

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



pH EN SUELOS AGRICOLAS, Y SU RELACION CON
APLICACION DE SUBSTANCIAS MEJORADORAS

TRABAJO RECEPCIONAL

QUE PARA SU EXAMEN PROFESIONAL DE

Q U I M I C O

P R E S E N T A N

ROSA ANA MUÑOZ CASTILLA

LAURA MUÑOZ CASTILLA



ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

Av. de los Poetas No. 6 Teléfono 2-65 69

SAN LUIS POTOSI, S. L. P., MEX.

SRITA: ROSA ANA MUÑOZ CASTILLA,
P R E S E N T E.

Por medio de la presente me permito comunicar a usted, que en sesión del H. Consejo Técnico de esta Escuela de Ciencias Químicas efectuada , se acordó:

A C E P T A R

(Trabajo en conjunto con su hermana)

El proyecto de ~~trabajo recepcional~~ titulado: " pH EN SUELOS AGRICOLAS Y SU RELACION CON APLICACION DE SUBSTANCIAS MEJORADORAS" .-

Para los efectos consiguientes pongo lo anterior de su conocimiento, protestando a usted las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

San Luis Potosi, S. L. P., a 1 de Agosto de 1974.



EL SECRETARIO DE LA ESCUELA DE
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS CIENCIAS QUIMICAS
SECRETARIA

ING. JUAN ANTONIO RODRIGUEZ R.



ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

Av. de los Poetas No. 6 Teléfono 2-65-69

SAN LUIS POTOSÍ, S. L. P., MÉX.

S. RITA, LAURA MUÑOZ CASTILLA,
P R E S E N T E.

Por medio de la presente me permito comunicar a usted, que en sesión del H. Consejo Técnico de esta Escuela de Ciencias Químicas efectuada , se acordó:

..... A C E P T A R

El proyecto de **trabajo recepcional** que ha titulado usted:
" **pH EN SUELOS AGRICOLAS Y SU RELACION CON APLICACION DE
SUSTANCIAS MEJORADORAS**" .-

Para los efectos consiguientes pongo lo anterior de su conocimiento, protestando a usted las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

San Luis Potosí, S. L. P., a **1** de AGOSTO de 1974.



ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS
SECRETARÍA

EL SECRETARIO DE LA ESCUELA DE
CIENCIAS QUÍMICAS

ING. JUAN ANTONIO RODRIGUEZ R.

AL Q.I. y M.C. RAUL GRANDE LOPEZ

Con nuestro agradecimiento
por su valioso y desintereg
sado asesoramiento en el -
presente trabajo.

NUESTRO RECONOCIMIENTO

Al Sr. Biólogo FERNANDO MEDELLIN
LEAL, Director del Instituto de Inves-
tigación de Zonas Desérticas, por las-
facilidades que nos proporcionó para -
realizar este trabajo en el Laborato--
rio de Suelos de dicho Instituto.

A MIS PADRES:

ERNESTO MUÑOZ ESPINOZA
PETRA CASTILLA DE MUÑOZ.

A MIS MAESTROS.

A MI ESCUELA.

A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI.

AL INSTITUTO DE INVESTIGACION DE ZONAS DESERTICAS.

CONTENIDO.

- I.- INTRODUCCION.
- II.- REVISION BIBLIOGRAFICA.
- III.- MATERIALES Y METODOS.
- IV.- RESULTADOS.
- V.- DISCUSION E INTERPRETACION DE RESULTADOS.
- VI.- CONCLUSIONES.
- VII.- RESUMEN.
- VIII.- BIBLIOGRAFIA.

PARTE I.

ANTECEDENTES:

De las sustancias que se agregan al suelo para aumentar la productividad de cosechas, existen dos tipos -- principales: los fertilizantes, que retribuyen al suelo las sustancias absorbidas por las plantas, y los mejoradores, que son sustancias que se adicionan al suelo con objeto de hacer que algunos elementos como: Fe, Mn, Cu, Zn, B y Mo, que se encuentran en el suelo en forma inaprovechable para las plantas, se solubilicen y pasen a ser asimilados por los vegetales.

Las sustancias mejoradoras tienden a utilizarse en Agricultura Moderna y el efecto de dichas sustancias está condicionado por el pH, por lo anterior, el valor agrícola de un suelo, puede mejorar notablemente en algunos casos, si se ajusta el pH a un rango óptimo para el aprovechamiento de nutrientes.

OBJETIVOS:

Tratar de establecer los fenómenos favorables que influyen sobre los cultivos, cuando se aplican mejoradores y los efectos que pudieran disminuir el valor agrícola de estas sustancias; así mismo contribuir al conocimiento de la Química de los suelos, para aumentar su productividad.

I- INTRODUCCION.

pH EN SUELOS AGRICOLAS Y SU RELACION CON APLICACION DE
SUBSTANCIAS MEJORADORAS.

ROSAANA MUÑOZ CASTILLA.

INTRODUCCION.

El ion Hidrógeno o protón (H⁺), no existe en - grado apreciable en solución acuosa; debido a la distancia existente de la carga al radio, lo que produce un - campo eléctrico intenso, el protón se combina firmemente con una molécula de agua, para formar el ion hidronio H₃O⁺(aq), éste, como otros iones pequeños, está más o menos hidratado por la unión de varias moléculas de - agua dipolares en el campo eléctrico que lo rodea.

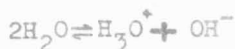
El ion hidronio (H₃O⁺), es el ácido más fuerte en disolución acuosa y en el agua representa a todos -- los electrólitos, ácidos fuertes, sin embargo, la utilización general de H₃O⁺, es susceptible de enmascarar los iones fuertemente hidratados en el agua.

La molécula de agua líquida es una mezcla de iones hidrógeno (H⁺) e hidróxilo (OH⁻); la cual es muy - estable y la producción de estos iones es muy baja, de un millón de moléculas, apenas una está ionizada.

La ionización del agua se expresa como la --- constante Ka, y se obtiene así:



o



$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{H_2O}$$

$$K_w = K \cdot [H_2O] = [H^+][OH^-]$$

K_w Se llama producto iónico del agua.

$$[OH^-][H^+] = K_w = 10^{-14} \text{ a } 25^\circ C$$

sacando logaritmos a la ec. anterior, obtenemos:

$$\log. (OH^-) + \log (H^+) = \log K_w = -14$$

cambiando de signos:

$$-\log (OH^-) - \log(H^+) = -\log K_w = 14$$

$$pH + pOH = pK_w = 14$$

Es costumbre expresar la acidez o alcalinidad de un sistema mediante la escala de pH, este término fué definido por primera vez por el químico danés J.P.L. Sorensen, en 1909, eligió p como símbolo de la palabra danesa "potenz" que significa "poder". La base 10 elevada a la potencia (-pH) es la concentración molar del ión H^+ , se expresa matemáticamente por la ecuación:

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log [H^+]$$

El símbolo pH representa el "potencial de iones hidrógeno" o "exponente de hidrógeno" y se define como el logaritmo negativo de las concentraciones de ión hidrógeno en moles / litro.

La concentración del ión hidrógeno, es una propiedad intensiva cuya importancia tecnológica excede con mucho a la propiedad extensiva: la acidez total. En la regulación de la intensidad de la acidez, tiene importancia

la capacidad de amortiguamiento o facultad de una solución para resistir los cambios en la concentración del Ión Hidrógeno. Una solución que tiene esta propiedad de resistir a pesar de la adición de pequeñas cantidades de ácido a base, se llama: solución reguladora, amortiguadora o tampón, la cual es una solución de acidez de reserva o de alcalinidad de reserva.

Van Slyke propuso una unidad para la medida de los valores amortiguadores: una solución tiene un valor-amortiguador de 1, cuando 1 litro de la solución exige 1 equivalente de ácido fuerte o alcali fuerte para cambiar en una unidad su pH.

Cuando la concentración del ácido no disociado o de la base no disociada es muy pequeña, disminuye la acción amortiguadora del sistema y la concentración del Ión H se acerca gradualmente a la del agua pura.

Actualmente se considera el pH como una propiedad de muchos materiales, soluciones acuosas y no acuosas, sólidos y líquidos, con tal de que posean algún carácter ácido o básico.

Muchos procesos industriales dependen en gran medida del control del pH, como son:

La neutralización de las aguas residuales de las fábricas y refinerías, tratamiento del agua para calderas, con el fin de reducir la corrosión y la formación de incrustaciones; el ajuste de alcalinidad del agua usada en las torres para lavar la gasolina, en los ingenios azucareros; fábricas de cerveza; en los procesos vitales pH del sistema digestivo humano y pH del sistema circulatorio y al decidir sobre la fertilidad del suelo.

La concentración de iones H en el suelo, tiene influencia sobre diferentes aspectos de importancia para el desarrollo de las plantas, como son:

a) Disponibilidad de nutrientes. Los metales -- pesados como el Cobre, Fierro, Aluminio, Manganeso y --- Zinc, en muchos suelos aumentan su cantidad y son más fá-- cilmente aprovechables a pH ácidos; en cambio, el molib-- deno es disponible en mayor grado a pH alcalino.

La disponibilidad de otros nutrientes como el - Fósforo y el Potasio, es mayor cerca de la neutralidad;- el Nitrógeno y el Azufre son prácticamente indiferentes-- al pH, un suelo ácido tiene pH bajo, poco calcio y magne-- sio intercambiables, Aluminio, Hierro y Manganeso solu-- bles, posibles toxinas orgánicas y una baja asimilabili-- dad de nitrógeno y fósforo.

Un suelo alcalino tiene un pH moderadamente ele-- vado, abundancia de calcio intercambiable, no hay alumi-- nio tóxico, un humus suave y activo, fácil asimilabili-- dad del nitrógeno, y si el pH no es muy elevado habrá -- proporciones adecuadas de fierro, manganeso, cobre, ---- zinc y tal vez fósforo.

Cuando la reacción del suelo es más o menos neú-- tra, se favorecen dos procesos biológicos importantes pa-- ra el nitrógeno del terreno, y son:

- 1) Fijación del nitrógeno del aire por los microorga-- nismos del suelo, el cual posteriormente puede -- ser absorbido por las plantas.
- 2) Conversión del nitrógeno de los cuerpos orgáni-- cos compuestos, a formas solubles que pueden ser asimiladas directamente por las plantas.

b).- Actividades de los microorganismos.- In-- fluyen sobre la incidencia de enfermedades, descomposi-- ción de la materia orgánica, fijación simbiótica del ni-- trógeno atmosférico y nitrificación.

La descomposición de la materia orgánica a pH-- ácidos es llevada a cabo principalmente por hongos; a pH

neutros o alcalinos es realizada por bacterias, una disminución del pH es a veces conveniente, no sólo para fomentar el crecimiento de ciertas plantas, sino también para contrarrestar ciertas enfermedades, especialmente el actinomicetismo que produce la sarna de la papa; lo cual se favorece a un pH de 5.8; otras enfermedades producidas por la flora del suelo, son: marchitamientos, podredumbres de raíces y hernia de coles.

Otra forma en que pueden ser perjudiciales a las plantas superiores los organismos del suelo, (bacterias, hongos y actinomicetismo) es el consumir las sustancias nutritivas disponibles (nitrógeno, fósforo, potasa y cal); como el nitrógeno que emplean para la síntesis del protoplasma nuevo, el cual de otro modo lo asimilarían las plantas cultivadas.

Sin embargo, la mayoría de las plantas pueden desarrollarse en ambiente de pH muy diferentes, si las demás condiciones de vegetación son buenas; pero un pH óptimo no parece existir, más bien una tolerancia o adaptación a un ambiente menos favorable.

II - REVISION BIBLIOGRAFICA-

REVISION BIBLIOGRAFICA.

Se encuentran antecedentes bibliográficos relacionados al tema que se estudia, en las siguientes obras:

MORALES RAMOS (1963), realizó un estudio de varios acidificantes sobre el pH y la disponibilidad del -- Fósforo en el suelo Calcáreo del Campo Agrícola Experimental en Apodaca, Nuevo León.

VILLEGAS MARIANO Y TAVERA GRACIELA (1965), efectúan un trabajo sobre el poder amortiguador de los suelos donde muestran las características de las curvas de amortiguamiento en diferentes tipos de suelos de los estados de Michoacán, Guerrero, Veracruz y Chapingo, Méx.

VELASCO MOLINA (1969), presenta un estudio relacionado con la influencia que tiene el pH y el CaCO_3 en la fijación de fosfatos en algunas regiones agrícolamente importantes del Edo. de Coahuila y Nuevo León.

ALBAREDA J. Ma. et Al (1958), muestra la influencia del pH en el desarrollo de la planta de trigo, - describe el método a seguir y condiciones de cultivo para el estudio de la interacción Ca/K en la absorción de estos elementos por la planta.

GRANDE LOPEZ R. (1964), efectuó un Seminario sobre el pH del suelo, donde se encuentra una generalidad - referente a este tema.

LACUNES GIL R. (1964), hace una relación del con

tenido de hierro, cobre, manganeso y molibdeno en plantas con el contenido y pH del suelo, en distintas provincias-españolas.

GUITIAN OJEA et Al (1960), realizan un trabajo sobre el poder de amortiguación del suelo, donde se estudian los diversos métodos para su determinación.

ALBAREDA J.M. y A. MARTIN (1967), presentan un estudio sobre el pH y la acidez de cambio de las raíces a lo largo del ciclo vegetativo, hacen una observación de la disminución de la acidez de cambio con la edad de la planta, relacionan también el pH de la raíz con el contenido de Nitrógeno, Fósforo y Potasio de la misma, obteniéndose relaciones estadísticamente significativas.

GUITIAN OJEA Y MUÑOZ TABOADELA M. (1963), relacionan las curvas de pH con el grado de saturación de suelos en un estudio que realizan.

III - MATERIALES Y METODOS.

MATERIALES Y METODOS.

a).- TECNICAS DEL MUESTREO DE SUELOS.

Inspección preeliminar del terreno en base a uso de la tierra: se procedió a ubicar los sitios de muestreo, habiendo considerado aquellos más representativos de los distintos cultivos y tratamientos que se tenían y considerando donde actuaban con mayor intensidad los factores que pudieran alterar el estado natural del suelo.

En base a lo anterior, se obtuvieron once localidades de muestreo, habiéndose obtenido un total de 36 muestras.

b).- LOCALIZACION DEL SITIO DE MUESTREO Y GENERALIDADES:

El área de muestreo corresponde a la "Granja Los Gabrieles", que se encuentra dentro del Municipio de Soledad D.G., estando situada al Suroeste del mismo, a una altitud de 1800 m.s.n.m.

Para llegar a la Granja, hay que viajar 5 K. sobre la carretera San Luis-Saltillo y a la altura del Km. 5 se toma brecha hacia la izquierda, recorriendo 2 Kms.; en esta forma se llega al área de trabajo.

La Granja cuenta con pozo, de modo que todos los cultivos son de riego; tiene una extensión aproximada

de 4 Has. estando cultivadas un 70% con las siguientes especies: alfalfa, maíz, frijol, jitomate y chile cascabel.

c).- DETERMINACIONES ANALITICAS DE LABORATORIO.

a') Obtención de pH por método electrométrico en:

- 1o.- Suspensión suelo/agua: relación 1:1
- 2o.- " " " 1:2.5.
- 3o.- " " " 1:5
- 4o.- " " " 1:10
- 5o.- " suelo/solución CaCl_2 0.01M rel.1:2
- 6o.- " " KCl I N rel. 1:2.5
- 7o.- Extracto de suelo saturado.
- 8o.- Pasta saturada de suelo.

Para las determinaciones en la suspensión suelo/agua, relación: 1:1, 1:2.5, 1:5, 1:10; suelo/solución CaCl_2 0.01 M relación 1:2 y suelo/solución KCl I N relación 1:2.5 se utilizó lo siguiente:

MATERIAL Y EQUIPO:

- Balanza Granataria.
- Potenciómetro Beckman H-2, 115 vlt. C.A.
- Electrodo indicador de vidrio.
- Electrodo de referencia, de calomel.
- Recipientes de plástico.
- Varillas de vidrio.
- Termómetro con escala $0^\circ - 60^\circ \text{ C.}$

REACTIVOS:

Solución buffer pH = 7.0

1o.- RELACION SUELO/AGUA DE 1:1

PROCEDIMIENTO:

Se añaden a una muestra de 20 gr. de suelo, contenida en un recipiente, 20 ml. de agua destilada., se agita la suspensión obtenida a intervalos regulares, durante una hora, después se mide el pH con el electrodo de vidrio habiendo agitado **enérgicamente** la suspensión antes de introducir el electrodo y habiendo tomado la temperatura anteriormente a la suspensión. Se reporta directamente la lectura.

2o.- RELACION SUELO : AGUA 1:2.5:

Se pesan 10.0 gr. de suelo y se le añaden 25 ml. de agua destilada, se agita la suspensión durante 20 a 30 minutos y a continuación se mide el pH, habiendo agitado la suspensión antes de sumergir el electrodo.

3o.- RELACION SUELO: AGUA 1:5:

PROCEDIMIENTO:

Se añaden a una muestra de suelo de 20 gr. contenida en un recipiente, 100 ml. de agua destilada, agitando enseguida la suspensión durante una hora. Se determina el pH dentro de los 60 segundos a partir del momento en que el electrodo de vidrio se sumerja en la suspensión recién agitada.

4a.- RELACION SUELO : AGUA 1:10

PROCEDIMIENTO:

Se añaden 100 ml. de agua destilada a una muestra de 10 gr. de suelo y se agita durante una hora. Se determina el valor del pH con un electrodo de vidrio. El pH de la suspensión en la proporción 1:10, es denominado: "valor del pH hidrolítico".

5a.- RELACION SUELO/SOLUCION CaCl_2 0.01 M; 1:2

Reactivo: solución de CaCl_2 0.01 M.

PROCEDIMIENTO:

Se prepara una suspensión de 25 gr. de suelo en 50 ml. de disolución 0.01 M de CaCl_2 , agitando después la suspensión a fondo. La medida de pH se hace a continuación, de la misma forma que en los anteriores. La medida del pH de los suelos en esta disolución de CaCl_2 0.01 M., se hace con el fin de enmascarar la variabilidad del contenido en sales de los suelos, para mantener al suelo en condición --floculada y con el fin de disminuir el potencial de contacto.

6a.- RELACION SUELO/SOLUCION KCL I N EN 1:2.5

Reactivo: solución KCL I.N.

PROCEDIMIENTO:

Como los suelos que han sufrido lixiviación, presentan variaciones pequeñas de pH con la dilución, el efecto de ésta, fue atribuido a la presencia de pe-----

queñas cantidades de sales. Para enmascarar los efectos de cambios relativos grandes en el contenido de sales de los suelos, se añade kcl 1 N.

El procedimiento consiste en añadir a una muestra de 10 gr. de suelo contenida en un recipiente, un volumen de 25 ml. de kcl 1 N, agitando el suelo durante una hora y enseguida midiendo el pH con el electrodo de vidrio en la forma anteriormente descrita. (Jackson, 1964).

7o.- PASTA SATURADA DE SUELO

MATERIAL Y EQUIPO:

Balanza granataria.

Recipientes de plástico.

Bureta graduada de 500 ml.

Espátula.

PROCEDIMIENTO:

Se pesan de 80 a 150 gr. de suelo en un vaso o recipiente, se agrega determinada cantidad de agua destilada por medio de la bureta graduada y se mezcla bien con la espátula, golpeando el recipiente ocasionalmente.

La pasta está saturada cuando brilla al reflejar la luz, se desliza libremente de la espátula y fluye suavemente cuando el recipiente esté inclinado. Enseguida se deja reposar durante una hora, para luego comprobar la saturación o sea que no debe existir agua libre en las depresiones de la superficie. Después de esto, se le toma la --

temperatura a la pasta saturada y se determina directamente su pH introduciendo el electrodo de vidrio en la pasta.

EXTRACTO DE SUELO SATURADO

MATERIAL Y EQUIPO:

Tubos de ensaye.
Embudos Buchner.
Espátula hoja de acero.
Bomba de vacío.
Matraces Kitasato.
Papel filtro whatman No.2

PROCEDIMIENTO:

La pasta saturada obtenida en la determinación anterior, se transfiere al papel filtro colocado previamente en el embudo Buchner y enseguida se aplica vacío.

Se recibe el extracto en un tubo de ensaye colocado dentro del matraz kitasato. El vacío se aplica hasta obtener aproximadamente 10 ml. de extracto, este volumen va a depender de la textura del suelo.

Después de obtenido el extracto, se transfiere a un vaso y enseguida se le determina el pH. Este extracto nos sirve para obtener el porcentaje de saturación del suelo la conductividad eléctrica y el sodio soluble, de cuyas determinaciones se hablará después. (Richards L.A.(1964).

b).- DETERMINACIONES COMPLEMENTARIAS:

1).- CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL EXTRACTO DE SUELO SATURADO.

La conductividad eléctrica es otra de las determinaciones importantes en el estudio de la fertilidad de los suelos, ya que se relaciona con el comportamiento de las plantas en la absorción de los nutrientes necesarios para su desarrollo.

La conductividad eléctrica es el recíproco de la resistencia eléctrica y se expresa en mmhos/cm. a 25° C, y se emplea para determinar indirectamente las concentraciones aproximadas de sales en el extracto de saturación.

En esta determinación no es necesario conocer la cantidad individual de los compuestos solubles presentes en el suelo, sino su concentración total que nos está dada directamente en el puente de wheatstone, en unidades de -- conductividad: milimhos/cm. a 25° C.

Los resultados se interpretarán de acuerdo con la tabla No. 1.

MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO:

Puente de conductividad eléctrica de wheatstone.
Solu-Bridge, soil tester RD 26 con celda de pipeta.
Vasos de precipitados de 50 y 100 ml.
Termómetro escala 0 a 100° C.

PROCEDIMIENTO:

Del extracto de suelo saturado obtenido anteriormente, se toman 5 ml. y se transfieren a un vaso de precipitados de 50 ml. y se le toma la temperatura.

Enseguida se enciende el aparato y se coloca el botón de temperatura a la que indique el extracto. Se lava la celda con agua destilada y se llena ahora con el extracto, enseguida se reporta la lectura obtenida directamente en mmhos/cm.

TABLA No. I
ESCALA DE SALINIDAD

Conductividad del extracto de saturación del suelo mmhos a 25°C	% de sales en el extracto.	Interpretación.
0 - 2	0 - 0.1	No salino.
2 - 4	0.1 - 0.3	Ligeramente salino.
4 - 8	0.3 - 0.5	Moderadamente salino.
8 - 16	0.5 - 1.0	Fuertemente salino.
mayor de 16	mayor de 1.0	Muy fuertemente salino.

(Tabla obtenida del Jackson, M.H. 1964).

CARBONATOS TOTALES:

Esta determinación, desde el punto de vista de la fertilidad de los suelos, nos indica aproximadamente la cantidad de CO_2 que puede ser contenida por los mismos, para el aprovechamiento de los cultivos. Los carbonatos totales se reportan en términos de CaCO_3 , pues la cantidad de MgCO_3 es mínima en los suelos y los Na_2CO_3 sólo se encuentran en suelos alcalinos.

MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO:

Vaso de precipitados de 150 ml.
Vidrios de reloj de 12 cm. de diámetro.
Plancha con termostato.
Papel filtro whatman No. 2
Matraces erlenmeyer de 250 ml.
Buretas de 100 ml. con llave de vidrio.
Frasco gotero de 50 ml.

REACTIVOS:

- 1).- Acido clorhídrico 0.5 N. diluir 335 ml. de HCL concentrado, en agua destilada y completar a un volumen final de 8 Ls. Titular esta solución con Na_2CO_3 seco.
- 2).- Hidróxido de sodio 0.25 N. Se pesan 81.8 gr. de NaOH y se disuelven en agua, completando a un volumen final de 8 lts. esta solución se titula con HCL.

3).- Fenolftaleína al 1% en etanol al 60%.

Se pesa 1 gr. de fenolftaleína y se disuelve en 100 ml. de la solución alcohólica al 60%.

PROCEDIMIENTO:

Se colocan 5 gr. de suelo en un vaso de precipitados de 150 ml. y se le agrega con bureta, 50 ml. de HCL-0.5 N, enseguida se coloca el vaso en la plancha eléctrica cubriéndolo con un vidrio de reloj, se deja hervir lentamente por 5 minutos.

Después se retira el vaso de la plancha, se enfría y se filtra a través de papel filtro whatman No. 2; se efectúan tres lavados con agua destilada fría.

Se recibe el filtrado en un erlenmeyer de 250 ml y se titula con NaOH 0.25 N. el exceso de ácido que no reaccionó con los carbonatos, empleando como indicador dos gotas de fenolftaleína, el punto final de la titulación se alcanza cuando se tiene un tinte rosa persistente. (Richards L.A. 1964).

CALCULOS:

$$\text{Equivalente \% de CaCO}_3 \text{ en \%} = \frac{(\text{meq. HCL} - \text{meq NaOH}) 5}{\text{Peso de la muestra.}}$$

$$\text{Meq. de HCL} = (\text{normalidad del HCL}) (\text{ml. de solución de HCL})$$

$$\text{Meq. de NaOH} = (\text{normalidad de NaOH}) (\text{ml. de sol. de NaOH})$$

EJEMPLO:

Normalidad del HCL = 0.52 N.

ml. de HCL empleados = 50 ml.

Normalidad de NaOH = 0.2506 N.

ml. de NaOH requeridos = 98.4

Peso de muestra = 5. gr.

$$\text{Meq. de HCL} = (0.52) (5) = 2.6 \times 10 = 26$$

$$\text{Meq. de NaOH} = (0.2506) (98.4) = 24.71$$

$$\text{Equivalente Químico CaCO}_3 = \frac{100}{2} = 50$$

$$\% \text{ de CaCO}_3 = \frac{(26 - 24.71) 5}{5} = 1.29\%$$

$$\% \text{ CaCO}_3 = 1.29\%$$

PORCIENTO DE SATURACION DEL SUELO:

Se calcula el grado de saturación de un suelo - conociendo el peso de un volumen medido de agua que es necesario para obtener el punto de saturación y se expresa - en por ciento.

El porcentaje de saturación corresponde a la hu - medad que un suelo con drenaje normal, retiene en el campo después de una lluvia o riego.

El punto de saturación se obtiene cuando los es - pacios entre las partículas están saturados con agua, en - lugar de estar ocupados por aire como debían estar. Este - porcentaje de saturación depende del tamaño de las partícu - las en el suelo. (Richards. L.A. 1964).

Se obtiene de la siguiente manera:

MATERIAL Y EQUIPO:

Balanza Granataria.

Recipientes de plástico.

Bureta graduada de 500 ml.

Espátula.

PROCEDIMIENTO:

Se pesan 160 gr. de suelo y se colocan en el recipiente de plástico, enseguida se le agrega una cantidad de agua destilada, mezclando bien con la espátula, se le sigue agregando agua hasta que la pasta obtenida quede algo lustrosa de modo que refleje la luz y fluya ligeramente al inclinar el recipiente.

Enseguida se deja reposar durante una hora para comprobar el punto de saturación; si la pasta se endurece o pierde su brillantez, se mezcla con más agua hasta obtener la consistencia mencionada, en caso contrario, si la pasta está muy húmeda o tiene agua en la superficie, se le agrega más suelo.

CALCULOS:

$$\% \text{ de saturación} = \frac{\text{Peso de agua empleada} \times 100}{\text{Peso muestra de suelo}}$$

EJEMPLO:

Peso de la muestra de suelo = 161.10 gr.

Peso de agua empleada = 75 ml.

$$\% \text{ de Saturación} = \frac{75}{161.10} \times 100 = 46 \%$$

SODIO SOLUBLE:

Las arcillas constituyen un importante material con el que se forma la fracción coloidal del suelo estas arcillas tienen la particularidad de fijar en sus superficies, por fenómenos eléctricos al Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , y K^+ . Estos elementos pueden ser reemplazados unos por otros.

Si una gran porción de cationes adsorbidos -- son de sodio, los suelos por lo general observan condiciones físicas poco favorables y por consiguiente reflejan su efecto en el índice de productividad.

Así mismo, es característico el bajo grado de penetración del agua, obteniéndose suelo impermeable, - el cual puede mejorarse utilizando correctores.

La determinación de sodio, se llevó a cabo -- por el método de emisión espectroflamométrico, cuyo --- principio se basa en el hecho de que cuando una solu--- ción que contiene Na , es incluida en el interior de -- una flama, los átomos de sodio son excitados por la elevada temperatura y los electrones exteriores pasan a niveles de energía superiores y en el proceso de regreso a su nivel original, tiene lugar una emisión de energía en forma de luz, de una serie de longitudes de onda determinadas y que corresponde al espectro de emisión de sodio.

MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO:

Espectro flamómetro (Beckman D.U, coleman Jr. Cooring EEL, etc.).

Matraces volumétricos de 50 ml.

Matraces volumétricos de 100 ml.

Frascos de plástico con tapa de rosca de 50 ml.

REACTIVOS:

ACETATO DE AMONIO, APROXIMADAMENTE 2 N.

A 700 ml. de agua destilada, añada 114 ml. de -- Acido acético concentrado, agite y agregue 136 ml. de hidróxido de amonio concentrado; mezcle y diluya a un litro, ajuste el pH a 7.0 por adición de ácido o base.

CLORURO DE SODIO EN AGUA 0.04 N.

Disolver 2.338 gr. de NaCl seco en agua destilada y afora a un litro.

PROCEDIMIENTO:

Se mide con pipeta, una alícuota del extracto de suelo saturado, obtenido de las determinaciones anteriores y se coloca en un matraz volumétrico de 50 ml., luego se le adiciona con pipeta 25 ml. de solución de Acetato de -- Amonio 2 N y se afora a 50 ml. con agua destilada.

Se mezcla y se determina la concentración de Na en el espectroflamómetro, empleando una gráfica adecuada a la concentración.

CONSTRUCCION DE LAS GRAFICAS.

Se prepara una serie de soluciones estándar para el Na, de tal modo que se tengan dos gráficas; una será para leer muestras con bajas concentraciones y otra para muestras con altas concentraciones.

Se toman 10 matraces de 100 ml. y se procede como se indica en las tablas siguientes:

TABLA NO. 2

No. de matraz volumétrico	ml. de solución de NaCl 0.04 N.	aforara:	concentración de Na en ---- meq/l.
1	0.0	100 ml.	0.0
2	0.5	"	0.2
3	1.0	"	0.4
4	1.5	"	0.6
5	2.0	"	0.8

En los primeros 5 matraces, se colocan las alícuotas de la solución 0.04 N de NaCl, enseguida se añaden 50 ml. de la solución de acetato de amonio, aproximadamente 2N y se afora a 100 ml. con agua destilada, obteniéndose las concentraciones de Na en meq / l. en la última columna de la tabla. Esta tabla se utiliza en un rango de concentraciones bajas.

De igual forma se procede para construir la gráfica de concentraciones altas de Na, colocando en los matraces del 6 al 10, alícuotas de las soluciones indicadas en la siguiente tabla.

TABLA NO. 3

No. de matrass	ml. de NaCl 0.04 N	aforera	concentración de Na en meq/l.
6	0.0	100 ml.	0.0
7	2.5	"	1.0
8	5.0	"	2.0
9	7.5	"	3.0
10	10.0	"	4.0

En seguida a cada matraz de 100 ml., se agregan 50 ml. de solución de Acetato de Amonio 2 N a cada uno y se afora a 100 ml. con agua destilada.

De esta manera se obtienen las 2 gráficas, para determinar el sodio.

CALCULOS:

$$\text{Na. (en meq/l.)} = \frac{(\text{meq/l. de la Gráfica})(50 \text{ ml.})}{\text{ml. de Alícuota}}$$

En este caso, se utilizó la gráfica para concentraciones bajas de sodio, debido al bajo contenido de éste elemento en las tierras estudiadas.

EJEMPLO:

Lectura obtenida en el espectroflamómetro = 24

meq/l. de la gráfica = 0.12 meq/l. de Na .

ml. del extracto de suelo = 2 ml.

$$\text{Na (meq/l)} = \frac{(0.12)(50 \text{ ml})}{2} = 3.0 \text{ meq/l.}$$

TEXTURA.

La textura es la proporción relativa de los diferentes grupos dimensionales o fracciones.

En todo estudio sobre las propiedades físicas de un suelo, debe determinarse la textura, ya que ésta influye en la velocidad y magnitud de muchas reacciones físicas y químicas que en él se efectúan.

El tamaño de las partículas, se refiere únicamente a la porción inorgánica o la insoluble en agua.

Para hacer este análisis, a los componentes del suelo: arena, limo y arcilla, se les ha determinado su diámetro y se han clasificado de acuerdo a su tamaño:

<u>Fracción</u>	<u>Diámetro en mm.</u>
Arena	2.0 a 0.05
Limo	0.05 a 0.002
Arcilla	menos de 0.005

En este trabajo se hizo la determinación según el método del hidrómetro de Bouyoucos, que está basado en la Ley de Stokes: que relaciona las densidades del líquido y las partículas con su radio, velocidad de caída de éstas y el tiempo transcurrido, de la siguiente manera: la densidad de una suspensión acuosa de partículas finas de suelo, varía directamente con la cantidad de partículas en suspensión, mismas que van disminuyendo a medida que se sedimentan, según sea su diámetro y el tiempo transcurrido, luego

Si se hacen lecturas sucesivas a intervalos de tiempo definidos, se obtendrán la cantidad y diámetro de las partículas en suspensión en ese tiempo; pudiendo así, determinar la composición granulométrica de la tierra ensayada. (Bouyoucos, G.J. 1928).

MATERIAL Y EQUIPO

Aparato dispersador "Hamilton Beach" modelo 20

Hidrómetro Bouyoucos. Escala 0 60 g/l.

Cilindros de Sedimentación con 2 aforos 1130 y 1205 ml

Cronómetro con aproximación de 1/10 de seg.

Termómetro. Escala 0-60° C.

REACTIVOS:

Solución defloculante:

Se pesan 54.8 gr. de hexametáfosfato de sodio y 12.2 gr. de Na_2CO_3 . Se disuelven en agua destilada y se completan a un volumen de un litro.

Alcohol Amílico.

PROCEDIMIENTO:

- 1) Se pesan 50 gr. de suelo de textura fina o 100 gr de suelo para las arenas y se colocan en la cámara de dispersión, añadiendo agua hasta 5 o 6 cm. abajo del borde.
- 2) Enseguida se le añaden 35 ml. de solución defloculante ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{19}$ y Na_2CO_3) y se conecta la copa al motor se deja dispersar durante 5 min. para arenas y

15 para los demás suelos.

- 3) Se pasa el contenido de la copa de dispersión al cilindro de sedimentación y con el hidrómetro dentro se completa con agua destilada a 1130 ml., se saca el hidrómetro, se tapa la boca del cilindro y se agita vigorosamente varias veces hacia arriba y abajo, se coloca rápidamente en posición vertical y se empieza a contar el tiempo con el cronómetro, a los 15 o 20 seg. se sumerge lentamente el hidrómetro y a los 40 seg. se hace la primera lectura en el menisco superior.

Si al efectuar la lectura hay mucha espuma debido a la materia orgánica, se añaden unas gotas de alcohol amfílico, antes de hacer la lectura; se anota la lectura, así como la temperatura y la hora en que se efectuaron, se saca suavemente el hidrómetro y se limpia para la segunda lectura.

La segunda lectura se toma al finalizar las 2 horas que se cuentan a partir del instante en que se puso a sedimentar la suspensión, y sin agitar la muestra, se anota esta lectura y se toma la temperatura.

Se corrigen las lecturas del hidrómetro mediante la tabla de temperaturas, agregando 0.36 por cada °C arriba de 20° y sustrayendo la misma cifra por cada grado centígrado abajo de 20° C. puesto que el hidrómetro se encuentra calibrado a esta temperatura.

CALCULOS:

La primera lectura corregida, se multiplica por dos, para obtener los resultados en por ciento y se resta de 100, obteniéndose el porcentaje de arenas.

La segunda lectura corregida por temperatura, se multiplica también por dos y se resta de la primera, obteniéndose el porcentaje de limo.

Si la segunda lectura corregida, se multiplica por dos, corresponde directamente al porcentaje de arcilla total.

La clasificación textual, se obtiene del diagrama triangular de textura, en donde se interceptan dos líneas de proyección.

El punto correspondiente al porcentaje de arenas se proyecta en línea paralela al lado del limo; el punto correspondiente al porcentaje arcilla, se proyecta en línea paralela al lado arena.

La suma de los porcentajes de los 3 separados, debe ser igual a 100, puesto que se parte de esa cifra para los cálculos.

EJEMPLO:

1a. Lectura	36.00	temperatura 25°c.
corrección	<u>1.80</u>	
	37.80	

$$37.80 \times 2 = 75.60$$

$$\% \text{ de Arenas} = 100 - 75.60 = 24.40 \%$$

2a. Lectura 36.00 temperatura 27°C

$$\text{corrección} \quad \frac{2.52}{18.52}$$

$$\% \text{ de Arcillas} = 18.52 \times 2 = 37.04 \%$$

$$\% \text{ de Limo} = 75.60 - 37.04 = 38.56 \%$$

Clasificación: Migajón arcilloso.

Tipo : medio.

Corrección por temperaturas a las lecturas
del hidrómetro calibrado a 20° C.

TABLA NO 4

Temperatura en 0° C.	corrección	Temperatura en 0° C.
20.0	- - - - -	20.0
19.5	0.18	20.5
19.0	0.36	21.0
18.5	0.54	21.5
18.0	0.72	22.0
17.5	0.90	22.5
17.0	1.08	23.0
16.5	1.26	23.5
16.0	1.44	24.0
15.5	1.62	24.5
15.0	1.80	25.0
14.5	1.98	25.5
14.0	2.15	26.0
13.5	2.34	26.5
13.0	2.52	27.0
12.5	2.70	27.5
12.0	2.88	28.0
11.5	3.06	28.5
11.0	3.24	29.0
10.5	3.42	29.5
10.0	3.60	30.0

LECTURAS:

- menores de 20° C. se resta la corrección.
- + mayores de 20° C. se suma la corrección.

NITROGENO TOTAL:

Para esta determinación no se siguió ningún método en particular, sino que se obtuvo a partir de los datos para la determinación de materia orgánica, ya que como es sabido en todos los suelos Agrícolas, la relación existente entre la materia orgánica y el nitrógeno total es de 20:1, condición que fué aprovechada para la determinación indirecta del nutriente en esta forma:

CALCULOS:

$$\% N_{total} = \frac{\% M.O.}{20}$$

EJEMPLO:

Materia Orgánica = 2.68 %

$$\% N_{total} = \frac{2.68}{20} = 0.134 \%$$

El método para la obtención de Materia Orgánica, verlo en la parte II.

FOSFORO

Debido a la gran cantidad de factores que intervienen en el aprovechamiento del fósforo por las plantas, cualquier determinación de este elemento, deberá calibrarse en forma individual para suelos diferentes. Ya que en los suelos (que generalmente contienen fosfatos de calcio) los extractivos ácidos no darán buenos resultados y tampoco en suelos ácidos a los que se les ha incorporado roca forfórica.

De acuerdo con estas consideraciones y con el fin de extraer la cantidad de fósforo más cercana a la fácilmente aprovechable por las plantas, en suelos de naturaleza ácida, se emplea una solución ácida para extraer el fósforo del suelo, siguiendo la técnica de Trougg (1930); mientras que en suelos alcalinos, se verifica la extracción con NaHCO_3 , siguiendo la técnica de Olsen (1954).

DETERMINACION DE FOSFORO EN SUELOS ACIDOS.

METODO TROUGG (1930)

MATERIAL Y EQUIPO:

Fotocolorímetro klett. Summerson Mod. 900 - 3

Filtro rojo (600 m μ)

Probetas graduadas de 50 ml.

Matraces Erlenmeyer de 100 ml.

Vasos de precipitados de 100 ml.

Embudos de vidrio.

Papel filtro whatman No. 2

REACTIVOS:

- 1).- Solución extractiva.- Diluir 40 ml. de H_2SO_4 1-N estandarizado a un volumen de 2 litros con agua destilada, agregar 6 gr. de $(NH_4)_2 SO_4$ y mezclar bien el contenido, hasta su completa disolución.
- 2).- Carbón activado Dargo G-60.
- 3).- Indicador 2-6 dinitrofenol al 0.25 % en agua -- (puede substituirse con 2-4 dinitrofenol).
- 4).- Acido Sulfúrico 2 N.- Diluir 55 ml. de H_2SO_4 -- concentrado a un litro.
- 5).- Carbonato de Sodio 4 N.- Disolver 212 g. de $Na_2 CO_3$ en agua destilada y aforar a un litro.
- 6).- Solución de ácido sulfomolibdico.- Disolver 25-gr. de $(NH_4)_6 Mo_7 O_{24} \cdot 4 H_2O$ en 200 ml. de agua destilada, calentar a $60^\circ C$ y filtrar si es necesario. Aparte se disuelven 275 ml. de H_2SO_4 -- concentrado, libre de arsénico y fósforo, en -- 525 ml. de agua después de que las soluciones -- se han enfriado, agregar lentamente y agitando, la solución de molibdato a la solución de H_2SO_4 y aforar a un litro, cuando ésta ha enfriado.

- 7).- Cloruro estannoso.- Disolver 25 gr. de $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en 100 ml. de HCL concentrado y se diluye a un litro; preparar esta solución antes de efectuar la determinación y conservarla en botelle ámber.

PROCEDIMIENTO:

- 1).- Pesar 0.5 gr. de suelo secado al aire y tamizado por malla de 2 mm. de abertura y colocarlos en un erlenmeyer de 100 ml.
- 2).- Agregar 0.25 gr. de carbón activado Dargo G-60 -- (se emplea para decolorar el extracto), y agregar con probeta, 50 ml. de solución extractiva.
- 3).- Agitar mecánicamente durante 30 minutos, (durante este tiempo se considera que se verifica la extracción del fósforo.
- 4).- Filtrar a través de papel Whatman No. 2, recibiendo el filtrado (completamente claro) en un erlenmeyer de 50 ml.
- 5).- Medir con pipeta 15 ml. de extracto y colocarlos en un matraz volumétrico de 50 ml. y agregar 3 gotas de indicador 2-6 dinitrofenol al 0.25 %, si la solución se vuelve amarilla (debido a un pH mayor de 3), se le agrega ácido sulfúrico 2 N, gota a gota para bajar el pH y desaparecer el color.
- 6).- Si al agregar el indicador se obtiene una solución incolora, debido a un pH menor de 3 de agre-

ga carbonato de sodio 4N, gota a gota hasta que aparezca el color amarillo, enseguida se hace la operación anterior hasta que desaparezca el mismo. Esta regulación de la acidez, se efectúa con objeto de ajustar el pH al valor óptimo donde la reacción tiene mayor sensibilidad y que es alrededor de 3.

7).- Agregar enseguida 2 ml. de solución de ácido sulfomolibdico y aforar con agua destilada el volúmetro de 50 ml.

8).- Añadir 3 gotas (0.15 ml.) de cloruro estanoso y mezclar vigorosamente, luego leer en el fotocolorímetro a los 7 minutos, ya que la intensidad -- del color se desarrolla en 4 o 3 minutos y empieza a decrecer a los 10 o 12 minutos, se utiliza el filtro rojo de 600 mμ.

Correr un testigo en blanco, sin suelo, sometiendo al mismo tratamiento descrito y ajustar con éste a 0 de absorvancia o 100 % de transmitancia.

Gráfica para determinación de fósforo en suelos ácidos. Método trougg.

a) Solución estándar de fósforo de 50 ppm.- Disolver 0.2195 gr. de KH_2PO_4 en 400 ml. de agua destilada y aforar a un litro.

b) Solución estándar de fósforo de 2 ppm.—Se toman 4-ml. de la solución anterior y se aforan con agua - destilada a 100 ml.

De la solución estándar de fósforo que contiene -- 2 ppm, se toman alícuotas de : 0.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 y-12.5, como se indica a continuación:

ml. de Solución estándar de fósforo de 2 ppm.	Concentración obtenida al - diluir a 50ml.	Lecturas
0.0	0.0	0.0
2.5	0.1	66.0
5.0	0.2	136.0
7.5	0.3	206.0
10.0	0.4	275.0
12.5	0.5	342.0

Se colocan las alícuotas indicadas en un volúme- trico de 50 ml. y se agregan 15 ml. de solución extractiva (en el blanco únicamente la solución extractiva), se aña- den 3 gotas de 2 - 6 di-nitrofenol al 0.25% y se procede - como se indica en el procedimiento a partir del inciso 6.

CALCULOS:

0.5 g. de suelo

fd =100 (factor de dilución parcial

50.0 ml. de solución extractiva

fd' = 3.33 (fac. dilución parcial)

15.0 ml. de Alícuota del extracto.

50.0 ml. volúmen final del aforo.

$F_d = (fd) (fd')$; factor de dilución total.

ppm. de fósforo

en el suelo = ppm de fósforo x $rd =$ ppm de fósforo x 333
en la gráfica. en la gráfica.

Lo anterior se justifica si se considera que ---
0.5 g. de muestra de suelo en 50 ml. de solución extractiva
corresponde a un factor de dilución de $50/0.5 = 100$, y
por otra parte, de los 50 ml. de solución extractiva, se
toman 15 ml. de alícuota y éstos se diluyen a un volumen
de 50 ml., en cuyo caso el factor de dilución es $50/15 =$
3.33.

El factor de dilución total será

$$= 100 \times 3.33 = 333$$

DETERMINACION DE FOSFORO EN SUELOS CALCAREOS (Olsen, et --
al. U.S.D.A. Cir. 939, 1954).

MATERIAL Y EQUIPO:

Fotocolorímetro Klett Summerson Mod. 900-3

Filtro No. 660

Probetas de 50 ml.

Matraces Erlenmeyer de 100ml.

Vasos de precipitados de 100 ml.

Embudos de vidrio.

Papel filtro whatman No. 2

Pipetas terminales de 10 ml.

Matraces volumétricos de 50 ml.

REACTIVOS:

1) Solución extractiva (Na HCO₃ 0.5 N).

Disolver 42 gr. de bicarbonato de sodio en agua -- destilada y aforar a 1 litro. Ajustar el pH de esta solución a 8.5 adicionando NaOH 0.5 N. Es recomendable agregar una capa de aceite mineral en la superficie, para evitar cambios en el pH, y sacar la solución por medio de un sifón.

2) Solución de ácido cloromolibdico.

Disolver 15 gr. de (NH₄)₆ Mo₇ O₂₄ · 4 H₂O en 300 ml de agua destilada. Se calienta la solución hasta - 50° C y se filtra si está turbio. Se deja enfriar y se añaden 410 ml. de HCL 10 N lentamente y agitando, enfriar nuevamente la solución, diluir con agua destilada a 1 litro y conservarla en botella-ambar.

3) Solución reductora de cloruro estanoso.

Disolver 25 g. de SnCl₂ · 2 H₂O en 50 ml. de HCL -- concentrado, diluir a 500 ml. con agua destilada -- recientemente hervida y conservar en un frasco ámbar bajo una capa de 10 mm. de aceite mineral, o -- bien, prepare este reactivo antes de efectuar la -- determinación.

PROCEDIMIENTO:

- 1) Colocar 2.5 gr. de suelo en un vaso de precipita-- dos y agregar 0.25 g. de carbón activado Dargo 60.

- 2) AMadir 50 ml. de solución de bicarbonato de sodio - 0.5 N y agitar mecánicamente por 30 minutos.
- 3) Filtrar a través de papel whatman No. 2 de 12 cm. - de diámetro y asegurarse de que el filtrado esté -- completamente claro.
- 4) Con pipeta tome una alícuota de 10 ml. del filtrado y colóquela en un matraz volumétrico de 50 ml.
- 5) Resbalando por las paredes del matraz, se añaden -- 10 ml. de ácido cloromolíb dico y deje reposar 3 minutos hasta que el desprendimiento de CO_2 haya cesado. Lave el cuello del matraz con agua destilada y diluya a un volumen aproximado de 40 ml.
- 6) Agregue 5 gotas (0.25 ml.) de solución reductora de cloruro estanoso y agite inmediatamente; el reduc-- tor imparte una coloración azul (reducción selectiva de ácido fosfomolíb dico) cuya intensidad está en función del contenido de fósforo en la solución, -- luego afore con agua destilada y mezcle completamente.
- 7) Después de 5 minutos, se hace la lectura en el foto colorímetro a una long. de onda de 660 mu.

OBSERVACIONES:

Si la concentración de fósforo es superior al máximo de la escala empleada, se toma una alícuota menor de 10 ml. y se completa a este volumen con solución extractiva, -- con objeto de mantener la acidez apropiada durante el desarrollo del color.

GRAFICA PARA DETERMINACION DE FOSFORO
EN SUELOS ALCALINOS. (metodo Olsen).

- 1) Solución estándar de fósforo (50 ppm).- Pesar - -
0.2195 g. de KH_2PO_4 disolverlos en agua destilada
y aforar a 1 litro.
- 2) Solución estándar de fósforo (2 ppm).- Se toman -
20 ml. de la solución anterior y se aforan a 500-
ml. con agua destilada, mezclando perfectamente.

Datos para trazar la Gráfica:

ml. de solución estándar de fós foro de 2 ppm.	concentración obtenida al - diluir la sol a 50 ml.	lecturas
0.0	0.0	0
2.5	0.1	36
5.0	0.2	76
7.5	0.3	110
10.0	0.4	147
12.5	0.5	181
15.0	0.6	216
17.5	0.7	250
20.0	0.8	290
22.5	0.9	320
25.0	1.0	355

A las alícuotas de la solución de 2 ppm. de fósforo, se les agrega 10 ml. de solución extractiva y en el blanco únicamente se colocan los 10 ml. de esta solución; luego se aplica el procedimiento descrito a partir del inciso No. 5.

CALCULOS:

2.5 g. de suelo

fd = 20 (factor de dilución parcial)

50 ml. de solución extractiva

fd' = 5 (factor de dilución parcial)

10 ml. de alícuota del extracto.

50 ml. volúmen de solución final.

Fd = factor de dilución total = (fd') (fd) = 20 x 5 = 100

ppm. de fósforo en el suelo. = ppm. de fósforo en la gráfica x Fd = ppm. de fósforo en la gráfica x 100

Lo anterior se justifica si se considera que 2.5 g. de muestra de suelo en 50 ml. de solución extractiva, corresponde a un factor de dilución de $50/2.5 = 20$.

Por otra parte, de los 50 ml. de solución extractiva, se toman 10 ml. de alícuota y éstos se diluyen a un volúmen de 50 ml.; en cuyo caso el factor de dilución es $50/10 = 5$. El factor de dilución total será $= 20 x 5 = 100$

POTASIO:

MATERIAL Y EQUIPO:

Espectroflamómetro Beckman DU.

Vasos de precipitados de 150 ml.

Pipetas terminales de 10 ml.

Embudos tallo largo.

Papel filtro whatman No. 2

Matraces Erlenmeyer de 125 ml. y 250 ml.

Frascos polietileno de 150 ml.

REACTIVOS:

- 1) Solución extractiva de Acetato de Amonio aproximadamente 1 N.- A 600 ml. de agua destilada se le agregan 57 ml. de ácido acético glacial concentrado y después 68 ml. de NH_4OH conc. y se afora a un litro. Ajuste el pH de esta solución a 7.0 adicionando ácido o base según se requiere.
- 2) Solución de KCl equivalente a 100 ppm. de potasio. Disolver 0.191 g. de KCl en solución extractiva y aforar a un litro con la misma solución.

PROCEDIMIENTO:

Colocar 10 gr. de suelo secado al aire y pasado por el tamiz de 2 mm. en un erlenmeyer de 250 ml.

Agregar 40 ml. de solución extractiva de acetato de amonio de pH = 7.0 y agítese a intervalos regulares durante 10 minutos.

Filtrar a través de papel filtro whatman No. 2 de 12.5 -- cm. de diámetro y recoger el filtrado en un erlenmeyer de 125 ml., el líquido filtrado debe estar completamente claro, pues de lo contrario, las partículas en suspensión pueden tapar el capilar del espectrofleómetro.

Determine la concentración de potasio en el espectrofleómetro y calcule la concentración por medio de la gráfica preparada. Si se obtiene una lectura mayor de 100 en el aparato, se hace una dilución, usando siempre - solución extractiva como diluyente.

GRAFICA PARA DETERMINACION DE POTASIO:

Solución de 100 ppm. de potasio.

Solución de KCl equivalente a 100 ppm. de potasio.

Disolver 0.191 gr. de KCl en solución extractiva y--
aforar a un litro con la misma solución.

Datos para trazar la Gráfica:

ml. de solución de KCl equivalente a 100 ppm. de potasio	concentración obt. al diluir la sol a 100 ml.	lecturas
0	0	0
10	10	21
20	20	42
30	30	62
40	40	83
50	50	100

De la solución de 100 ppm. de potasio, se toman las alícuotas indicadas en la primera columna y luego se aforan a 100 ml. con solución extractiva.

Como los problemas se agregan 40 ml. de solución extractiva y las lecturas se hacen en el filtrado; el aforo a 100 ml. deberá hacerse con solución extractiva para que las soluciones tengan una viscosidad semejante a la que tienen los problemas, ya que esta viscosidad influye en la velocidad de atomización del capilar del aparato.

CALCULOS:

10 g. de suelo

$$fd = 4$$

40 ml. de solución extractiva.

determinación por flamometría.

ppm. de potasio en el suelo = lectura de potasio en la gráfica x fd = lectura de potasio gráfica x 4

EJEMPLO:

Muestra No. 207

Lectura en el aparato = 98

Lectura en la Gráfica = 96.5

ppm. de potasio = $96.5 \times 4 = 386$ p.p.m.

Kg/Ha = p.p.m. x 2

Kg/Ha de potasio = $286 \times 2 = 772$ Kg/Ha.

IV - RESULTADOS.

RESULTADOS.

Los resultados para los análisis de Laboratorio, así como los datos de campo, se encuentran en la tabla No. V.

En la Tabla no. VI. se incluyen los valores máximos, mínimos y promedios, para todas las determinaciones efectuadas en las muestras de suelo.

TABLA No. V

Relación de datos y análisis de suelos procedentes de la Granja "Los Gabrieles", correspondiente al Municipio de Soledad Diez Gutiérrez, San Luis Potosí.

TABLA No. VI

Valores: Mínimos, máximos y promedios para los resultados en el análisis de laboratorio de los suelos muestreados en la Granja Los Gabbrieles, Mpo. de Soledad D.G.

Determinación	No. de análisis.	Profundidad en cm.	Mínimo	Máximo	Promedio	Unidad
Arena	207/74	0-30	24.40			
	218/74	30-60		85.28	70.55	%
	240/74	20-70				
Limo	242/74	20-70	6.00			
	207/74	0-30		38.56	15.65	%
Arcilla	239/74	0-20	5.44			
	207/74	0-30		37.04	13.78	%
Conductividad eléctrica	242/74	20-70	0.42			mmhos /cm a 25°C.
	220/74	0-30		3.80	1.30	
pH	241/74	0-20	5.50			
Suelo:H ₂ O 1:1	238/74	0-30		8.10	7.13	
Suelo:Agua 1:2.5	241/74	0-20	5.80			
	238/74	0-30		8.30	7.28	
Suelo:Agua 1:5	241/74	0-20	5.80			
	238/74	0-30		8.50	7.38	
Suelo:Agua 1:10	241/74	0-20	6.80			
	212/74	60-110		8.50	7.39	
Suelo: CaCl ₂ 0.01M (L:2)	241/74	0-20	4.80			
	238/74	0-30		7.40	6.61	
Suelo: KCl IN(1:2.5)	241/74	0-20	4.60			
	238/74	0-30		7.10	6.21	
pH de pasta saturada	251/74	0-20	5.90			
	227/74	0-30		7.40	6.76	
pn de extrac. de suelo saturado	239/74	0.20	6.50			
	207/74				7.45	
	220/74	0-30		7.90		
Saturacion de suelo	242/74	20-70	15.51			
	207/74	0-30		51.42	23.87	%
Carbonatos totales	222/74	60-110				
	211/74	30-60	0.44		1.10	%
	207/74	0-30		1.80		
Materia orgánica	219/74	60-110	0.53			
	207/74	0.30		2.68	1.70	%
Nitrógeno Total	219/74	60-110	0.026			
	207/74	0-30		0.134	0.084	%
Sodio Soluble	241/74	0-20	1.27			
	212/74	60-110		5.87	3.46	meq. l lt
Fósforo	211/74	30-60	4.80			
	239/74	0-20		210.44	36.69	Kg/Ha
Potasio	240/74	20-70	532			
	207/74			1544	1035	Kg/Ha

^o Valor promedio calculado para todos los suelos muestreados a diferentes profundidades.

V - DISCUSION E INTERPRETACION
DE RESULTADOS.

DISCUSION E INTERPRETACION DE RESULTADOS.

pH DEL SUELO:

La propiedad química más importante de un suelo como medio destinado al cultivo de plantas, es el valor de su pH o "actividad de los iones hidrógeno".

El concepto pH de un suelo o más bien de una suspensión de suelo, sólo se puede discutir en relación con algunas propiedades de la atmósfera iónica que rodea las partículas del suelo. Consideremos una partícula de suelo cargada negativamente, rodeada de agua; la carga negativa está neutralizada por cationes, los cuales no están necesariamente unidos a las cargas negativas, parte de ellos se disocian en el medio de dispersión, por eso desde la superficie de la partícula de arcilla hacia afuera, la concentración de cationes decrece gradualmente, hasta llegar a ser muy pequeña.

Esta capa difusa de cationes se conoce con el nombre de "capa doble difusa", capa doble porque existe una carga negativa sobre la superficie de la arcilla, la cual está equilibrada por esta nube difusa de cargas positivas, midiéndose el espesor de la capa, por la distancia que hay desde la superficie hasta donde la concentración catiónica se hace inapreciable. Ejemplo: ver figuras 1 y 8.

El pH de un suelo está influido por otros dos factores:

- 1o.- Los suelos pueden contener sustancias capaces de cambiar su grado de oxidación y reducción, con la

consiguiente disminución o elevación en el pH.

2o.- La concentración de CO_2 en el aire del suelo, también influye, ya que cuanto mayor es esta concentración, más baja es el pH, este gas tiende a formar H_2CO_3 , produciendo una concentración mayor de iones H^+ .

Al expresar la reacción de la solución del suelo como pH, debe tenerse en cuenta dos cosas:

1a.- Que solo una parte del agua del suelo trabaja como -- una verdadera solución del suelo, una parte de ella -- (la higroscópica) es retenida tan fuertemente a las -- interfases sólido-líquidas que es casi inactiva. Por -- otro lado, parte del agua del suelo (la gravitante) -- se pierde ordinariamente por drenaje (Lyon, 1968); de modo que el pH se refiere a la parte del agua que se encuentra al estado líquido, pero retenida con energía suficiente como para impedir su salida por drenaje.

2a.- La solución del suelo es heterogénea en lo que se refiere a las sustancias disueltas, ya que los iones H^+ generalmente son adsorbidos por los suelos en mayor proporción que los iones OH^- , existiendo entonces una heterogeneidad análoga de modo que podemos imaginar los iones H^+ concentrados sobre las superficies coloidales disminuyendo en número a medida que nos acercamos a la parte externa de la película de agua; como el número de iones OH^- varía inversamente-

con respecto al de los iones H^+ , ésto hace que el pH --
sea mayor en las zonas exteriores de las películas.

El pH reside en el complejo coloidal del suelo, -
el cual según su naturaleza y condición, ejerce gran in---
fluencia reguladora del equilibrio, sobre la reacción de -
la solución del suelo.

El complejo coloidal del suelo, a pesar de su na-
turaleza órgano-mineral heterogénea, es una mezcla de áci-
dos insolubles con sus sales. A pesar de la relativa inso-
lubilidad de los radicales acidoides, hay una cierta diso-
ciación.

Las propiedades relativas de hidrógeno adsorbido
y de bases intercambiables de un complejo coloidal, se ex-
presan generalmente en términos de porcentaje de satura---
ción de bases, el cual varía en proporción directa con el-
pH del suelo.

Un porcentaje bajo de saturación de bases indica
acidez, mientras que un porcentaje alto de saturación, que
se aproxima a 100, indica neutralidad o alcalinidad (Lyon-
T. Lyttleton, 1958).

ACIDEZ DEL SUELO:

Acidez se define como una concentración de hidro-
geniones de la solución del suelo.

El pH es el criterio más generalizado para esta-
blecer si un suelo es ácido o alcalino. El pH en suelos --
ácidos, es comunmente de 4 a 6.5 unidades; valores más ba-

jos de 4 se obtienen cuando los ácidos libres están presentes valores arriba de 7 indican alcalinidad. El rango de valores de pH para la mayoría de los suelos, es generalmente de 5 a 7 sin embargo, el intervalo de valores que generalmente puede encontrarse en suelos, es:

<u>REACCION</u>	<u>pH</u>
Muy alcalino	8.0
Alcalino	7.4-8.0
Neutro o casi Neutro	6.6-7.3
Ligeramente ácido	6.0-6.5
Moderadamente ácido	5.0-5.9
Fuertemente ácido	5.0-5.4
Muy fuertemente ácido	4.3-4.9
Extremadamente ácido	4.3 (Lyon, 1958)

La acidez del suelo se debe parcialmente a los procesos de nutrición de las plantas y al lavado del suelo.

La acidez y alcalinidad del suelo, resultan de una deficiencia de calcio en el complejo de intercambio; la cual es compensada aumentándole la cantidad de calcio a este complejo.

Los factores experimentales que afectan al pH del suelo, el lado ácido, generalmente son:

- 1) Relación suelo/agua.
- 2) Contenido de sales en la suspensión suelo/agua o la relación suelo/agua que afecta al pH, en el sentido de producir valores más bajos de pH, entre mayor es el volumen de suelo en la mezcla. Y el efecto de la concentración de sales sobre el pH, es a través de intercambio de cationes.

La acidez del suelo es producida por la abundancia de agua, mientras que su escasez da lugar a los de naturaleza alcalina (Jenny, 1941).

Ello es debido a que el líquido disuelve las bases solubles que percolan y se pierden por drenaje; las bases -- que son desplazadas del complejo adsorbente por el H^+ y también las que son tomadas por las plantas.

Parte de dichas bases son sustituidas por las que resultan de la edificación progresiva de los minerales del suelo.

ACIDEZ ACTIVA Y POTENCIAL:

En el suelo ácido hay dos grupos de iones hidrógeno:

- 1) Los de la solución del suelo mismo.
- 2) Y aquellos adsorbidos por el complejo coloidal.

Estos grupos tienden a un equilibrio y ambos deben de tenerse en cuenta al tratar de modificar la relación entre iones H^+ y OH^- en la solución del suelo.

La concentración de iones H^+ de la solución, se denomina "acidez activa o aparente" y está expresada por el pH su principal característica es la de ser muy reducida y es la única que se manifiesta en condiciones normales.

Y la debida a los iones H retenidos en reserva, se denomina "acidez potencial o intercambiable", la cual se pone de manifiesto únicamente cuando se efectúa el intercambio iónico del H y es mayor que la acidez activa.

La diferenciación entre ambas modalidades de la a-

cidez, parece ser debida a la distancia a que se halle el ión H de la interfase coloidal y así ocurre que en la película más próxima a ella, se encuentran la mayor parte de dichos iones, mientras que un número reducido, se halla más distanciado de la interfase, debido a lo cual éstos últimos se disocian más o menos, debiéndose a ellos la acidez activa.

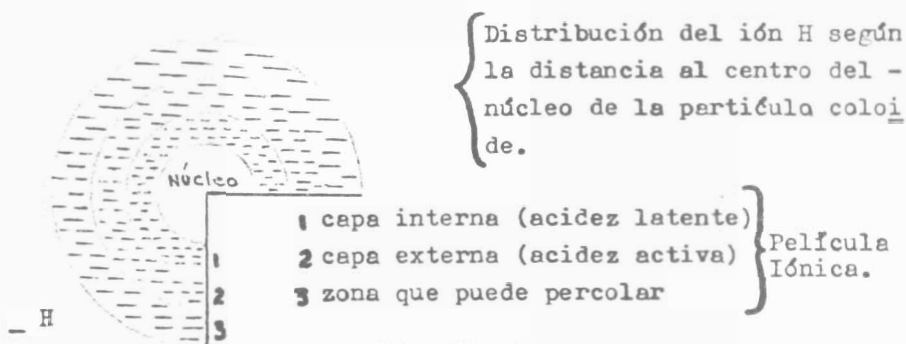


Fig. No. I

El signo $-$, que representa al ión H, aparece con gran densidad en la capa interna de la película iónica, que es la que origina la acidez intercambiable, mientras que la externa da lugar a la acidez Activa, hallándose esta última zona mucho menos poblada que la primera, como lo muestra la Fig. No. 1.

En la exterior se encuentran un reducido número de H que pueden percolar, ya que su concentración va descendiendo desde la interfase de la partícula hasta las porciones más externas de agua capilar que llega a percolar; pero como a esta disminución corresponde un incremento de OH, los cuales neutralizan la acidez producida por aquellos, por ello, las aguas de drenaje son generalmente neutras, aún procediendo de suelos notoriamente ácidos.

La distribución del ión H en capas concéntricas de distinta densidad, influye en el desarrollo de la flora microbiana del suelo, pues resulta que la acidez no es uniforme, sino que presenta una gama variadísima de grados, - desde la interfase del complejo adsorbente hasta las porciones más externas del agua que le rodea; ésto significa que las posibilidades de vivencia de diversas especies microbianas, se incrementan considerablemente.

PODER TAMPON DEL SUELO:

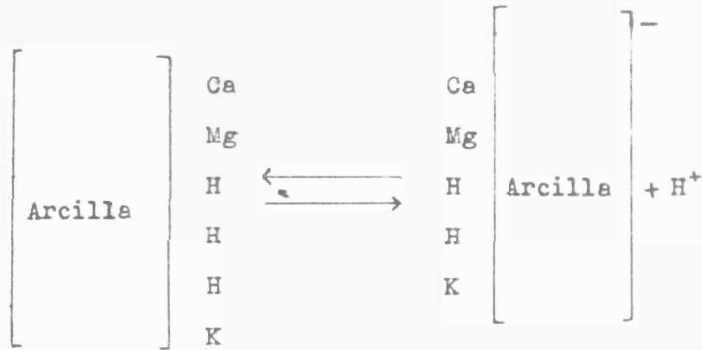
Es la propiedad que posee el suelo de resistirse a las variaciones de su pH.

Este poder regulador del suelo se basa en la capacidad del hidrógeno intercambiable y sus iones asociados de reaccionar ante la edición de bases y el ataque de ciertos ácidos, como el carbónico.

La capacidad buffer está relacionada con la cantidad y tipo de arcilla y de materia orgánica presente.

El poder regulador de los suelos, no tiene el mismo valor en todo el intervalo de valores de pH, éste varía, siendo mínimo para los valores extremos de pH y más o menos uniforme para los valores de pH = 4.6 a 6.5 aproximadamente.

El mecanismo de amortiguamiento de un suelo, es ilustrado por la siguiente expresión:



En donde el H^+ que retiene la arcilla, representa la acidez potencial y el H disociado representa la acidez activa.

A causa de la tendencia de ambos coloides del -- suelo a adsorber iones H de la solución o a dar iones H a la solución, para mantener el equilibrio anterior, el suelo tiende a resistir cambios bruscos en el pH y se dice entonces que el suelo está amortiguado.

FUNDAMENTOS QUIMICO-ELECTRICOS:

El pH del suelo es el resultado de reacciones -- químicas complejas, donde se suceden disociaciones iónicas que obrando en distintos sentidos, dan como resultado final, el pH del suelo.

Debido a que los suelos contienen diferentes elementos, cuyas reacciones son variadas y complejas, la reacción total en un momento determinado, será la resultante de la suma algebraica de aquellas.

METODOS PARA LA DETERMINACION DEL pH DEL SUELO:

El método más exacto en la determinación del pH-

del suelo es el método electrométrico.

El otro método se basa en la determinación colorimétrica del pH de un suelo, en el cual debe escogerse - un indicador que posea un valor crítico de pH tan próximo como sea posible al pH que ha de medirse. (Jackson, 1965)

De los datos contenidos en la tabla No. V, se observa que los suelos estudiados corresponden a distintos cultivos, siendo éstos: alfalfa, frijol, maíz, jitomate y chile; de tal modo que las condiciones que presentan sugieren un grado de alteración o perturbación de las condiciones naturales.

Por otra parte, se observa también en la columna correspondiente a profundidad, expresada en cm., que - las parcelas tienen suelo profundo, clasificándose éstos - como muy buenos, (Navarro, 1957) y aptos para cultivos de sistema radicular profundo, en virtud de que la profundidad del suelo, sobrepasa en algunos casos a un metro.

Los niveles altitudinales expresados en la 5a. columna, corresponden a 1800 m.s.n.m. concordando este dato con el nivel adecuado para el desarrollo de los cultivos establecidos lo que pudiera representar un factor limitante, desde el punto de vista agrícola serían las heladas que se presentaran en forma extemporánea al ciclo y también en forma ocasional los vientos fuertes.

Como es de suponer, para un desarrollo óptimo de los cultivos, se requiere necesariamente condiciones físicas del terreno, composición química adecuada e interacciones bióticas que favorezcan un medio propicio para la productividad del suelo.

Aunque el objetivo del presente estudio, está enfocado hacia los efectos que ocasionen la adición de sustancias mejoradoras, es conveniente establecer en principio, las condiciones actuales y propiedades físicas y químicas de los suelos estudiados, para poder interpretar los fenómenos que se presentan cuando se adicionen sustancias mejoradoras o lo que es -- más importante, cuando no se necesitan.

En virtud de lo anterior, se describe a continuación el valor agrícola de estos suelos, basado en los datos de laboratorio correspondientes a los análisis que se presentan en la misma tabla No. V.

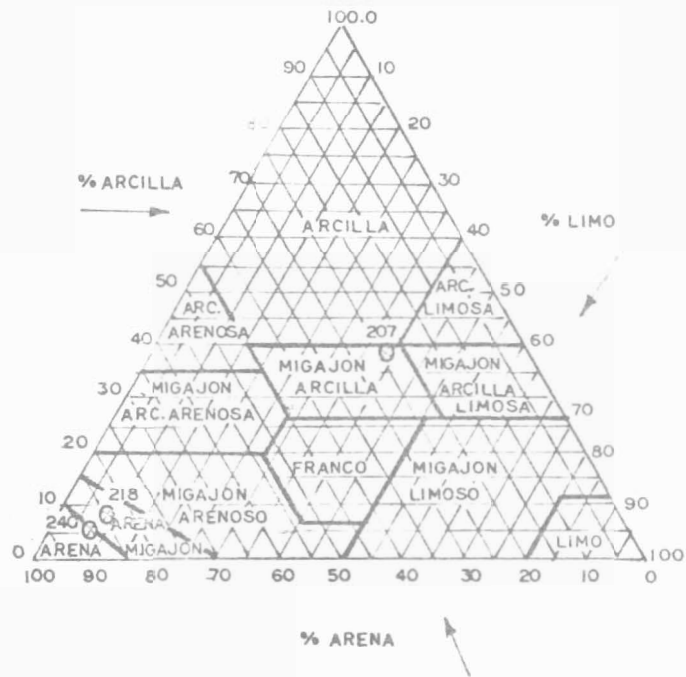
TEXTURA:

La composición mecánica del suelo, interesa desde el punto de vista de granulometría, superficie interna, retención de nutrientes y capacidad de retención de humedad; pero donde-

el punto de vista de la condición de acidez o basicidad de un terreno, el interés radica en la fase de coloides orgánicos, la cual está relacionada al poder amortiguador o condición buffer del suelo y también a la concentración de la solución del suelo dado que el efecto del ión común puede cobrar significación --- cuando hay un exceso de cationes calcio, provenientes de mejoradores o bién de rocas calizas en suelos de esta naturaleza.

Los porcentajes de fracciones de suelo (arena, limo, y arcilla), indican una situación definida para las parcelas estudiadas y esta situación se manifiesta en una uniformidad en textura, siendo ésta en su mayoría de tipo ligero, que incluye clasificaciones texturales de: arena, arena migajón y migajón arenoso, en donde es posible encontrar porcentajes hasta de --- 85.28 de Arena; las texturas de tipo medio quedan identificadas por mayores porcentajes de fracciones finas (limos y arcillas) y corresponden a texturas de migajón arcilloso, migajón arcilloso arenoso y franco, pudiendo atribuir estas variaciones a los manejos a que han sido sometidas estas parcelas, lo que ha dado por resultado mayor incorporación de materia orgánica, aumento en el contenido de arcillas y desarrollo de estructura. Es seguro que el pH de estos suelos tienda hacia el rango de la acidez puesto que los cultivos y riegos conducen (Jenny, 1941) a volver los suelos más ácidos.

La columna correspondiente a la interpretación de clasificación textural, como es sabido, corresponde al grado de facilidad o dificultad para laborear el terreno en estado húmedo; de modo que los suelos arenosos se incluyen dentro del tipo li-



⊙ NUMERO DE MUESTRA

FIG. No. 3 DONDE SE MUESTRAN UBICADOS LOS VALORES MAXIMOS CORRESPONDIENTES A LA CLASIFICACION TEXTUAL OBTENIDA DE LOS DIFERENTES SUELOS MUESTREADOS.

TRABAJO RECEPCIONAL	
ROSA ANA MUÑOZ CASTILLA	1974
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI	
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS	

gero, los suelos arcillosos dentro del tipo pesado y los francos dentro del tipo medio; porque los arenosos son fáciles de trabajar, mientras que en los arcillosos, el trabajo requerido es más pesado. La naturaleza arenosa de estos suelos queda identificada en la ubicación de las clases texturales, en el diagrama triangular de la Fig. No. 3, en donde se observa que los suelos con un máximo de 85.28 % de Arena corresponden a las clases texturales B: arena migajón y arenas; esta situación corresponde a la condición natural de los suelos en su estado inicial, es decir, cuando se encuentran poco alterados por los efectos de los cultivos y la tendencia a cambiar de textura está ubicada por la muestra 207 en la misma Fig. 3 -- que corresponde a un migajón arcilloso, lo cual se atribuye a la incorporación de materia orgánica, intensificación del intemperismo físico y químico que da por resultado el establecimiento de los cultivos.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.

Continuando con los datos de la onceava columna de la misma tabla No. V, observamos que se tienen datos para conductividad eléctrica. Este análisis se expresa en mmhos/cm. a 25°C (Richards L.A. 1962), debido a que en estas unidades y a esta temperatura, se encuentra la clasificación de la salinidad del suelo, la cual nos indica que en el rango de 0 a 2 mmhos. no hay salinidad y de 2 a 4 mmhos., los suelos son ligeramente salinos.

Las cifras presentadas, nos indican que a excepción de 3 muestras superficiales (220/74, 235/74 y 237/74), todos-

los suelos se clasifican como no salinos; esta condición concuerda con la naturaleza arenosa de estos suelos, ya que es de esperar que en donde dominan las fracciones -- gruesas, haya poca retención de sales y de humedad.

pH:

En virtud de los criterios expresados en la primera parte de esta discusión e interpretación de estos resultados y para poder definir los efectos de las sustancias mejoradoras adicionadas a los suelos, así como la necesidad de aplicación, fue necesario obtener resultados para pH en distintas formas

Se presentan lecturas de pH obtenidas en la pasta saturada de suelo, con objeto de obtener valores para pH en una interfase suelo/solución, en virtud de que la pasta de suelo saturada con agua, corresponde a un volumen de suelo en el cual las cavidades o porosidad no ocupada por sólidos, se encuentra saturada con agua; en este sentido los valores del pH leídos, corresponden a un conjunto semi-sólido, en donde las concentraciones iónicas se encuentran en equilibrio con la interfase. Como se trata de suelos de naturaleza arenosa, la menor diferencia entre los máximos y los mínimos se localizan en esta determinación, como se observa en la tabla No. VI, en donde tenemos un mínimo de 5.90 y un máximo de 7.40, cuya diferencia de 1.5 es la más baja para todos los valores obtenidos en suspensiones acuosas de suelo.

La superficie interna reducida de los suelos arenos contribuye en parte a justificar esta menor diferencia entre el máximo y el mínimo.

Con objeto de ubicar la variabilidad en las concentraciones del ión Hidronio, se leyó el pH en la pasta saturada de suelo y suspensiones acuosas, que comprenden dos estados físicos definidos: las fracciones sólidas propiamente y la fase líquida, que incluye las sales disueltas en la suspensión; por otra parte, se practicaron lecturas de pH también, en la fase líquida que corresponde al extracto de suelo saturado, en este sentido únicamente se tiene la fase líquida en donde se encuentran las sales solubles del suelo.

De los datos para pH obtenidos en el extracto de suelo saturado, se observa un rango de variación que va de un mínimo de 6.50 a un máximo de 7.90, aquí la diferencia es de 1.4 y prácticamente no tiene significación si se considera que la capacidad buffer de los suelos arenosos es mínima.

El efecto de hidrólisis del sodio del complejo coloidal (Ortiz Monasterio, 1959), no se manifiesta en los pH obtenidos en la pasta y el extracto de suelo saturado, ya -- que este efecto se manifiesta por una elevación del pH por encima de 9.5, esta situación puede atribuirse al volumen de agua relativamente reducido que da por resultado que el sodio se quede adsorbido en el complejo coloidal; esta observación la apoyen los pH obtenidos en los valores máximos, inferiores a 8.0.

Las determinaciones restantes de pH se eligieron -- desde el punto de vista de los conceptos identificados como acidez latente y acidez intercambiable, debido a lo cual hubo necesidad de utilizar suspensiones acuosas en las relacio

PH

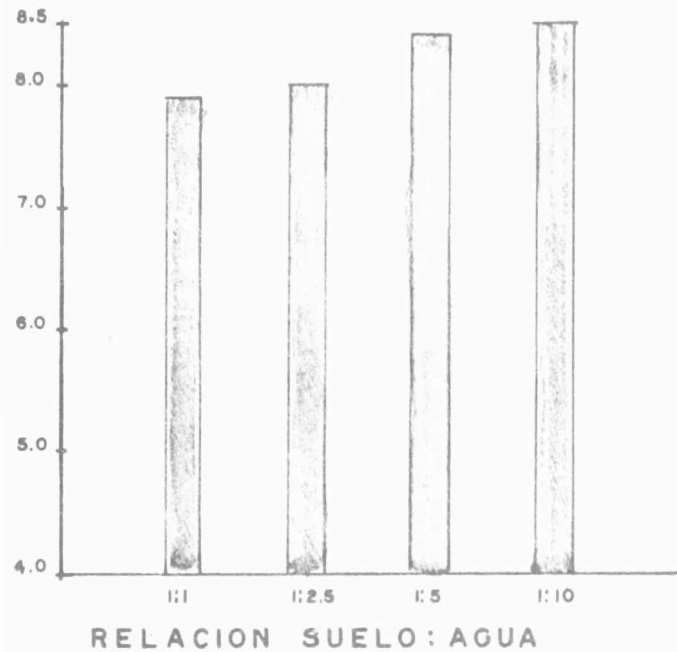


FIG. No. 7 EN DONDE SE MUESTRAN LAS VARIACIONES DE pH EN SUSPENSION ACUOSA EN FUNCION DE LA DILUCION EN LA MUESTRA No. 212 CORRESPONDIENTE A UNA PROFUNDIDAD DE 60-110 CM.

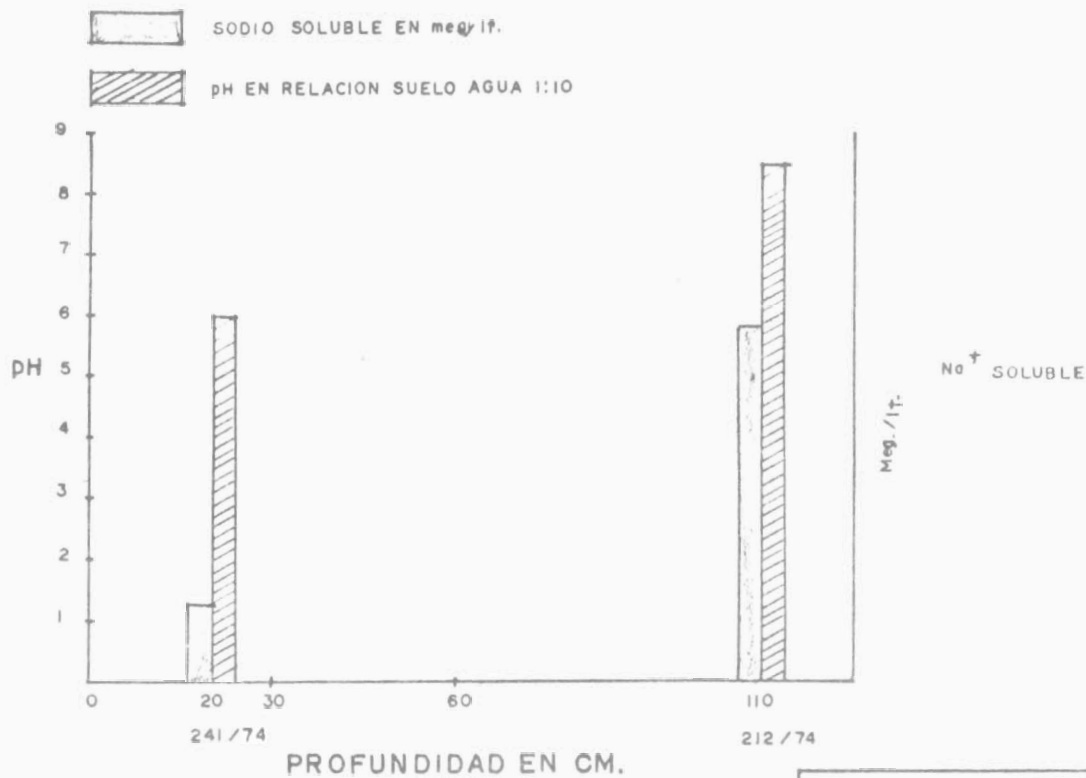


FIG.No.9 EN DONDE SE PRESENTAN LOS VALORES MAXIMOS Y MINIMOS PARA LAS LECTURAS DE SODIO SOLUBLE Y pH EN RELACION SUELO:AGUA 1:10

TRABAJO RECEPCIONAL	
ROSA ANA MUÑOZ CASTILLA.	1974
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI	
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS	

nes 1:1, 1:2.5, 1:5 y 1:10 de suelo:agua (Figs. 4, 5, 6 y 7) y suelo:suspensión salina (Fig. 8).

Los criterios que indujeron a realizar estas determinaciones, están basados principalmente en identificar el efecto del sodio soluble sobre la elevación del pH, puesto que en estos suelos de naturaleza arenosa, es de esperar que a mayores diluciones, se incrementarán los valores del pH, situación que se confirma al observar la tabla de máximos, en donde tenemos valores de 8.5 para las muestras 238 que corresponde a una superficial y la 212 que corresponde a una profundidad de 60-110 cm., como se observa en la Fig. No. 7, estos valores se ubican en las diluciones 1:5 y 1:10 respectivamente, que son las mayores diluciones que se verificaron

En la misma muestra no. 212, se observa una correspondencia del valor alto de pH con el valor alto de sodio soluble, correspondiendo ambos valores a los máximos; esta situación se justifica si consideramos que el horizonte es el más profundo (60-110 cm) y el gdo. de alteración es mínimo como se observa en la Fig. No. 9, por lo que los efectos hidrolíticos del sodio coinciden con el mayor volumen de dilución 1:10.

En lo que se refiere a la muestra No. 238, en donde se tiene también un máximo de 8.50, se observa que el valor del sodio es relativamente bajo de 2.0 meq/lt., pero esta observación se justifica si se considera que es un suelo superficial, el cual está sujeto a las modificaciones físico químicas y bióticas de los cultivos y manejos, lo que da por

resultado que el mayor valor de pH se presente no a una dilución de 1:10, sino a una dilución 1:5, porque la cantidad de sodio es relativamente baja.

Se observa una constancia en los pH obtenidos en suspensión acuosa 1:1, 1:2.5 y 1:5 y esta constancia queda definida por encontrarse los mayores valores de pH para las mayores diluciones, a excepción de la muestra No. 242 que no sigue esta constancia; esta observación está de acuerdo con los fenómenos de disociación, ya que de acuerdo a una mayor dilución habrá un mayor grado de disociación de los electrolitos fuertes.

En cambio, los valores de pH obtenidos en suspensión acuosa relación 1:10, muestran en términos generales, cifras mayores y las discordancias que se presentan en forma de cifras menores, se deben esencialmente al contenido de arcillas, proporción de materia orgánica y en parte a la presencia de carbonatos totales.

Una vez discutidas las variaciones de pH en relación a las suspensiones acuosas, extracto de suelo saturado y pasta saturada de suelo, se presenta una interpretación de los datos que corresponden a los pH leídos en relación suelo : solución salina 1:2 y 1:2.5 respectivamente, empleando CaCl_2 0.01 M y KCl 1 N.

Un examen comparativo de estos datos nos confirma que necesariamente todos estos son menores a los pH leídos en suspensión acuosa y esto se debe a que las cifras correspondientes a la acidez latente intercambiable, debido a que-

el catión proveniente de la suspensión salina, substituye al hidrógeno en el complejo de intercambio, dando por resultado un desplazamiento de éste hacia la solución y en consecuencia ésta tendrá mayor concentración de iones hidrógeno desplazados, que ocasionarán un descenso en el valor del pH; de esta manera se interpreta esta situación observada:



A y B = Cationes intercambiables.

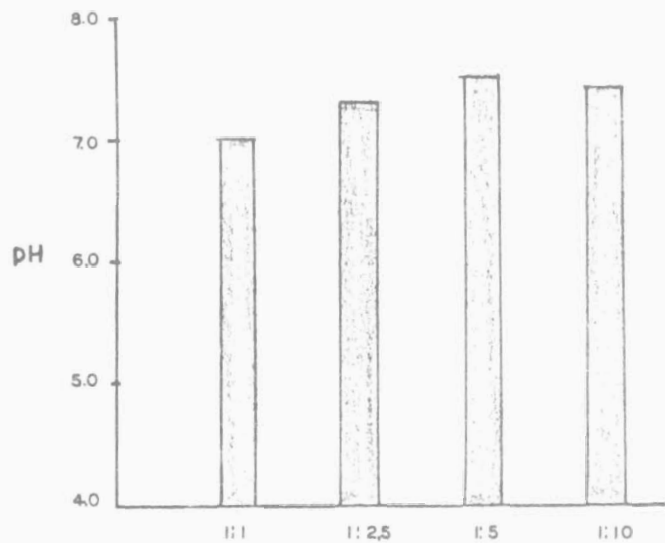
R = Radical cualquiera

$\boxed{\phantom{\text{Arcilla}}}$ = Complejo de intercambio.

Al comparar los pH correspondientes a la suspensión con CaCl_2 en relación a los obtenidos en suspensión con KCl, se establece que todos los valores de CaCl_2 son mayores que los de KCl, debido al menor grado de substitución que tiene el calcio, por poseer mayor valencia y menor radio iónico que el potasio, 1.02 Å y 1.33 Å respectivamente.

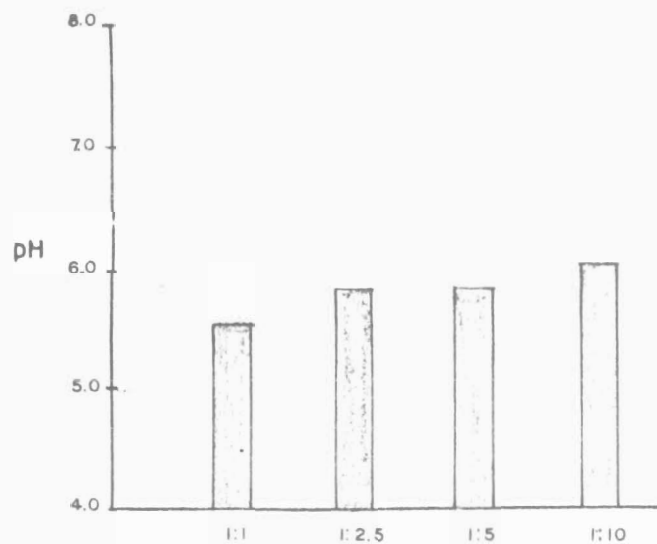
En virtud de lo anterior, es seguro que este tipo de suelos con valores entre 7.15 y 7.39, no requieren adición de sustancias mejoradores básicas, debido a que este rango se clasifica como suelos adecuados para el establecimiento de la mayor parte de los cultivos.

Por otra parte, las variaciones obtenidas en esos mismos valores, nos conducen a la conclusión de que estos suelos tienen una alta capacidad buffer y más que una adición de sustancias mejoradoras, habría que pensar en la a-



RELACION SUELO:AGUA

FIG. No 4 EN DONDE SE MUESTRAN LAS VARIACIONES DE pH EN SUSPENSION ACUOSA EN FUNCION DE LA DILUCION EN LA MUESTRA 207 DE SUELO.



RELACION SUELO:AGUA

FIG.No.5 EN DONDE SE MUESTRAN LAS VARIACIONES DE pH EN SUSPENSION ACUOSA EN FUNCION DE LA DILUCION EN LA MUESTRA 241 DE SUELO.

plicación de fertilizantes de residuos ácidos, con objeto de no elevar el pH por efecto residual.

Pudiera pensarse en la aplicación de sustancias - mejoradoras acidificantes, pero como es sabido, éstas se recomiendan cuando los pH estén abajo de 6.5, situación que no se presenta en las parcelas estudiadas.

Se presentan histogramas ilustrativos para las variaciones de los pH, en las figuras siguientes:

Fig. No. 4. Corresponde a una muestra de suelo obtenida a una profundidad de 0-30 cm. y el incremento del pH en función de la dilución, queda definida hasta la relación Suelo:Agua 1:5 y en la relación 1:10 se observa un ligero -- descenso de 7.50 a 7.40, lo que puede atribuirse a la proporción de arcilla y al contenido de materia orgánica que es mayor y - se eligió para representarlo gráficamente, - porque reúne la condición de los suelos superficiales con pH por encima de 7.

Fig. No. 5. Corresponde al suelo obtenido a una profundidad de 0-20 cm. (muestra 241/74) y los valores para pH son menores de 7; el efecto del incremento del pH en función de la dilución, se define en forma alternada, correspondiendo los mayores valores a las diluciones 1:2.5 y 1:10, aquí la poca cantidad de arcilla que contiene este suelo (9.44 %) disminuye noto-

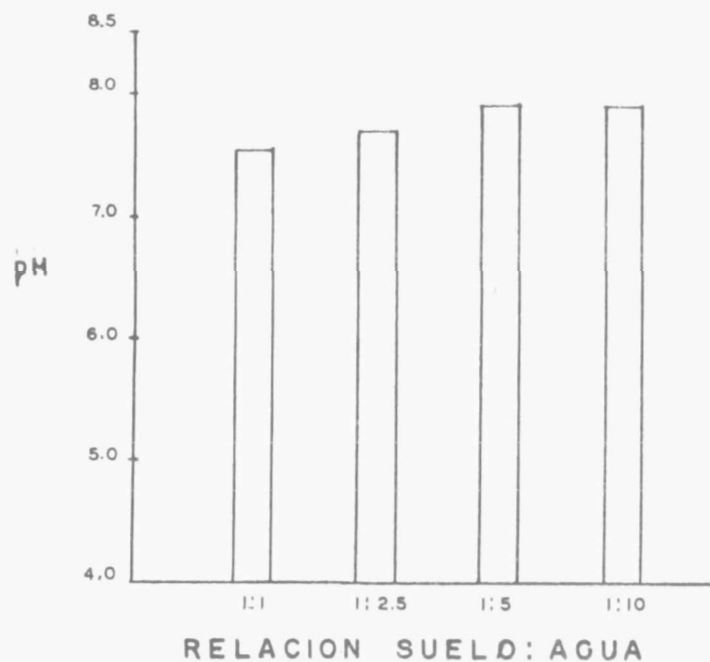


FIG. No.6 EN DONDE SE MUESTRAN LAS VARIACIONES DE pH EN SUSPENSION ACUOSA EN FUNCION DE LA DILUCION EN LA MUESTRA No.211 CORRESPONDIENTE AL SUBSUELO.

□ pH LEIDO CON CaCl_2 .
□ pH LEIDO CON KCl .

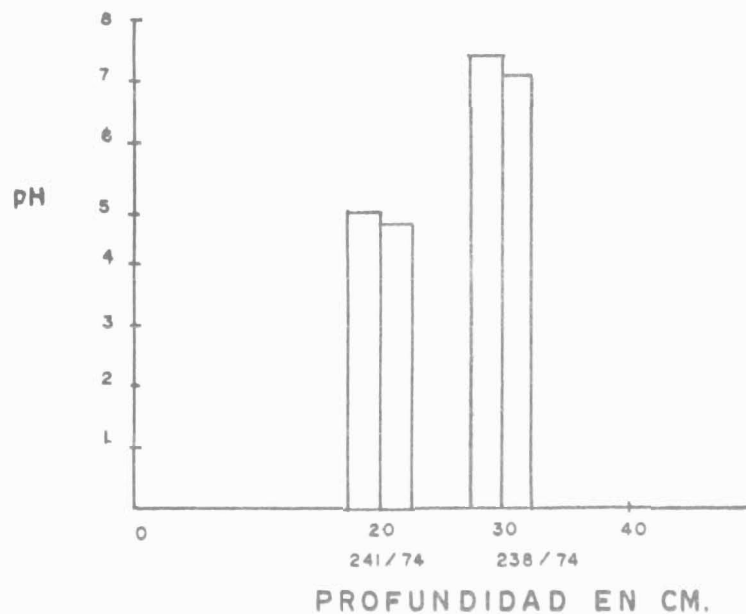


FIG. No. 8 EN DONDE SE PRESENTAN LOS VALORES MAXIMOS Y MINIMOS PARA LECTURAS DE pH OBTENIDAS EN SOLUCION CON CaCl_2 Y KCl .

riamente la capacidad de intercambio de hidrógeno, así como la baja proporción de agua para saturar el suelo que alcanza un valor de 18.62 %.

Fig. No. 6. Corresponde a las variaciones de pH que se obtuvieron de una muestra de subsuelo a una profundidad de 30-60 cm. (muestra No. 211/74), aquí el incremento de la dilución está de acuerdo con los mayores valores para pH, coincidiendo las cifras para esa determinación en las diluciones 1:5 y 1:10 y esto puede interpretarse como un menor grado de perturbación en las condiciones del subsuelo.

Fig. No. 7. Representa en forma definida el fenómeno de incremento de pH en función de la dilución-situación que queda justificada si se considera que esta muestra corresponde a una mayor profundidad de 60-110 cm. y en consecuencia se encuentre menos alterada.

Una vez presentados los histogramas trazados para variaciones de pH obtenidos en suspensión acuosa, se incluyen histogramas para los valores obtenidos con suspensión salina de suelo, como observamos a continuación:

Fig. No. 8. Se presentan datos de pH para las muestras (241/74 y 238/74) correspondiendo a profun-

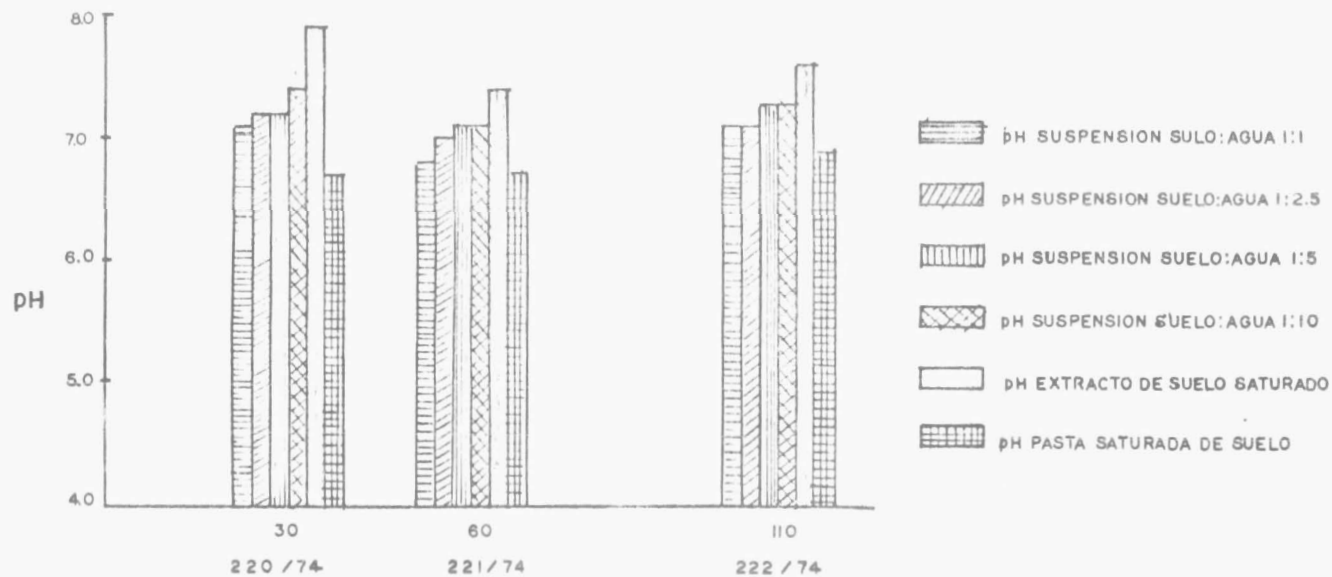


FIG. No. 10 EN DONDE SE MUESTRAN LAS VARIACIONES DE pH EN DIFERENTES RELACIONES ACUOSAS TOMADAS DE DISTINTAS MUESTRAS Y PROFUNDIDADES CULTIVADAS CON JITOMATE Y FRIJOL.

TRABAJO RECEPCIONAL	
ROSA ANA MUÑOZ CASTILLA	1974
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI	
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS	

tidades de 0-20 cm. y 0-30 cm. respectivamente, y los valores graficados indican los máximos y mínimos para pH obtenidos con CaCl_2 y KCl; el efecto de doble capa difusa se manifiesta en forma de una constancia, en el sentido de que los pH con CaCl_2 son mayores que los correspondientes a KCl.

Fig. No. 9. Observamos que tenemos dos ejes verticales, uno que corresponde al pH y el otro que indica la concentración de sodio soluble en meq/lt., en el eje horizontal se localizan las muestras 241/74 y 212/74, que corresponden a los valores máximos y mínimos de sodio soluble y pH en relación Suelo:Agua 1:10; un hecho de significación lo constituye que los valores obtenidos, correspondan a la misma muestra, lo que define los fenómenos hidrolíticos del sodio soluble y el sodio en el complejo coloidal.

Fig. No. 10 Representa el rango de variabilidad entre las seis formas en que se obtuvo el pH en suspensión acuosa de suelo, así como en la pasta saturada. La constancia observada, se manifiesta como sigue: los menores valores corresponden a la determinación con menor volumen de agua, es decir, a la pasta saturada

de suelo; y los mayores para la fase líquida del equilibrio Suelo/Solución, que corresponde al pH del extracto de suelo saturado. La variabilidad en las cifras restantes se identifica como un aumento de pH conforme se aumenta la relación Suelo:Agua.

Una vez discutidas las determinaciones de pH que -- constituyen los análisis primordiales en este estudio, se continúan con las determinaciones de tipo complementario que nos sirven para interpretar y conocer mejor, los fenómenos relacionados al grado de acidez y basicidad del suelo.

EL PORCIENTO DE SATURACION DE SUELO, éste equivale al volúmen de agua que se adiciona a una masa de suelo para saturar todos los poros del mismo, de tal modo que no existan espacios vacíos; interesa para el estudio del pH porque este criterio se determina e interpreta no en una masa de suelo seco, sino en una interfase Suelo/Agua o sistema en equilibrio de Suelo/Solución; en este sentido el volúmen de agua para saturar un suelo, prácticamente se considera como constante, porque la porosidad es una propiedad física y también constante del suelo.

Las interrelaciones entre la saturación del suelo, -- están enfocadas hacia los contenidos de materiales arcillosos materia orgánica y profundidad a que se tome la muestra; de modo que en términos generales, los mayores porcentajes de saturación corresponden a los mayores contenidos de arcillas y limos; ésto es de esperarse, debido a que entre las arcillas-

existen tipos que absorben agua y se expanden, contribuyendo estas propiedades a retener mejor la humedad.

Una propiedad que contribuye a elevar el valor agrícola de estos suelos de naturaleza arenosa, es la incorporación de Materia Orgánica, consecuencia de los cultivos, lo cual favorece en parte, al aumentar la baja retención de humedad y de nutrientes, característica de los suelos arenosos; el hecho de que el máximo de saturación con 51.42 % correspondiera al máximo de arcilla 37.04 %, confirma esta observación.

CARBONATOS TOTALES:

Como estos suelos son de naturaleza aluvial, es decir, que corresponden a llanuras que incluyen varias fases de acarreo de materiales, fué conveniente cuantear la proporción de carbonatos totales, expresados en equivalentes de CaCO_3 ; - en este sentido los datos de la Tabla No. V, indican proporciones muy bajas de este compuesto, ya que el mínimo es de 0.44 y el máximo de 1.80.

Desde este punto de vista, el interés de esta determinación, enfocada al objetivo de estudio que es el pH, queda establecido por la relación que existe (Richards L.A, 1954) - entre el pH y la concentración de calcio de la solución; de modo que para pH bajos, generalmente la concentración de calcio, es también baja.

Las cifras bajas para carbonato de calcio, indican que la naturaleza de rocas sedimentarias en el complejo aluvial de estos suelos, tiene poca significación o que está de-

acuerdo con el tipo arenoso de estos suelos, donde deminan cuarzo y feldspato, que son constituyentes de las rocas ígneas.

MATERIA ORGANICA:

Indica interpretaciones generales de medio a pobre, ésto indica que los suelos por su naturaleza arenosa, tienen proporción reducida de materia orgánica, aunque los cultivos tienden al aumento de esta fracción en el suelo. Este fenómeno lo confirma el hecho que los horizontes clasificados como muy pobres en materia orgánica, corresponden a los más profundos del perfil del suelo; como se mencionó, el humus que se haya incorporado con el establecimiento de los cultivos, contribuye a aumentar la capacidad buffer del suelo y a solubilizar la mayor parte de los nutrientes.

SODIO SOLUBLE:

En lo que respecta al cuanteo de sodio soluble en estos suelos, es conveniente remarcar la unidad en que éste se expresa y observando la columna tenemos meq/lt. de extracto de suelo. Las razones para expresar esta concentración, son las siguientes:

- a) El sodio que contribuye a elevar el pH es aquel que se encuentra en la solución de suelo, la cual propiamente la constituye el extracto mismo; por lo cual la concentración quedará en meq/lt. de extracto de suelo.

El sodio adsorbido al complejo de intercambio, el sodio coprecitado y el sodio ocluido, no tienen mucha significación.

- b) La razón de expresarlo en meq. está basada en el hecho-

que los intercambios iónicos, más las paredes celulares de los organismos y las reacciones de sustitución en los suelos arcillosos, se realizan en submúltiplos del peso equivalente y como ésta es una unidad muy grande para las cantidades que intervienen en los organismos, se emplea la milésima parte de un equivalente químico que se identifica como miliequivalente; como se indicó anteriormente, el hecho de los fenómenos hidrolíticos del sodio soluble con el sodio intercambiable, quedan bien definidos, de modo que en una misma muestra, se localizaron el máximo para pH y el máximo para sodio (muestra 212/74) igual situación - se encontró para los valores mínimos de estas determinaciones (Fig. 9).

Como el objetivo de este estudio está encauzado hacia las necesidades de mejoradores y variaciones en el pH del suelo, se incluyen resultados para elementos nutrientes mayores, que corresponden a nitrógeno, fósforo y potasio, esto -- con objeto de cuantificar los niveles de estos elementos para correlacionarlos con la solubilidad a los valores de pH encontrados.

NITROGENO TOTAL:

De las cifras para nitrógeno total, se encuentra una correspondencia con las proporciones de materia orgánica, esta situación se confirma si se considera que el dato para nitrógeno total, proviene de la determinación de materia orgánica y está aceptado (Jackson, 1964) que para fines de evalua

ción agroeconómica, es factible obtener el nitrógeno en esta forma:

En términos generales se observan deficiencias de nitrógeno, lo que está de acuerdo con la naturaleza arenosa de estos suelos y la proporción tendiendo a baja de materia orgánica.

FOSFORO:

De las proporciones de fósforo reportadas en la misma tabla No. V, a excepción de las muestras 215/74, 239/74 y 241/74, en donde figuran cifras de 173.16, 210.44 y 154.50 -- Kg/Ha., respectivamente, en el resto de muestras, las cantidades de fósforo no sobrepasa a 40 Kg/Ha, esto sugiere que en los 3 sitios mencionados se hayan aplicado fertilizantes fosfóricos a lo que se atribuyen cifras tan grandes.

Comparando los valores de pH en estos suelos, se observa que se tienen valores relativamente bajos entre 5.80 y 6.50, donde es un rango en el cual el fósforo es muy soluble, (Trouw).

Puede establecerse en términos generales, que estos suelos tienen proporciones de "moderadas" a "ricas" de este nutriente y que el pH no es factor limitante para la asimilación del mismo por las plantas.

POTASIO:

Finalmente las cifras de potasio, nos indican que estos suelos se encuentran bien abastecidos de este nutriente; esto se confirma al relacionar los resultados con el me--

dio en que se encuentran, pues siendo suelos de zonas semiáridas, las proporciones de potasio deben ser altas, ya que el agua de lluvia, no es suficiente para remover este nutriente del suelo.

VI - CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES.

De la discusión e interpretación anterior, se llegan a las siguientes conclusiones:

- 1)- Que los suelos estudiados se consideran aptos para cultivos y clasificados como de primera clase, es decir, que se consideran terrenos buenos para establecer cultivos limpios sucesivos, mediante los métodos comunes de buen manejo y no requieren práctica de orden técnico.

Son terrenos de pendiente muy suave o menos fáciles de trabajar y con suelo profundo (110 cm. o más), su productividad puede ser suficiente para permitir el crecimiento de las plantas, protegiéndolas del viento y están expuestos, por lo tanto, a muy poca erosión, tienen además buen drenaje y por la baja proporción de arcilla, no están sujetos a inundaciones. Cuando estos terrenos se mantienen en cultivo continuo, requieren prácticas que conserven su fertilidad y mantengan su estructura, tales como: la aplicación de fertilizantes a base de nitrógeno y fósforo, abonos orgánicos (estiércol) y el establecimiento de rotaciones de cultivos propios de la región; algunos de los cuales se encuentran ya establecidos (alfalfa frijol, maíz, chile, etc.)

- 2)- Se encuentra una correspondencia entre el tipo arenoso de estos suelos con la baja proporción de materia

orgánica y los bajos porcentajes de saturación, lo que da por resultado, que más que una adición de --- sustancias mejoradoras, para variar el pH, estos -- suelos requieren de aplicaciones de estiércol o abonos orgánicos.

- 3)- La salinidad de estos suelos es prácticamente imperceptible, ya que únicamente se encontraron indicios de una ligera salinidad en 3 suelos superficiales, - pero ésto se atribuye más que a las condiciones naturales del suelo, a las aplicaciones que éstos han recibido.
- 4)- La cantidad de material sedimentario representado -- por CaCO_3 , es mínima, ya que en las arenas y fracciones gruesas, dominan el material ígneo, principalmente cuarzo y montmorillonita.
- 5)- Se encuentran deficiencias de nitrógeno y niveles moderados a ricos de fósforo y proporciones altas de - potasio.
- 6)- El pH está condicionado en gran parte a la concentración de sodio soluble en la solución de suelo, pero éste no llega a representar ningún peligro para los cultivos, desde el punto de vista agrícola.
- 7)- El pH está en función de la interfase Suelo:Solu---- ción en equilibrio, lo que da por resultado que en ▽ las condiciones actuales de estos terrenos, no se requiera la aplicación inmediata de sustancias mejoradoras para variar los rangos encontrados de pH.

- 8)- Los pH correspondientes a la acidez latente o inter cambiabile, son los más bajos y corresponden a las lecturas obtenidas con solución salina de KCl y CaCl_2 .
- 9)- De los pH correspondientes a la acidez activa o aparente que se obtuvo en suspensiones acuosas de suelo, en general el valor del pH se incrementa con la dilución en condiciones de poca alteración del terreno y éstas variaciones tienen poca significación desde el punto de vista agrícola.
- 10)- Se establece que los cultivos tienden a modificar -- considerablemente las propiedades físicas y químicas de estos suelos, aumentando la proporción de humus, mejorando la estructura con la consiguiente facilidad de penetración de las raíces y movilidad del aire y del agua, lo que influye también en la tendencia de la textura hacia los tipos medios.

VII - RESUMEN

RESUMEN

En el presente trabajo se estudiaron las variaciones del pH en algunos suelos agrícolas, correspondientes al sitio denominado "Granja Los Gabrieles", el cual se encuentra localizado al Suroeste del Municipio de Soledad Diez Gutiérrez, cuya situación corresponde a los 22° 11' 03'' de Latitud N. y 100° 56' 02'' Latitud w. de Greenwich, con una altitud de 1800 m.s.n.m. Se presenta una descripción general del área de muestreo, de la cual se obtuvo lo siguiente

Se obtuvieron para su investigación, un total de 36 muestras que forman 11 localidades de muestreo. Se efectuó una revisión bibliográfica donde se mencionan los trabajos relacionados con el tema de estudio.

Se incluyen métodos y resultados para las determinaciones analíticas de Laboratorio en: obtención de pH por método electrométrico en suspensión acuosa, relación 1:1, 1:2.5, 1:5 y 1:10, en el extracto de suelo saturado, en suspensión salina de CaCl_2 0.01 M. relación 1:2 y en KCL I N - relación 1:2.5 y en la pasta saturada de suelo.

Se presentan resultados para determinaciones complementarias en: conductividad eléctrica leída en el extracto de suelo saturado, porcentaje de saturación, carbonatos totales, sodio soluble y porcentajes de arena, limo y arcilla, contenidos para materia orgánica y nitrógeno total; se cuantearon algunos elementos nutrientes como fósforo y potasio.

VIII - BIBLIOGRAFIA.

BIBLIOGRAFIA.

ALBAREDA J. Ma. et al (1958), "Influencia del pH en el desarrollo de la planta de trigo". Anales de Edofología y fisiología Vegetal. Madrid, 319 pp.

ALBAREDA J. Ma. et al (1967), "Estudio del pH y de la acidez de cambio de las raíces a lo largo del ciclo vegetativo" Anales de Edafología y Agrobiología. Tomo XXVI. Madrid, 1100 p.p.

BONNET Juan A. (1960), "Edafología de los suelos salinos y sodicos". Puerto Rico. 337 p.p.

COMBER Norman M (1960). "An introduction to the scientific study of the soil". Edward Arnold (publishers) L T D London- 232 p.p.

CHOPPIN Gregory y Jaffe Bernard (1969). "Química, ciencia de la materia, la energía y el cambio". trad. Dominguez. Ed. Publicaciones cultural. México 724 p.p.

DUCHAUFOR Philippe (1960). "Precis De Pedologie" Ed. Masson. Paris, 438 p.p.

FISCHER Robert B. y Peter Dennis G. (1968). "Análisis Químico cuantitativo". Editorial Interamericana México. 784 p.p.

GRANDE López R. (1964). "Seminario de pH del Suelo". E.N.A.- Colegio de Post-Graduados, Chapingo, Edo. de México.

GRANDE López R. (1974). Métodos de Análisis Físicos y Químicos en suelos Agrícolas. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México, 74 p.p.

GUITIAN Ojea F. et al (1963). "Curvas pH/Grado de Saturación de Suelos". Anales de Edofología y Agrobiología. (Tomo XXII) Madrid, 75 p.p.

GUITIAN Ojea F. y Muñoz Taboadela M. (1960). "Poder de Amortiguación del Suelo". Anales de Edofología y Agrobiología. - Tomo XIX. Madrid, 379 p.p.

GROS André (1962). "Abonos, Guía Práctica de la Fertilización". Trad. Olalquiaga Soriano. Madrid, 367 p.p.

IGNATIEFF Vladimir (1952) "El uso eficaz de los Fertilizantes". Publicación de la FAO. Roma, Italia. 228 p.p.

JACKSON, M.L. (1964). "Análisis Químico de Suelos". Trad. J. Beltrán. Ed. Omega, Barcelona. 662 p.p.

JENNY, H. (1941). "Factors of soil formation". Mc. Graw hill book Co. New York, 269 p.p.

KELLER, W.D. (1962). "The principles of Chemical Weathering" Lucas Brothers, publishers, Columbia Missouri, 111 p.p.

KIRK Raymond E. y Other Donald F. (1962). "Enciclopedia de Tecnología Química". Tomo IX. Trad. Oscar J. Carrera et al.- Ed. Utaha. México, 957 p.p.

LAIRD Reggie J. y Nuñez E. Roberto (1963). "Fertilidad de -- Suelos". E.N.A. Colegio de Post-Graduados. Chapingo, Mex. -- 211 p.p.

LAGUNES Gil R. (1964). "Relación del contenido de Hierro, Co bre, Mangenese y Molibdeno en plantas con el contenido de pH del suelo. Anales de Edafología y Agrobiología. Tomo XXIII.- Madrid, 124 p.p.

LYON T. Lyttleton y Buckman Harry O. (1958), "Edafología", - Naturaleza y propiedades del suelo". El continental, México, 479 p.p.

MELA MELA Pedro (1963). "Tratado de Edafología y sus distin- tas aplicaciones". 2a. Edición Agrociencia, Zaragoza. 615 -- p.p.

MILLAR, C.E. Turk L.M. y Folth H. D. (1961) "Edafología, Fun damentos de la Ciencia del Suelo". Ed. Continental, México. - 612 p.p.

MORALES RAMOS D. (1963). "Estudio de Varios Acidificantes co bre el pH y la disponibilidad del fósforo en el suelo calcá- reo del campo Agrícola Experimental en Apódaca, Nuevo León". Memorias del 1er. Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo- México, 473 p.p.

NAVARRO, A.C. (1957) "Métodos de Análisis de Suelos Agríco- les y Aguas para riego". Ingeniería Hidráulica en México.

ORTIZ VILLANUEVA B. (1973). Edafología. Ed. Patena A.C. Chapingo, Méx. 291 pp.

ORTIZ MONASTERIO Rafael (1959). Manual Simplificado de suelos salinos y Alcalinos. Conceptos actuales sobre su estudio Guanos y Fertilizantes de México, S.A. Boletín No. 20. Año - IV. Julio-Agosto-Septiembre. México, 46 p.p.

OROZCO D.Fernando (1970). "Análisis Químico Cuantitativo". Ed. Porrúa. México, 448 pp.

RICHARDS L.A. (1954). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y Sódicos. Secretaría de Agricultura y Ganadería. -- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México, 172 pp.

RUSSELL J.E. y Russell W.E. (1959). "Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas". Ed. Aguilar. Madrid. 771 pp

ROBINSON Gilbert Wooding (1960). "Los Suelos". Trad. José - Luis Amorós. Ed. Omega. Barcelona, 515 pp.

SIN AUTOR (19...) "Edafología o ciencia de los Suelos". Instituto de Investigación de Zonas desérticas. México, 108 pp.

TISDALE Samuel and Nelson werner L. (1961). Soil Fertility - and Fertilizers. Ed. Macmillan Company. New York, 430 p.p.

VELASCO MOLINA H. (1969). "Influencia del pH y el CaCO_3 en la fijación de Fosfatos en algunos suelos del Norte de México". Memorias del IV Congreso de la Ciencia del Suelo. Tomo - I. México, 530 pp.

VILLEGAS S. M. et al (1965). "El Poder amortiguador de los -
Suelos" Memorias del II Congreso de la Ciencia del Suelo. To-
mo II. México, 449 p.p.

PARTE II

I - INTRODUCCION.

"pH EN SUELOS AGRICOLAS Y SU RELACION CON APLICACION DE SUBSTANCIAS MEJORADORAS".

LAURA MUÑOZ CASTILLA.

INTRODUCCION.

a) ANTECEDENTES:

Al discutir la composición química de los suelos se hace referencia a la composición de la capa superficial de espesor arable. Esta es la porción del suelo de la cual obtienen las plantas, generalmente, una gran cantidad de nutrientes y que el hombre modifica física y químicamente, por medio de la adición de sustancias mejoradoras, fertilizantes, abonos orgánicos, etc., así como manejos convenientes (arado, nivelación, laboreo, drenes de tipo parcelario, etc.).

Mejoradores son sustancias que se adicionan al suelo con objeto de hacer que algunos elementos como: Fe, Mn, Cu, Zn, B y Mo. que se encuentran en el suelo en forma inaprovechable, se solubilicen y pasen a ser asimilados por los vegetales. Por otra parte, los mejoradores tienen por objeto hacer más favorables algunas condiciones físicas como la estructura, permeabilidad y grado de compactación.

Existen dos tipos de mejoradores:

a') Mejoradores básicos.

Tienen por objeto elevar el pH del suelo, entre éstos se encuentran: CaCO_3 (piedra caliza), $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaO , -----

CaSiO_3 , Marga, creta, escorias, dolomita, etc.

b') Mejoradores acidificantes:

Tienen por objeto bajar el pH del suelo. Entre éstos se encuentran: $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, S (agrícola), H_2SO_4 , -- FeSO_4 , polisul, etc.

b) OBJETIVOS:

En el presente trabajo se tratará en particular sobre uno de los mejoradores básicos: la piedra caliza, - así como su valor de neutralización para identificar su - calidad agrícola.

PROPIEDADES DE LOS COMPONENTES DEL SUELO:

Los suelos están formados por partículas de diferentes tamaños. Las partículas del suelo se han dividido en grupos tomando como base, estrictamente su tamaño, - es decir, sin tomar en consideración su composición química, color, peso y propiedades.

FRACCIONES	DIAMETRO EN mm.
Arena	2.0 - 0.05
Limo	0.05 - 0.002
Arcilla	menos de 0.005

Entre los componentes más importantes del suelo se encuentran las arcillas coloidales, las cuales pueden ser:

De naturaleza inorgánica.- Están constituidos por láminas de tetraedros de Si y octaedros de Al. Se identifican desde el punto de vista de relación de lámina, teniendo las arcillas expandibles que corresponden a los materiales de relación 2:1 (Si : Al). Sien

do la más característica la montmorillonita.

Por otra parte, se tienen las arcillas no-expandibles o sea de relación 1:1 (Si:Al respectivamente), - siendo la representante la caolinita.

Estas arcillas (expandibles y no-expandibles), poseen lo que se llama carga axial, que es una carga dependiente del pH y las cargas permanentes que son -- independientes del pH.

De naturaleza orgánica.- Que provienen de las sustancias húmicas coloidales que tienen mayor superficie. Los coloidales orgánicos usualmente contienen - mayores cantidades de cargas negativas que parecen - aumentar con la descomposición de la M.O. Estas cargas electroquímicas pueden originarse de los grupos carboxilo, fenólico e imídico.



Radical carboxilo



Radical fenólico



Radical imídico.

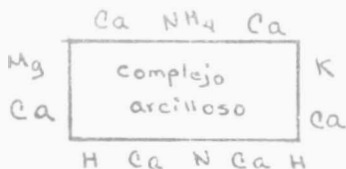
CARACTERES E IMPORTANCIA DEL COLOIDE INORGANICO:

La arcilla coloidal es la fracción más fina del suelo (dm 0.005 mm, ó 5 micrones). Tiene un potencial eléctrico considerable, debido a un fenómeno iónico de doble capa, la interior es un estrato fijo de iones con car

gas negativas (aniones) que forman parte integral de las superficies interna y externa de las partículas coloidales; la capa exterior está constituida por ciertos iones positivos (cationes) que son fácilmente desplazados.

Cuando la partícula de arcilla se mueve en su medio dispersivo, va acompañada de unidades de cationes y cuanto más alejados se mantienen los cationes más activos de estas unidades, mayor es el potencial eléctrico de la partícula.

El complejo arcilloso se puede representar de la siguiente forma:



Debido a la gran cantidad de cargas negativas que tiene el complejo arcilloso, le permite actuar como un verdadero radical ácido, de modo que en presencia de ciertos cationes adsorbidos como Ca, K o Mg, se forma una arcilla saturada. En forma análoga, al existir el H adsorbido el complejo, resulta un ácido que es insoluble y estable. Entonces la arcilla, desde un punto de vista químico incluye una mezcla de ácidos con sales de esos mismos ácidos o sea una sal ácida compleja.

Mecanismo de intercambio de cationes:

En los suelos ácidos el H^+ es usualmente el catión intercambiable predominante.

El intercambio entre un catión en solución y otro catión sobre cualquier material de superficie activa

como la arcilla, se llama intercambio de cationes. Este intercambio es un proceso espontáneo y reversible.

Los suelos difieren en la cantidad de cationes adsorbidos que ellos contienen por unidad de peso. Los miliequivalentes de cationes adsorbidos por 100 gramos de suelo, es a lo que se llama Capacidad de Intercambio Catiónico.

Entre mayor sea el contenido de arcilla y humus en un suelo, mayor será la capacidad de intercambio.

Para expresar la magnitud de la capacidad de intercambio, se utiliza como unidad un miliequivalente y se le define como un miligramo de hidrógeno o la cantidad de cualquier otro ión que se combine con él o lo desplace.

No todos los cationes tienen igual poder de reemplazamiento en el complejo coloidal. La fuerza de adsorción de un catión (Ortiz Villanueva 1973) depende de su:

- a) Radio iónico.
- b) Carga o valencia.
- c) Grado de hidratación.

Experimentalmente se ha encontrado el siguiente orden descendente de energía de adsorción catiónica llamada serie liotrópica



FACTORES QUE REGULAN EL PODER DE INTERCAMBIO DE CATIONES:

1o.- Naturaleza del ión.

Los cationes de la misma valencia tienen un poder de substitución que depende directamente de

su tamaño. Algunos investigadores indican que - en el poder de substitución, influye la hidratación del ión, por lo que cationes de igual valencia, son retenidos con mayor fuerza cuando - menor es su hidratación.

20.- Concentración.

A mayor concentración de un catión, mayor es su poder de substitución. La concentración tiene - poco efecto en el intercambio cuando actúan pares de cationes de la misma valencia, ejem: -- (K - NH_4), (Ca - Ba), pero cuando los pares de cationes tienen valencia diferente, la concentración si tiene efecto en el intercambio catiónico; Ejem: (Na - Ca), (Na_4 - Ca).

30.- Naturaleza del anión.

Para un mismo catión, la capacidad de intercambio depende del anión acompañante. Por ejemplo: la cantidad de sodio reemplazada en el complejo coloidal cuando se emplea $\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ es distinta cuando se utiliza Ca (OH)_2

40.- Calor.

El calor reduce la capacidad de intercambio, pero sus efectos son mucho más complejos, ya que también disminuye el poder de substitución de - cada catión en relación con el que ha de reemplazar.

50.- Naturaleza del mineral.

La liberación del Ca es tanto mayor cuanto más grande es el porcentaje de saturación con Ca.

60.- Porcentajes de posiciones iónicas ocupadas.

La liberación de un ión depende de la naturaleza de los otros iones adsorbidos y del porcentaje de posiciones ocupadas por los cationes.

La importancia (económica) del uso de sustancias mejoradoras en suelos agrícolas, estriba principalmente cuando se presentan deficiencias de elementos nutritivos, particularmente de elementos menores; y dichas deficiencias se deben no a una carencia de estos elementos en el suelo, sino a la forma inaprovechable en que se encuentran. En estos casos, más que adicionar los nutrientes faltantes en forma de fertilizantes, es conveniente aplicar sustancias mejoradoras, con lo cual se favorece la aprovechabilidad de los nutrientes, que estando en el suelo, no eran asimilables por los cultivos. Desde un punto de vista económico, el costo de los mejoradores es insignificativamente más bajo que el de los fertilizantes con elementos menores, teniendo la ventaja de que al aplicar mejoradores en suelos, no se corre el riesgo de causar toxicidades como pudiera presentarse al aplicar elementos menores.

Uno de los objetivos del presente trabajo es contribuir al conocimiento de los fenómenos que se presentan cuando se aplican sustancias mejoradoras al suelo, ya que para elevar los rendimientos en cosechas a un nivel óptimo de productividad, es preciso identificar desde el punto de vista de ciencia pura, todas las causas que ocasionan los fenómenos que influyen en el desarrollo de los vegetales.

II- REVISION BIBLIOGRAFICA

REVISION BIBLIOGRAFICA.

Se mencionarán los trabajos relacionados con el tema de la investigación.

El Centro Regional de Ayuda Técnica, Whittaker, Anderson y Reitmer (1966) preparó una edición llamada El Encalado de Suelos, donde hace una descripción general sobre necesidad, funciones, formas, fuente y aplicación de mejoradores básicos. Esta publicación constituye los antecedentes técnicos básicos que deben considerarse cuando se aplica este tipo de materiales a los suelos agrícolas y también la forma de interpretar las respuestas de cultivos en el campo, por los vegetales.

El Departamento de Agricultura y Ganadería, Richards L.D. (1954), realizó estudios de Diagnóstico y Rehabilitación de suelos salinos y sódicos en el cual se proporciona Metodología y técnicas analíticas para determinar las necesidades en tipo y cantidad de substancias mejoradoras.

F. Guitian Ojea y M. Muñoz Taboadela (1960) del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología, efectuaron estudios sobre efectos del encalado en los suelos ácidos de la zona N.W. de la Península Ibérica, desarrollando métodos para obtener una medida de la necesidad de cal y ensayaron un método de incubación del suelo con diversos encalantes "en vitro".

Pelletier C.P. en la publicación de Guanos y fertilizantes de México, (Boletín 1967) describe el empleo de un mejorador, el yeso, para corrección de suelos sódicos, así como el mejoramiento de suelos salinos y propiedades de otros correctores como el S_2O_8 , polisulfuro de

Ca, sulfato ferroso.

Chena González mencionado por Bonnet (1960) se refiere a las experiencias obtenidas en un trabajo de recuperación de suelo salino sódico pesado, de pobre permeabilidad, empleando yeso como mejorador ácido. Específicamente se refiere a la profundidad a que debe aplicarse el yeso para obtener mejores respuestas al recuperar el suelo y establecer que el tratamiento más efectivo fue al aplicar yeso en la capa de 0 - 30 cms. de suelo que es cuando se obtuvo la máxima eliminación de sodio y mejoramiento en las propiedades físicas de permeabilidad.

Los agricultores-ganaderos (José Medina Mota, ---- 1974) de la región del Bajío, relataron a El Surco, sus experiencias al utilizar los desechos de sus establos (estiercol) y la basura o desperdicios urbanos (compost) como mejoradores para enriquecer sus campos de cultivo.

Ortiz Monasterio Rafael (1958) de la Dirección de Aprovechamientos Hidráulicos, en su estudio de los Suelos Salinos y Alcalinos, describe las principales variaciones del complejo de intercambio de bases y las relaciones entre éste y los iones de la solución del suelo.

Troug, mencionado por Ignatieff (1952), establece que uno de los efectos inmediatos al aplicar mejoradores al suelo, es la variación en el pH del mismo y de acuerdo con esto, estableció un diagrama conocido como "Diagrama de Troug" en el cual se representa la solubilidad de los elementos nutrientes en función del pH, de acuerdo con una amplitud de banda. De esto se concluye que en términos generales, los valores de pH más adecuados para la mayoría de los cultivos, son aquellos que se encuentran poco alejados de la neutralidad o sea entre 6.5 y 7.5.

Laird y Nuñez (1963) mencionan que la práctica del encalado se aplica en México, principalmente a las regiones tropicales y áreas montañosas, con objeto de corregir problemas de acidez en esos suelos y por otra parte, estas prácticas de encalado, también se aplican a aquellas áreas en donde el efecto residual de los fertilizantes básicos ha elevado el pH a niveles que constituyen problemas agrícolas.

Barshad (1964), citado por Bear, concluye que -- las condiciones de basicidad en el suelo, así como una precipitación escasa, conduce a la formación de material arcilloso del tipo expandible (Montmorillonítico) de relación 2:1, mientras que un medio de acidez en el suelo y precipitación abundante, favorecen la formación de material caolinitico no-expandible y de relación 1:1. Desde este punto de vista, la aplicación de mejoradores al suelo, así como el régimen hidráulico del mismo, influye en la formación del tipo de mineral arcilloso.

Algunos autores, entre ellos Tisdale y Nelson -- (1961) establecen que algunas enfermedades en cultivo, como por ejemplo la roña de la papa, se combate más que añadiendo fungicida, procediendo al empleo de mejoradores básicos, debido a que elevando el pH por encima de 5.5., desaparece tal enfermedad.

III. - MATERIALES Y METODOS.

MATERIALES Y METODOS

En virtud de que los pH de los suelos correspondientes a la Granja Los Gabrieles están en un rango de basicidad que no requieren práctica de encalado, fué necesario, por lo tanto, obtener muestra de los siguientes lugares:

Muestra	Procedencia
107/63	Charquita de la Cruz al Norte de San Luis Potosí.
133/63	Mesa de los Conejos al Pte. de San Luis Potosí.
134/63	Mesa de los Conejos al Pte. de San Luis Potosí.
142/63	Terrero al N. de San Luis P.

Estas localidades se encuentran utilizadas como potreros de pastoreo.

Para la obtención de las muestras se siguió el mismo criterio que en la Granja Los Gabrieles, habiendo utilizado Barrena.

Todas las muestras son superficiales, excepto - la 134/63 que corresponde a subsuelo.

METODOS DE LABORATORIO.

Métodos para determinar las necesidades de mejorador básico (piedra caliza) en suelos, por los criterios de:

10. Woodruff
20. Shoemaker, Mc. Lean y Pratt (S.M.P.)
30. Método a partir del pH obtenido en susp.
suelo: H₂O 1:2.5 y el contenido de M.O.
del suelo.

Varios métodos han sido usados para estimar las necesidades de cal de los suelos, incluyendo métodos empíricos basados en el pH, la textura y la materia orgánica del suelo; también aplicando al suelo un exceso de Ca --- (HCO₃)₂ ó CaCO₃ y determinando los carbonatos que no reaccionaron; efectuando una curva de titulación del suelo al añadir CaCO₃, Ca (OH)₂, Ba(OH)₂ ó NaOH; y más recientemente estimando la cal requerida para recuperar el detrimento del pH de una solución amortiguadora, la cual fué aplicada al suelo.

Keeney (citado por Corey R.E. 1964) trabajando en suelos, determinó una ecuación para la predicción de la cal requerida, basada en la relativa facilidad de determinar los factores de pH de suelo y porcentaje de materia orgánica.

$$\text{Necesidad de cal (}^{\text{meq}}\text{/100 g) = 1.6 (6.5 - pH del suelo)}$$
$$(\% \text{ de M.O.})$$

Woodruff desarrolló un rápido método de amortiguamiento, el cual se usa mucho en pruebas de laboratorio.

El suelo se equilibra con una solución amortiguadora de para-nitrofenol acetato de calcio de pH = 7.0 y el requerimiento de cal se determina a partir del detrimento de pH de la solución buffer.

Shoemaker, Mc Lean y Pratt, desarrollaron una solución buffer (S.M/P/ buffer) compuesta de trietanol amina-para-nitrofenol, cromato de potasio, acetato de calcio y-

cloruro de calcio. Ellos concluyeron que esta solución -- buffer dió mejor resultado que la buffer de Woodruff, en suelos que contenían Al intercambiable. Esta solución buffer es más débil que la Woodruff y la curva de titulación es lineal desde 7.5 a 4.5 en lugar de 7.0 a 6.0, lo cual aumenta la precisión de la medida.

Keeney comparó los tres métodos de requerimiento de cal y encontró que para 23 suelos, los coeficientes de correlación de estas pruebas contra el requerimiento de cal como CaCO_3 en equilibrio, fueron de 0.95, 0.88, -- 0.82 para la S.M.P., PH-M.O. y el método Woodruff respectivamente.

METODO S. M. P.

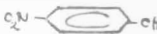
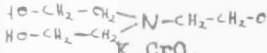
APARATOS:

Potenciómetro con electrodos.
Agitadores de vidrio.
Vasos de precipitados de plástico.

REACTIVOS:

Solución Buffer S.M.P.

Disuelva lo siguiente en 800 ml. de agua destilada

	Paranitrofenol	1.8 gr.
	Trietanol amina	2.5 ml.
K_2CrO_4	Cromato de potasio	3.0 gr.
$\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	Acetato de calcio	2.0 gr.
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Cloruro de Calcio	53.1 gr.

Ajuste el pH a 7.5 con NaOH y diluya a un litro.

PROCEDIMIENTO:

1o. Se pesan 5 gr. de suelo (con pH menos que 6.3) -

en una balanza granataria, se ponen en un vaso de plástico (una misma medida debe de ser usada para análisis rutinarios).

20. Añada 5 ml. de agua destilada y agite bien. Cuando use este procedimiento rutinariamente, el pH debe de ser - medido en este punto y no se debe añadir la solución - buffer a suelos con pH de 6.3 o más.
30. Añada 10 ml. de la solución buffer y agite bien intermitentemente durante 20 minutos. El Al intercambiable y el H de los sitios de carga dependientes del pH reaccionan con la solución amortiguadora y el pH del sistema Buffer baja.
40. Lea el pH de la suspensión suelo-buffer.
50. Use la tabla S.M.P. para determinar los requerimientos de cal. Esta tabla es empíricamente derivada de correlaciones entre los resultados buffer con los requerimientos de cal determinados con el balanceo con CaCO_3 .

TABLA S.M.P. DE REQUERIMIENTO DE CAL

pH Buffer	CaCO_3 T/A requeridas para llevar el suelo a un pH de:		pH Buffer	CaCO_3 T/A requeridas para llevar el suelo a un pH de:	
	pH = 6.8	pH = 6.4		pH = 6.8	pH = 6.4
6.7	1.4	1.2	5.7	7.1	6.2
6.6	1.9	1.7	5.6	7.7	6.7
6.5	2.5	2.2	5.5	8.3	7.2
6.4	3.1	2.7	5.4	8.9	7.7
6.3	3.7	3.2	5.3	9.4	8.2
6.2	4.2	3.7	5.2	10.0	8.6
6.1	4.8	4.2	5.1	10.6	9.1
6.0	5.4	4.7	5.0	11.2	9.6
5.9	6.0	5.2	4.9	11.8	10.1
5.8	6.5	5.7	4.8	12.4	10.6

CALCULOS

Requerimiento del cal S.M.P. - Use la columna --
pH = 6.4 de la tabla correspondiente (pH Buffer)

EJEMPLO

Muestra No. 107

pH suelo : H₂O 1:2.5 = 5.4

pH suspensión suelo - buffer S.M.P. = 6.6

Requerimiento de cal = 1.7 Ton. CaCO₃/A = 4200.7 Kg CaCO₃/Ha

METODO WOODRUFF.

APARATOS:

Potenciómetro.

Agitadores de vidrio.

Vasos de precipitados de plástico.

REACTIVOS:

Solución buffer Woodruff

Se disuelve lo siguiente en 800 ml. de H₂O destilada



Para-nitrofenol 8.0 gr.

Ca (CH₃COO)₂ Acetato de Calcio 40.0 gr.

Na OH Hidróxido de sodio 1.2 gr.

Se ajusta el pH a 7.0 con NaOH ó HCL y se diluye a 1 lto.

PROCEDIMIENTO:

1o. Pese 10 gr. de suelo en una balanza granataria-

(con pH menor 6.3) póngalos en un vaso de plástico (una misma medida debe de usarse para análisis rutinarios)

- 20.- Añada 10 ml. de solución buffer y agite bien.
- 30.- Deje reposar 30 minutos para obtener el equilibrio.
- 40.- Agite y lea el pH de la suspensión con el potenciómetro. Si el pH es menor que 6.0 repita el procedimiento con 5 gr. de suelo en lugar de 10-gr. y multiplique el R.C. (requerimiento de cal) por 2.
- 50.- Calcule la cal requerida. Este método asume un requerimiento de cal de 1 meq/100 gr. por 0.1 unidad de pH obtenida abajo de 7.0

CALCULOS:

Muestra No.	pH suelo: H ₂ O (1:2.5)	pH suspensión
107	5.4	suelo:buffer
		6.5

Si por 0.1 unidad de pH obtenida abajo de 7.0 -- asume un requerimiento de 1 meq/100 gr., entonces:

$$\text{R.C.} = 7.0 - 6.5 = 0.5 \text{ unidades obtenidas abajo de 7.0}$$

$$\frac{0.1 \text{ unidades}}{1 \text{ meq/100 gr}} = \frac{0.5 \text{ unidades}}{X}$$

$$X = \frac{5 \text{ meq}}{100 \text{ gr.}} = \text{R.C.}$$

Para hacer conversión de $\frac{\text{meq}}{100 \text{ gr}}$ a Kg/Ha, se tienen en consideración los siguientes datos:

densidad real del suelo = 2.65 g/cm^3

1 meq de CaCO_3 = 50 mg.

1 Ha = $2 \times 10^9 \text{ cm}^3$ volumen de una Ha de terreno arenoso a 20 cms. de profundidad.

5 meq/100 gr. = R.C. de muestra.

$$\frac{2.65 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} = \frac{Z}{2 \times 10^9 \text{ cm}^3}$$

$Z = 5.30 \times 10^9 \text{ g} = 5.30 \times 10^6 \text{ Kg}$ de suelo equivalentes a 1 Ha

$$\frac{5 \text{ meq}}{0.1 \text{ Kg}} = \frac{Z}{5.30 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{Ha}}}$$

$$Z = 265 \times 10^6 \frac{\text{meq}}{\text{Ha}}$$

$$\frac{1 \text{ meq } \text{CaCO}_3}{50 \text{ mg}} = \frac{265 \times 10^6 \text{ meq/Ha}}{Z}$$

$$Z = 13250 \times 10^6 \frac{\text{mg}}{\text{Ha}} = 13250 \text{ Kg/Ha.}$$

$$\text{R.C.} = \frac{5 \text{ meq } \text{CaCO}_3 / 100 \text{ gr. suelo} = 13250 \text{ Kg } \text{CaCO}_3 / \text{Ha.}}{\underline{\hspace{10cm}}}$$

Los resultados de los métodos S.M.P. y Woodruff para requerimiento de cal, deben de ser comparados con -- los datos obtenidos del método pH - M.O. desarrollado por Keeney, quien determinó una ecuación para la predicción - de la cal requerida, basada en la relativa facilidad de - determinar los factores de pH y porcentaje de materia orgánica.

$$R.C. \text{ (meq/100 gr)} = 1.6 (6.5 - \text{pH del suelo})(\% \text{ de M.O.})$$

El método seguido para determinar materia orgánica, co--- rresponde a Walkley A.C. y Black I.A. (1934) "An examination of the Detjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method" Soil Sci 37 : 29 - 38

"DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA"

Las formas para determinar el contenido de materia orgánica, están basadas en dos métodos, que son:

1o.- METODO DIRECTO.

Consiste en la pérdida de peso al remover la materia orgánica de la fracción mineral, pudiendo efectuarse esta remoción de distintas maneras.

- a) Oxidación con H_2O_2
- b) Calcinación.
- c) Calcinación después de la descomposición de silicatos con HF.

Estos métodos, basados en la pérdida de peso, - están sujetos a errores, debidos a la volatilización de - materiales inorgánicos como H_2O , OH^- estructural y CO_2 de carbonatos, así como una incompleta oxidación de materiales de carbono.

2o.- METODO INDIRECTO.

Consistente en la determinación de algún constituyente relativamente constante en la materia orgánica, de éstos se identifican dos:

- a).- Determinación de N
- b).- Determinación de C

De los métodos indirectos, la estimación de la materia orgánica a partir del contenido de nitrógeno total, no ha tenido mucha aceptación porque existe una gran variación en el contenido de nitrógeno en los distintos materiales orgánicos provenientes de diversas fuentes.

En cambio, las determinaciones de carbono son ampliamente usadas para calcular el contenido de materia orgánica.

El cuantec de Carbono orgánico puede verificarse por:

- a).- Combustión seca y medición del CO_2 desprendido (previa remoción de CO_3^-)
- b).- Combustión húmeda con oxidación de ácido crómico y medición del CO_2 desprendido
- c).- Combustión húmeda- Oxidación con ácido crómico para determinar el material fácilmente oxidable, aplicando calor externo.
- d).- Combustión húmeda - Oxidación con ácido crómico para determinar el material fácilmente oxidable, utilizando el calor de dilución del ácido sulfúrico.

El método por combustión seca determina el C total (orgánico e inorgánico), mientras que el de combustión húmeda con ácido crómico, determina únicamente el fácilmente oxidable; la antracita, grafito, coque y otras formas inorgánicas del carbono no son oxidadas por el ácido crómico.

Los métodos c y d, difieren principalmente en la fuente y cantidad de calor aplicado para producir la reacción. En el método c se aplica calor de una fuente externa, con lo que se pueden alcanzar temperaturas altas que no se obtienen con el método d; como consecuencia de lo anterior, la reacción con calor aplicado es más rápida y la oxidación del carbono es más completa, pero las condiciones de la reacción deben de ser cuidadosamente controladas para obtener resultados exactos.

El método que a continuación se describe, es el de combustión húmeda (d) y con éste la muestra se trata con un oxidante (dicromato de potasio) y el exceso de éste se determina por titulación con una sal ferrosa. El calor para que la reacción se verifique es el calor de dilución del ácido sulfúrico concentrado y aunque este método no es específico para el Carbono, si determina cualquier material fácilmente oxidable.

La cantidad total de Carbono equivalente a la oxidación completa por este tratamiento es de 77 % del Carbono total de la materia orgánica del suelo.

Se puede obtener una aproximación bastante aceptable del contenido de la materia orgánica en el suelo, si se considera que la proporción del Carbono orgánico en la materia orgánica es de 58 %.

Los materiales reductores como cloruros, hierro

ferroso o metálico, hidrógeno y oxígeno orgánico interfieren en la reacción.

Para evitar la interferencia de los cloruros se agrega Ag_2SO_4 al ácido sulfúrico concentrado y de este modo los cloruros precipitan como AgCl eliminando la interferencia.

El ácido fosfórico y el fluoruro de sodio forman un complejo con el Fe^{+++} que puede interferir en el punto final de la titulación.

LAS REACCIONES DEL PROCESO SON:



REACCIONES INTERFERENTES



El hidrógeno orgánico de la penúltima reacción actúa como reductor, por lo que los resultados serán altos cuando éste caso se presente; la incidencia de oxígeno orgánico disminuye la cantidad de carbono oxidado y los resultados serán bajos.

DETERMINACION DE CARBONO ORGANICO.

(Método indirecto para determinar materia orgánica, de combustión húmeda Walkley- Black modificado, Jackson M.L. 1964)

MATERIAL Y EQUIPO.

Matraces Erlen Meyer de 250 ml.
Buretas de 50 ml.
Frasco gotero.

REACTIVOS

- a) H_3PO_4 al 85 %
- b) NaF sólido.
- c) H_2SO_4 concentrado con $Ag_2 SO_4$ - Disolver 25 gr de $Ag_2 SO_4$ en 1000 ml. de H_2SO_4 conc.
- d) Solución 1.0 N de $K_2 Cr_2 O_7$ - Disolver ---- 49.04 g de $K_2 Cr_2 O_7$ en agua destilada y -- aforar a 1 lto.
- e) Indicador sulfato ferroso de orto-fenantrolina (0.025 M) - Se disuelven 14.85 g de Or to-fenantrolina monohidratada y 6.95 g de - sulfato en agua y se lleva a 1 lto.
- f) Solución 1 N de $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$
Disolver 278 g de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ en aproximada- mente 400 ml. de H_2O destilada, se añaden - 15 ml. de H_2SO_4 concentrado, se enfría y se afora a 1000 ml. El fe de esta solución se- oxida lentamente cuando se expone al aire, - por lo que deberá titularse con dicromato - de potasio, diariamente.

PROCEDIMIENTO:

1o.- Pese 0.5 g de suelo y colóquelos dentro de un - matraz Erlen Meyer de 250 ml. Para suelos turbo sos, pesar 0.05 g y para suelos con menos de 1%

pesar 2.0 g. La muestra deberá contener entre - 0.005 y 0.05 g de materia orgánica y pasada por la malla No. 100.

- 20.- Añada 10 ml. de solución 1.0N de $K_2 Cr_2 O_7$ y agite para mezclar. El $Cr_2 O_7^{=}$ en medio fuertemente ácido oxida el Carbono orgánico a CO_2 y agua. Es necesario un exceso de dicromato de potasio para asegurar la máxima oxidación.
- 30.- Añada 10 ml. de $H_2 SO_4$ concentrado y agitar cuidadosamente por un minuto. Al añadir el $H_2 SO_4$ concentrado, se produce una elevación de temperatura que es necesaria para que la reacción se verifique.
- 40.- Dejar reposar 30 minutos. Este es el tiempo requerido para que se complete la oxidación del C orgánico por el Cr.
- 50.- Diluir la suspensión con aproximadamente 100 ml de $H_2 O$ destilada. Esta dilución aclara la suspensión, con lo que se percibe mejor el punto final de la titulación y también se obtiene un volumen conveniente de la misma.
- 60.- Añadir 10 ml. de $H_3 PO_4$ al 85 % y 0.2 g de NaF - y 4 o 5 gotas del indicador. Se titula con la solución 1 N de sulfato ferroso hasta que vire del verde al rojo. El $H_3 PO_4$ y el NaF se pueden eliminar en suelos que no contienen Fe^{++}
- 70.- Corra un testigo siguiendo exactamente el mismo procedimiento, excepto que no contenga muestra de suelo. El Fe^{++} reduce el exceso de $Cr_2 O_7^{=}$ --

que permanece después de la oxidación. Los reactivos contienen trazas de sustancias reductoras que consumen algo de Cr_2O_7 , por lo que es necesario conocer dicha cantidad, para determinar el dicromato necesario para la oxidación del carbono orgánico del problema.

CALCULOS:

$$\% \text{ M.O.} = 10 (1 - t/s) F = 10 F \left(\frac{s}{s} - \frac{t}{s} \right)$$

$$\% \text{ M.O.} = \frac{10 F}{S} (S - T)$$

Los factores de la fórmula anterior corresponden a lo siguiente:

M.O. = Materia orgánica.

10 = Volumen de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ IN

F = 1.0 (12/4000) (1.724/0.77) $\left(\frac{100}{P} \right)$

1.0 = Normalidad del $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

12 = Peso atómico del Carbono.

4000 = Valencia del C multiplicada por 1000.

1.724 = Factor para pasar de C orgánico a materia orgánica (la materia orgánica contiene 58 % de C)

$\frac{12}{4000}$ = Peso del miliequivalente del Carbono.

0.77 = Factor de recuperación de la cantidad total del Carbono de la materia orgánica del suelo únicamente se oxida por este procedimiento - el 77 %.

P = Peso de la muestra (0.5 g)

S = Titulación en blanco (sin muestra de suelo) ml. de solución ferrosa.

T = Titulación en la muestra (con muestra de suelo) ml. de solución ferrosa.

Para peso de 0.5 g. de muestra de suelo, se tiene un factor (F) igual a

$$F = 1.0 \left(\frac{12}{4000} \right) \left(\frac{1.724}{0.77} \right) \left(\frac{100}{0.5} \right) = 1.34$$

y los cálculos para la materia orgánica quedarán:

$$\% \text{ M.O.} = \frac{10F}{S} (S-T) = \frac{10 \times 1.34}{S} (S-T)$$

$$\% \text{ M.O.} = \frac{13.4}{S} (S-T)$$

EJEMPLO:

$$T = 9.3 \text{ ml de } \text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$$

$$S = 10.2 \text{ ml. de } \text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$$

$$(S-T) = (10.2-9.3) = 0.9 \text{ ml.}$$

$$\% \text{ M.O.} = \frac{13.4}{10.2} (0.9) = 1.1823$$

$$\text{M.O.} = 1.1823 \%$$

Se efectuó la determinación de carbonatos totales (método volumétrico) utilizando HCL 0.5N titulando el exceso de ácido con NaOH 0.25 N y utilizando fenolftaleína como indicador.

c)- DETERMINACION DEL VALOR DE NEUTRALIZACION DE UN MATERIAL CALIZO.

OBJETIVO:

Determinar el valor de neutralización de un material calizo.

Las sustancias aplicadas a los suelos con el propósito de neutralizar la acidez de los suelos, son llama--

das materiales calizos. Estas sustancias incluyen piedra caliza dolomítica $\text{Ca Mg} (\text{CO}_3)_2$, piedra caliza CaCO_3 , cal viva o rápida CaO , Cal hidratada o apagada $\text{Ca}(\text{OH})_2$, cal apagada-aereada (air slaked lime) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CaCO}_3$, residuos de fábrica de papel $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CaCO}_3$; marga CaCO_3 con algo de MgCO_3 ; - escorias de Altos Hornos, Silicato de Calcio; cenizas de madera CaO K_2CO_3 y otros.

Los diversos constituyentes de estos materiales - calizos neutralizan los iones H^+ de la siguiente manera:



El ácido silícico formado en la ecuación (6) es extremadamente débil como ácido.

El valor de neutralización de un material calizo es una medida de su capacidad para neutralizar la acidez y se expresa como el porcentaje de neutralización de un peso similar a un peso de CaCO_3 puro. Esto se conoce también como el CaCO_3 equivalente.

ILUSTRACION.

1 gr. de CaCO_3 puero (peso equivalente 50 gr) fue neutralizado con 20 meq. de ácido. Si un gramo de muestra caliza es neutralizada con 18 meq. de ácido, el valor de neutralización es:

$$\frac{18}{20} \times 100 = 90 \%$$

Si un material calizo tiene un peso equivalente más bajo que el del CaCO_3 , su valor de neutralización será mayor que 100 % o sea que 1 gr. de este material neutralizará más ácido que 1 gr. de CaCO_3 .

Así que el valor de neutralización de la dolomita pura (peso equivalente = 46.1 gr) es 108.5 %. Similarmente los valores de neutralización de CaO y Ca(OH)_2 son 178.6 % y 135 % respectivamente. El valor de neutralización de cualquier material calizo, dependerá del peso equivalente de los materiales reactivos y de la cantidad de impurezas no-reaccionantes.

El procedimiento para determinar el valor neutralizante de un material calizo, es tratar una muestra de 1 gr. con un exceso de ácido estandarizado, determinando la cantidad de exceso de ácido, mediante titulación regresiva con una base estandarizada, calculando el meq. de ácido neutralizado por el material y expresando el meq de ácido neutralizado como un porcentaje de los meq. que serían necesarios para neutralizar 1 gr. de CaCO_3 puro.

MATERIAL Y EQUIPO.

Bureta de 50 ml.

Pipetas de 25 y 10 ml.

Matraces Erlen Meyer de 300 ml.

REACTIVOS.

HCl IN

NaOH IN

Indicador fenolftaleína.

PROCEDIMIENTO

- 10.- Se pesan dos muestras de 1 gr. de material calizo de grano fino en una balanza analítica (apunte el peso aproximando a las milésimas).
- 20.- Transfiera la muestra a un matraz Erlen Meyer - de 300 ml.
- 30.- Con una pipeta añada 25 ml. (35 ml. para la --- muestra de cal apagada aereada (air-slaked lime) No. 32 y 42) de HCl IN previamente estandarizada. 1 gr de CaCO_3 puro requerirá 20 meq de ácido para ser neutralizado. El Ca(OH)_2 ó Ca) requerirán más.
- 40.- Caliente en la plancha durante 30 minutos (no a ebullición). Todo el material reactivo debe ser neutralizado en este tiempo.
- 50.- Añada aproximadamente 100 ml. de agua destilada. El agua es agregada únicamente para diluir la - solución a un volumen conveniente para la titulación.
- 60.- Caliente a ebullición y enfffe ligeramente. La solución es calentada para eliminar el CO_2 que puede causar un punto final erróneo.
- 70.- Añada 3 gotas de fenolftaleína y titule hasta - tener un color rosa tenue con NaOH IN previamente estandarizado. El color rosa tenue debe persistir durante 30 seg. para tener el punto final.
- 80.- Calcule el valor de neutralización del material calizo. Lea en la bureta con aproximación de -- 0.01 ml.

CALCULOS:

(ml de HCL añadidos x N de HCL)-(ml. de NaOH añadidos x N de NaOH) = meq de HCL neutralizados.

valor de neutralización

$$= \frac{\text{meq de HCL neutralizados} \times 100}{20 \frac{\text{meq}}{\text{gr}} \text{ CaCO}_3 \times \text{gr de material calizo.}}$$

EJEMPLO:

Pese del material calizo = 1.0 gr.

ml de HCL 1.1 N = 25

ml de NaOH 0.9792 = 26.49

$$(1.1 \times 25) - (26.49 \times 0.9792) = 27.5 - 26.039 = 1.461 \text{ meq.}$$

$$\text{Valor de neutralización} = \frac{1.461 \times 100}{20 \times 1} = 73.5$$

$$\text{Valor de neutralización} = \underline{73.5 \%}$$

IV.- RESULTADOS .

IV.- RESULTADOS .

TABLA No. I

RELACION DE DATOS Y ANALISIS DE SUELOS PROCEDENTES DEL MUNICIPIO DE SAN LUIS POTOSI

No. DE MUESTRA	LOCALIDAD	PROFUNDIDAD EN CM.	UTILIZACION	ALTITUD M.S.N.M.	ANALISIS MECANICO				pH SUELO:AGUA 1:2.5	pH SUSPENSION BUELO:BUFFER S.M.P.	REQUERIMIENTO DE CAL * METODO S.M.P. Kg/Ha CaCO ₃	pH SUSPENSION SUELO:BUFFER WOODRUFF	REQUERIMIENTO DE CAL * METODO WOODRUFF Kg/Ha CaCO ₃	% M.O	REQUERIMIENTO DE CAL * METODO pH-H ₂ O Kg/Ha CaCO ₃	% CaCO ₃	VALOR DE NEUTRALIZACION %
					% ARENAS	% LIMO	% ARCILLAS	CLASIFICACION TEXTURAL									
107/63	CHARQUITO DE LA CRUZ MUNICIPIO DE S.L.P.	0-30	PASTOREO	1780	45.70	21.56	32.74	MIGAJON ARCILLO ARENOSO	5.4	6.6	4200	6.5	13250	1.51	7040	2.54	
133/63	MESA DE LOS CONEJOS MUNICIPIO DE S.L.P.	0-25	PASTOREO	1980	34.74	35.78	29.50	MIGAJON ARCILLO	4.4	6.2	9142	6.2	21200	1.18	10500	2.91	
134/63	MESA DE LOS CONEJOS MUNICIPIO DE S.L.P.	25-40	PASTOREO	1980	52.54	24.96	22.50	MIGAJON ARCILLO ARENOSO	4.3	6.5	5485	6.4	15900	0.65	6060	2.73	
142/63	TERRERO MUNICIPIO DE S.L.P.	0-50	PASTOREO	1800	24.86	17.80	57.34	ARCILLA	5.4	6.4	6671	6.4	15900	1.57	7320	3.37	
MATERIAL CALIZO	ESTACION VENTURA															58.72	73.5

* REQUERIMIENTO DE CaCO₃ CONSIDERANDO UNA PUREZA DE 100 %

M. S. N. M. = METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR

TRABAJO RECEPCIONAL	
LAURA MUÑOZ CASTILLA	1975
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI	
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS	

V.- DISCUSION E INTERPRETACION DE RESULTADOS.

DISCUSION E INTERPRETACION DE RESULTADOS

Un examen comparativo en la tabla No. 1 nos induce a establecer que las necesidades de mejorador, dependen en gran parte de la naturaleza de los coloides, de las cargas permanentes y dependientes del pH en las arcillas, método de encalado y reacciones de la cal con el suelo, por lo que es conveniente ubicar el concepto teórico de estos términos.

Carga permanente y carga por pH en las arcillas (Laird y Núñez 1963). Los cationes pueden estar adsorbidos a la arcilla por dos tipos de carga:

- a) Carga electrostática o carga permanente, derivada de la sustitución isomórfica. La sustitución isomórfica es el reemplazamiento de algunos átomos en la estructura cristalina por otros de igual tamaño, aunque de diferente valencia, por ejemplo:

Durante la formación de la montmorillonita, algunos átomos de Al del estrato octaédrico son reemplazados por el Mg. Esto puede suceder porque los dos átomos son similares en tamaño. Como la valencia del retículo original de Al es 3^+ y la valencia del Mg es 2^+ cada sustitución deja al retículo con una carga negativa insatisfecha. Esta es una carga negativa permanente en el estrato octaédrico y es satisfecha por cationes que permanecen en el exterior de la partícula.

- b) Carga por covalencia o carga por pH, derivada de la ionización de complejos de aluminio; Ejemplo: la disociación de los iones H^+ de los radicales -

OH^- expuestos en las aristas de las partículas de arcilla.

La carga por pH sólo existe a pH mayor de 6, e-
bajo de este pH, sólo existe carga permanente (Laird y Nu-
ñez) La diferenciación de la naturaleza de las cargas en-
los coloides tiene importancia para comprender el compor-
tamiento de algunos nutrientes adsorbidos como es el Ca.

Se considera que el Ca unido electrostáticamente
es muy poco aprovechable. Por lo tanto, para disponer-
de Ca aprovechable en un complejo coloidal, es necesario-
primero saturar la carga permanente con este catión. A és-
to se debe que el exceso es adsorbido por covalencia y --
por lo tanto aprovechable.

SUELOS ACIDOS.

Los suelos se vuelven ácidos porque los catio-
nes básicos retenidos por los coloides, son reemplazados-
por iones hidrógeno, es decir, el suelo se convierte en -
un suelo no-saturado de bases.

Esta insaturación de base es el resultado del -
contacto del suelo con el agua de percolación que tiene -
cantidades variables de diferentes ácidos débiles como el
 H_2CO_3 resultante de la disolución del CO_2 del suelo con -
el H_2O del mismo. El CO_2 es formado por la descomposición
de la materia orgánica.

Cuanta mayor es la presión del CO_2 mayor será la
concentración del hidrógeno resultante.

Formado el ácido carbónico se disocia dando ---
iones H^+ . El hidrógeno iónico generado en esta forma es ex-
tremadamente activo y tenderá a substituir el Ca intercam-
biable del complejo coloidal. Esto tiene lugar no solamen

te de acuerdo a la ley de acción de masa, sino también -- porque el H iónico es adsorbido con más energía que el -- Ca^{++} iónico (Lyon y Buckman). La adsorción continua de iones H^+ por la arcilla a expensas del Ca^{++} tiende por equilibrio a aumentar la concentración de iones H^+ de la solu--- ción del suelo y gradualmente disminuye el pH.

En la naturaleza el H activo reemplaza a otros- cationes intercambiables además del Ca, pero debido a -- que éste es más numeroso, especialmente en la superficie exterior y más expuesta del complejo arcilloso, se libe- ran con más facilidad estos iones.

En cualquier suelo dado hay una relación defini- da entre el pH y la actividad del Ca intercambiable, pues el pH del suelo es regido principalmente por el porcenta- je de saturación de bases y éste a su vez depende de las- proporciones presentes de Ca intercambiable.

Esta relación tiene una importancia práctica, - pues permite por medio de una determinación de pH, esti- mar en forma aproximada, el porcentaje de saturación de - bases del suelo y puede decidirse luego si el suelo es o- no pobre de cal.

De modo que adicionando compuestos que contie-- nen esos elementos necesarios, en proporción y estado tal que modifiquen el complejo coloidal, se puede corregir ar- tificialmente el estado fisiológico de un suelo ácido.

ENCALADO.

Encalado significa la aplicación de cualquier - material de cal al suelo, para corregir la acidez, para - abastecerlo de calcio y mejorar la aprovechabilidad de o- tros nutrientes.

MATERIALES PARA ENCALADO.

Se utilizan sales de Ca o Mg, cuyo anión acompañante sea el de un ácido débil.

Químicamente hablando, cal significa óxido de calcio (CaO) pero el término cal es casi universalmente usado para designar materiales semejantes como: CaCO_3 , Ca(OH)_2 , marga, creta, conchas marinas, escorias de los hornos, Ca SiO_3 y cal de desperdicio de los ingenios de azúcar y fábricas de papel.

PIEDRA CALIZA.

Fuente. Es una roca sedimentaria de origen marino, formada por la precipitación de Ca y Mg en agua en forma de carbonatos.

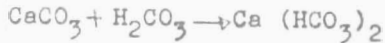
REACCIONES DE LA CAL EN EL SUELO.

El cambio inmediato que sufre la cal cuando se añade al suelo, depende:

- a).- De la forma de cal.
- b).- De la naturaleza química del suelo. y
- c).- del régimen de humedad.

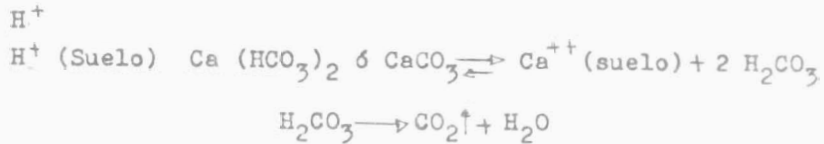
Quando se aplica cal a un suelo ácido ya sea como óxido, hidrato o carbonato, a medida que hay disolución, las transformaciones tienden a dar bicarbonato. Esto se debe a que la presión parcial de CO_2 que generalmente es mayor que la del aire atmosférico, es suficiente para impedir la existencia del carbonato o del hidróxido.

Para el caso particular de la piedra caliza, la reacción que se efectúa es la siguiente:



Este bicarbonato puede reaccionar con el suelo o también el CaCO_3 puede actuar directamente en los coloides del suelo.

La reacción del carbonato al neutralizar la acidez, puede representarse como sigue:



FACTORES A CONSIDERAR EN UN MATERIAL PARA ENCALADO.

Son cinco los factores que deben tomarse en cuenta al hacer la selección de un material para encalado.

1o.- Valor neutralizante.

Se deriva del propio P.M. (peso molecular) del material considerado y se expresa en forma relativa tomando el CaCO_3 como punto de referencia con un valor neutralizante de 100 %.

2o.- Fineza.

La fineza del material influye en la rapidez de reacción y también en la reacción total en el suelo. Mientras más fino es el material aplicado, mayor es su rapidez de reacción y su reacción total en el suelo. Se considera que para que el CaCO_3 tenga un efecto inmediato en el suelo, debe pasar el tamiz de 100 mallas.

3o.- Contenido de Mg.

Si el material es muy puro en CaCO_3 pueden llegar a presentarse deficiencias de magnesio, por

lo tanto es preferible que este último elemento se encuentre presente en el material para encalado.

40.- Pureza.

50.- Costo.

EFFECTOS BENEFICOS DEL ENCALADO.

La adición de cal a un suelo ácido trae consigo los siguientes efectos benéficos:

- 10.- Proporciona los elementos nutrientes Ca y Mg.
- 20.- Corrige problemas físicos del suelo, mejorando permeabilidad, floculación en suelos con altos porcentajes de saturación de H, Al o Na.
- 30.- Estimula la actividad microbiológica del suelo.
- 40.- Corrige la toxicidad del Al y de algunos microelementos como Fe, Mn y Zn. La solubilidad de los anteriores elementos decrece con la elevación en el pH del suelo.
- 50.- Favorece el aprovechamiento de varios elementos nutrientes como el N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, B, Mo, Zn y Mn.

CUIDADOS EN LA APLICACION DE CAL.

- 10.- Uniformidad.

La aplicación de la cal debe ser uniforme para evitar zonas con pH bajas y zonas sobre-encaladas.

2o.- Incorporación de la cal al suelo.

La cal se mueve muy lentamente en el suelo, por lo tanto, hay necesidad de mezclarla con éste -- en una capa de por lo menos 15 cms. de espesor. Si se deja sobre la superficie no profundiza más de 2 cms. En suelos muy ácidos pueden requerirse aplicaciones de cal abajo de 15 cms. de profundidad.

3o.- Anticipación en la aplicación.

Para que un cultivo logre los beneficios del encalado, es necesario que la cal haya sido aplicada por lo menos tres meses antes de la siembra.

4o.- Frecuencia de aplicación.

En suelos de baja capacidad de intercambio catiónico y textura ligera, se prefieren encalados -- con dosis bajas y frecuentes.

De los datos presentes en la tabla No. 1, se observa que las muestras estudiadas corresponden a cuatro localidades del municipio de la Capital del Estado de San -- Luis Potosí. De este material, tres muestras corresponden a suelo superficial cuyas profundidades varían de 0 - 25 a 0 - 50 cms., también se estudia una muestra de sub-suelo -- obtenida a una profundidad de 25 -40 cms. lo que corresponde a un espesor de 15 cms, esta muestra se identifica con el No. 134/63.

La razón de estudiar mayor número de muestras de suelo superficial, se justifica si se considera que es la parte que está expuesta a la intemperie y también a la zona de mayor grado de perturbación, mientras que el sub-sue

lo, por su posición inferior y en cierto modo protegido de la intemperie, presenta mayor uniformidad en sus condiciones.

También se estudia un material calizo, obtenido de la Calera, establecida en Estación Ventura y el cual -- puede utilizarse como cal agrícola previo proceso de desecación, molido y tamizado.

Los niveles altitudinales varían de 1780 a 1980-M.S.N.M.

Fué necesario cuantear las distintas fracciones del suelo, conocidas como arenas las más gruesas y arcillas las más finas, siendo las de tamaño intermedio los limos; con objeto de tener idea de la capacidad buffer del suelo, puesto que las arcillas por sus cargas que aportan influyen en los cambios de pH obtenidos en suspensiones -- acuosas.

Estos datos indican variaciones de significación en lo que respecta a los porcentajes presentados en la tabla I, de modo que los suelos superficiales correspondientes a las muestras 107 y 142 contienen 45.7 y 24.86 % de arenas respectivamente, mientras que la muestra 133 obtenida de 0 - 25 cms. contiene 34.74 % de arena y en la parte inferior muestreada de los 25 - 40 cms. reportó 52.54 % de arenas. Esta observación confirma que parte del material grueso de la superficie, se ha acumulado en la parte inferior del suelo e influye en forma directa a bajar la retención de humedad e intensificar los fenómenos de infiltración de este perfil de suelo.

De los resultados correspondientes a porcentajes de limo, el hecho de significación se observa en una acumulación que alcanza el 35.76 % en la muestra 133 y un descenso que llega a 17.8 % de limos en la muestra 142, ambas

muestras son superficiales; en términos generales el limo contribuye poco en la capacidad buffer del suelo y también en la actividad biótica y representa únicamente una fuente de materias primas para la formación de materiales arcillosos que influyen cuando menos en parte, a la formación de estructuras en el suelo.

La fracción arcillosa del suelo de zonas áridas y semi-áridas (Buol 1965) es la que tiene mayor interés -- tanto en los procesos físicos como químicos del mismo y -- por otra parte, influye directamente en la microbiología del suelo, debido a que en esta fracción arcillosa se incluyen tanto los coloides de origen inorgánico como los de origen orgánico, circunscribiendo el estudio de las arcillas al objeto primordial de este trabajo, que es la variación de pH, se tiene que a las muestras superficiales corresponden los valores más altos de arcilla, mientras que a la muestra de sub-suelo (134) corresponde el porcentaje más bajo de arcillas, lo que determina con 22.50 %, una diferencia notoria en el poder amortiguador del suelo en relación con los demás, por otra parte, esta fracción arcillosa menor en este subsuelo influye también en una baja retención de humedad y una disminución en la incorporación de materia orgánica ocasionada principalmente por su posición inferior del perfil de suelo. En la selección de estas muestras, se procuró tener suelos representativos y debido a esto se encuentra una textura arcillosa de tipo pesado y una textura de tipo medio con clasificación de migajón arcillo-arenoso, de modo que es posible establecer un rango en donde predomina la arcilla por una parte y las arenas por la otra.

Continuando con esta discusión e interpretación de resultados, observamos que las cifras para pH de suelo-

obtenidas en suspensión acuosa relación 1:2.5, varían de 4.3 a 5.4, estos datos indican suelos que tienen necesidades de mejoradores para ajustar el pH a un rango considerado cerca de la neutralidad, con objeto de mejorar las condiciones físicas del suelo y aumentar la aprovechabilidad de elementos nutrientes para las plantas, particularmente de aquellos elementos que por la mínima cantidad en que son requeridos por los cultivos, para su crecimiento y desarrollo, se conocen como micro-elementos, elementos traza o elementos huella, entre los que podríamos mencionar el Fe, Zn, B, Cu, Mo. (Corey 1964).

Otro de los resultados al adicionar mejoradores además de ajustar el pH a un valor conveniente, consiste en favorecer el desarrollo de estructura grumosa que contribuye a mejorar las condiciones de aereación en la atmósfera del suelo, intensificando el desarrollo de micro-organismos como el azobacter y el zotobacter, considerados como agentes nitrificantes, debido a que tienen la propiedad de fijar el nitrógeno atmosférico en los nódulos de las leguminosas, contribuyendo en esta forma a la fertilización natural del suelo por estos elementos.

Como se indicó, en el presente trabajo se siguieron tres métodos para calcular la cantidad de mejorador básico necesario para elevar el pH de estos suelos.

Dos de estos métodos consisten en equilibrar el suelo con solución amortiguadora y determinar las necesidades de mejorador en base a diferencias de pH obtenidas entre el pH del suelo en solución acuosa y el pH obtenido con solución buffer, así mismo, se presentan datos basados en un método estimativo a partir de cifras correspondientes a pH en suspensión acuosa y M.O. del suelo.

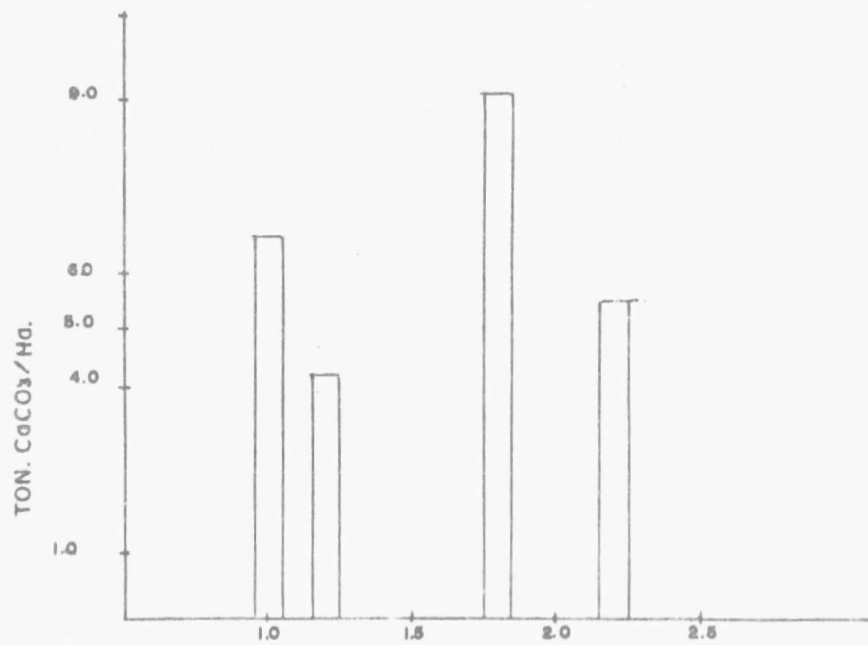
En la tabla No. 2, se presentan resultados para-

pH obtenidos en suspensiones de suelo de acuerdo con el método S.M.P. y de ahí observamos que las diferencias de pH-varían de 1 a 2.2 unidades y los rangos correspondientes a estas diferencias varían de 5.4 a 6.4 y de 4.3 a 6.5, esto como es de suponer, indica las cantidades de cal necesarias para elevar el valor de pH.

Estas cifras se encuentran representadas en el histograma de la fig. b, graficadas en la forma siguiente, en el eje de las abscisas se tienen los rangos de pH, es decir, las unidades de éste que se pretende elevar al aplicar la cantidad de cal calculada, mientras que estos requerimientos se encuentran en el eje de las ordenadas.

Una observación del histograma manifiesta que el suelo que necesita menos ton. de CaCO_3 por Ha. es el marcado con el No. 107, en este caso con 4.2 ton. de CaCO_3/Ha - se eleva el pH de 5.4 a 6.6 o sea 1.2 unidades de pH y el suelo que necesita mayor cantidad de CaCO_3 es el identificado con el No. 133, aquí son necesarias 9.14 Ton. de caliza para elevar el pH de 4.4 a 6.2, es decir 1.8 unidades de pH; es conveniente establecer que estos dos suelos son superficiales y de una profundidad muy parecida, ya que difieren únicamente en 5 cms. de profundidad, estas diferencias pueden atribuirse específicamente a la naturaleza del suelo y a sus propiedades físicas y químicas.

Es posible que este mayor requerimiento se deba a la menor cantidad de M.O., ya que de los suelos superficiales a éste (133) toca la menor cifra para este componente de suelo con 1.18 %, por otra parte, aunque la diferencia de pH es de 1.8 es conveniente considerar que dicha diferencia corresponde de un valor de 4.4 a 6.2, es decir un valor clasificado como acidez extrema (Ignatieff V. 1952)- a una clasificación de acidez escasa.



RANGO DE pH	No DEMUESTRA
1.2	107/63
1.8	133/63
2.2	134/63
1.0	142/63

RANGO DE pH

METODO S.M.P.

FIG. B GRAFICA QUE MUESTRA LA CANTIDAD EN TON/Ha.
DE CaCO₃ PARA ELEVAR EL pH EN EL RANGO INDICADO.

Comparando el suelo anterior 133 con el suelo - marcado con el No. 107, observamos que a éste corresponde el menor requerimiento de CaCO_3 , ya que únicamente con -- 4.2 ton/Ha se eleva el pH de 5.4 que corresponde a una acidez débil a 6.6 que indica un estado de neutralidad, es te menor requerimiento está relacionado a un mayor contenido de M.O. en el suelo, mayor cantidad de arcillas y -- también a mayor pH en suspensión acuosa, ya que mientras- que el anterior (133) había que llevarlo de 4.4 a 6.2, en este caso (107) la elevación va de 5.4 a 6.6.

Los suelos identificados con 142 con un requeri miento de 6.67 ton. de CaCO_3 /Ha con una diferencia de pH- de 5.4 a 6.4, así como el subsuelo marcado con 134, el -- que para subir el pH de 4.3 a 6.5 necesita 5.48 Ton. co- rresponden a situaciones transicionales entre los suelos- estudiados y lo que es conveniente remarcar que el mayor- rango en diferencia de pH (tabla No.2) corresponde al sub suelo, es decir a la parte inferior que no está en contac to con la intemperie y en consecuencia es de esperar que- los cambios sean más amplios y notorios.

Una vez discutidos los resultados obtenidos por el método S.M.P. y representados en la tabla No. 2 y fig. b, se continua con la interpretación de resultados obteni dos siguiendo el método Woodruff y los cuales se encuen- tran en la tabla No. 3 y la fig. c. En este caso tenemos- unas diferencias de pH practicamente iguales a las obteni das con el primer método, es decir que la diferencia de -- una décima no tiene significación al hacer estimaciones - (Huntsberger 1967). En lo que respecta a los pH obtenidos en suspensión con solución buffer Woodruff, se observa la- misma situación, es decir que la diferencia máxima corres- ponde a una décima. (fig. a).

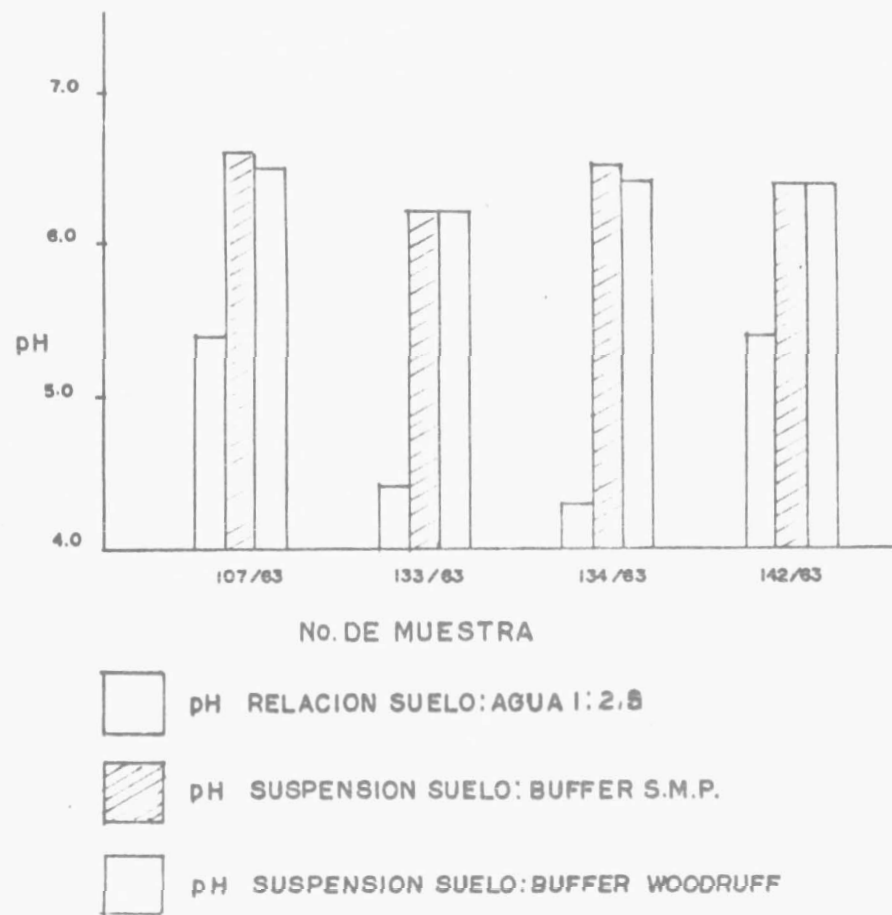


FIG. A MUESTRA LA VARIACION EN VALORES DE pH EN RELACION CON LAS DETERMINACIONES QUE SE INDICAN .

Las diferencias de significación se encuentran en los resultados calculados para ton/ha de CaCO_3 , aquí - si las proporciones varían de 13.25 a 21.20 ton. CaCO_3 /Ha cantidades notoriamente mayores a las obtenidas por el -- primer método y las causas a que se deben estas mayores - adiciones pueden ubicarse además de la naturaleza del sue- lo y propiedades físicas y químicas que se mencionaron, - al contenido de CaCO_3 que tiene el suelo en forma natural y cuyos porcentajes se encuentran en la tabla No. 1; de- modo que las observaciones sugieren que por este método - Woodruff se obtienen cifras mayores, debido a que no se - consideran las cantidades de CaCO_3 que el suelo contiene- por sí mismo y la aplicación es de esperar que sea mayor.

Los resultados por este método presentados en - el histograma c, indican una concordancia uniforme en re- lación a los obtenidos por el primer método, dicha concor- dancia se manifiesta como sigue: la cantidad máxima de -- CaCO_3 corresponde igualmente a la muestra 133 en la que - 21.2 ton. de CaCO_3 elevan el pH de 4.4 a 6.2 y la propor- ción mínima toca a la muestra 107 en la que 13.25 ton. de CaCO_3 elevan el pH de 5.4 a 6.5, esta situación coincide- con la obtenida para el primer método, con la variante u- nica de que las ton. de CaCO_3 son mayores en este caso, - por la consideración de que no se incluye la caliza prove- niente del suelo.

En lo que respecta a la diferencia máxima de pH también se encuentra la misma constancia que en el primer método, es decir a la muestra 134 que es la del subsuelo, corresponde la diferencia mayor de pH que es 2.1, por lo- que las condiciones de menor grado en perturbación de es- ta capa, ocasionan esta mayor diferencia de pH encontrada en este suelo.

Una de las conclusiones del presente trabajo --

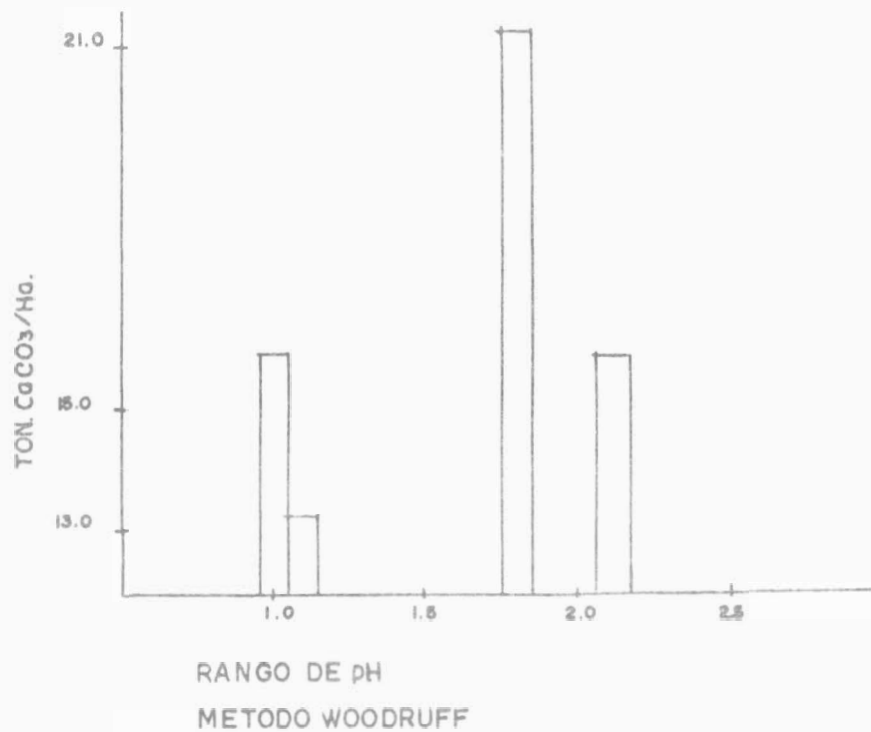


FIG. C GRAFICA QUE MUESTRA LA CANTIDAD EN TON/Ha. DE CaCO_3 PARA ELEVAR EL pH EN EL RANGO INDICADO.

TABLA No. 2
METODO S.M.P.

No. DE MUESTRA	pH RELACION SUELO AGUA 1:2.5	pH SUSPENSION SUELO BUFFER S.M.P.	DIFERENCIA DE pH	CaCO ₃ TON/Ha
107/63	5.4	6.6	1.2	4.20
133/63	4.4	6.2	1.8	9.14
134/63	4.3	6.5	2.2	5.48
142/63	5.4	6.4	1.0	6.67

TABLA No. 3
METODO WOODRUFF

No. DE MUESTRA	pH RELACION SUELO AGUA 1:2.5	pH SUSPENSION SUELO BUFFER WOODRUFF	DIFERENCIA DE pH	CaCO ₃ TON/Ha
107/63	5.4	6.5	1.1	13.25
133/63	4.4	6.2	1.8	21.20
134/63	4.3	6.4	2.1	15.90
142/63	5.4	6.4	1.0	15.90

TABLA No. 4
METODO pH- M.O.

No. DE MUESTRA	pH RELACION SUELO AGUA 1:2.5	pH DESEADO	DIFERENCIA DE pH	CaCO ₃ TON/Ha
107/63	5.4	6.5	1.1	7.04
133/63	4.4	6.5	2.1	10.50
134/63	4.3	6.5	2.2	6.06
142/63	5.4	6.5	1.1	7.32

TABLAS EN DONDE SE MUESTRA LA CANTIDAD DE CaCO₃ EN TON/Ha QUE SE REQUIEREN PARA ELEVAR EL pH DE LOS VALORES INDICADOS EN LA PRIMERA COLUMNA A LOS VALORES DE pH DE LA SEGUNDA COLUMNA.

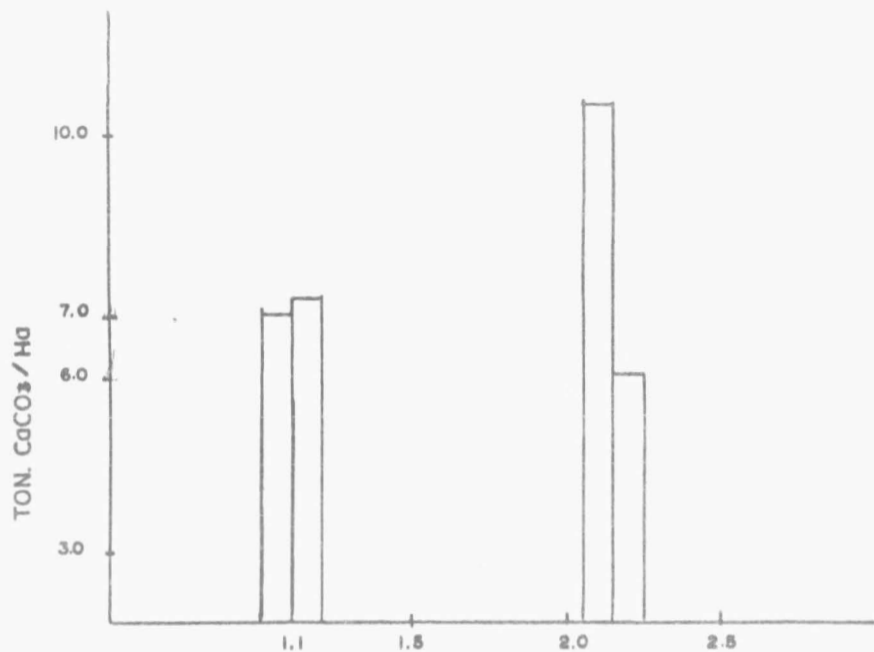
TRABAJO RECEPCIONAL	
LAURA MUÑOZ CASTILLA	1973
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI	
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS	

consiste en establecer que el método Woodruff es recomendable para suelos que no contengan CaCO_3 o bien, las proporciones de éste sean mínimas (menos de 0.5 %), mientras que el método S.M.P., es aplicable a aquellos suelos que contengan bajas proporciones de CaCO_3 .

Se presentan resultados también para el método - estimativo, basado en el pH y los contenidos de M.O. del - suelo, este método se recomienda únicamente en aquellos casos en que se necesite un resultado aproximado y de utilización inmediata, porque es posible que funcione bien en algunos suelos derivados de rocas ígneas y metamórficas, - pero puede dar resultados bajos o no funcionar en suelos - de origen sedimentario. El fundamento de este método tiene bases más prácticas que técnicas, por lo que es recomendable calibrarlo con las condiciones del suelo en el campo; - en el presente trabajo se practicó con objeto de comparar los resultados obtenidos para este tipo de suelos de naturaleza arenosa, arcillosa, bajos en M.O. y con CaCO_3 presente.

De los resultados presentados en la tabla 4 y -- graficados en el histograma d, se tiene que las ton. de -- CaCO_3 presentan valores parecidos a los intermedios entre los dos métodos; es decir, mayores a los calculados con -- S.M.P., y menores a los obtenidos por el método Woodruff; - algunas de las constancias observadas en los otros métodos se sostienen en este tercer método estimativo, como la condición del subsuelo que incluye la mayor diferencia de pH, la materia orgánica y el contenido de arcillas; estos suelos de regiones semi-áridas, que contienen Al intercambiable (Buol 1965) tienen significación en la cantidad de --- CaCO_3 necesario para la elevación del pH.

En la columna antepenúltima de la tabla No. 1 se tienen los resultados de CaCO_3 presentes en el suelo y di-



RANGO DE pH	No. DE MUESTRA
1.1	107/63
2.1	133/63
2.2	134/63
1.1	142/63

RANGO DE pH

METODO pH-M.O.

FIG. D GRAFICA QUE MUESTRA LA CANTIDAD EN TON./Ha DE CaCO₃ PARA ELEVAR EL pH EN EL RANGO INDICADO.

chas cifras varían de 2.54 a 3.37 %, es conveniente reem--
marcar que estos porcentajes corresponden al CaCO_3 que en
estado natural se encuentra incorporado al suelo, ya sea
por fenómenos de acarreo o acumulaciones secundarias o --
bien proveniente de la roca, en este caso que se tienen -
suelos provenientes de material ígneo, las fuentes de ca-
liza son las dos primeras mencionadas.

Como se observa en la misma tabla no. 1, se pre-
sentan datos para un material calizo obtenido cerca de la
Estación Ventura, es conveniente establecer la calidad --
del material calizo que se adicione como mejorador básico
ya que la pureza de éste decide la cantidad real por apli-
car, tampoco debe descuidarse la finura, grado de hidrata-
ción etc., que influye en la efectividad del mejorador en
el suelo. Desde el punto de vista comercial, además de la
pureza de la caliza, es conveniente reportar valor de neu-
tralización en % de los distintos materiales calizos, el-
cual se expresa como el porcentaje de neutralización de -
un peso del material, similar a un peso de CaCO_3 puro.

VI - CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

En base a la discusión e interpretación de los resultados, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- a) La aplicación de mejoradores básicos a los suelos agrícolas contribuye al aprovechamiento de elementos nutrientes, tanto mayores como menores, lo que da por resultado que en algunos casos sea preferible aplicar mejoradores para corregir deficiencias de micronutrientes, ya que además del ahorro que ésto ocasiona, no se corre el riesgo de producir toxicidades por dosificación de cantidades mayores del fertilizante que necesita el suelo.
- b) Únicamente es necesario adicionar mejoradores básicos al suelo cuando el pH leído en suspensión acuosa, sea inferior a 6.3, debido a que los suelos con pH de 6.4 a 7.5 presentan condiciones óptimas para la aprovechabilidad de los nutrientes, por la mayor parte de los cultivos.
- c) De los métodos para requerimientos de cal ensayados, se concluye que el método estimativo basado en el pH y contenido de M.O. del suelo, únicamente proporciona una idea semi-cuantitativa de las necesidades de cal, por lo que se sugiere se practique en aquellos casos en que se necesite un resultado práctico inmediato y sea aplicable en áreas reducidas. La exactitud de este método puede compararse con la de las técnicas de campo.

- d) Los resultados obtenidos para el método S.M.P., - permiten afirmar que esta técnica funciona bien en aquellos suelos que contienen CaCO_3 en forma natural y que las proporciones de este compuesto estén por debajo del 5 %. Como los suelos -- con los que se trabajó cumplen esta condición, - se concluye que los resultados obtenidos por el método S.M.P., son los mejores y están correlacionados más estrechamente con las respuestas - de campo por las plantas.
- e) El método Woodruff se recomienda para aquellos - suelos que no contenga CaCO_3 en estado natural, ya que cuando se aplica este método a suelos -- con caliza, se obtendrán resultados más altos, - debidos a que no se considera el CaCO_3 presente en el suelo.
- f) Un análisis comparativo de los resultados obtenidos por los tres métodos ensayados permite establecer que los correspondientes al método estimativo, son mayores que los obtenidos por el método S.M.P. y menores que los calculados por el método woodruff, esta afirmación se cumple - para suelos que contienen bajas proporciones de caliza en estado natural.
- g) En estos suelos de regiones semi-áridas, los -- contenidos de M.O. totalmente incorporada al -- suelo en forma de humus y la fracción arcillosa tienen influencia sobre los requerimientos de - cal, de modo que aquellos suelos que sean po--- bres en M.O. y de bajo contenido en arcillas, - son susceptibles de elevar el pH por aplicación de cal.

- h) Es importante calcular el valor de neutralización de la cal agrícola que se vaya a aplicar, debido a que de esto depende la pureza en contenido de CaCO_3 .
Otros factores como la finura, grado de hidratación, composición química, deben considerarse particularmente cuando se apliquen calizas dolomíticas, margas, cretas, etc.
- i) Una observación adicional al aplicar mejoradores básicos, consiste en el mejoramiento en las condiciones de aereación del suelo, en la estructura o estado de agregación del mismo y en la intensificación de la actividad biótica particularmente de la capa superficial, lo cual contribuye a elevar el valor agrícola del suelo y mantenerlo en buenas condiciones de productividad.
- j) Como aspecto complementario del estudio, se presentan análisis para una roca caliza que es factible de ser utilizada como mejorador básico la cual presenta un valor de neutralización de 73.5 % que equivale a un tipo medio.

VII. - R E S U M E N

R E S U M E N .

En el presente trabajo se estudian las necesidades de mejorador básico (cal agrícola) para cuatro suelos obtenidos en el Municipio de San Luis Potosí.

De éstos, tres muestras corresponden a suelos superficiales, cuyas profundidades varían de 0-25 a 0-50 cms. y una muestra de subsuelo obtenida de 25-40 cms; así mismo se presentan análisis de roca caliza correspondientes a porcentajes de CaCO_3 y valor de neutralización, con objeto de establecer su calidad como mejorador agrícola.

Todos los sitios de muestreo son utilizados como de pastoreo y los niveles altitudinales varían de 1780 a 1980 m.s.n.m.

Se incluye una revisión bibliográfica acerca de los antecedentes y aplicación de cal agrícola en suelos, así como los efectos que esta práctica ocasiona y se presentan datos de análisis de suelos para: pH, contenidos de M.O., porcentajes de CaCO_3 y resultados para arenas, limo y arcillas, así como su clasificación textural.

Los resultados obtenidos de acuerdo con los 3 métodos ensayados que son S.M.P., Woodruff y estimativo en base al pH-M.O., permiten establecer que para suelos con bajos contenidos de caliza (menos de 5 %) el método más adecuado es el S.M.P., mientras que para este tipo de suelos, el método woodruff proporciona cifras altas, por lo que se recomienda para aquellos casos en que se tengan suelos sin caliza; finalmente el método estimativo pro---

porciona valores que se asemejan al promedio de los otros dos métodos ensayados.

Los efectos más favorables de la aplicación de mejoradores básicos, se manifiestan en el sentido de aumentar la aprovechabilidad de nutrientes para las plantas tanto mayores como menores e intensificar la actividad microbiológica y por otra parte, mejorar las propiedades físicas, particularmente las de agregación, aireación, permeabilidad, etc.

VIII. - BIBLIOGRAFIA

B I B L I O G R A F I A .

- Bear Firman E. ed. (1964)
CHEMISTRY OF THE SOIL
2a. Ed. Reinhold Publishing Co. 515 p.p.
- Boul S.W. (1965)
PRESENT SOIL-FORMATION FACTORS AND PROCESSES
IN ARID AND SEMI-ARID REGIONS.
Soil Aci. vol. 99 No. 1 : 45-49 p.p.
- Bonnet Juan A. (1960)
EDAFOLOGIA DE LOS SUELOS SALINOS Y SODICOS.
Puerto Rico 337 p.p.
- Corey R.B. (1964)
"QUIMICA AVANZADA DE SUELOS"
Curso Semestral, Colegio de Post-graduados
E.N.A. Chapingo Mex. mimeografiado 150 p.p.
- Fausser Otto (1965)
MEJORAMIENTO DE SUELOS AGRICOLAS
Manuales U.T.E.H.A. Ed. Hispano Americana
153 p.p.
- Guitian Ojea F. y Muños Taboadela M. (1960)
ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA.
Tomo XIX No. 5 Madrid España 261-270 p.p.
- Gros André (1960)
ABONOS. GUIA PRACTICA DE LA FERTILIZACION.
Ed. M.P. Madrid 367 p.p.

Grande López Raul (1974)

METODOS PARA ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS
EN SUELOS AGRICOLAS.
Instituto de Investigación de Zonas
Desérticas U.A.S.L.P. mimeografiado 74 p.p.

Huntsberger David V (1967)

STATISTICAL INFERENCE.
Allyn and Bacon.
Boston U.S.A. 398 p.p.

Ignatieff Vladimir (1952)

EL USO EFICAZ DE LOS FERTILIZANTES.
Publicación de la F.A.O.
Roma It. 228 p.p.

Keeney D.R.M.S.

THESIS UNIVERSIY OF WISCONSIN.
Madison 1961.

Laird Reggie J. y Nuñez E. Roberto. (1963)

FERTILIDAD DE SUELOS.
Escuela Nacional de Agricultura.
Colegio de Post-graduados
Chapingo Mex. 211 p.p.

Lyon T.L.-Buckman H.O. (1958)

EDAFOLOGIA. NATURALEZA Y PROPIEDADES
DEL SUELO.
Ed. Continental. México. 479 p.p.

Medina Mota J. Ed. (1974)

EL SURCO.
Julio-Agosto Vol. 79 No. 4
México 3-4 p.p.

- Mela Mela Pedro (1963)
TRATADO DE EDAFOLOGIA.
Segunda Edición.
Agrociencia.Zaragoza 615 p.p.
- Millar C.E.-Turk L.M.-Eoth H.D. (1961)
FUNDAMENTOS DE LA CIENCIA DEL SUELO.
Traducido por el I.Q. Angel Reinoso Fuller.
Ed. Continental Mex. 612 p.p.
- Ortiz Villanueva B. (1973)
EDAFOLOGIA.
Ed. Patena A.C.
Chapingo Mex. 291 p.p.
- Ortiz Monasterio Rafael (1958)
INGENIERIA HIDRAULICA EN MEXICO.
SUELOS SALINOS Y ALCALINOS.
S.R.H. México 43 p.p.
- Pelletier Cazares P. (1967)
BOLETIN DE GUANOS Y FERTILIZANTES DE MEXICO.
Jul-Agosto-Sept. No. 52
Año XII 2-11 p.p.
- Rusell E. John y Rusell E. Walter (1968)
LAS CONDICIONES DEL SUELO Y EL
CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.
Ed. Aguilar Madrid España 801 p.p.
- Richards L.A. Ed. (1954)
DIAGNOSTICO Y REHABILITACION
DE SUELOS SALINOS Y SODICOS.
S.A.G. Instituto Nacional de
Investigaciones Agrícolas 172 p.p.

Shoemaker H.E.-E.O. Mc. Lean - P.F. Pratt. (1961)
SOIL SCIENCE.
Soc. Am. Proc. 25: 274-277 p.p.

Tisdale Samuel L. and Wermer L. Nelson (1961)
SOIL FERTILITY AND FERTILIZERS.
The Macmillan Co. U.S.A. 430 p.p.

Whittaker Colin W - Anderson M.S.- Reitmer R.F. (1966)
ENCALADO DE SUELOS.
Centro Regional de Ayuda Técnica 35 p.p.

Woodruff C.M. (1947)
SOIL SCIENCE.
Am. Proc. 12: 141-142 p.p.

Esta Tesis se imprimió en Diciembre de 1975 en los Talleres de Impresos Offsali-G, S.A., con Oficinas en Av. de los Poetas No. 340 (Frente a la Ciudad Universitaria), Tel. 3-04-22 San Luis Potosi S. L. P.