

RESIDUALIDAD DEL ACIDO SULFURICO APLICADO COMO ENMIENDA, Y CALCULADO DE ACUERDO CON LA CIC Y CON LA SUMA DE BASES, SOBRE LA ESTABILIDAD DE LOS AGREGADOS EN DOS SUELOS SALINO-SODICOS DE LA ZONA DE PALMASECA, VALLE DEL CAUCA

Jairo Charry Calle*

COMPENDIO

Los dos suelos salino-sódicos se cultivaron sucesivamente con algodón (*Gossypium hirsutum* var. Gossica P-21), soya (*Glycine max* var. ICA-Tunía) y fríjol (*Phaseolus vulgaris* var. ICA-Gualí). La estabilidad de los agregados para los suelos, tratamientos y cultivos, se comparó calculando el área localizada debajo de cada una de las curvas aditivas porcentuales de los agregados, entre los parámetros menor de 0.25 mm y 0.42-0.84 mm. La estabilidad de los agregados para los dos suelos se incrementó hasta el 56 o/o en los tratamientos calculados de acuerdo con la CIC cultivado con soya y de Suma de Bases cultivado con fríjol. Las características radicales del fríjol ó de la soya, parece no tener incidencia marcada en la agregación. Los análisis químicos iniciales y al finalizar las siembras sucesivas de algodón, fríjol y soya, mostraron en términos generales una reducción del 90 al 98 o/o en los niveles de sulfatos, sodio intercambiable (SI) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

ABSTRACT

Residuality of sulfuric acid applied as amendment and calculated according to CEC and Sum of Exchangeable Bases (Ca, Mg, Na and K) on the aggregate stability of two saline-sodic soils from Palmaseca zone, Cauca Valley, successively cultivated in cotton (*Gossypium hirsutum* var. Gossica P- 21), soybean (*Glycine max* var. ICA-Tunía) and bean (*Phaseolus vulgaris* var. ICA-Guali) was studied. The aggregate stability for two soils, treatments and crops, was compared by calculating the area located below each one of the accumulative percentage curves of aggregates, between less than 0.25 mm and 0.42-0.84 mm parameters. The results showed: A percent increase up to 56 o/o in the aggregate stability of both soils, in treatments calculated according to CEC cultivated in soybean, and Sum of Exchangeable Bases cultivated in bean. The characteristic roots do not have a pronounced effect on aggregation. The initial and final chemical analysis of soils cultivated in cotton, bean and soybean showed in general, a 90 to 98 o/o reductions of levels of sulphate, exchangeable sodium and exchangeable sodium percentage.

* Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Palmira.

1. INTRODUCCION

Siempre se ha generalizado, que los suelos alcalinos no presentan una agregación de las partículas minerales, por los elevados contenidos de sodio intercambiable que en ellos existe, el cual determina una acción defloculante de la fracción mineral.

Las investigaciones que los científicos de diferentes países han desarrollado en suelos alcalinos, para recuperarlos químicamente ó mejorar la infiltración del agua a través de una buena agregación, conseguida con la adición de sustancias acidificantes, no han dado los resultados favorables que se esperaban en la mayoría de los casos.

Algunos técnicos opinan que los suelos alcalinos poseen una agregación natural, producto de la acción cementante de muchas sustancias que están presentes en ellos, como lo son los carbonatos, y que dicha agregación puede destruirse rápidamente por el efecto inmediato que las sustancias acidificantes ejercen sobre los materiales cementantes.

Con el objeto de contribuir al conocimiento de la estabilidad de los agregados al agua, se realizó el presente trabajo en dos suelos salino-sódicos de la zona de Palmaseca, en el Valle del Cauca, a los que previamente se les adicionó ácido sulfúrico como enmienda, calculada de acuerdo con la CIC y con la Suma de Bases, y cultivados sucesivamente con algodón, fríjol y soya.

2. REVISION DE LITERATURA

Debe reconocerse, que al arreglo o agrupación de las partículas del suelo no se le ha dado la importancia que se merece, por ejercer una influencia notoria en la velocidad y profundidad alcanzada por el agua de infiltración, en la retención de humedad por los espacios vacíos y en la facilidad del intercambio gaseoso (Charry, 6).

Mendez y Moreno (13) indicaron que la agregación es una de las propiedades físicas más dinámicas del suelo, pues ella afecta las características funcionales de éste con respecto a la absorción de agua y de nutrientes, la infiltración, la aireación, el desarrollo y penetración de las raíces.

Un agregado de suelo está constituido por la agrupación íntima de partículas primarias, las que inicialmente son floculadas y luego cementadas en agregados estables (Baver, 4). Parece evidente, que la agregación se debe a las acciones recíprocas de índole física y química entre las arcillas, el humus y el agua (Lyon y Buckman, 12).

Gish y Browning (10) sostuvieron que tanto las prácticas de manejo como las de cultivo, tienen efecto marcado en el tamaño, distribución y estabilidad de los agregados, al encontrar en suelos vírgenes un porcentaje considerablemente alto de agregados mayores a 1.0 mm., con respecto al mismo suelo cultivado. Los mismos autores enfatizaron en su investigación, que tanto la época o estación, el sistema de cultivo y el contenido de humedad en el momento del muestreo, tienen marcada incidencia en la agregación. Al respecto, Alderfer (1) sugirió un posible efecto indirecto del agua en la agregación, por la relación que tiene con la permeabilidad al aire y al agua, y en particular por su importancia para el crecimiento vegetal.

Tisdall y Oades (22) indicaron que la estabilidad de los agregados al agua depende de los materiales orgánicos y por tal motivo clasificaron este tipo de agente en transitorios, polisacáridos, temporales, raíces e hifas fungosas, y persistentes, componentes aromáticos resistentes asociados con cationes metálicos polivalentes y polímeros fuertemente adsorbidos.

Agregaron los mismos autores, que la estabilidad depende de la persistencia de los agentes orgánicos de enlace, lo cual parece ser una característica del suelo, independiente de su manejo, pues hallaron en suelos agrícolas viejos, que más del 70 o/o de los agregados se encontraban entre 20 y 250 micras de diámetro, y que ellos estaban unidos por diferentes materiales cementantes, cuyos efectos son aditivos.

Chepil (7) indicó que son temporales los efectos cementantes de los productos iniciales de la descomposición de la materia orgánica del suelo, en consecuencia, a medida que dichos productos son destruidos, la agregación decrece.

Reid y Goss (17) anotaron que el crecimiento de las raíces de ryegrass y de alfalfa var. Lucerna, condujo a un incremento en la estabilidad de los agregados, posiblemente asociado con la producción de polisacáridos mucilaginosos por las raíces o por los hongos de la rizosfera, mientras que el crecimiento de maíz, tomate y trigo, por la clase de materiales orgánicos liberados por las raíces, determinó una disminución en la estabilidad de los agregados.

Reid *et al* (18) mencionaron que las causas probables de la disminución de la estabilidad de los agregados alrededor de las raíces de maíz, pueden ser la destrucción de los "enlaces orgánicos - Fe ó Al - partículas minerales", la liberación de agentes quelantes en la rizosfera, la presencia de ácidos poligalacturónicos y poliglucurónicos contenidos en los mucílagos segregados por las raíces, los cuales remueven ó liberan al Fe ó al Al de los agregados, ó a la competencia que se establece entre los ácidos fúlvicos con los ácidos láctico y cítrico, por el Fe.

Fahad *et al* (9) hallaron que los suelos cultivados continuamente con soya, presentaron una reducción y ruptura de los agregados por acción de las raíces, motivado tal vez por el alto contenido de nitrógeno que hay en ellas y en las demás leguminosas, lo cual favorece su rápida descomposición, mientras que en las gramíneas, las raíces presentan mayor cantidad de materiales carbonáceos y una relación C/N más amplia, que determina una descomposición más lenta que favorece la agregación. Armbrust *et al* (3) encontraron que los suelos cultivados continuamente con trigo de invierno y sorgo, contenían más agregados mayores de 0.84 mm y que éstos eran mucho más estables que aquellos suelos cultivados con soya.

El alto contenido de sodio intercambiable (S I) disminuye la fuerza de agregación de las partículas e incrementa la separación por el efecto defloculante del ión sodio. Kemper y Koch, citados por Singer *et al* (19), midieron la estabilidad de los agregados en 516 suelos y encontraron que un porcentaje de sodio intercambiable (P S I) mayor de 20 o/o, determinaba una estabilidad de los agregados muy próxima a cero (0). Sin embargo, Singer *et al* (19) hallaron que el mayor efecto del sodio sobre la estabilidad de los agregados tiene lugar, cuando el P S I se encuentra entre el 8 y el 19 o/o, pues a valores superiores la dispersión producida por el sodio ha sellado los poros.

Thorne (21) manifestó que se está promoviendo el uso de agentes acidificantes como el azufre, el ácido sulfúrico y el ácido fosfórico, para corregir los suelos calcáreos y mejorar su productividad. Sobre el particular, Aldrich (2) anotó que la acidificación de los suelos alcalinos reduce la agregación, el movimiento del agua, los contenidos de Ca, Mg y K intercambiables, pero incrementa la CE, el NH_4 intercambiable, los niveles de Ca, Mg, K, Fe y Mn solubles y que además tuvo poco efecto sobre el sodio intercambiable.

Overstreet *et al* (16) aplicaron ácido sulfúrico, yeso y azufre directamente a suelos calcareo-sódicos, con muy altos contenidos de sodio adsorbido, y mostraron que la adición de ácido sulfúrico fue de gran valor en la recuperación de los suelos, en relación con los otros productos. Hubbell y Stubblefield (11) manifestaron que la adición de enmiendas como sulfato de calcio, nitrato de calcio, óxido de calcio, carbonato de calcio, sulfato de amonio, ácido sulfúrico, azufre y yeso, sin considerar la cantidad ó clase, no tuvieron efecto significativo sobre la formación de agregados en dos suelos calcáreos, con la excepción del ácido sulfúrico que mostró diferencias altamente significativas.

Sin embargo, Christensen y Lysterly (8) llegaron a la conclusión que no existe diferencia en la agregación de un suelo calcáreo tratado con ácido sulfúrico, pero sí una decidida reducción en la dureza, como consecuencia de un

incremento en la floculación. Miyamoto et al (14) sostuvieron que al aplicarse ácido sulfúrico diluído a suelos calcáreos, se neutraliza la basicidad titulable en ácido mucho más rápido que la entrada de la solución al suelo, creandose así una neutralización abrupta ó una capa superficial acidificada, puesto que el ácido disuelve el material cementante constituido probablemente por carbonatos y en consecuencia, la estabilidad de los agregados en ésta capa ó zona, puede reducirse en un 50 ó un 90 o/o en relación a la agregación natural de éstos suelos.

3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para la presente investigación se utilizaron dos (2) suelos salino-sódicos de la zona de Palmaseca, en el Valle del Cauca, los cuales manifestaron una textura franco-arcillo-limosa (Tarache, 20). Los cultivos usados en trabajos previos fueron algodón (*Gossypium hirsutum* var. Gossica P. 21), soya (*Glycine max* var. ICA-Tunía) y fríjol (*Phaseolus vulgaris* var. ICA-Gualí) (Tarache, 20).

Con anterioridad a las determinaciones de estabilidad de los agregados al agua, a los suelos se les aplicó ácido sulfúrico (pureza del 98 o/o y densidad de 1.84 g/cm³) como enmienda, calculado de acuerdo con la CIC y con la Suma de Bases (Cuadro 1); después de aplicada la enmienda, se agregó una lámina de agua equivalente a 45 cm (6 l/matera) con períodos alternos de humedad-sequedad por tres (3) semanas, al final de las cuales se efectuaron las siembras siguientes: primero algodón y soya (Narvaez 1979), segunda y tercera siembra algodón y soya, cuarta y quinta siembra fríjol y soya (Cordero, 5). Las siembras tenían como objeto evaluar la efectividad del ácido sulfúrico en la recuperación de suelos salino-sódicos y la residualidad del mismo.

Cuadro 1

Cantidad de enmienda "ácido sulfúrico" calculado en base suelo/matera y su equivalente por ha (*)

| Suelo | C I C | | Σ - Bases | |
|-------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|
| | cm ³ /matera | l /ha | cm ³ /matera | l /ha |
| 1 | 6.57 | 4958.49 | 5.27 | 3977.56 |
| 2 | 12.27 | 13033.96 | 14.46 | 10913.20 |

(*) Se supuso un peso /ha de 2 x 10⁶ kg (Narvaez, 15).

El diseño usado en los trabajos anteriores fue de parcelas completamente al azar, 3 tratamientos (testigo, enmienda calculada de acuerdo con CIC y con la Suma de Bases), 3 suelos y 5 repeticiones. Inicialmente se emplearon materas de 2.65 kg y posteriormente de 1.60 kg. Todos los trabajos previos se realizaron a nivel de invernadero.

Para esta investigación se eliminó el suelo 3, por no existir suficiente cantidad de material para las determinaciones necesarias. Se siguió el método descrito por Tiulin y modificado por Yoder (23), usándose 25 g de suelo y un juego de tamices con aperturas de 2.0, 0.84, 0.42 y 0.25 milímetros.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 se presentan los valores de estabilidad de los agregados al agua, obtenidos en los dos suelos salino-sódicos y que fueron cultivados en la fase final con frijol y soya respectivamente.

Con los resultados de estabilidad se elaboraron curvas aditivas porcentuales de los agregados, de manera que se pudiera realizar el análisis del comportamiento de los suelos cultivados sucesivamente con algodón, frijol y soya, ó el efecto residual del ácido sulfúrico sobre la estabilidad de los agregados.

Para facilitar la interpretación de las curvas respectivas en cada una de las diferentes figuras, se calculó el área debajo de la curva, situada entre los parámetros: menor de 0.25 mm y 0.42-0.84 mm, comparando posteriormente el área mayor ó de menor estabilidad, con las demás áreas indicada en cada figura y transformando la diferencia en valores porcentuales de incremento en la agregación.

El análisis de las áreas calculadas permitió establecer una secuencia de menor a mayor estabilidad, así: suelo 1- suelo 2 cultivados con frijol, suelo 1 -suelo 2 cultivados con soya, en los cuales el incremento de la agregación fue de 0.6 o/o para testigo suelo 2, cultivado con frijol, de 11 y 11.4 o/o para los suelos 1 y 2 cultivados con soya (Fig. 1).

La Figura 2 relaciona las curvas aditivas porcentuales de los agregados en el suelo 1, comparando los testigos y los tratamientos de ácido sulfúrico calculado de acuerdo con la Suma de Bases, en los cultivos de frijol y soya. Gráficamente no se aprecian diferencias notorias en la agregación, pero el análisis de las áreas calculadas permitió establecer la secuencia de menor a mayor estabilidad: testigo- tratamiento Suma de Bases con frijol, tratamiento Suma de Bases - testigo, con soya, en los cuales el incremento de agregación fue de 3.4 o/o para el tratamiento Suma de Bases con frijol, de 9.3 o/o pa-

Cuadro 2

Efecto de la residualidad del ácido sulfúrico sobre la estabilidad de los agregados de dos (2) suelos salino-sódicos (*)

| Cultivo | Suelo No. | Tratamiento | Diámetro (mm) | | | | |
|---------|-----------|-------------|---------------|-----------|-----------|----------|-------|
| | | | < 0.25 | 0.25-0.42 | 0.42-0.84 | 0.84-2.0 | > 2.0 |
| Frijol | 1 | Testigo | 13.21 | 4.20 | 5.73 | 1.43 | 0.43 |
| | 1 | Σ -Bases | 13.17 | 3.74 | 4.84 | 1.81 | 1.44 |
| | 1 | CIC | 12.68 | 4.14 | 5.79 | 1.54 | 0.85 |
| Frijol | 2 | Testigo | 13.21 | 4.62 | 4.05 | 1.29 | 1.83 |
| | 2 | Σ -Bases | 6.35 | 1.30 | 1.76 | 0.57 | 15.02 |
| | 2 | CIC | 8.51 | 2.47 | 2.49 | 0.68 | 10.85 |
| Soya | 1 | Testigo | 11.28 | 4.29 | 5.33 | 1.86 | 2.24 |
| | 1 | Σ -Bases | 11.39 | 3.94 | 7.14 | 2.22 | 0.31 |
| | 1 | CIC | 8.98 | 4.42 | 6.93 | 2.53 | 2.14 |
| Soya | 2 | Testigo | 10.25 | 5.45 | 5.68 | 1.96 | 1.66 |
| | 2 | Σ -Bases | 8.18 | 2.83 | 3.10 | 1.60 | 9.29 |
| | 2 | CIC | 5.63 | 2.35 | 2.92 | 1.33 | 12.77 |

(*) Valores promedios de cinco (5) repeticiones.

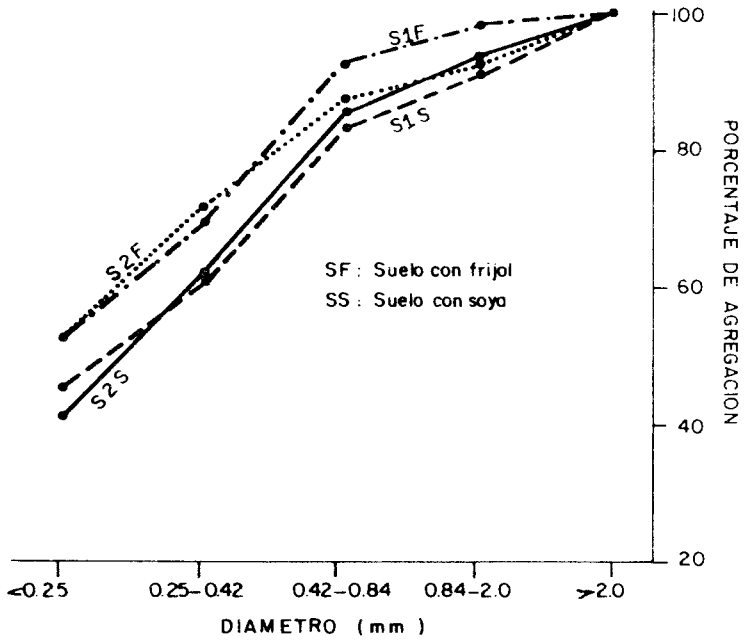


FIG. 1 ... Relación de curvas aditivas porcentuales de agregados, entre testigos cultivados con frijol y soya, en los suelos 1 y 2.

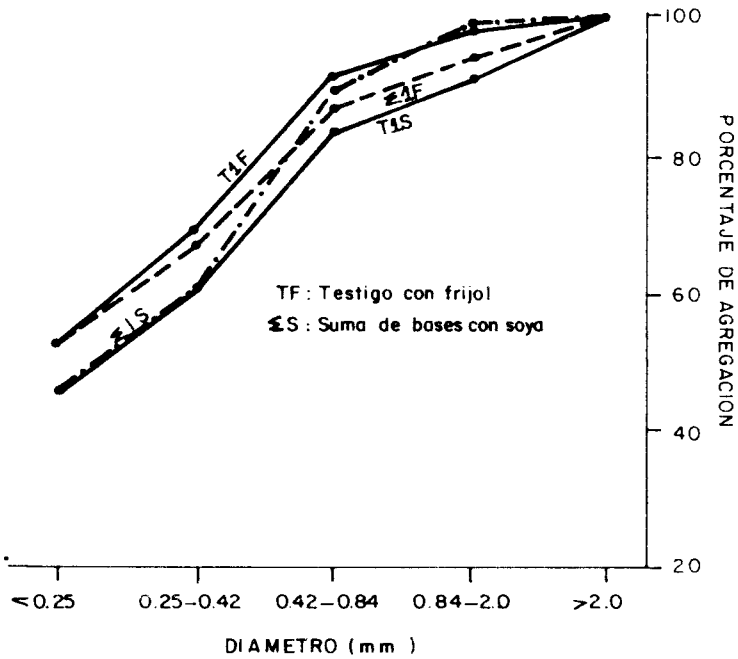


FIG. 2 ... Relación de curvas aditivas porcentuales de agregados, entre testigos y tratamientos Suma de Bases cultivados con frijol y soya en el suelo 1.

ra el tratamiento Suma de Bases con soya y de 11 o/o para el testigo con soya.

La relación que existe entre las curvas aditivas porcentuales de los agregados del suelo 1, en las que se comparan los testigos y los tratamientos de ácido calculado según la CIC, con los cultivos de fríjol y soya, se muestra en la Figura 3, con un comportamiento gráfico muy similar al de las figuras anteriores. El análisis de las áreas calculadas permitió establecer la secuencia de menor a mayor estabilidad: testigo y tratamiento CIC con fríjol, testigo y tratamiento CIC con soya; el incremento porcentual de la agregación fue: 3.1 o/o para el tratamiento CIC con fríjol, de 11 o/o para el testigo con soya y de 21.2 o/o para el tratamiento CIC con soya notándose en éste último, un incremento apreciable con respecto al testigo.

Se observa en la Figura 4 la relación de las curvas aditivas porcentuales de los agregados del suelo 2, en la que se comparan los testigos y los tratamientos de ácido calculado según la Suma de Bases, con los cultivos de fríjol y soya. Gráficamente se aprecian diferencias sustanciales entre los diversos tratamientos y las áreas calculadas permiten definir la secuencia de estabilidad: testigo con fríjol, testigo con soya, tratamiento Suma de Bases con soya y tratamiento Suma de Bases con fríjol; el incremento de agregación fue: 10.9 o/o para el testigo con soya, 37.4 o/o para el tratamiento Suma de Bases con soya y de 56.1 o/o para el tratamiento Suma de Bases con fríjol, correspondiéndole a éste último, el máximo valor alcanzado en la agregación.

Al comparar los testigos y los tratamientos de ácido calculado según CIC del suelo 2, cultivado con fríjol y soya (Fig. 5), se aprecian diferencias representativas en las curvas aditivas porcentuales de los agregados, las cuales se acentúan a través del cálculo de áreas, estableciéndose así la secuencia de menor a mayor estabilidad: testigo con fríjol, testigo con soya, tratamiento CIC con fríjol y tratamiento CIC con soya. El valor del incremento porcentual de la agregación en éste caso fue: 10.9 o/o para el testigo con soya, de 37.9 o/o para el tratamiento CIC con fríjol y de 54.1 o/o para el tratamiento CIC con soya, correspondiéndole a éste último tratamiento, el segundo valor más alto alcanzado en la agregación.

Al comparar las curvas de estabilidad de los tratamientos de ácido sulfúrico calculado de acuerdo con la CIC y con la Suma de Bases, del suelo 1 cultivado con fríjol y soya (Fig. 6) la secuencia de menor a mayor estabilidad es como sigue: tratamiento CIC-fríjol, tratamiento Suma de Bases-fríjol, tratamiento Suma de Bases-soya y tratamiento CIC-soya. Los valores de incremento porcentual fueron: 0.7 o/o para el tratamiento Suma de Bases-fríjol, de 6.4 o/o para el tratamiento Suma de Bases-soya y de 18.6 o/o

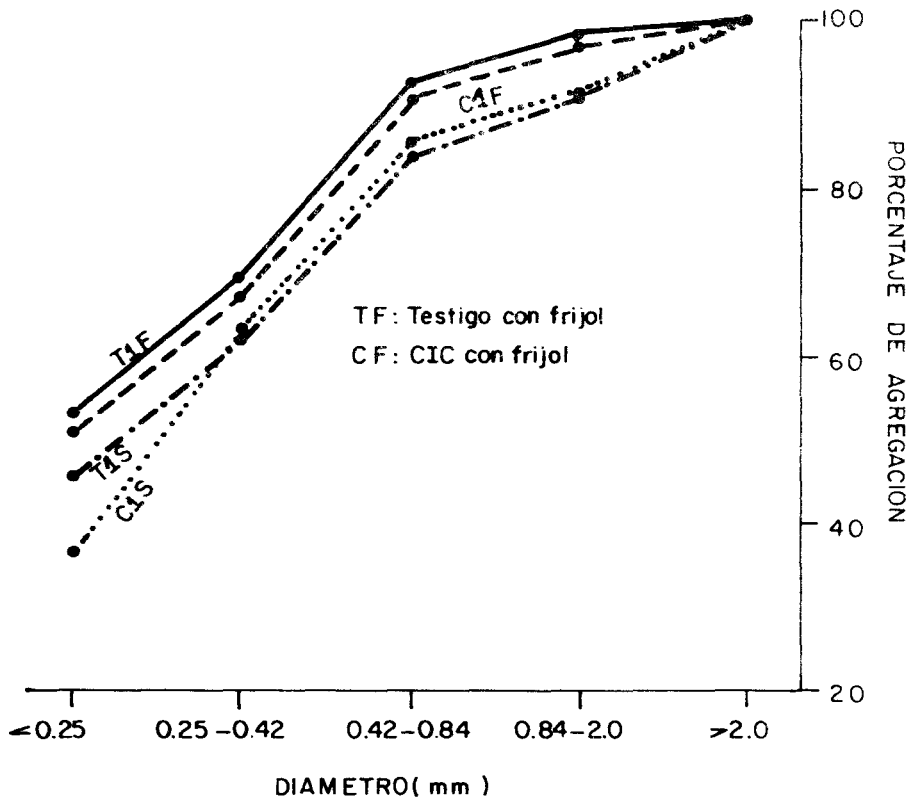


FIG.3. _Relación de curvas aditivas porcentuales de agregación, entre testigos y tratamientos CIC cultivados con frijol y con soya en el suelo 1.

cvg

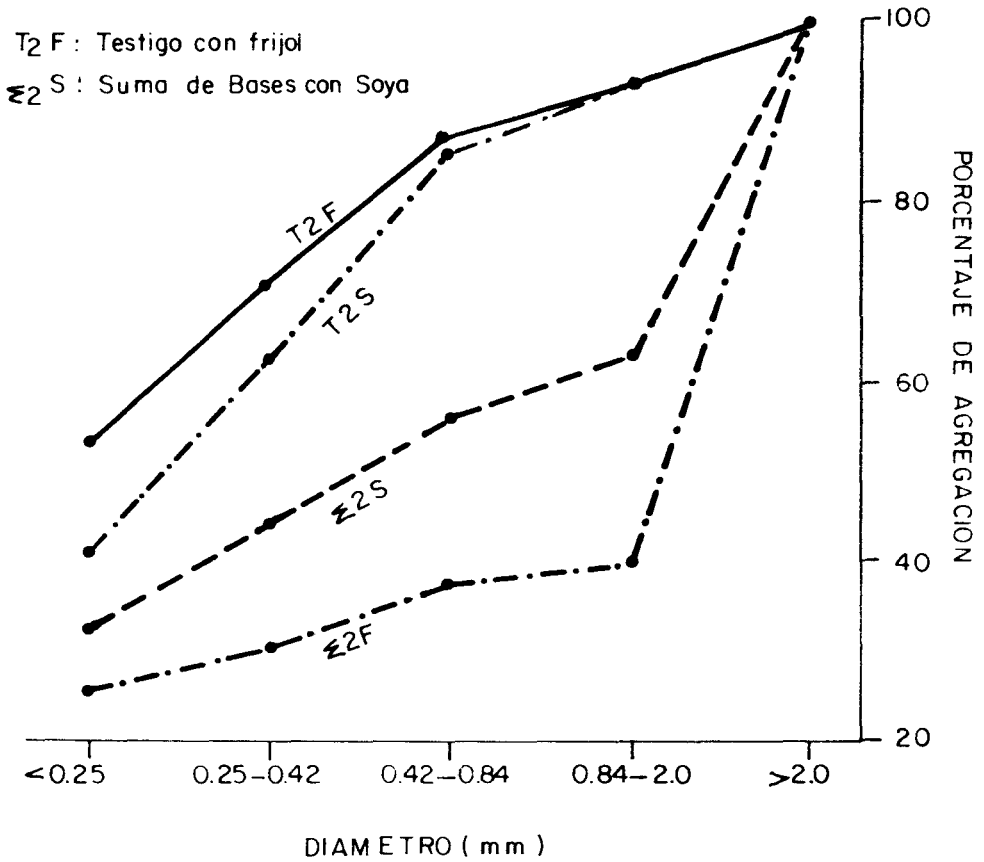


FIG. 4. _ Relación de curvas aditivas porcentuales de agregados entre testigos y tratamientos Suma de Bases cultivados con frijol y soya en el suelo 2.

cvg

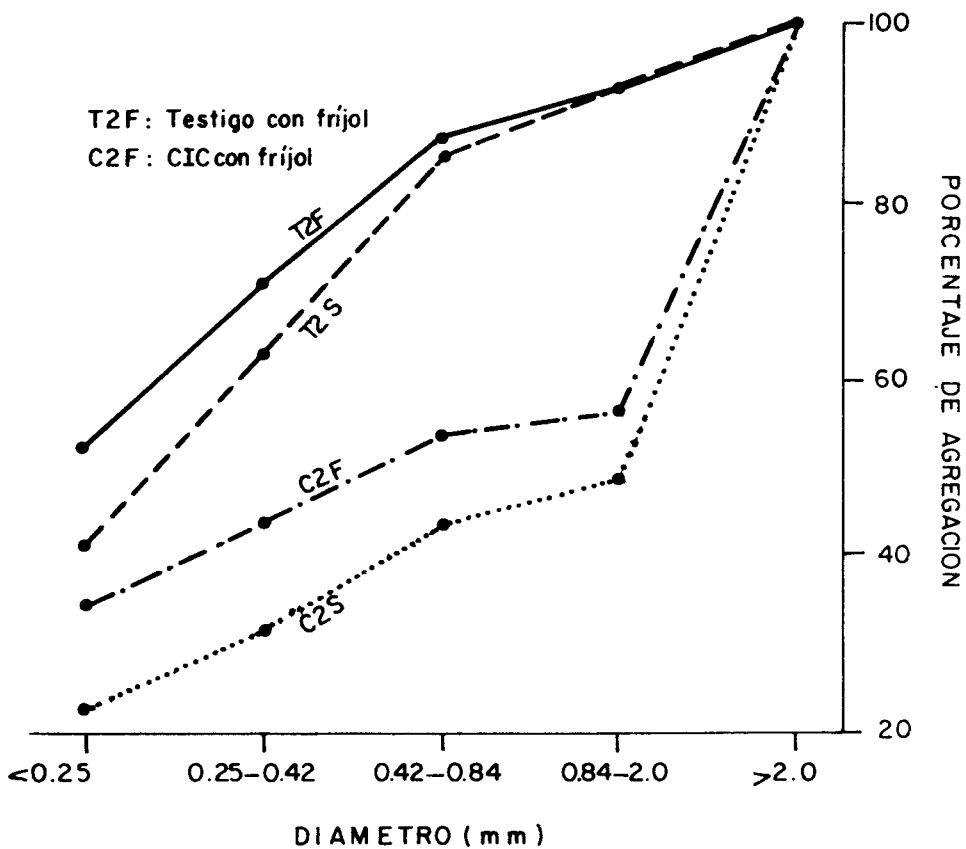


FIG. 5.— Relación de curvas aditivas porcentuales de agregación, entre testigos y tratamientos CIC cultivados con frijol y soya en el suelo 2.

cvg

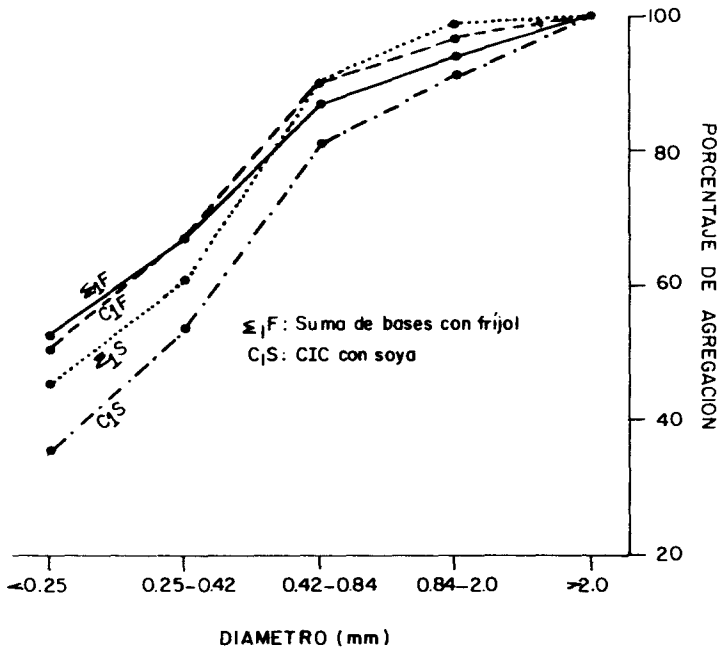


FIG. 6. — Relación de curvas aditivas porcentuales de agregación, entre tratamientos CIC y Suma de Bases cultivados con frijol y soya en el suelo 1.

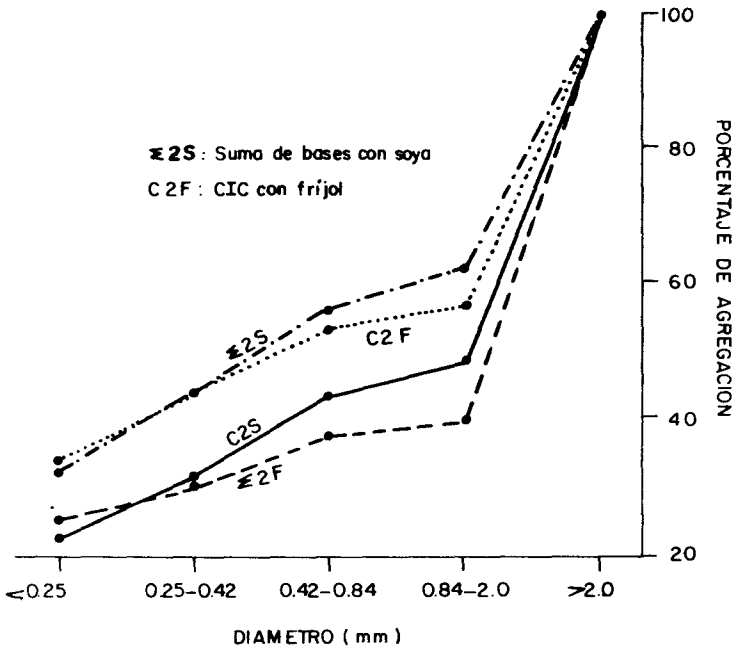


FIG. 7. — Relación de curvas aditivas porcentuales de agregación, entre tratamientos CIC y Suma de Bases cultivados con frijol y soya en el suelo 2.

para el tratamiento CIC-soya.

Al comparar las curvas aditivas porcentuales de estabilidad de los agregados de los tratamientos de ácido sulfúrico, calculados de acuerdo con la CIC y con la Suma de Bases, del suelo 2 cultivado con fríjol y soya (Fig. 7) la secuencia de menor a mayor estabilidad fue: tratamiento Suma de Bases-soya, tratamiento CIC-fríjol, tratamiento CIC-soya y tratamiento Suma de Bases-fríjol. Los valores de incremento porcentual en la agregación fueron: 0.8 o/o para el tratamiento CIC-fríjol, 26.7 o/o para el tratamiento CIC-soya y 29.9 o/o para el tratamiento Suma de Bases-fríjol.

El estudio de los valores de incremento porcentual de la agregación, ya mencionados, muestran que los tratamientos de ácido sulfúrico calculados de acuerdo con la CIC y con la Suma de Bases, en el suelo 2 dieron incrementos superiores al 25 o/o, mientras los mismos tratamientos en el suelo 1 fueron inferiores a dicho valor, sin consideración al cultivo, lo cual permite deducir, que las características radicales del fríjol ó de la soya, no tienen incidencia marcada sobre la agregación.

Los análisis químicos de los suelos 1 y 2, antes y al finalizar las siembras sucesivas de algodón, fríjol y soya, mostraron que los niveles de sodio intercambiables (SI), porcentaje de sodio intercambiable (PSI) calculado de acuerdo a la CIC y a la Suma de Bases, como también el contenido de sulfatos (SO_4), disminuyeron considerablemente con valores que fluctuaron entre 92.3 y 98.7 o/o, circunstancias que han debido incidir en la agregación, particularmente en el suelo 2.

5. CONCLUSIONES

- 5.1. Los tratamientos de ácido sulfúrico, calculados con base en la capacidad de intercambio de cationes y en la Suma de Bases, en el suelo 1 mostraron que el incremento porcentual de la agregación fue inferior al 19 o/o con el cultivo de soya, mientras que cultivado con fríjol dicho incremento fue inferior al 1 o/o.
- 5.2. En el suelo 2 el tratamiento Suma de Bases cultivado con fríjol dió un incremento inferior al 30 o/o, mientras que el cultivado con soya y calculado con base en la capacidad de intercambio de cationes, dió un valor inferior al 27 o/o.
- 5.3. Los análisis químicos realizados al inicio y al finalizar cada una de las siembras sucesivas de algodón, fríjol y soya en los suelos 1 y 2, mostraron una considerable reducción, con valores superiores al 90 o/o, en los niveles de sodio intercambiable y en el porcentaje de sodio inter-

cambiable, como también en los niveles de sulfatos.

6. BIBLIOGRAFIA

1. ALDERFER, R. B. Influence of seasonal and cultural conditions on aggregation of Hagerstown soil. *Soil Sci.* v. 60, p. 193-203. 1950.
2. ALDRICH, D. G. Jr. The effect of soil acidification on some physical and chemical properties of three irrigated soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* v. 13, p. 191-196. 1948.
3. ARMBRUST, D. V.; DICKERSON, J. D.; SKIDMORE, E. L.; RUSS, O. G. Dry soil aggregation as influenced by crop and tillage. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* v. 46, n. 2. p. 390-393. 1982.
4. BAVER, L. D. *Soil physics*. 3rd ed. New York, Wiley, 1966. 475 p.
5. CORDERO A, J. A. Efecto de la residualidad del ácido sulfúrico en suelos salino-sódicos. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, 1980. 82 p. (Tesis Ing. Agr.).
6. CHARRY C, J. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos; conferencias. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, 1987. 368 p.
7. CHEPIL, W. S. Factors that influence clod structure and erodability of soil by wind. V. Organic matter at various stages of decomposition. *Soil Sci.* v. 80, p. 413-421. 1955.
8. CHRISTENSEN, P. D.; LYERLY, P. J. Yields of cotton and other crops as affected by applications of sulfuric acid in irrigation water. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* v. 18, n. 4. p. 433-436. 1954.
9. FAHAD, A. A.; MIELKE, L. N.; FLOWERDAY, A. D.; SWARTZENDRUBER, D. Soil physical properties as affected by soybean and other cropping sequences. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v. 46, n. 2. p. 377-381. 1982.
10. GISH, R. E.; BROWNING, G. M. Factors affecting the stability of soil aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* v. 13, p. 51-55. 1949.
11. HUBBELL, D. S.; STUBBLEFIELD, T. M. The effects of soil amendments on soil aggregation and on water movement. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* v. 13, p. 519-522. 1948.
12. LYON, T. L.; BUCKMAN, H. O. *Edafología, naturaleza y propiedades del suelo*. México, Continental, 1956. 452 p.

13. MENDEZ, B. A.; MORENO, A. G. Propiedades físicas de algunos suelos de la zona plana del municipio de Palmira. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, 1964. 53 p. (Tesis Ing. Agr.).
14. MIYAMOTO, S.; BOHN, H. L.; RYAN, J.; YEE, M. S. Effect of sulfuric acid and sulfur dioxide on the aggregate stability of calcareous soils. *Soil Sci.* v. 118, n. 5. p. 299-303. 1974.
15. NARVAEZ A, L. Evaluación de la efectividad de recuperación de suelos salino-sódicos cuando se calcula el porcentaje de saturación de sodio en base a capacidad de intercambio catiónico y sumatoria de bases. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, 1979. .64 p. (Tesis Ing. Agr.).
16. OVERSTREET, R.; MARTIN, J. C.; KING, H. M. Gypsum, sulfur and sulfuric acid for reclaiming an alkali soil of the Fresno series. *Hilgardia.* v. 21, n. 5. p. 113-127. 1951.
17. REID, J. B.; GOSS, M. J. Effect of living roots of different plant species on the aggregate stability of two arable soils. *J. Soil Sci.* v. 32, n. 4. p. 521-541. 1981.
18. REID, J. B.; GOSS, M. J.; ROBERTSON, P. D. Relationship between the decreases in soil stability effected by the growth of maize roots and changes in organically bound iron and aluminium. *J. Soil Sci.* v. 33, n. 3. p. 397- 410. 1982.
19. SINGER, M. J.; JANITZKY, P.; BLACKARD, J. The influence of exchangeable sodium percentage on soil erodability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v. 46, n. 1. p. 117-121. 1982.
20. TARACHE B, O. Efecto de la residualidad del ácido sulfúrico en las condiciones químicas de suelos salino-sódicos. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, 1981. 92 p. (Tesis Ing. Agr.).
21. THORNE, D. W. The use of acidifying materials on calcareous soils. *J. Am. Soc. Agron.* v. 36, p. 815-828. 1944.
22. TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* v. 33, n. 2. p. 141-163. 1982.
23. YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and study of the physical nature of erosion losses. *J. Am. Soc. Agron.* v. 28, p. 337-351. 1936.