

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE
INTERCAMBIO CATIONICO POR DIFERENTES
METODOS EN ALGUNAS AREAS DEL CAMPO
EXPERIMENTAL DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
EN MARIN, N. L.

EXAMEN PRACTICO

PRESENTA

MARIO GONZALEZ RIOS

MONTERREY, N. L.

AGOSTO DE 1980

04.631
FA.9
1980

T

S591

G6

C.1



1080060625

Ing. Cecilio Escareño Rdz.

F. A. U. A. N. L. -

10 - Sep - 80

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO
CATIONICO POR DIFERENTES METODOS
EN ALGUNAS AREAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA EN MARIN, N. L.

EXAMEN PRACTICO

PRESENTA

MARIO GONZALEZ RIOS

MONTERREY, N. L.

AGOSTO DE 1980

T
5591
G6

040 631
FA 10
1980



Biblioteca Central
Magna Solidaridad

F. ~~RES~~ISIS



FONDO
TESIS LICENCIATURA

A MIS PADRES, con mucho cariño y respeto

Sr. ABEL GONZALEZ GUADIANA

Sra. EDELMIRA RIOS DE GONZALEZ

Por el apoyo que me brindaron para realizar mi carrera, que a la vez supieron mostrarme el camino bueno de la vida y por quienes he logrado alcanzar esta meta.

A mis Hermanos con cariño

Oscar Luis

José Omar

Abel

Graciela

Francisco Raúl

Ricardo

María Imelda

Angélica María

Lucía María

Minerva

A mi asesor

Ing. Juan E. Aguirre Cossío

Por su apoyo y su acertada -
dirección para el desarrollo
de este trabajo.

A todos mis maestros y compañeros.

A todas las personas que de
una forma u otra cooperaron
para la realización de este
trabajo.

Mi sincero agradecimiento a la

Q.F.B. Blanca A. Hernández de E.

por su apoyo a la obtención de
resultados de laboratorio.

Mi agradecimiento para el Técnico

Roberto Mireles,

por su valiosa cooperación para
llevar a cabo este experimento.

Mi sincero agradecimiento a
todos mis maestros y compañeros
que durante mi carrera -
me alentaron para seguir adelante.

I N D I C E

	Página
I.- INTRODUCCION	1
II.- LITERATURA REVISADA	3
1.- Capacidad de intercambio catiónico	3
2.- Cationes canjeables en los suelos calcáreos	7
3.- Intercambio de cationes	8
4.- Naturaleza del intercambio de cationes .	9
5.- Mecanismo de intercambio de cationes ...	10
6.- Factores que influyen en la capacidad de intercambio de cationes	11
7.- Factores que regulan el poder de inter-- cambio de cationes	13
8.- Relación entre el crecimiento de las - - plantas y la capacidad de intercambio ..	15
9.- Cationes cambiables	16
10.- Descripción de los métodos para determi- nar la capacidad de intercambio catióni- co	16
III.- MATERIALES Y METODOS	22
1.- Descripción de la capacidad de intercam-- bio catiónico para suelos no calcáreos ..	24
2.- Resultados	26
3.- Determinación de la capacidad de intercam- bio catiónico por saturación de sodio en suelos calcáreos	29

	Página
4.- Resultados	32
5.- Propiedades físicas del suelo	34
6.- Propiedades químicas del suelo	36
7.- Algunas determinaciones de las propieda-- des físicas y químicas del suelo	36
IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
V.- BIBLIOGRAFIA	44

INTRODUCCION

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre compuesta de materiales orgánicos e inorgánicos en la que -- las plantas desarrollan sus raíces y toman sus alimentos.

En el estudio de los suelos es de suma importancia conocer sus propiedades físicas y químicas ya que tienen que ver con la capacidad que tienen para muchos en los cuales el hombre los sujeta.

La rigidez y la fuerza de sostenimiento en condiciones húmedas y secas, la capacidad de drenaje y almacenamiento de agua, la plasticidad, la facilidad para la penetración de -- las raíces, la aireación, la retención e intercambio de cationes relacionado con la condición física del suelo. (Chapa Valle 1977) (4).

El objetivo principal de este trabajo es valorar la capacidad de intercambio de cationes del suelo por dos métodos diferentes y observar las diferencias de uno y otro. Uno de los métodos es el que se usa en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el que se utiliza acetato de amonio 1.0 N con un pH 7.0 que se recomienda para suelos no calcareos y el otro es el que recomienda Homer D. Chapman, en que se utiliza aceta-

to de sodio 1.0 N con un pH 8.2 que se usa para suelos cal--
cáreos.

Se va a determinar la capacidad que tienen estos suelos
de retener los cationes asimilables por las plantas.

El análisis de la capacidad de intercambio catiónico --
que corresponden a 10 muestras de suelo de dos zonas del Campo
Agrícola Experimental de Marín N.L. Una en el área de --
irrigación y la otra en la zona de temporal considerando el
pH alcalino que tienen los suelos estudiados, en relación --
con los métodos empleados para las determinaciones que fue--
ron efectuadas en el laboratorio de suelos de la Facultad de
Agronomía de la U.A.N.L., en julio de 1980.

LITERATURA REVISADA

1.- Capacidad de Intercambio Catiónico.

Se llama capacidad de intercambio catiónico a la adsorción de un cation por un núcleo o micela coloidal y la liberación subsecuente de uno o más iones retenidos por el núcleo. (Aguirre C.J.E. 1979) (1).

El intercambio catiónico de los suelos es una reacción química reversible. Los cationes adsorbidos en la superficie de los minerales y dentro de la red cristalina de algunas especies minerales, sobre todo los que se encuentran formando parte de algunos compuestos orgánicos que pueden ser reemplazados reversiblemente por aquellos de las soluciones salinas y ácidas. (S.R.H. 1975) (10).

La capacidad de intercambio de cationes, es una expresión del número de sitios de adsorción de cationes por unidad de peso del suelo. Se define como la suma total de cationes intercambiables adsorbidos, expresados en miliequivalentes por 100 gr de suelo secado al horno.

Prácticamente la capacidad de cambio está representado por un número dado de ml/100 gr de suelo, que corresponden a un valor fijo, cualquiera que sea él o los cationes adsorbidos. Pueden ser "me" de hidrógeno ($H^+ = 1 \text{ mg}$) ó "me" inter--

cambiables de calcio ($\text{Ca}/2 = 20 \text{ mg}$) o de potasio $\text{K}^+ + 39 \text{ mg}$).

La arcilla y el humus son de suma importancia en los suelos. Debido a que están en estado coloidal, exponen una cantidad relativamente grande de área superficial para la adsorción de agua y de iones.

La eficiencia con la cual los iones se reemplazaron unos a otros está determinada por los siguientes factores:

- 1.- Número de iones.
- 2.- Número de cargas sobre los iones.
- 3.- Actividad de los diferentes iones.

La capacidad de intercambio catiónico varía de menos de 5 para suelos que contienen muy poca arcilla o materia orgánica y hasta cerca de 200 miliequivalentes por 100 gr de suelo para suelos orgánicos. Junto con la fotosíntesis, las reacciones de intercambio iónico (en especial el intercambio de cationes) son las reacciones químicas más importantes en relación con la agricultura.

La capacidad del suelo para intercambiar cationes es el mejor índice de fertilidad del suelo.

Debido al intercambio de cationes los nutrientes solubles de fertilizantes inorgánicos no son lavados del suelo. Por ejemplo, cuando se agrega sulfato de amonio o de potasio, estos iones son retenidos en la superficie de los coloides -

mediante el intercambio catiónico.

El predominio de los cationes como el calcio e., el complejo de intercambio produce condiciones físicas deseables e influye favorablemente en las actividades microbinas, la amonificación y la nitrificación.

Las clases de cationes presentes en el complejo de in--tercambio también afectan el pH de la solución del suelo, --por ejemplo, una arcilla sódica es alcalina y una arcilla hidrogenada es ácida. El pH afecta la obtención de varios nutrimentos. Los suelos muy ácidos pueden tener cantidades - muy elevadas (tal vez tóxicas) de Mn disponibles y la capacidad para obtener fosfato es baja.

Cuando a muestra de suelo se coloca una sal como acetato de amonio, se produce en el suelo una cantidad equivalente de cationes del suelo a que se le llaman "Cationes Inter--cambiables".

Las determinaciones de las cantidades y proporciones de los diversos cationes intercambiables que se encuentran en - el suelo, son de gran importancia, ya que los cationes intercambiables influyen en forma determinante en sus propiedades físicas y químicas. (Aguirre C.J.E. 1979) (1).

Existen diferentes métodos para determinar la capacidad de intercambio catiónico, los cuales se pueden agrupar en -- las siguientes categorías:

1.- Aquellos en los que el suelo es electroidealizado o lavado con un ácido diluído HCL, y el material de intercambio saturado con hidrógeno, se titula con hidróxido de bario a pH 7.0 ó con hidrógeno de sodio con pH 8.5 aproximadamente.

2.- Aquellos en los cuales la CIC se considera como la suma de hidrógeno y bases reemplazables.

3.- Aquellos en los cuales los cationes intercambiables son reemplazados por los acetatos de amonio, bario, calcio o sodio y las cantidades de cationes adsorbidos se determinan por medios apropiados.

4.- Aquellos que comprenden el equilibrio de los suelos (pre-lavado con acetato de calcio) con una solución diluida (100 ppm de calcio) de nitrato de calcio que contiene Ca^{45} y Ca^{40} (Blume y Smith, 1954).

La mayoría de los investigadores en la actualidad emplean métodos basados en la saturación del complejo de intercambio con un catión dado y luego determinan los cationes totales adsorbidos por medios apropiados. Comúnmente se usa para este fin 3 reactivos:

- 1.- Acetato de amonio 1N neutro pH 7.0.
- 2.- Acetato de sodio 1N alcalino pH 8.2.
- 3.- Cloruro de bario 0.5 N trietanolamina 0.2. N alcalino pH 8.1.

El acetato de sodio puede usarse tanto para suelos cal-

cáreos como para no calcáreos, el tercero se usa en suelos ácidos en los que además de determinar la CIC se requieren las cantidades de hidrógeno intercambiable.

Hasta la fecha existe cierta discordancia sobre si se usa una sal de pH 8.2 ó de pH 7.0. para el reemplazamiento lo anterior debe considerarse así por el equilibrio que existe entre el pH del suelo y el Ca CO_3 a la presión parcial de CO_2 de la atmósfera mas la contribución de los materiales de intercambio de los suelos que se comportan como acido débiles.

Bradfiel y Allison (1933), consideraron un suelo completamente saturado con bases como aquel que había alcanzado el equilibrio con un exceso de Ca CO_3 a la presión parcial de CO_2 existente en atmósfera y a una temperatura de 25°C . La preferencia por soluciones de pH 7.0, se debe a que este es el punto neutro del agua y puede representar más aproximadamente un sistema amortiguador suelo-bicarbonato-ácido carbónico a una presión parcial de CO_2 que probablemente prevalece en atmósfera de un suelo fértil durante la estación de crecimiento activo (SRH 1975) (10).

2.- Cationes canjeables en los suelos calcáreos.

La extracción de los suelos calcáreos con $\text{NH}_4 \text{OAC}$ disuelve el Ca CO_3 (Calcita) o del $\text{Ca CO}_3 \text{Mg CO}_3$ (Dolomita) y que son superiores a los que corresponden a la verdadera ac-

tividad utilizable por las plantas Kalley concluyó que las determinaciones de Ca y Mg carecerían de significación para los suelos calcáreos prefiriendo estimar su suma como la diferencia entre la capacidad de canje menos la cantidad de K y Na canjeable.

La capacidad de intercambio varía con el grado de acidez de los cristales, es decir, es mayor si el pH del suelo es menor; la actividad catiónica se hace notable en general para valores de pH menores que 7.0. La capacidad de intercambio catiónico crece con la velocidad y concentración de la solución que circule por la masa del suelo (Jackson M.L., 1976) (8).

3.- Intercambio de cationes.

La arcilla y coloides orgánicos exponen de 40 a 800 metros² de área superficial por gramo y por consiguiente son las más activas del suelo tanto físicas como químicamente.

Las propiedades del suelo tales como adherencia, plasticidad, hinchamientos, absorción de agua y carga eléctrica están estrechamente relacionados con el área superficial y estructura de la arcilla.

Los cationes son absorbidos por las arcillas y cationes orgánicos por los coloides negativos que atraen iones Na^+ . Cuando el cloruro de Sodio se disuelve otro catión como el potasio K^+ puede reemplazar el sodio Na^+ para dar RCL. De -

igual manera, los cationes de la solución del suelo pueden reemplazar a los cationes adsorbidos en la superficie de la arcilla, negativamente cargados.

Los cationes intercambiables están en equilibrio con los cationes en solución. Si los cationes de la solución del suelo son absorbidos por las plantas, de este modo los cationes intercambiables son una fuente importante de nutrientes para las plantas.

En suelos normales los cationes intercambiables generalmente exceden a los cationes solubles.

Los iones disueltos en la solución del suelo pueden fácilmente ser eliminados por efectos del lavado debido a que se mueven con la solución del suelo. Los cationes intercambiables son difíciles de remover por efecto del lavado a menos de que la solución del suelo contenga una sal que suministre cationes que se intercambien con la adsorción por los coloides.

La fertilización con sales solubles en agua inmediatamente afectan cambios en la concentración del catión fertilizante en la solución del sodio y en los coloides del suelo. La aplicación de K^+ como fertilizante aumenta la cantidad de K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , solubles. (Ortiz V.B. 1975) (9).

4.- Naturaleza del intercambio catiónico en los suelos.

La eficiencia con la cual los iones se reemplazarán - -

unos con otros están determinados por 3 factores principales:

- a) La concentración relativa o número de iones.
- b) El número de cargas sobre los iones.
- c) La velocidad de movimiento o actividad de diferentes iones.

El primer factor es una aplicación de la bien conocida ley química de acción de masas. Cuanto mayor sea el número de cargas que tienen un ión mayor será su eficiencia considerando que otros son mínimos. La velocidad o actividad de un ión es en primer término una función de su tamaño, sin embargo, deberá ser considerado el grado de hidratación. Durante la hidratación, sin embargo, en realidad el ión Li se asocia con tantas moléculas de agua que su velocidad es muy reducida debido a su gran radio hidratado de Li, no puede llegar tan cerca a la micela como otros iones, asimismo, el ión Na^+ está más fuertemente hidratado que el ión K^+ . (Aguirre C.J. E. 1979) (2).

5.- Mecanismo de intercambio de cationes.

Tanto en suelos ácidos como en calcáreos el Ca^{++} es - - usualmente el catión intercambiable predominante. Los cationes de la solución del suelo reemplazan a los cationes absorbidos en el proceso denominado intercambio de cationes. Este intercambio es rápido y reversible y las condiciones de equilibrio existen entre los cationes solubles e intercambiables.

Se llama porcentaje de cationes intercambiables al grado con el cual el complejo de adsorción de un suelo se ocupa por un catión particular.

Se llama porcentaje de saturación de bases al grado con el cual el complejo de adsorción de un suelo que está saturado con cationes intercambiables diferentes al H^+ . Se expresa como porcentaje de la capacidad total de intercambio de cationes.

Los cationes más importantes desde el punto de vista -- agrícola son el potasio, calcio, magnesio, hidrógeno y sodio.

En los suelos de regiones húmedas el % de saturación de bases es menor que en los suelos de regiones secas. En el primer caso suele predominar el H^+ adsorbido, mientras que en las regiones áridas la saturación de cationes básicos puede ser de 90% o mayor.

No todos los cationes tienen igual poder de reemplazamiento en el complejo coloidal. Las fuerzas de adsorción de un catión dependen de su radio iónico, de su carga y de su grado de hidratación. (Ortiz V.B. 1975) (9).

6.- Factores que influyen en la capacidad de intercambio de cationes.

En las arcillas de tipo 2:1 la capacidad de intercambio se debe principalmente a substituciones isomórficas en las -

unidades octaédricas como ocurre en las montmorillonita y vermiculita donde se tienen el 75% de estas cargas.

La capacidad de intercambio puede ser alterada por muchos factores, aunque los más importantes son: El tamaño de las partículas, la temperatura, el medio externo y la alteración de las posiciones de cambio.

a) Tamaño de las partículas.

La montmorillonita afecta poco su capacidad de intercambio por el tamaño de partículas. No así en el caso de la illita y especialmente en la kaolinita. Partículas de la illita menores de 0.06 micras presentan doble capacidad de intercambio que las partículas que comprenden entre 1.1 y 0.3 micras. Tales diferencias se deben tanto en la kaolinita e illita la mayor parte de las cargas negativas provienen de la diferenciación de los OH Marginales y naturalmente serán tanto más menores cuanto más partículas quepan en el mismo volumen.

b) Temperatura.

En condiciones naturales la influencia de estos factores en la capacidad de intercambio es pequeña. A temperaturas elevadas sin embargo, se observan cambios significativos.

c) Medio externo.

La mayoría de los casos el intercambio de cationes se producen cuando los iones están en solución, pero también --

puede ocurrir la adsorción en las arcillas, de los cationes en suspensión además los cationes en contacto con los pelos radicales pueden penetrar en ellos sin previa disolución, intercambiándose con los existentes en la planta.

d) Alteración de la posición de cambio.

Las distorsiones producidas en la red a causa de las -- sustituciones isomórficas pueden reducir la capacidad de intercambio especialmente cuando el al es sustituido por el Mg, ya que el radio de éste supera normalmente el de los huecos de los oxígenos octaédricos en el que se aloja. (Ortiz V.B. 1975) (9).

7.- Factores que regulan el poder de intercambio de cationes.

El poder de intercambio de cationes depende principal-- mente de los siguientes factores:

a) Naturaleza del ión.

Los cationes de la misma valencia tienen un poder de -- sustitución que depende directamente de su tamaño. Algunos investigadores indican que el poder de sustitución influye - la hidratación del ión, por lo que los cationes de igual va- lencia son retenidos con mayor fuerza cuando menor es su hi- dratación.

b) Concentración.

A mayor concentración de un catión mayor es su poder de

sustitución. Se ha informado también que la concentración - tiene poco efecto de intercambio cuando actúan pares de ca-- tiones de la misma valencia, pero lo contrario es evidente - cuando la valencia y poder de sustitución son diferentes.

c) Naturaleza de anión.

Para un mismo catión, la capacidad de intercambio depende de del anión acompañante. Por ejemplo, la cantidad de Na reemplaza en el complejo coloidal cuando se emplea distinta a cuando se utiliza.

d) El porcentaje de posiciones iónicas ocupadas.

La liberación de un ión depende de la naturaleza de los otros iones absorbidos y del porcentaje de posición ocupada por los cationes. Se ha comprobado que a medidas que disminuye el Ca intercambiable el que permanece absorbido en la - arcilla, se hace más difícil de sustituir ocurriendo lo con-- trario con el Na, mientras que el Mg y K ocupan un lugar in-- intercambiable.

e) Color.

Se ha indicado que el color reduce la capacidad de in-- intercambio pero sus efectos son mucho más complejos ya que -- también disminuye el poder de sustitución de cada catión en relación con el que ha de reemplazarse. La montmorillonita a 130 grados centígrados, fija Li en forma no intercambiable sin afectar el poder de sustitución del Na, mientras que a -

la temperatura ordinaria el Li es reemplazado más fácilmente que el Na.

f) Naturaleza del mineral.

El Amonio es más débilmente retenido por la Kaolinita - que por la montmorillonita. La Kaolinita cede más Ca que la illita y ésta mayor cantidad que la montmorillonita. La liberación de Ca es tanto mayor cuanto más grande es el porcentaje de saturación con Ca. (Ortiz V.B. 1975) (9).

g) Relación entre crecimiento de las plantas y la capacidad de intercambio.

Hay dos puntos importantes sobre el intercambio de cationes y el crecimiento de las plantas.

Un punto se relaciona con la cantidad total de nutrientes asimilables como cationes intercambiables y el otro punto el grado en el cual el intercambio está saturado con bases como contrastando al hidrógeno. El hidrógeno intercambiable constituye la acidez del suelo, y así produce un efecto especial.

La mayor parte de las plantas de jardín y los cultivos agrícolas se desarrollan mejor cuando la saturación de bases es del 80% o más y el pH es de 6 ó más. Estos ejemplos sirven para mostrar la gran importancia de las relaciones de intercambio catiónico, para el crecimiento de las plantas. - - (Aguirre C.J.E. 1979) (2).

9.- Cationes cambiabiles.

En la interpretaci3n de los cationes cambiabiles se debe de considerar los valores de cada uno de estos, sus relaciones o cocientes entre s3 y su proporci3n en la capacidad de intercambio cati3nico.

Los valores obtenidos especialmente de Am3rica Latina, reflejan las grandes variaciones que se puedan encontrar en los suelos de regiones tropicales y subtropicales. Para el Ca se observan valores entre 0.20 y 28.9, para Mg entre 0.1 y 10.7 y para K entre 0.09 y 1.38 meq/100 gr respectivamente. (Hans W.F. 1975) (7).

10.- Descripci3n de los m3todos para determinar la capacidad de intercambio cati3nico.

Se escribir3n 3 m3todos: El m3todo de acetato de amonio (pH 7.0), el m3todo de acetato de sodio (pH 8.2) y el m3todo de cloruro de bario-trietanolamina (pH 8.1).

Para suelos claramente 3cidos puede usarse el primero de los 3 m3todos. Este m3todo trabaja perfectamente bien en suelos 3cidos, pero no es exacto en suelos neutros, calc3reos o salinos, debido a la complejidad para realizar las correcciones en lo que respecta a bases solubles en agua y las bases a3adidas en el extracto, las cuales provienen de la disoluci3n de silicatos y carbonatos.

El m3todo de acetato de sodio y el de cloruro de bario-

trietanamina, se pueden aplicar en suelos calcáreos. En suelos con alto contenido de materia orgánica y material amorfo, se pueden utilizar el método del cloruro de bario-trietanolamina.

En el método de CIC por saturación con amonio, se lava el suelo con un exceso de solución neutra de acetato de amonio 1.0 N para eliminar los cationes intercambiables y saturar el material de intercambio con amonio. Después se elimina el exceso de amonio presente en la muestra de suelo y que se encuentra como acetato y se determina el amonio intercambiable.

El método de cloruro de bario-trietanolamina, el suelo se lava con cloruro de bario-trietanolamina eliminando el exceso de este último reactivo con agua destilada. El cloruro de bario se reemplaza mediante el cloruro de calcio.

Entre los métodos que más son utilizados para determinar el amonio intercambiable se encuentran, el de arrastre de amonio con aire liberado al alcalinizar la muestra de suelo con carbonato de sodio y el que emplea el cloruro de sodio acidificado para desplazar el amonio adsorbido, como posterior alcalinización y destilación.

El aparato de aereación puede construirse en forma permanentemente portátil utilizando materiales comunes del laboratorio y puede ser apropiado para usarse ocasionalmente o en forma permanente. El aparato no requiere más espacio y -

mantenimiento que el que utiliza un equipo usual de destilación y existen diferencias de que los resultados obtenidos mediante el método de aereación son más exactos que los logrados por el método de destilación.

La destilación directa del amonio adsorbido generalmente da valores más elevados que los obtenidos con el procedimiento de aereación. Los valores obtenidos por el método de aereación concuerdan estrechamente con los que se obtienen cuando se usan algunas otras sales neutras (pH 7.0) para los reemplazamientos y éste ha llevado a la conclusión de que se libera amonio de la materia orgánica del suelo debe ser en muy pequeñas cantidades, cuando se usa el método de aereación. Al comparar los métodos de aereación con el de desplazamiento y destilación, se encuentra que en este último se puede usar un equipo ordinario de destilación y la desventaja es que requiere de una operación adicional de desplazamiento.

El método de acetato de amonio tiene particularmente 2 cualidades valiosas:

- 1.- Se encuentra altamente amortiguado. Como resultado del uso de la solución neutra de acetato de amonio 1 N en la saturación del suelo con amonio, al menos parte de la solución percolado a través del suelo, emerge con el mismo pH que la solución añadida.
- 2.- El amonio se determina fácilmente. En adición a las ven

tajas precedentes, el acetato de amonio tiene una ventaja en relación con la medición de los cationes desplazados de los suelos.

Probablemente a causa de estas ventajas el acetato de amonio se emplea más ampliamente y las mediciones que se hacen con el mismo pueden sentar un precedente para poder verificar otros métodos. La mayoría de los datos reportados en la literatura sobre suelos se encuentran basados en su uso.

En adición a las ventajas precedentes, el acetato de amonio tiene algunas desventajas. En los suelos con alto contenido de materia orgánica y en los que contiene apreciables cantidades de caolín, halloysita y otros minerales arcillosos de tipo 1:1, a menudo de resultados que algunas veces son más bajos que los obtenidos con el cloruro de bario-trietanolamina (Mehlich, 1945). Esto es debido al menor reemplazamiento de los iones de hidrógeno y aluminio adsorbidos mediante el acetato de amonio.

También en aquellos suelos que contienen arcilla vermiculita, los cationes intercambiables tales como el Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ o H^+ , pueden reemplazarse por amonio, pero el amonio se fija y no puede reemplazar por los métodos comunes empleados, v.g., aereación con Na_2CO_3 o reemplazamiento con cloruro de sodio acidificado. Por otra parte, si se usa acetato de sodio, el sodio que reemplaza los cationes retenidos en las posiciones interlaminares, puede reemplazarse y de esta manera en estas clases de suelos, la CIC tal como se de--

termina por el acetato de sodio, puede dar resultados más -- elevados que los obtenidos mediante el acetato de amonio. A causa de tales diferencias entre los métodos, la CIC del suelo perfectamente debería especificarse en términos del pH de la solución reemplazante y de la clase de sal empleada.

Los suelos calcáreos presentan problemas con el método de acetato de amonio a causa de la solubilidad de CaCO_3 en la solución de acetato de amonio. Los valores para la CIC -- son también bajos en la presencia de CaCO_3 , debido a que el calcio disuelto y presente en la solución de acetato de amonio evita que se saturen por completo con amonio las posiciones de intercambio. Para evitar esta dificultad algunos investigadores descomponen el carbonato mediante el cloruro de amonio, destilan con una corriente de vapor empleando la técnica de Chaw (1939) y luego prosiguen regularmente con el método de acetato de amonio. Excepto para suelos de capacidad de intercambio catiónico bajo, el autor prefiere usar menos muestra y lavar el suelo con solución de acetato de amonio -- hasta que se disuelve por completo el CaCO_3 . Existen otras alternativas para usar el método de acetato de sodio de Bower, et al (1952). La solubilidad del carbonato de calcio -- en acetato de sodio 1 N a pH 8.2 es mucho más bajo que en -- acetato de amonio 1 N neutro. Bower, et al (1952) observa-- ron que la CIC del suelo llevada a cabo por el método de acetato de sodio, no se efectúen presencia de CaCO_3 .

El método de acetato de sodio tiene la ventaja adicio--

nal que a diferencia del amonio, el sodio no disminuye la ca
pacidad de intercambio de la vermiculita de los suelos por -
quedar atrapado dentro de las posiciones interlaminares. - -
(S.R.H. 1975) (10).

MATERIALES Y METODOS

El lugar donde se tomaron las 2 muestras se encuentra en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la UANL ubicada en Marín, N.L., con coordenadas geográficas 25° 52' de latitud norte y 100° 03' latitud oeste con una altitud de 393 m.s.n.m.

Al efectuar el muestreo se seleccionaron 2 lugares representativos del campo. Uno en la área de irrigación y la otra en la zona de temporal en las que se hicieron un pozo en cada una de ellas a 5 profundidades de 0-30, 30-60, 60-90, 90-120, 120-150 cm. por la cual se tomaron 10 muestras de suelo. (En la figura se observa el lugar donde se tomaron estas muestras).

La recolección del suelo se hizo en el campo y se emplearon los siguientes materiales:

- a) Pala recta
- b) Pico
- c) Bolsas de polietileno
- d) Botes de aceite de un litro
- e) Cinta para medir
- f) Espátula para extraer las muestras
- g) Etiquetas
- h) Crayón
- i) Hilo

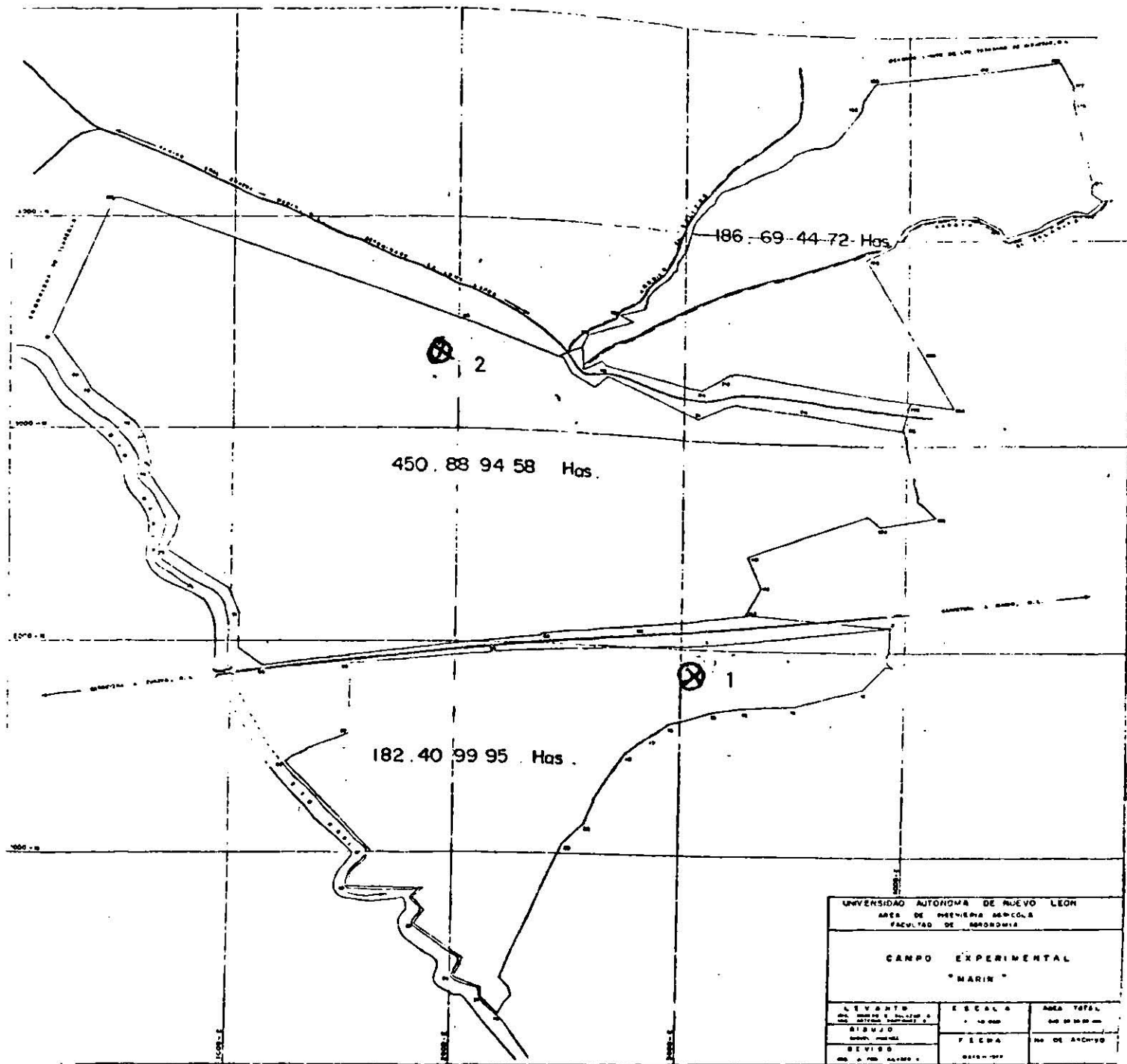


Figura 1. Localización aproximada de los lugares donde se tomaron estas muestras.

- 1o. Zona de Temporal.
- 2o. Area de Irrigación.

1.- Determinación de la capacidad de intercambio catiónico -
para suelos no calcáreos.

Se va a utilizar el método que se usa en el laboratorio de la F.A. de la U.A.N.L. en Marín, N.L. y que se recomienda para suelos no calcáreos.

A.- Materiales

- a) Bomba de vacío.
- b) Embudo Buchner de 6.5 de diámetro.
- c) Matraz Kjeldahl de 800 ml o una destilación de 1000 ml.
- d) Matraz Kitasato de 1000 ml o de vacío.
- e) Papel filtro de 11 cm de diámetro #42.
- f) Un agitador.
- g) Una bureta con soporte.
- h) Un tren de destilación.
- i) Probeta de 250 ml.
- j) Balanza de torsión.
- k) Vaso de precipitado de 400 ml.
- l) Mechero de gas.
- ll) Tripié.

B.- Reactivos

- a) Acetato de amonio 1 N pH 7.0.
- b) Acido clorhídrico 0.1 N.
- c) Acido bórico al 4%.
- d) Alcohol isopropílico.
- e) Cloruro de Sodio .

- f) Granalla de Zinc.
- g) Perlas de vidrio.
- h) Hidróxido de sodio 1 N.
- i) Indicador rojo de metilo y azul de metileno.
- j) Agua destilada.

C.- Método

- a) Se pesan 10 gramos de suelo previamente tamisados y pasados por una malla N^o 20 y se deposita éste en un embudo - Buchner el cual se le ha puesto un papel filtro No. 42 humedecido de 6.5 cm de diámetro y ajustarlo a la medida -- del embudo.
- b) El embudo se acopla a un matraz Kitasato o de vacío de -- 1000 ml.
- c) Se pasan 112 ml de solución
- d) Con la bomba de succión se hace un vacío para la extrac-- ción.
- e) Una vez que se ha pasado los 112 ml de Acetato de Amonio a través de la capa de suelo; y para que se elimine el exceso de Acetato de Amonio, se pasan 75 ml de alcohol Iso-- propílico, agregándolos en varias porciones, dejándose escurrir lo más posible pero sin que llegue a cuartear el - suelo antes de agregar otra porción.
- f) Después de que se ha lavado con alcohol se pasa el suelo junto con el papel filtro a un matraz Kjenldahl, se agre-

gan 400 ml de agua destilada, 5 gr de cloruro de sodio -- más 5 gr de granalla de zinc, se agregan 20 ml de hidróxi do de sodio normal, (agregar cuando se vaya a conectar el refrigerante) y se usa para recibir un matraz Erlenmeyer de 500 ml que deberá contener 25 ml de una solución de -- ácido bórico al 4% y se le agregan 8 gotas de indicador - rojo de metilo azul de metileno.

- g) Se recibirán 175 ml de destilado como mínimo y se titula con ácido clorhídrico 0.1 N.
- h) El punto de vire o de cambio será de verde a morado o vio leta. (Aguirre C.J.E. 1979) (1)

2.- Resultados

A continuación se presentan los resultados de la capaci dad de intercambio catiónico.

$$\text{CIC me/100 gr de suelo} = \frac{\text{ml de HCL Normalidad } 100}{\text{peso de la muestra en gr}}$$

Nota.

Utilizando 10 gr de suelo y HCL 0.1 N

CIC me/100 gr = ml de HCL gastados

A.- Muestras tomadas en la zona de temporal.

1.- Muestra #1.

a) Profundidad 0-30

b) ml de HCL gastados en la titulación 39 ml

c) CIC = 39 me/100 gr de suelo.

2.- Muestra #2

- a) Profundidad 30-60
- b) MI de HCL gastados en la titulación 60 ml
- c) CIC=60 me/100 gr de suelo

3.- Muestra #3

- a) Profundidad 60-90
- b) MI de HCL gastados en la titulación 33.2
- c) CIC=33.2 me/100 gr de suelo

4.- Muestra #4

- a) Profundidad 90-120 cm
- b) MI de HCL gastados en la titulación 21.7
- c) CIC = 21.7 me/100 gr de suelo

5.- Muestra #5

- a) Profundidad 120-150 cm
- b) MI de HCL gastados en la titulación 23.7
- c) CIC = 23.7 me/100 gr de suelo

B.- Muestras tomadas en el área de irrigación.

1.- Muestra #6

- a) Profundidad 0-30 cm
- b) MI de HCL gastados en la titulación 24.6
- c) CIC = 24.6 me/100 gr de suelo.

2.- Muestra #7

- a) Profundidad 30-60 cm
- b) MI de HCL gastados en la titulación 32.0
- c) CIC = 32.0 me/100 gr de suelo.

3.- Muestra #8

a) Profundidad 60-90 cm

b) MI de HCL gastados en la titulación 24.5

c) CIC = 24.5 me/100 gr de suelo.

4.- Muestra #9

a) Profundidad 90-120 cm.

b) MI de HCL gastados en la titulación 25.0

c) CIC = 25.0 me/100 gr de suelo.

5.- Muestra #10

a) Profundidad 120-150 cm.

b) MI de HCL gastados en la titulación 19.6

c) CIC = 19.6 me/100 gr de suelo.

3.- Determinación de la capacidad de intercambio catiónico - por saturación de sodio en suelos calcáreos.

Método de Homer D. Chapman que recomienda para suelos calcáreos (5).

1.- Materiales

- a) Balanza de torsión
- b) Tubo centrífugo de 50 ml de fondo redondo y cuello estrecho.
- c) Sacudidor mecánico.
- d) Pipeta
- e) Probeta graduada de 100 ml
- f) Centrífuga
- g) Matraz de bola de fondo plano de 100 ml.

2.- Reactivos

- a) Acetato de Sodio 1.0 N con un pH de 8.2
- b) Etanol al 95%
- c) Acetato de Amonio 1.0 N con un pH de 7.0
- d) Agua destilada

3.- Método

Pésense 4 gr de material de suelo de textura mediana o fina, o bien, 6 gr de material de suelo de textura gruesa y transfíerese a un tubo centrífugo de 50 ml de fondo redondo y cuello estrecho. Agréguese 33 ml de solución de acetato de sodio. Tápese el tubo y agítese en un sacudidor mecánico durante 5 minutos. Luego, centrífuguese hasta que el líqui-

do sobrenadante esté claro. Decántese el líquido y repítase la extracción otras 3 veces. Luego, lávese la muestra de manera similar con 3 porciones de 33 ml de alcohol al 95%.

Reemplácese el sodio absorbido con 3 porciones de 33 ml de solución de Acetato de Amonio decantado cada producto -- del lavado a un matraz volumétrico de 100 ml. Dilúyase el extracto de Acetato de Amonio al volumen y mézclense. Determínese el sodio por un método apropiado.

Nota: El método con que se va a determinar el sodio va a ser por el fotómetro de flama o también llamado absorción atómica. Este método se determinó en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la U.A.N.L.

Observaciones.

Bower y colaboradores (1952), descubrieron que la cantidad de calcio y magnesio retirada del material del suelo al cabo de 4 extracciones con acetato de sodio era muy pequeña y que el pH del extracto era de 7.9 a 8.2 en la cuarta extracción era casi totalmente completa al cabo de 4 extracciones. Asimismo descubrieron que el carbonato de calcio en el suelo no tenía efecto sobre la capacidad medida de intercambio de cationes.

El procedimiento de extracción descrito en este método puede utilizarse provechosamente para la extracción del material de suelos con Acetato de Amonio, para la determinación de los cationes intercambiables en suelos que son impermea-

bles con un equipo de lixiviación de Buchner o de otro tipo. Se descubrió que la extracción con 3 porciones de 33 ml era suficiente para eliminar los cationes intercambiables (Bower y colaboradores, 1952). (Chapman D.H. 1973) (5).

4.- Resultados

A continuación se presentan los resultados de la capacidad de intercambio catiónico por saturación de sodio, el cual se determinó por medio del fotómetro de flama (absorción atómica). Esta determinación se hizo en un laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la U.A.N.L.

1.- Muestra #1.

- a) Profundidad de 0-30 cm.
- b) Lectura tomada 55.
- c) CIC = 35.85 me/100 gr de suelo.

2) Muestra #2

- a) Profundidad de 30-60 cm.
- b) Lectura tomada 47.
- c) CIC = 30.65 me/100 gr de suelo.

3.- Muestra #3.

- a) Profundidad de 60-90 cm.
- b) Lectura tomada 40.
- c) CIC = 26.0 me/100 gr de suelo.

4.- Muestra #4.

- a) Profundidad de 90-120 cm.
- b) Lectura tomada 35.
- c) CIC = 22.83 me/100 gr. de suelo.

5.- Muestra #5

- a) Profundidad de 120-152 cm.

- b) Lectura tomada 40.
- c) CIC = 26.0 me/100 gr. de suelo.

Muestras tomadas en el área de irrigación.

1.- Muestra #6

- a) Profundidad de 0-30 cm.
- b) Lectura tomada 42.
- c) CIC = 27.4 me/100 gr de suelo.

2.- Muestra #7.

- a) Profundidad 30-60 cm.
- b) Lectura tomada 40.
- c) CIC = 26.0 me/100 gr de suelo.

3.- Muestra #8.

- a) Profundidad 60-90 cm.
- b) Lectura tomada 38.
- c) CIC = 24.8 me/100 gr de suelo.

4.- Muestra #9.

- a) Profundidad 90-120 cm.
- b) Lectura tomada 37.
- c) CIC = 24.13 me/100 gr. de suelo

5.- Muestra #10.

- a) Profundidad 120-150 cm.
- b) Lectura tomada 29.
- c) CIC = 18.90 me/100 gr de suelo.

5.- Algunas propiedades físicas del suelo.

1.- Color del suelo.

Las principales propiedades relacionadas con el color del suelo son:

- a) Contenido de materia orgánica.
- b) Condiciones de drenaje y libertad de aereación.

El color del suelo es un auxiliar de la clasificación de los suelos; del color de los horizontes se obtienen informes de las condiciones que prevalecen o de las fuerzas que están activas en el proceso de formación del suelo. (Carmona R.G. 1966) (3).

2.- Textura del suelo.

Se refiere a la porción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo.

La clasificación de las texturas se basa en la cantidad de partículas menores de 2 mm de tamaño. Si las partículas mayores de 2 mm de tamaño están presentes en cantidades significativas, al nombre de la textura se le agrega un adjetivo apropiado como gravoso o pedregoso (Ortiz V.B. 1977) (9).

En términos generales, los suelos se dividen en suelos de textura gruesa y textura fina.

En los suelos de textura fina predomina la arcilla y tienen una mayor superficie activa que los suelos arenosos;

tienen una mayor capacidad de adsorción de nutrientes; usualmente más fértiles.

Los suelos arenosos son más porosos y permiten una más rápida infiltración de agua. Sin embargo, los suelos arcillosos tienen una mayor capacidad de retención de agua debido a su mayor área superficial: tienen un mayor espacio poroso total que los suelos arenosos. Esta diferencia se debe al mayor número de microporos que funcionan en la retención del agua. En los suelos arenosos hay más macroporos que funcionan en el movimiento del aire y del agua.

3.- Estructura del suelo.

La estructura del suelo es la disposición de las partículas en la masa del mismo, las cuales algunas veces se conciben como agregados. La estructura del suelo no debe confundirse con la textura puesto que ésta depende del contenido de materia orgánica, contenido de calcio y sodio, de arcilla, particularmente el contenido de arcilla coloidal o arcilla fina y por supuesto de las condiciones de humedad.

Así podemos tener estructuras laminares, granulares, cúbicas en forma de escamas, masivas, columnar, etc. (García - G.A.D. 1979) (2)

6.- Propiedades químicas del suelo.

1.- Materia orgánica del suelo.

La materia orgánica del suelo proviene de los restos de plantas y animales. Esto incluye hierbas, árboles, bacterias y abonos orgánicos de los animales. A medida que se forma la materia orgánica nueva, una parte de la vieja pasa a mineralizarse.

La materia orgánica sirve para muchos fines en el suelo: Reduce el escurrimiento superficial y la erosión, incrementa la capacidad de retención de agua, sirve como depósito de elementos químicos que son esenciales para el desarrollo de las plantas, las pérdidas de agua por evaporación se reducen. Por lo anterior un suelo sin materia orgánica se considera como un suelo pobre agrícolamente. (García G. 1979) (6).

7.- Resultados de algunas determinaciones físicas y químicas del suelo, hechas en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., en Marín, N.L.

Muestras tomadas de la zona de temporal.

1.- Muestra #1 _____ Clasificación agronómica

a) Profundidad _____ 0-30 cm.

b) Color del suelo

Seco ____ (10 HR) ____ (5/1) ____ Gris

Húmedo ____ (10 HR) ____ (3/1) ____ Gris muy oscuro

c) % de materia orgánica

(4.1) _____ Rico

d) pH del suelo

(8.5) _____ Moderadamente alcalino

e) Conductividad eléctrica en mmhos/cm Temperatura 25°C

(1.6) _____ No salino

f) Textura

Arena__ (14%) Arcilla__ (50%)__ Limo (36%)__ Arcilloso

2.- Muestra #2 _____ Clasificación agronómica

a) Profundidad _____ 30-60 cm.

b) Color del suelo

Seco__ (10HR) __ (5/2) _____ Café grisáceo

Húmedo (10 YR) __)3/2) _____ Café grisáceo oscuro

c) % de materia orgánica

(2.6) _____ Medianamente rico

d) pH del suelo

(8.4) _____ Moderadamente alcalino

e) Conductividad eléctrica en mmhos/cm Temperatura 25°C

(0.83) _____ No salino

f) Textura

Arena__ (14%) Arcilla__ (56%) Limo__ (30%) Arcilloso

3.- Muestra #3 _____ Clasificación agronómica

a) Profundidad _____ 60-90 cm.

b) Color del suelo

Seco__ (10 HR) __ (6/2) _____ Gris cafeseo

Húmedo__ (10 HR) __ (4/2) _____ Café grisáceo oscuro

c) % de materia orgánica

(1.9) _____ Medio

d) pH del suelo

- (8.4) _____ Moderadamente alcalino
- e) Conductividad eléctrica en mmhos/cm Temperatura 25°C
(0.75) _____ No salino
- f) Textura
Arena (13%) Arcilla (58%) Limo (39%) Arcilloso
- 4.- Muestra #4 _____ Clasificación agronómica
- a) Profundidad _____ 90-120 cm.
- b) Color del suelo
Seco _____ (10 YR) _____ (6/3) _____ Café pálido
Húmedo _____ (10 HR) _____ (4/3) _____ Café
- c) % de materia orgánica
(1.1) _____ Pobre
- d) pH del suelo
(8.4) _____ Moderadamente alcalino
- e) Conductividad eléctrica en mmhos/cm Temperatura 25°C
(0.94) _____ No salino
- f) Textura
Arena (13%) Arcilla (60%) Limo (27%) Arcilloso
- 5.- Muestra #5 _____ Clasificación agronómica
- a) Profundidad _____ 120-150 cm.
- b) Color
Seco _____ (10 HR) _____ (6/4) _____ Café amarillento claro
Húmedo _____ (10 HR) _____ (4/4) _____ Café amarillento oscuro
- c) % de materia orgánica
(1.0) _____ Pobre
- d) pH del suelo
(8.3) _____ Moderadamente alcalino

e) Conductividad eléctrica en mmhos/cm Temperatura 25°C

(1.6) _____ No salino

f) Textura

Arena (16%) Arcilla (58%) Limo (26%) Arcilloso

Muestras tomadas del área de irrigación

1.- Muestra #6 _____ Clasificación agronómica

a) Profundidad _____ 0-30 cm.

b) Color

Seco _____ (10 HR) _____ (6/4) _____ Café amarillento claro

Húmedo _____ (10 HR) _____ (4/4) _____ Café amarillento oscuro

c) % de materia orgánica

(2.7) _____ Medianamente rico

d) pH del suelo

(8.3) _____ Moderadamente alcalino

e) Conductividad eléctrica en mmhos/cm Temperatura 25°C

(4.8) _____ Medianamente salino

f) Textura

Arena (17%) Arcilla (38%) Limo (45%) Migajón arcilla

2.- Muestra #7 _____ Clasificación agronómica

a) Profundidad _____ 30-60 cm.

b) Color

Seco _____ (10 HR) _____ (6/4) _____ Café amarillento claro

Húmedo _____ (10 HR) _____ (4/4) _____ Café amarillento oscuro

c) % de materia orgánica

(1.9) _____ Medio

d) pH del suelo

(8.4) _____ Moderadamente alcalino

e) Conductividad eléctrica en mmhos/cm Temperatura 25°C

(3.36) _____ Ligeramente salino

f) Textura

Arena (15%) Arcilla (26%) Limo (59%) Migajón limoso

3.- Muestra #8 _____ Clasificación agronómica

a) Profundidad _____ 60-90 cm.

b) Color

Seco _____ (10 HR) _____ (6/4) _____ Café amarillento claro

Húmedo _____ (10 YR) _____ (4/4) _____ Café amarillento oscuro

c) % de materia orgánica

(1.4) _____ Medianamente pobre

d) pH del suelo

(8.2) _____ Moderadamente alcalino

e) Conductividad eléctrica en mmhos/cm Temperatura 25°C

(3.20) _____ Ligeramente salino

f) Textura

Se determinó textura al tacto porque el suelo

se precipitó por exceso de calcio _____ Arcilloso

4.- Muestra #9 _____ Clasificación agronómica

a) Profundidad _____ 90-120 cm.

b) Color

Seco _____ (10 HR) _____ (6/4) _____ Café amarillento claro

Húmedo _____ (10 YR) _____ (4/4) _____ Café amarillento oscuro

c) % de materia orgánica

(1.0) _____ Pobre

d) pH del suelo

(8.4) _____ Moderadamente alcalino

e) Conductividad eléctrica en mmhos/cm Temperatura 25°C

(2.30) _____ Ligeramente salino

f) Textura

Se determinó textura al tacto porque el suelo se precipitó por exceso de calcio __ Arcilloso

5.- Muestra #10 _____ Clasificación agronómica

a) Profundidad _____ 120-150 cm.

b) Color

Seco _____ (10 HR) _____ (6/4) _____ Café amarillento claro

Húmedo _____ (10 YR) _____ (4/4) _____ Café amarillento oscuro

c) % de materia orgánica

(1.0) _____ Pobre

d) pH del suelo

(8.4) _____ Moderadamente alcalino

e) Conductividad eléctrica en mmhos/cm Temperatura 25°C

(1.25) _____ No salino

f) Textura

Se determinó textura al tacto porque el suelo se precipitó por el exceso de calcio __ Arcilloso

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Antes de decidir qué método se va a usar para la determi
nación de CIC habría que hacer antes las determinaciones
de textura, % de materia orgánica y pH respectivamente,
para poder establecer qué método es el más adecuado.
- 2.- Si se tiene un suelo arcilloso y pobre en materia orgánica
con un pH alcalino, se recomienda que se utilice el -
método de CIC por saturación de sodio ya que trabaja per
fectamente para suelos calcáreos.
- 3.- Si se tiene un suelo migajón arcilloso, ligeramente ácido
y rico en materia orgánica se recomienda que se utili
ce el método de Acetato de Amonio ya que trabaja bien en
suelos ácidos pero no es tan exacto en suelos neutros, -
calcáreos o salinos.
- 4.- Se recomienda que se utilicen más métodos de laboratorio
para poder saber cuál es el que se adapta mejor a los --
suelos del norte del país en los que está incluido Marín,
N.L.
- 5.- Si se tuviera un equipo adecuado e instalado, y se consi
derara para efectuar estos trabajos, sería aproximadamen
te igual por los 2 métodos.
- 6.- Resulta más costoso el método por saturación de sodio --

por que se necesita más equipo tales como una centrífuga, un agitador mecánico, un fotómetro de flama, y un espectofotómetro, mientras que el método de Acetato de Amonio se necesita un aparato de destilación que puede ser adaptado fácilmente en el laboratorio o un Kjeldahl que se puede usar también en otras determinaciones por ejemplo la de nitrógeno.

- 7.- Se recomienda que se sigan haciendo más trabajos prácticos como el presente en los terrenos que ocupa el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., en Marín, N.L., para obtener resultados más representativos para hacer un buen uso de estos suelos y de otros -- con iguales características.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Aguirre C.J.E. Manual de prácticas de campo y laboratorio para análisis de suelos de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. 1979.
- 2.- Aguirre C.J.E. Notas tomadas del curso de Edafología en la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. 1979.
- 3.- Carmona R.G. Manual del laboratorio para Edafología y Fertilidad del suelo. F.A.U.A.N.L. 1966.
- 4.- Chapa V.J. (Examen práctico). Determinación de la densidad aparente y real por diferentes métodos (Campo y Laboratorio) 1977.
- 5.- Chapman D.H. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Ed. Trillas. México 1973.
- 6.- García G.A.D. (Examen práctico). Descripción de un perfil del suelo y sus características físico-químicas en el área de irrigación del Campo Experimental de la F.A.U.A.N.L., en Marín, N.L. 1979.
- 7.- Hans W.F. Química de Suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba Costa Rica. 1975.
- 8.- Jackson M.L. Análisis Químico de Suelos. Ed. Omega, 1976.

- 9.- Ortíz V.B. Edafología. Chapingo (Escuela Nacional de --
Agricultura). 1975.
- 10.- Secretaría de Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de --
Planeación, Dirección General de Estudios, Direc--
ción de Agrofología. Métodos para el análisis físico
y químico de suelos, aguas y plantas. 1975.

