de regular a alto en fósforo disponible.

SERIE : FRANCIA (FR).

Estos suelos en su totalidad son de relieve plano, pendiente 0-1%; las capas superiores del perfil presentan texturas gruesas y medias, en las inferiores arenas gruesas; presentan eventualmente algunas variaciones sobre todo en limites con otras series. En ocasiones presentan texturas medias a manera de capas de unos 20 cms. de espesor. Asi como también pueden presentarse gravilla y cascajos a todo lo largo del perfil, por presentar capas constrantantes en los 25-50 y 90 cms. Estos suelos son muy superfi - ciales y moderadamente profundos, posee bloques, angulares, debiles y medios, los colores de las capas superiores son pardo oscuro y pardo grisáceo y en las inferiores gris oliva; drenaje natural bueno. Fertilidad moderada con mediana capacidad de cambio, alta en bases totales y regular fósforo dispo - nible.