

INFLUENCIA DEL MANEJO DE DOS SUELOS
DEL TROPICO HUMEDO SOBRE SUS PROPIEDADES QUIMICAS¹ */

ROBERTO SERPA V. **
ELEMER BORNEMISZA **

Abstract

An Inceptisol and an Ultisol were studied in the greenhouse after previous exposure to high or low intensity of cultivation.

The Ultisol is more responsive to similar management practices than the Inceptisol, as it becomes more acid under the influence of cultivation and loses more Ca, Mg and K.

The extraction of Ca, Mg and K was studied, using tomato as the test plant, when three levels of liming (0%, 150% and 300% of acidity present) were applied.

Greater changes were found in the Ultisol than in the Inceptisol, due to the lower CEC of the former soil. In order to neutralize 95% of the acidity, three times the theoretical level of lime was needed. An appreciable residual effect of the lime was found, as well as a rapid reduction of the level of cations. It was concluded that these soils can quickly lose their original fertility if they are intensively farmed.

Introducción

La agricultura de las últimas décadas ha sido caracterizada por un aumento en el uso intensivo de suelos a consecuencia de la introducción de cultivos con alta capacidad de extracción de nutrientes (14, 33).

Hart (14) y Sánchez (21) afirman que las salidas de nutrientes de un sistema de cultivo dependerán de las características del cultivo y el plan de manejo del mismo en el tiempo y en el espacio, así como de las propiedades del suelo y manejo.

Varios autores (4, 7) coinciden en considerar el incremento de la acidez como una consecuencia de la pérdida de nutrientes en los suelos. Fassbender (12) indica que el reemplazo paulatino de bases cambiables de los suelos de las áreas tropicales conduce de manera especial a una acidificación progresiva de los suelos.

Cuando los suelos pierden cantidades apreciables de nutrientes por las altas remociones por parte de los cultivos, llegará un momento en que puedan producirse deficiencias si se considera el nivel original de fertilidad de ese suelo y se utiliza como componente de un paquete tecnológico la utilización de enca-

1 Recibido para publicación el 2 de octubre de 1981

* Trabajo que incluye parte de la tesis de maestría del primer autor y que recibió apoyo del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas de Costa Rica.

** Estudiante de posgrado y profesor, Programa de Posgrado Universidad de Costa Rica – Centro Agronómico Tropical para Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, Dirección actual del primer autor: Conjunto Residencial Lara, Edif. Crespon Apt 34, Patarata II, Barquisimeto, Edo. Lara, Venezuela.

dos mal dosificados que puedan cambiar las condiciones en las cuales se encuentran las pequeñas cantidades de nutrimentos.

Se planificó un experimento de invernadero cuyo objetivo general fue determinar los efectos del tipo de manejo y alta presión de cultivos a que fueron sometidos dos suelos, sobre el comportamiento del calcio, magnesio y potasio y el pH y observar los efectos del encalado como factor de manejo.

Materiales y métodos

Suelos

Se utilizaron horizontes superficiales de dos suelos; uno proveniente del sector de ganadería del CATIE, caracterizado y descrito por Aguirre (2) como un Inceptisol perteneciente a la serie Colorado y el otro proveniente de las Juntas de Pacuare en San Isidro de El General, clasificados por Pérez y Alvarado (19) como Ultisol.

En ambos suelos se distinguieron claramente dos tipos de manejo; uno el que fue realizado por el agricultor y otro en el que el CATIE probó la tecnología de sistemas de cultivos y que se basa en un aprovechamiento intensivo del espacio y el tiempo con diferentes tipos de cultivos.

El suelo del sector de ganadería del CATIE (Suelo 1) en su sistema de manejo tradicional (manejo 1) se caracterizó por haber sido manejado en forma de potrero con fertilizaciones de 100 kg/ha de N, mientras que al sector con sistemas de cultivos intensivos (manejo 2) durante los años 1977 y 1978 fueron dedicados a potreros con una fertilización de 100 kg/ha de N y al comenzar a ser sometidos a un manejo con sistemas de cultivos en 1979, se le hizo en la primera siembra una aplicación de 300 kg/ha de fórmula fertilizante 12-24-12 y 4000 kg/ha de CaCO_3 . En la siembra postrera se le adicionaron 4000 kg/ha de CaCO_3 y 250 kg/ha de fórmula 12-24-12.

El manejo tradicional (manejo 1) del suelo del sector de las Juntas de Pacuare en San Isidro de El General (Suelos 2) consistía en un tipo de potrero sin recibir ningún tipo de fertilizantes, mientras que el suelo con el manejo de cultivos intensivos (manejo 2) soportó una extracción con diferentes esquemas de cultivos múltiples y durante el año de 1977. Se aplicó una dosis básica de fertilizantes en la primera siembra, constituida por 60 kg/ha de N, 61 kg/ha de P_2O_5 , 51 kg/ha de K_2O , 5 kg/ha de MgO, 0,4 kg/ha de B y 2258 kg/ha de CaCO_3 y solo 70 kg/ha de N en la segunda época de siembra. En el año 1978 los arre-

glos de cultivos recibieron dos tipos de dosis de fertilizantes; una alta constituida por 131 kg/ha de N, 233 kg/ha de P_2O_5 , 111 kg/ha de K_2O , 24 kg/ha de Mg, 77 kg/ha de S y 2200 kg/ha CaCO_3 y una dosis considerada normal constituida por 117 kg/ha de N, 140 kg/ha de P_2O_5 , 71 kg/ha de K_2O 0.96 kg/ha de S y 2200 kg/ha de CaCO_3 .

Métodos de análisis de suelos

A los suelos, se les determinó el pH, la acidez intercambiable, calcio, magnesio y potasio según la metodología descrita por Diaz-Romeu y Hunter (10). El análisis granulométrico se realizó por el método de Bouyoucos, modificado por Hardy y Bazán (13).

Métodos de invernadero

Una vez que los suelos fueron secados al aire y tamizados se les realizaron las pruebas necesarias para la diagnosis y cuantificación de los problemas de fertilidad, según la metodología propuesta por Diaz-Romeu y Hunter (10).

Las necesidades de encalado se determinaron basándose en el método de neutralización de la acidez intercambiable extraída con sal neutra, neutralizándose el 0.150 y 300% del contenido de la acidez intercambiable con aplicaciones de CaCO_3 (10). En vista de que algunos suelos con tratamientos de 150% y 300% de neutralización ocasionaban un desbalance de la relación Ca/Mg, fue necesario adicionarle MgSO_4 a una dosis básica de 3 meq/100 ml de suelo.

Como planta indicadora se usó tomate variedad "Indian River", sembrándose 10 semillas en recipientes de 1000 ml. Una vez germinadas se raleó dejando 5 plantas por recipiente. La cosecha se realizó a los 45 días de sembradas.

Análisis foliares

Una vez que las plantas habían alcanzado su madurez fisiológica se cosechó el material vegetal. Las muestras fueron secadas en estufa con aire forzado. Para la cuantificación de la extracción de nutrimentos por parte de la planta se sometieron a digestión nítrico-perclórica según el método descrito por Johnson y Ulrich (15).

Métodos estadísticos

Los parámetros estudiados: suelos, tipo de manejo, niveles de neutralización de acidez, y aplicación de nutrimentos menores fueron distribuidos en un experimento de bloques al azar con un arreglo factorial de parcelas subdivididas, siendo el modelo matemático $X_{ijkl} = M + S + C + SC + M + SM + CM + SCM + Z + ZS + ZC + SMC + ZSCM$ corriéndose un modelo de correlación múltiple.

Resultados y discusión

Suelos

Las características químicas y físicas de los suelos, antes de iniciar el experimento se presentan en el Cuadro 1. Se nota que las características en acidez, pH y contenidos de bases indican un proceso de meteorización avanzada y pérdidas de nutrimentos así como baja fertilidad según lo sugieren varios autores (4, 6, 12). El nivel de manejo 2 de ambos suelos, que poseen valores superiores de materia orgánica, calcio, potasio y magnesio, reflejan el efecto de las aplicaciones de fertilizantes y cal en el pasado, así como el manejo de la materia orgánica.

pH

El pH presentó diferencias significativas entre manejos dentro de cada suelo. En la Figura 1 se presenta la variación del pH en cada uno de los tipos de manejo de suelo. Se observa que el manejo 1 del suelo 1 tenía una diferencia de 0.6 unidades de pH con respecto al tipo de manejo 2, la que se mantiene después de la prueba biológica pero se observa una disminución similar para el pH para ambos tipos de manejo. Para el suelo 2 se notó un comportamiento opuesto, incrementándose los valores de pH para ambos tipos de manejo en relación con los valores antes del experimento, pero siempre se mantiene la diferencia entre manejos.

La neutralización de la acidez intercambiable tuvo un efecto positivo, altamente significativo sobre los valores de pH en cada suelo, lo que se ilustra en la Figura 2. Se aprecia que el pH se incrementa conforme se incrementa el nivel de neutralización. El incremento más pequeño se observó para el tipo de manejo 2 del suelo 1, quizás por efecto de las cantidades de CaCO_3 más reducidas aplicadas en función de su menor contenido de acidez intercambiable que produce solamente pequeños incrementos en el pH, según lo indican Serpa y González (22), y Pearson (18). La variación en el

Cuadro 1. Algunas características químicas y físicas de los suelos del Sector de Ganadería del CATIE (1) y las Juntas de Pacuare (2).

| CARACTERISTICA | Suelo 1 | | Suelo 2 | |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Manejo tradicional | Manejo con Sistema | Manejo tradicional | Manejo con Sistema |
| pH H ₂ O | 4.9 | 5.5 | 4.9 | 4.8 |
| pH KCl | 4.3 | 5.0 | 4.2 | 4.3 |
| M O % | 7.4 | 6.1 | 3.9 | 4.6 |
| Ca (meq/100 ml) | 1.3 | 6.8 | 1.6 | 2.5 |
| Mg (meq/100 ml) | 0.51 | 0.50 | 0.66 | 1.00 |
| K (meq/100 ml) | 0.19 | 0.23 | 0.25 | 0.3 |
| Acidez (meq/100 ml) | 3.2 | 0.7 | 7.4 | 3.7 |
| Al (meq/100 ml) | 2.9 | 0.6 | 5.7 | 3.6 |
| P (mg/ml) | 9.4 | 8.0 | 5.5 | 1.3 |
| Cu (mg/ml) | 24.0 | 21.0 | 4.5 | 7.5 |
| Zn (mg/ml) | 2.5 | 3.9 | 2.7 | 4.7 |
| Mn (mg/ml) | 100.0 | 70.0 | 116.0 | 121.0 |
| Fe (mg/ml) | 140.0 | 118.0 | 100.0 | 410.0 |
| Sat. Bases % | 38.5 | 91.4 | 25.4 | 50.7 |
| Arena % | 30.0 | 25.0 | 24.0 | 19.0 |
| Limo % | 19.0 | 23.0 | 22.0 | 23.0 |
| Arcilla % | 51.0 | 52.0 | 54.0 | 58.0 |

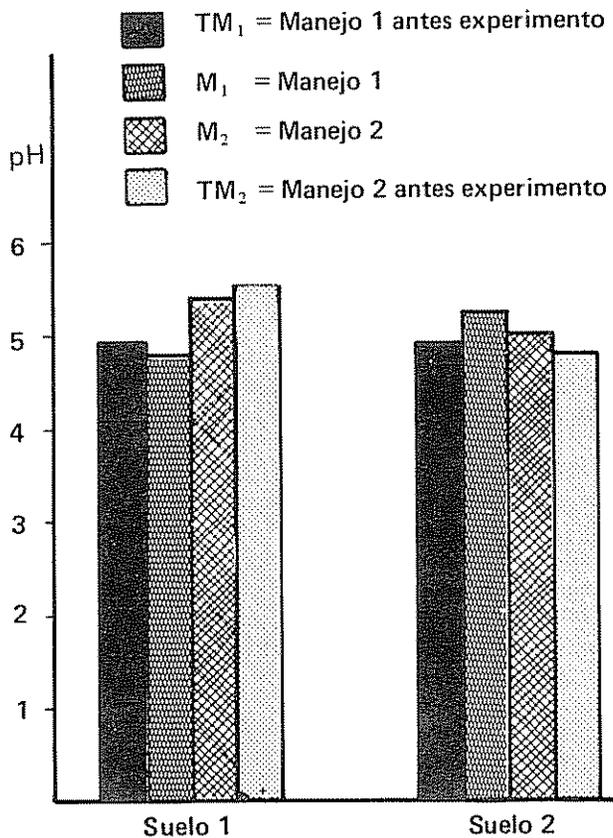


Fig 1 Variaciones del pH según el tipo de manejo en cada suelo

pH es explicado significativamente ($R = 0.79$) por efecto del tipo de manejo y por efecto de los niveles de neutralización siendo la función de pH:

$$\text{pH} = 3.586 + 0.220X_3 + 0.478X_4 \quad R = 0.76$$

Donde: X_3 = tipo de manejo y X_4 = Nivel de neutralización y de la cual se desprende que conforme se incrementen las cantidades de cal aplicadas, se producirán incrementos en el pH como lo indican varios autores (6, 7, 9, 11) indistintamente del tipo de manejo. Sin embargo, se nota que si los suelos son explotados como el tipo de manejo intensivo, con tecnología del CATIE, el encalado tendrá mayor efecto en elevar el pH.

Acidez intercambiable

Se encontró diferencias altamente significativas en la acidez intercambiable entre tipos de manejo de suelo en relación a los niveles de neutralización

(Figura 3). Hubo una depresión general de la acidez en cada tipo de manejo de suelo conforme se fueron incrementando los niveles de encalado, siendo el efecto más pronunciado en los tipos de manejo 1 de ambos suelos que en los tipos de manejo 2, posiblemente como una consecuencia de las cantidades iniciales de acidez intercambiable que origina fuertes aplicaciones de cal en los tipos de manejo 1. Además se observa que en el máximo nivel de neutralización para ambos suelos y manejo, ya se había neutralizado aproximadamente un 95% de la acidez intercambiable a pesar de que las cantidades de cal aplicadas en los manejos de los suelos fueron muy diferentes.

Se encontró correlación negativa significativa entre la acidez intercambiable y los tipos de manejo, niveles de encalado, contenidos de calcio y magnesio y el pH, los cuales son factores cuyo incremento está asociado a una disminución en la acidez según lo indican Bornemisza (6) y Coleman, *et al* (8).

Al correr el modelo de regresión múltiple se encontró que la acidez es explicada significativamente ($R = 0.78$) por el tipo de suelo, el tipo de manejo y los niveles de neutralización de acidez siendo la función:

$$\text{Acidez (meq/100 ml)} = 3.845 + 0.714X_2 - 0.984X_3 - 1.198X_4$$

donde: X_2 = tipo de suelo; X_3 = tipo de manejo y X_4 = niveles de neutralización

Al analizar la función se observa que la acidez intercambiable será afectada negativamente por el tipo de manejo específico del que se trate y aún más si se acompañan de aplicaciones de cal y fertilizantes, coincidiendo estos resultados con los indicados por numerosos autores (2, 5, 10, 11, 14, 15, 18).

Calcio

El calcio varió significativamente entre manejos dentro de cada suelo, lo que se podrá explicar tanto por los contenidos de calcio inicial como por las aplicaciones diferenciales de calcio para cada tipo de manejo, encontrándose más calcio en aquel tipo de manejo en que el contenido y aplicación de este elemento fue más elevado. Autores como Serpa y González (22), Pearson (18) y Breland (7) coinciden con estas observaciones.

Al comparar los contenidos de calcio intercambiable en los manejos de los suelos con respecto a los valores iniciales (calcio inicial + calcio agregado), se observa en la Figura 4 que excepto en el manejo 2

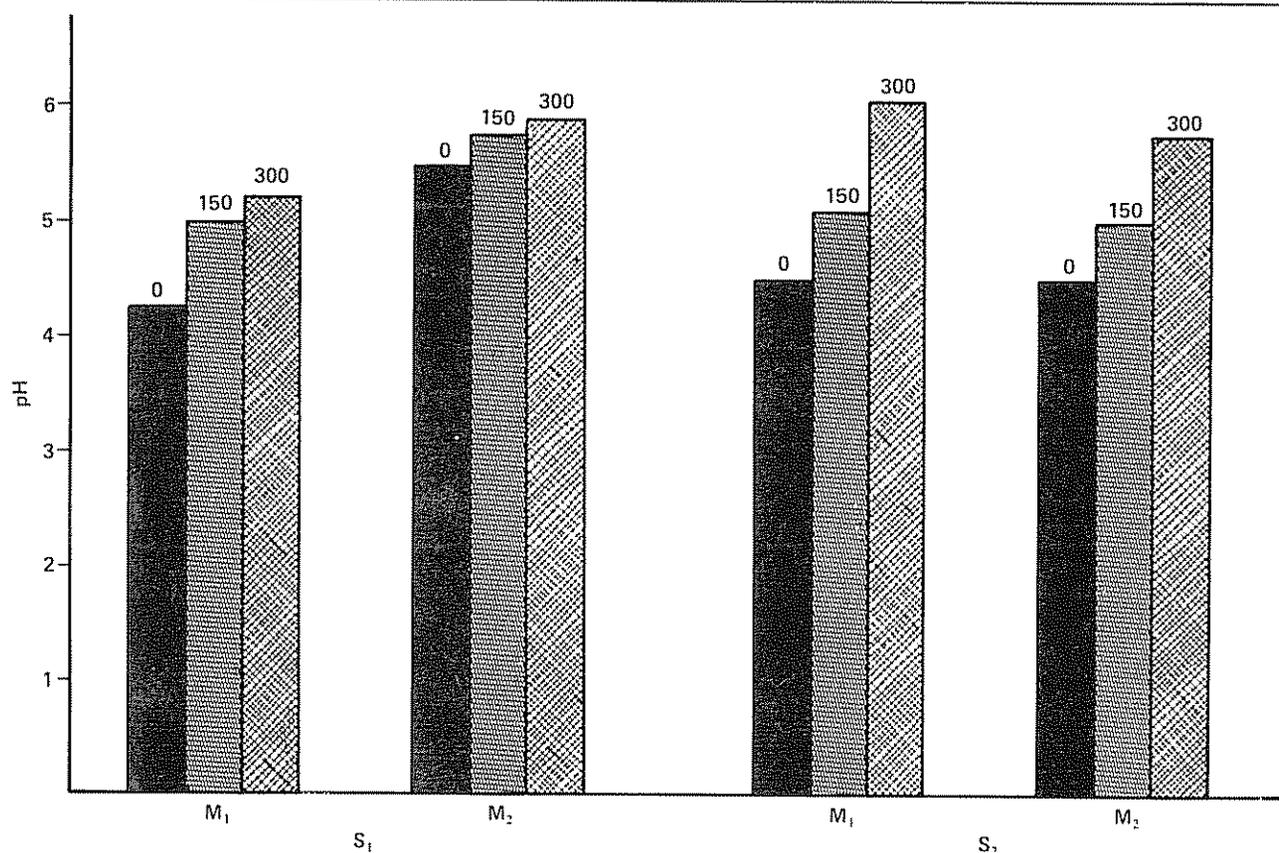


Fig 2 Variación del pH en cada tipo de manejo de suelo según los niveles de neutralización

del suelo 1, el calcio intercambiable extraído fue menor que las que teóricamente deberían haberse encontrado. Se cree que esta diferencia pudo ser debida a la extracción de la planta durante la prueba biológica, similar a la encontrada por Jiménez (16) y generalizada por Sánchez (21). La tendencia general en la extracción de calcio por la planta (Figura 5) fue que en aquel tipo de manejo de suelo en donde el calcio fue mayor, hubo mayor extracción de calcio por la planta, lo que resultó en una correlación positiva y significativa entre el contenido de calcio del suelo y las cantidades extraídas de este elemento.

Las cantidades de calcio intercambiable en ambos tipos de manejo se incrementan conforme se incrementan las cantidades de cal aplicadas según los niveles de neutralización (Figura 6). Resultados similares han sido indicados por Serpa y González (22), Pearson (18) y Bornemisza (6), quienes a pesar de no haber considerado el factor manejo como variable, han encontrado la misma tendencia general.

Se guarda poca relación entre el comportamiento del calcio en el suelo y lo extraído por la planta (Fi-

gura 7) en función de los niveles de encalado en cada tipo de manejo, a pesar de que se encontró correlación ($R = 0.47$) entre el calcio extraído y los niveles de neutralizaciones. Este comportamiento puede explicarse por un efecto antagónico potasio-calcio ($R^2 = 0.74$) que pudo afectar la extracción de calcio por la planta. Resultados similares fueron obtenidos por Bornemisza (5) y Pearson (18).

Al correr el modelo de regresión múltiple se encontró que el contenido de calcio intercambiable se explica en alto grado en función de las cantidades de cal aplicadas ($R = 0.74$). Se notó también que el calcio extraído por la planta es explicado negativamente por el tipo de suelo y positivamente por las cantidades de cal aplicadas según las funciones siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Ca (meq/100ml)} &= 0.239 + 3.489X_4 \\ \text{Ca extraído (mg/planta)} &= 0.452 - 0.308X_2 + 0.328X_4; \end{aligned}$$

en donde: X_2 = tipo de suelo y X_4 = niveles de neutralización.

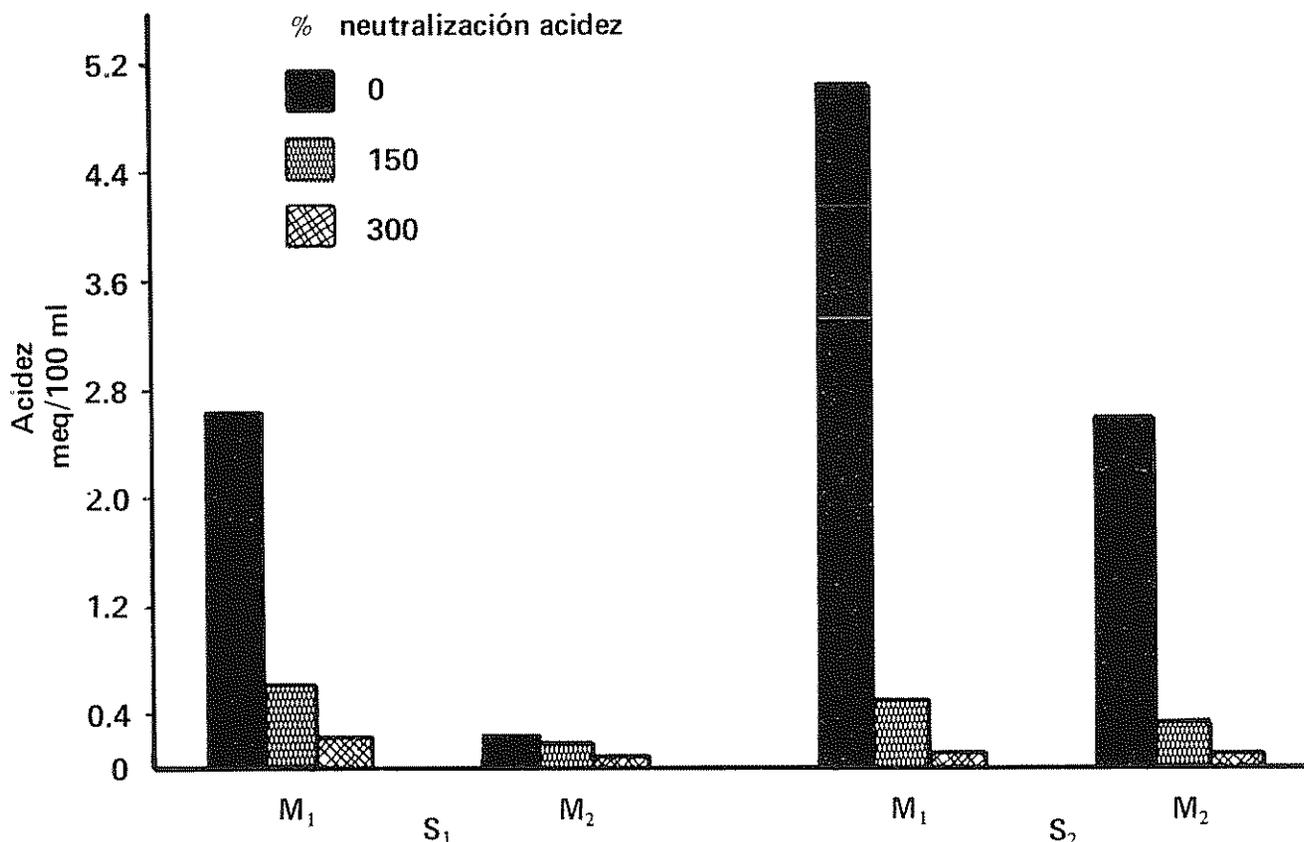


Fig. 3 Efecto de los niveles de neutralización sobre la acidez intercambiable para los tipos de manejo de suelos

Se observa que el calcio en el suelo y su extracción por la planta aumenta conforme se incrementan los niveles de encalado, lo que es consecuente con los resultados registrados por numerosos autores (1, 3, 7, 8, 18, 22); mientras que la extracción por parte de la planta fue afectada por el tipo de suelo, lo que puede explicar el comportamiento del calcio extraído en los diferentes tipos de manejo, ya que como concluye Pearson (18) en una recopilación varios autores, la respuesta de la planta al encalado dependerá de las características químicas y mineralógicas de cada suelo.

Magnesio

En la Figura 8 se observa el comportamiento del magnesio intercambiable en relación a los niveles de manejo. Se observaron mayores contenidos para el manejo 2, pero al comparar ambos tipos de manejo se nota que las cantidades encontradas fueron inferiores a los valores originales de magnesio (nativo + aplicado). Aunque estos resultados podrían conducir a

pensar que pudo deberse a una fijación del magnesio, similar a la descrita por Black (4), la constitución mineralógica de los suelos estudiados indica que es poco probable. Se considera que se trata de un efecto de extracción por la planta indicadora que origina una disminución notable en el contenido de magnesio, según lo sugieren Jiménez (16) y Sánchez (21) y según lo refleja la correlación positiva entre el magnesio intercambiable, el magnesio extraído por la planta ($R = 0.62$) y la producción de materia seca ($R_2 = 0.90$). El comportamiento del magnesio en relación a los niveles de neutralización, presenta la tendencia a aumentar conforme se incrementan los niveles de encalado en cada tipo de manejo, excepto en el manejo 2 del suelo 1 (Figura 9). Varios autores entre los que se cuentan Martini (17) y Breland (7) han informado que uno de los efectos beneficiosos del encalado está el de incrementar el nivel de magnesio intercambiable.

El magnesio intercambiable es explicado significativamente ($R = 0.685$) por efecto del tipo de suelo, el tipo de manejo y las cantidades de cal aplicadas,

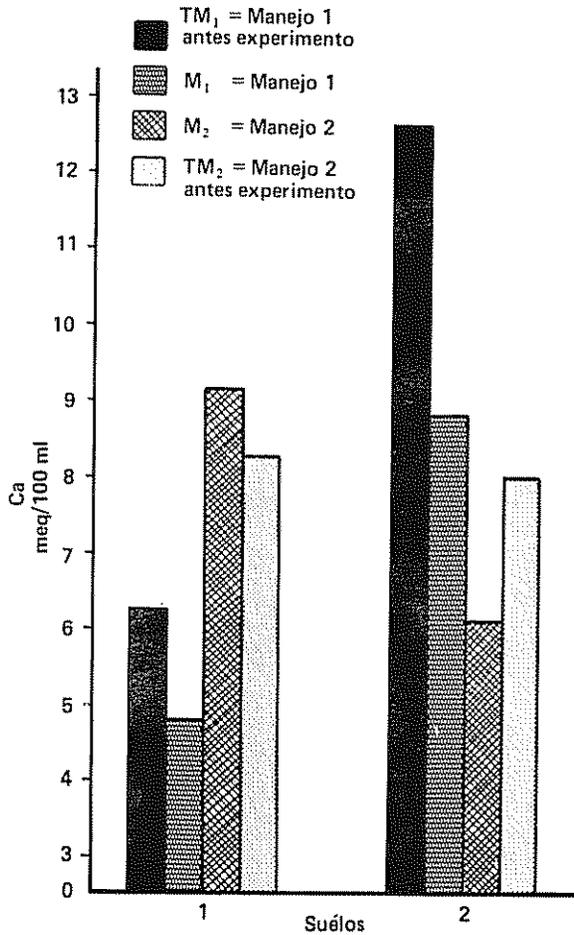


Fig 4. Variación del calcio según el tipo de manejo en cada suelo.

mientras que el magnesio extraído por la planta, por los niveles de cal aplicadas, según las siguientes funciones:

$$Mg \text{ (meq/100 ml)} = 0.789 - 0.323X_2 + 0.411X_3 + 0.753X_4$$

$$Mg \text{ (mg/planta)} = 0.0426 + 0.0823X_4$$

Los símbolos X_2 , X_3 y X_4 tienen el mismo significado ya descrito.

Potasio

El contenido de potasio intercambiable fue diferente tanto para los suelos estudiados como para los manejos en cada suelo. Se aprecia en la Figura 10 que los valores de potasio encontrados después de la

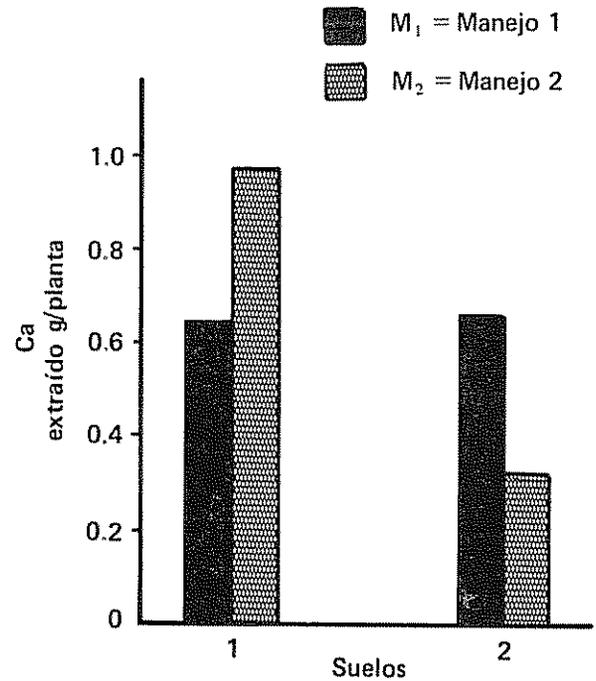


Fig 5. Variación del calcio extraído por la planta de acuerdo al tipo de manejo para cada suelo.

prueba biológica, fueron sustancialmente inferiores a las cantidades de potasio iniciales (potasio nativo + potasio adicionado) en ambos tipos de manejo de suelos, hecho que puede ser atribuido a la extracción de potasio por la planta indicadora (Figura 11). Resultados similares fueron encontrados por Bornemisza (5) en suelos aluviales de Costa Rica y por varios autores (16, 21) en otras condiciones.

El potasio intercambiable se redujo fuertemente por efecto de las aplicaciones de cal, siendo el efecto más pronunciado en el nivel de 150% de neutralización, lo que se aprecia en la Figura 12. Estos resultados concuerdan con los observados por algunos autores (18, 20).

Al contrario del potasio del suelo, la extracción de potasio por la planta indicadora en relación a los niveles de neutralización (Figura 13), presenta un comportamiento diferente para cada tipo de manejo. Mientras en los tipos de manejo 2 la extracción de potasio conforme se incrementaron los niveles de neutralización de acidez fue relativamente constante, en el tipo de manejo 1 hubo un aumento en la extracción de potasio hasta el nivel de 150% de neutralización de acidez a partir del cual disminuye la extracción, siendo este hecho explicado como un posible

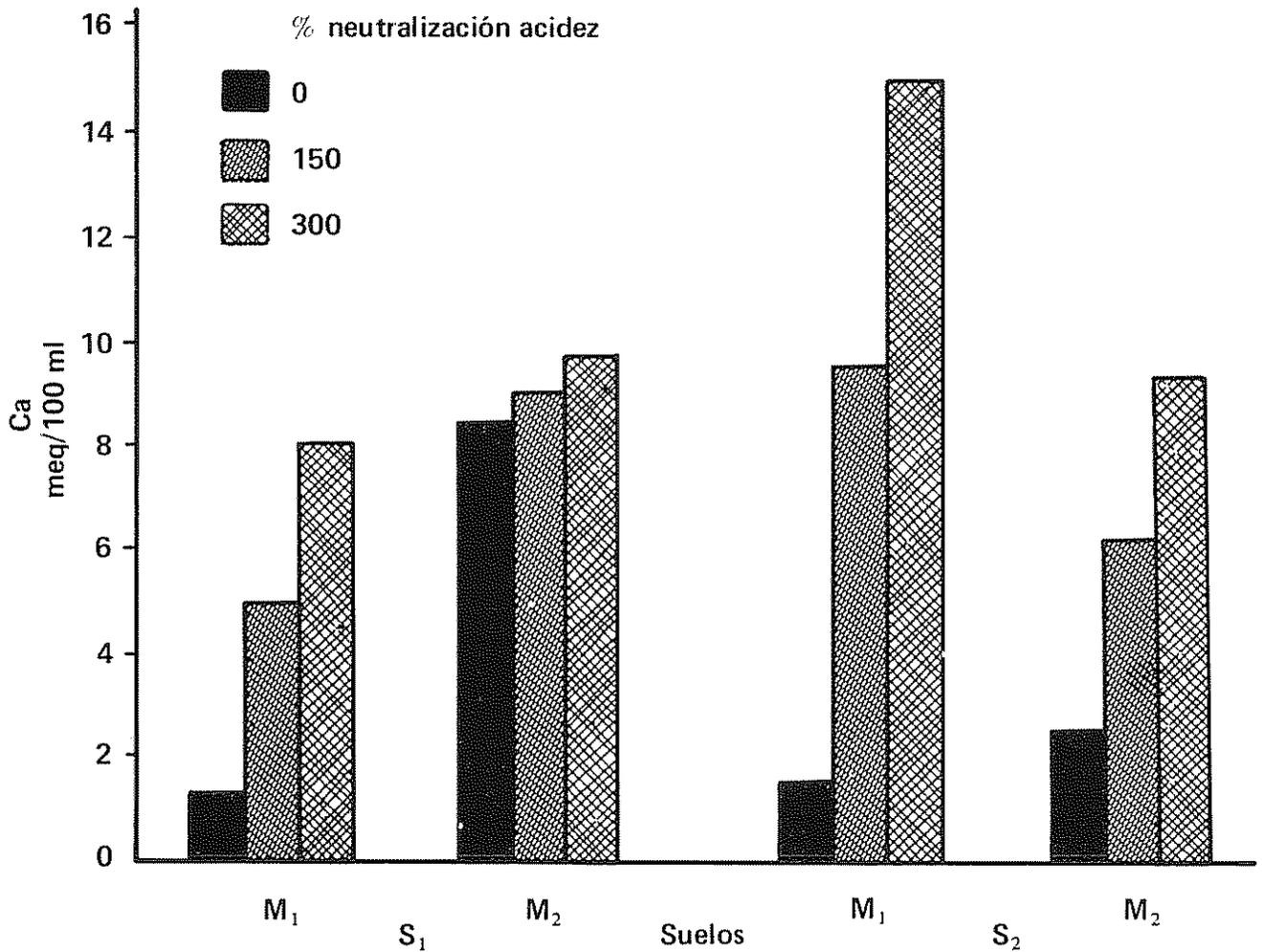


Fig. 6 Variación del calcio para cada tipo de manejo de suelos en relación a los niveles de neutralización

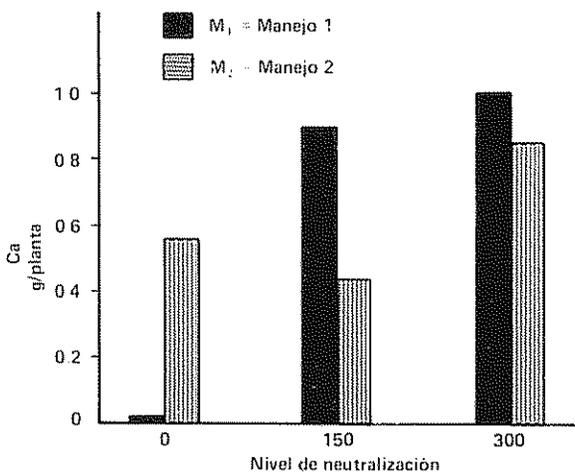


Fig. 7 Variación del calcio extraído en cada tipo de manejo en relación a los niveles de neutralización

efecto de desbalances nutricionales principalmente por un efecto antagónico entre el calcio y el potasio. Este se refleja en la correlación negativa significativa ($R^2 = 0.56$) entre los contenidos de potasio y calcio en el suelo y la correlación negativa ($R^2 = 0.77$) entre el contenido de potasio y la producción de materia seca.

El potasio intercambiable es explicado positivamente por el tipo de manejo de suelos mientras que es afectado negativamente por los niveles de neutralización de acidez ($R = 0.57$). El potasio extraído por la planta es explicado negativamente por el tipo de suelo y positivamente por los niveles de enclavado de acuerdo a las siguientes funciones:

$$K \text{ (meq/100 ml)} = 0.443 - 0.098X_2 - 0.081X_4$$

$$K \text{ (mg/planta)} = 1.359 - 0.708X_2 + 0.505X_4$$

Aquí de nuevo X_2 y X_4 tienen los significados anteriores.

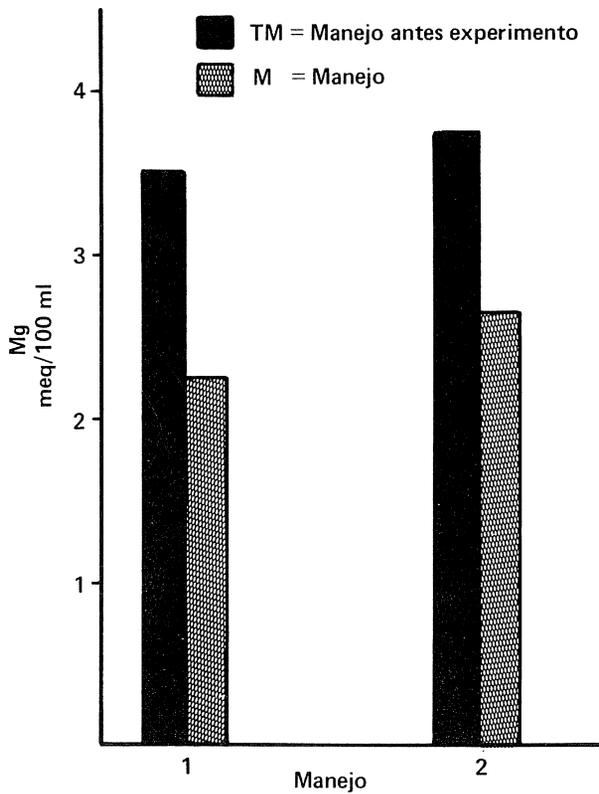


Fig. 8. Variación de magnesio en relación al tipo de manejo.

Conclusiones

El manejo similar influye en mayor grado en Ultisoles que en Inceptisoles; el primero se acidifica más bajo la influencia del manejo y pierde con más intensidad Ca, Mg y K.

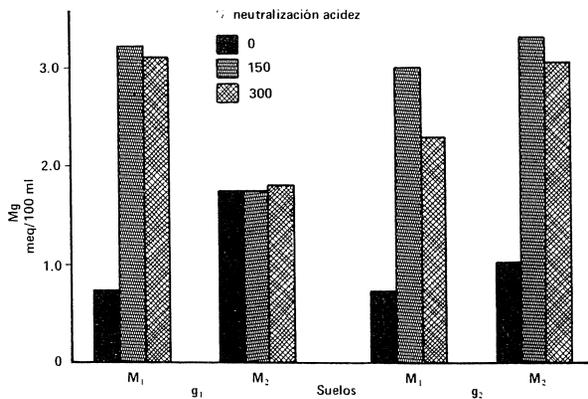


Fig. 9. Variación del magnesio intercambiable en cada tipo de manejo de suelos en relación a los niveles de neutralización.

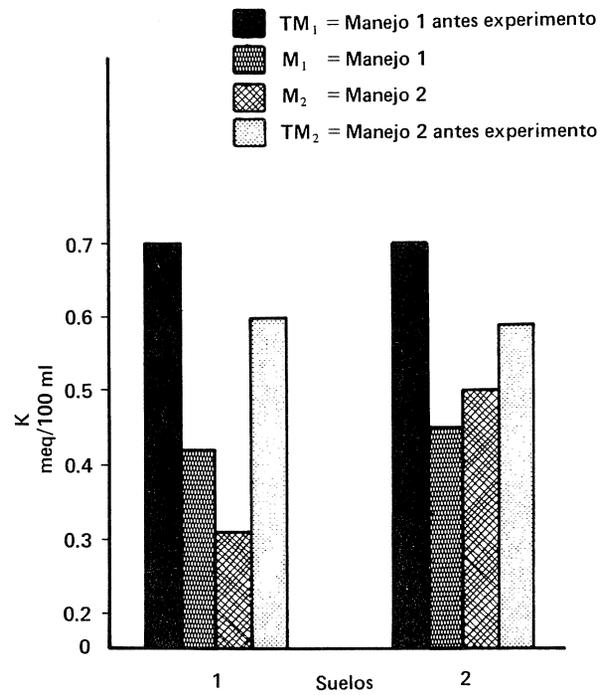


Fig. 10. Variación del potasio según el tipo de manejo de suelo.

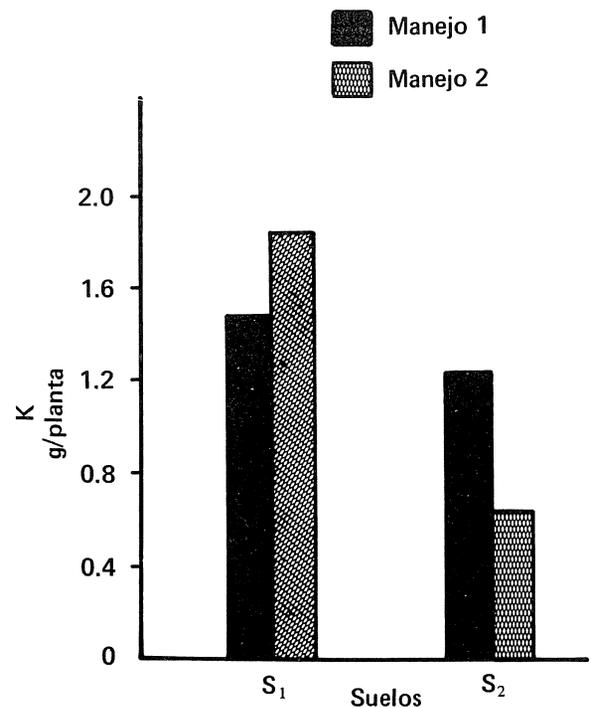


Fig. 11. Variación del potasio extraído por la planta para cada suelo en relación a los tipos de manejo.

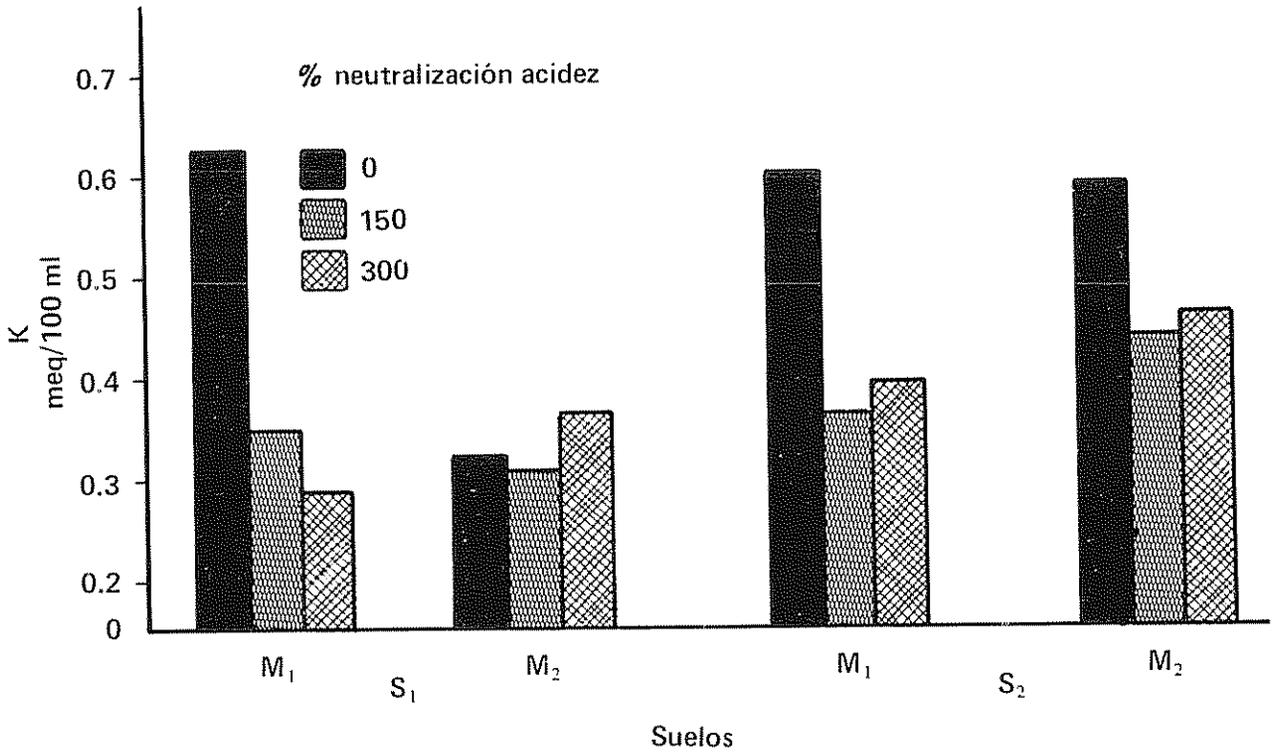


Fig. 12 Variación del potasio intercambiable por efecto de los niveles de neutralización de acidez en cada manejo de suelos

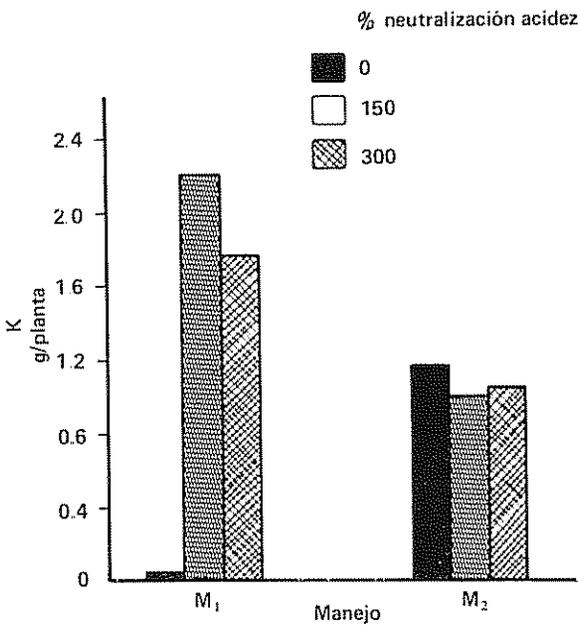


Fig. 13 Extracción de potasio en cada nivel de neutralización en relación al tipo de manejo de suelos

El encalado tiene un efecto similar sobre ambos suelos y resulta en un aumento de pH y del contenido de calcio y magnesio. Se observó un apreciable efecto residual de encalados previos, especialmente para el ultisol con menor CIC.

Al nivel de 300% de neutralización se observa una neutralización prácticamente completa de la acidez.

Se detectó también una extracción intensiva de los cationes mayores, proporcional a su contenido y conducente a una reducción rápida de nutrientes en casos de cultivo intensivo.

Resumen

Se estudiaron en el invernadero un Inceptisol y un Ultisol, que habían sido sometido previamente a intensidades altas o bajas de cultivo.

Un manejo similar influye un mayor grado en Ultisoles que en Inceptisoles; el primero se acidifica más

bajo la influencia del manejo y pierde con más intensidad Ca, Mg, K.

Usando tomate como planta indicadora y tres niveles de encalado (0.150 y 300% de la acidez presente) se estudió la extracción de los nutrimentos Ca, Mg y K en estas condiciones.

Se observaron mayores cambios en el Ultisol, de menor CIC, que en el Inceptisol. Para alcanzar un 95% de neutralización de la acidez se necesitó tres veces la cantidad teóricamente necesaria de cal. Se detectó un efecto residual apreciable de la cal y una rápida reducción de los niveles de cationes de donde se concluye que estos suelos pueden perder rápidamente su fertilidad original si son explotados intensamente.

Literatura citada

1. ABRUÑA, F., CHANDLER, J. V. y PEARSON, R. W. Effects of liming on yields and composition of heavily fertilized grasses and soil properties under humid tropical condition. Soil Science Society of America Proceedings. 28(5):657-661. 1964.
2. AGUIRRE, V. Estudios de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1971. 139 p.
3. BAIRD, J. V. Liming acid soils: a technical publication on general lime use. Raleigh 1962. North Carolina Agricultural Extension Service. Circular No. 495. 24 p.
4. BLACK, C. A. Soil-plant Relationships. New York, Wiley. 128-158. 1957. pp. 128-158.
5. BORNEMISZA, E. La solución extractora y la humedad en relación con el potasio intercambiable. Turrialba 10(1):35-39. 1960.
6. BORNEMISZA, E. Conceptos modernos de acidez del suelo. Turrialba 15(1):20-24. 1965.
7. BRELAND, H. L. Lime in Florida Agriculture. Gainesville Florida Agricultural Experimental Station. Circular S-155. 1964. p. 19.
8. COLEMAN, N. T., KAMPRATH, E. J. y WEED, S. B. Liming. Advances in Agronomy 10:475-517. 1958.
9. COLEMAN, N. T. y THOMAS, G. W. The basic chemistry of soil acidity. In: Pearson, R. W. and Adams, F. eds. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy No. 12. 1967. pp. 1-41.
10. DIAZ-ROMEY, R. y HUNTER, A. Metodologías de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1978. 61 p.
11. EVANS, C. E. y KAMPRATH, E. J. Lime response as related to percent Al saturation, solution Al and organic matter content. Soil Science Society of America Proceedings. 34(6):893-896. 1970.
12. FASSBENDER, H. W. Química de suelos. San José, Costa Rica, IICA. 393 p. 1978.
13. HARDY, F. y BAZAN, R. Análisis de textura. Método de Bouyoucos, In: Curso de Productividad y Fertilidad de Suelos. Turrialba, CATIE, 1975. 5 p.
14. HART, R. D. Agroecosistemas; Conceptos básicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 221 p.
15. JOHNSON, C. M. y ULRICH, A. Analytical methods for use in plant analysis. California, Experiment Station Bulletin No. 766. 1959. pp. 28-45.
16. JIMENEZ, F. Estudios de absorción de nutrimentos en un agrosistema de producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.) y yuca (*Manihot esculenta*) Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica. IICA, 1976, 90 p.
17. MARTINI, J. A. Algunas notas sobre el problema de encalado en los suelos del trópico. Turrialba, 18(3):249-259. 1968.
18. PEARSON, R. W. Soil acidity and liming in the humid tropics. Cornell University Ithaca, New York. Cornell International Agriculture Bulletin 30. 1975. 66 p.
19. PEREZ, S. y ALVARADO, A. Suelos de Pérez Zeledón. Copia de trabajo preparado con base a un mapa no publicado. 1978.
20. POWELL, A. J. y HUTCHESON, T. B. Effect of lime and potassium additions on soil potassium reactions and plant response.

Soil Science Society of America Proceedings
29(1):76-78. 1965

607 p.

21 SANCHEZ, P. A. Properties and management of
soils in the tropics. New York, Wiley, 1976.

22 SERPA, R. y GONZALEZ, M. A. Necesidad de
cal en tres suelos ácidos de Costa Rica. Agro-
nomia Costarricense 3(2):101-108. 1979.