

24-V-73

S. L. F.

SISTEMA DE BIBLIOTECAS
Instituto de Investigación de Zonas
Desérticas, UASLP

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

EX-LIBRIS



SISTEMA DE
BIBLIOTECAS

U. A. S. L. P.

**Estudio Físico y Químico de Suelos Agrícolas regados
con Aguas Negras del Municipio de Soledad Diez
Gutiérrez, S. L. P.**

TRABAJO RECEPTACIONAL

QUE PARA SU EXAMEN PROFESIONAL DE

QUIMICO

PRESENTA

ADDA PATRICIA DE LA COLINA FIERRO

A mis Padres:

Ramiro de la Colina Rojo.

Adda María F. de de la Colina.

A mi Hermano:

Federico Francisco de la Colina Fierro.

A Miguel Gerardo

Al Ing. y M. C. Raúl Grande López.

A mis Maestros

A mi Escuela

A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Al Instituto de Investigación de Zonas Desérticas

I . - I N T R O D U C C I O N

" ESTUDIO FISICO Y QUIMICO DE SUELOS AGRICOLAS REGADOS CON AGUAS
NEGRAS DEL MUNICIPIO DE SOLEDAD DIEZ GUTIERREZ, S. L. P. "

I N T R O D U C C I O N

El suelo en el que se practica la agricultura es un factor de gran importancia, ya que determina el rendimiento de las plantas que se han de cultivar. Las propiedades físicas, químicas y biológicas influyen en el desarrollo de la planta.

Un buen cultivo depende de gran número de factores como son : temperatura, precipitaciones pluviales, fertilidad y manejo de suelos - así como calidad del agua que se utilice para la irrigación.

El riego es un factor muy importante en el crecimiento de las plantas y de él depende el aprovechamiento de los elementos nutrientes disponibles, al grado que es posible encontrar en regiones áridas y - - semi-áridas suelos fértiles pero no productivos; fértiles porque disponen de buenas condiciones físicas y químicas, pero no productivos porque no disponen de agua para el desarrollo de las plantas.

El análisis de suelos proporciona datos sobre la cantidad de nutrientes fácilmente asimilables, asimismo permite conocer sus necesidades, estableciendo así las deficiencias y toxicidades de los elementos nutrientes en las plantas, e interviene básicamente en la recomendación de fertilizantes. Debido a las características del suelo y condiciones climatológicas, se requieren estudios separados para cada tipo de suelo.

La zona en estudio es del tipo desértico y semi-desértico, -- siendo característica esencial la escasa precipitación pluvial y su - - irregularidad. Las corrientes fluviales escasean y las existentes sólo acarrear agua en la época de lluvias. Al Sur se encuentra el río de Santiago que riega unas cuantas hectáreas y viene a terminar unos kilómetros al Noreste de Soledad. Existen también otros arroyos de poca importancia. Son muy valiosas las aguas semi-superficiales, pues con el objeto de aumentar la provisión de agua, se ha venido incrementando la per-

foración de pozos y aunque se han instalado depósitos de almacenamiento, no son suficientes para satisfacer las necesidades industriales, domésticas, agrícolas y ganaderas, de la región.

El 68,7 % de la población económicamente activa, se dedica a las actividades primarias como son la agricultura y la ganadería, teniendo preferencia por el cultivo de hortalizas y plantas forrajeras, de tal manera que predominan las pequeñas industrias derivadas de la agricultura y debido a la falta de recursos acuíferos, se ha visto la necesidad de recurrir al empleo de las aguas negras procedentes de la ciudad de San Luis Potosí, y que son almacenadas en un depósito situado en la villa de Soledad, desde donde son canalizadas para su distribución y utilización como agua de riego. Estos canales no han recibido la protección adecuada, por lo que es lógico suponer, exista contaminación.

En el presente trabajo se estudian las propiedades físicas y químicas de los suelos que son las que deciden su grado de fertilidad-utilización. Se determinan las propiedades características y la magnitud de los factores que permiten establecer las condiciones actuales y naturaleza del suelo, así como las alteraciones ocasionadas por el agua de desecho utilizada para la irrigación.

A G R A D E C I M I E N T O S

Por medio de estas líneas quiero hacer presente mi sincero agradecimiento al Sr. M.C. Raúl Grande López, bajo cuya dirección se efectuó este trabajo recepcional, tanto a nivel de laboratorio (del Departamento de Suelos del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la U. A. de S. L. P.), como en los trabajos de campo, por su efectiva colaboración, interés y asesoramiento en la elaboración del presente estudio.

Al Sr. Biol. Fernando Medellín Leal, Director del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la U. A. de S. L. P., por su decidido apoyo y las facilidades prestadas para la realización de este trabajo.

Al Sr. Ing. Eugenio Pérez Molphe, Director del Instituto de Geología y Metalurgia de la U. A. de S. L. P., por permitir la utilización de una balanza hidrostática que contribuyó para llevar a cabo las determinaciones de porosidad.

A la Srta. Q.I. Urbana Ramírez Ochoa, por sus valiosos consejos durante el proceso analítico del estudio. A la Srta. Ing. A. Sonia Nelly Salas de León, al Sr. Biol. J.U. Cabrera Pech, al Sr. Q.I. Enrique Díaz de León y al Sr. Carlos Alvarado por su gran ayuda durante los trabajos de campo.

Y en general a todo el personal del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, muy especialmente al Depto. de Biblioteca, y a todas las personas que en una forma u otra colaboraron en la realización del presente trabajo.

A N T E C E D E N T E S

Se encuentran antecedentes del área donde se realiza el trabajo en un Estudio Geohidrológico y Físico-Químico de los suelos en el -- municipio de Soledad Diez Gutiérrez (Medina R., F. 1961).

Rzedowski, J. (1965), hace referencia a algunas propiedades - de los suelos estudiados, relacionándolos con la influencia ejercida -- sobre la distribución de la vegetación en el área de trabajo.

Guanos y Fertilizantes de México ha realizado estudios sobre_ diagnósticos de fertilización en el estado de San Luis Potosí (Boletín_ de Guanos y Fertilizantes de México. Oct., Nov. y Dic. 1967).

Marroquín, J.S. et al (1964), en estudios efectuados por el - Instituto de Investigaciones Forestales, realizó un estudio ecológico - dasonómico de las zonas áridas del Norte de México, donde incluye datos de suelos pertenecientes a la región central y occidental del estado de San Luis Potosí, aunque ninguno de los sitios de muestreo corresponde - al municipio de Soledad Diez Gutiérrez.

El Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables en su_ Sa. Serie, Mareas Redondas sobre el problema del agua en México (1965),_ contiene un artículo que trata sobre el efecto desarrollado por el riego de aguas negras en el valle de Mexicali, aunque enfocado únicamente_ desde el punto de vista de salinidad.

Se han efectuado estudios sobre el empleo de las aguas negras para riego en los valles de México y de El Mezquital, Hgo. (Cuadra M.,_ J. 1967), con el fin de considerarlas como un recurso hidráulico y destinarse como fuente de abastecimiento de agua potable. Incluye investigaciones respecto a la calidad del agua negra, el peligro que representa su utilización en los cultivos, así como la contaminación de las capas subterráneas y estudios relativos a la calidad de los terrenos en - los cuales pudiera desarrollarse el riego que se propone.

II.- DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA EN QUE SE ENCUENTRAN LOS SUELOS AGRICOLAS OBJETO DEL ESTUDIO.

DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA EN QUE SE ENCUENTRAN LOS SUELOS AGRICOLAS
OBJETO DEL ESTUDIO.

S I T U A C I O N

El Municipio de Soledad Diez Gutiérrez está situado en el Valle de San Luis, formado por una faja angosta que se extiende de Sur - oeste a Noroeste. Comprende una superficie de 221,4 Km.²

Las coordenadas Geodésicas de la Cabecera Municipal son:

22 ^o	11'	03"	Latitud N.
100 ^o	56'	02"	Latitud W de Greenwich.

con una altitud de 1882 m.s.n.m.

Se encuentra limitado al Norte con el Municipio de Villa Hidalgo, al Sur y Oeste con el Municipio de San Luis Potosí y al Noreste con los Municipios de Armadillo y Cerro de San Pedro.

A C T I V I D A D E S

La población actual es de 12 591 habitantes, de los cuales -- 6 017 corresponden a la Cabecera Municipal.

Se encuentran 30 comunidades que incluyen 1 Villa, 19 Ranchos, 6 Ejidos, 1 Congregación y otras de menor importancia.

El 68,7 % de la población económicamente activa, se dedica a la agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca. El 12,8 % a las actividades industriales como construcción, de transformación, extractivas, electricidad y gas. El 18,5 % es para las actividades comerciales como son el comercio, transportes, servicios y otras actividades no especificadas.

C L I M A Y V E G E T A C I O N

La fórmula climática en símbolos de la clasificación de - - - Koeppen (1948) para esta zona, es la siguiente:

B S k w g

lo cual quiere decir:

tipo de clima Seco Estepario Frío, con temperatura media anual de 18° C; período de lluvias en la estación de verano (Junio a Octubre) y los meses de invierno son los más secos (Noviembre a marzo).

El tipo de vegetación que ocupa la mayor parte del Municipio, de acuerdo con la clasificación hecha por Rzedowski, J. (1965), corresponde al "matorral desértico micrófilo", anteriormente llamado "matorral desértico aluvial", Rzedowski, J. (1956).

En el "matorral desértico micrófilo" existe predominancia de las especies como *Prosopis juliflora* (mezquite), *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo), y de los géneros *Acacia* (huizache) y *Opuntia* (nopal) y algunos elementos arbustivos pequeños de menor importancia.

DESCRIPCION FISIOGRAFICA Y GEOLOGICA

En general la zona estudiada es una planicie formada por abundante material aluvial, principalmente conglomerados recientes de arenas y arcillas (Medina, R. F. 1961), que dan al terreno una apariencia uniforme, aunque al Noreste se encuentra una región ligeramente accidentada.

El Municipio de Soledad Diez Gutiérrez casi en su totalidad está constituido por rocas ígneas efusivas y sedimentarias. Entre las primeras se distinguen las riolitas de color rojizo y edad Terciaria; también los basaltos de color muy oscuro, probablemente del Cuaternario en las puntas de algunos cerros calizos (Rzedowski, G.C. de 1957). Las sedimentarias están constituidas por calizas de color gris azulado del Cretácico, formando capas de diverso grosor, intercalados con fajas de pedernal. Son abundantes los aluviones de edad Pliocénica y Pleistocénica, a consecuencia de grandes períodos de erosión, su coloración es pálida casi blanquizca.

MATERIALES Y METODOS

MUESTREO

Para que los suelos estudiados resultaran representativos, -- fueron seleccionados los sitios de muestreo en base al grado de alteración que presentaran, según el tiempo que se hubieran utilizado aguas -- de desecho para la irrigación. En esta forma es posible establecer una -- comparación entre las condiciones que presentara cada tipo de suelo.

Para obtener este tipo de comparación, se dividieron los si -- tios de muestreo en cuatro grupos:

Uno que corresponde a la zona que manifiesta el grado de alte -- ración mas intenso, siendo éste, la zona de desecación del antiguo ca -- nal colector de aguas negras.

El segundo corresponde a una región que ha sido regada con -- aguas negras durante un período de 12 a 20 años aproximadamente.

El tercer grupo está constituido por suelos con riego muy re -- ciente de aguas negras, más ó menos 1 a 2 años.

Y finalmente un área, que no mostrara ninguna alteración cau -- sada por esta clase de irrigación, para lo cuál se efectuó el muestreo -- en algunos sitios en donde se regara con agua de pozo.

El trabajo de campo se efectuó durante el mes de Diciembre de 1971 y se obtuvieron un total de 28 muestras de suelo correspondientes -- a 11 perfiles^o distribuidos de la siguiente forma:

2 perfiles de suelo en la zona de desecación del antiguo ca -- nal colector de aguas negras, 3 perfiles de suelo en la región que ha -- sido regada con aguas negras durante un período mayor, 3 perfiles de -- suelo en donde el riego de aguas negras es reciente y 3 perfiles de sue -- lo con riego de agua de pozo.

DESCRIPCION DE METODOS

El estudio se realizó siguiendo dos metodologías:

A) Métodos de Campo

El equipo de campo consistió de:

Brújula	Bolsas de polietileno
Altímetro	Etiquetas
Flexómetro	Barrena

y equipo portátil para determinaciones químicas preliminares.

Después de haber seleccionado el sitio de muestreo, se continuó con la localización y descripción de los perfiles de suelo, -- tomando datos complementarios como: altitud, topografía, vegeta -- ción, utilización, etc.

El muestreo se efectuó por medio de una barrena de 1,2 m. de longitud, con graduaciones a espacios de 10 cm., mediante los cuales se determinó la profundidad del perfil y el espesor de cada -- uno de los horizontes.

Las muestras de suelo se guardaron en bolsas de polietileno -- etiquetándolas con el número de perfil, y profundidad del horizonte correspondiente.

B) Trabajos de Laboratorio y Gabinete

Que constaron de:

Preparación de las muestras para su análisis y las determinaciones especificadas a continuación.

La preparación de las muestras de suelo, consistió en secado al aire, sobre papel y tamizado por la malla de 2 mm. de abertura,

se colocaron en frascos de vidrio, con el registro de laboratorio correspondiente. Para la determinación de Carbono Orgánico, se tamizó por la malla No. 100, y para la determinación de Porosidad, se trabajó con muestra inalterada (terrones).

Con el fin de identificar las propiedades físicas y químicas de los suelos estudiados, se practicaron en las muestras, las siguientes determinaciones:

F I S I C A S

Color	Porosidad
Densidad Real	Textura
y Porcentaje de Saturación.	

Q U I M I C A S

Conductividad Eléctrica	pH
Materia Orgánica	Carbono Orgánico
Nitrógeno Total	Nitrógeno Nítrico
Nitrógeno Amoniacal	Fósforo
Potasio	Calcio
y Magnesio.	

C O L O R

Existe cierta relación entre el color y algunas propiedades de los suelos como son: el contenido de materia orgánica, los minerales existentes, condiciones de drenaje y aereación.

En la mayoría de los suelos, los minerales primarios existentes son de color claro. Los suelos de color gris claro provienen de minerales disgregados, que han sufrido pocas transformaciones químicas.

El color oscuro de los suelos se debe principalmente al contenido de materia orgánica en cantidades apreciables y al elevado grado de descomposición de la misma. La materia orgánica imparte al suelo un

color gris, gris oscuro y café oscuro. Cuando la materia orgánica se acumula en las capas superficiales ocasiona coloraciones oscuras y las coloraciones claras de las capas inferiores indican, una disminución de la materia orgánica.

Si las condiciones de humedad y temperatura son favorables y el drenaje permite la aereación, el hierro existente, se oxida e hidrata ocasionando compuestos rojos y amarillos. El hierro se presenta en los minerales en descomposición como óxido ferroso soluble y con el agua se produce una oxidación, de tal manera que el hierro pasa al estado férrico y se deposita como óxido hidratado insoluble. La coloración amarilla nos demuestra que esta reacción se ha realizado. Después puede producirse una deshidratación formando compuestos con distintas tonalidades rojas. Cuando la oxidación se efectúa muy lentamente ó si las condiciones son contrarias a las de oxidación, resultarán colores pardos, grises, verdes ó azulados.

El color se determinó por método comparativo, con una escala de colores estandar (Munsell Color, Co. Inc., 1954). Se trabajó sobre suelo en estado seco y en estado húmedo. Se reportó la clave e interpretación de la misma.

La escala de colores Munsell consiste de una designación sistemática, numérica y literal de cada una de las tres propiedades variables del color.

El color puede describirse midiendo sus tres propiedades esenciales que son: matiz, luminosidad e intensidad. El matiz está relacionado con la longitud de onda dominante, es decir el color dominante del espectro. La luminosidad ó brillantez se refiere a la cantidad total de luz. La intensidad del color es la pureza relativa, de la longitud de onda que domina. Las tres propiedades deben ser dadas siempre en el mismo orden: matiz, luminosidad e intensidad.

La escala de colores Munsell consta de un juego de tarjetas con círculos coloreados. Los colores de cada tarjeta, poseen el mismo matiz, se encuentran colocados verticalmente de tal manera que su lumi-

osidad incrementa hacia arriba. La intensidad aumenta horizontalmente hacia la derecha.

El símbolo del matiz es la letra inicial del color del espectro, R = red (rojo); Y = yellow (amarillo), etc., precedido de un número que va del 0 al 10. Mientras mayor sea el número, será mas amarillo y menos rojo.

La notación para luminosidad consiste de un número entre 0 -- (que es para el negro absoluto) y 10 (que corresponde al blanco puro). Se indica como el numerador de un quebrado.

La intensidad se anota con un número que comienza con 0 para los grises neutros y puede llegar hasta 20, aunque estos valores tan altos no se presentan en suelos. Se indica como el denominador de un quebrado.

Finalmente después de haber anotado la clave, se interpreta el nombre del color correspondiente, y que aparece en la misma tarjeta.

Ejemplo:

10 YR 3/1 Gris muy oscuro

donde: 10 YR corresponde al matiz.

3/ corresponde a la luminosidad.

/1 corresponde a la intensidad.

Gris muy oscuro indica el nombre del color correspondiente.

La comparación del color, se hace cotejando directamente una porción de muestra de suelo seco, que se ha colocado en una placa de -- porcelana, enseguida se compara de igual manera en estado húmedo.

Aunque es difícil que la muestra sea exactamente igual a cualesquiera de los círculos coloreados que aparecen en la escala, se debe encontrar el color mas cercano al de la muestra.

Generalmente los colores para suelos en estado húmedo, son --
mas oscuros, y aunque varían en luminosidad e intensidad, el matiz es
el mismo que para la muestra de suelo en estado seco.

D E N S I D A D R E A L O P E S O E S P E C I F I C O

Se define como el peso de las partículas sólidas secas, compa
rado con el de un volúmen igual de agua. Se expresa en términos de masa
por unidad de volúmen, generalmente g./cm.³. La densidad de las partícu -
las tiene un valor promedio de 2,65 g./cm.³

La densidad de las partículas de un suelo no varía con la gra
nulación y el grado de compactación. Se ha discutido la densidad del --
suelo con relación al contenido de agua y la porosidad (Bodman 1942), -
preparando útiles nomogramas que indican la densidad del suelo, humedad
y relaciones con porosidad total.

Se determinó la densidad real del suelo por el Método del Pic
nómetro, reportando los resultados en g./cm.³

Equipo necesario:

Balanza Analítica.

Picnómetro con tapón esmerilado y exactamente calibrado.

Reactivos:

Agua destilada.

Xilol.

Procedimiento:

Se pesa el picnómetro vacío.

Se vuelve a pesar el picnómetro con una cantidad desconocida
de muestra de suelo.

Por último se pesa el picnómetro con la muestra de suelo y --
completando su volúmen con agua destilada.

La densidad está dada por el peso de agua desplazada, por la
muestra de suelo.

Cálculos: (Ejemplo)

Volúmen del picnómetro.	24,983 cm ³
Peso del picnómetro vacío.	30,453 g.
Peso del picnómetro + muestra de suelo.	31,792 g.
Peso del picnóm. + suelo + agua.	56,228 g.
Peso de la muestra de suelo. = (31,792 - 30,453)	= 1,339 g.
Peso del agua contenida. = (56,228 - 31,792)	= 24,436 g.
Como la densidad del agua es 1 g./cm ³ , se considera que el peso del agua es igual a su volúmen.	

Por lo tanto:

Volúmen de agua contenida.	24,436 cm ³
Agua desplazada. = (24,983 - 24,436)	= 0,547 cm ³

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volúmen}} = \frac{1,339 \text{ g.}}{0,547 \text{ cm.}^3} = 2,447 \text{ g./cm.}^3$$

Se pueden obtener valores para densidad, usando un líquido no polar como petróleo, xilol ó tetracloruro de acetileno, en lugar de agua (Richards, L.A., 1964).

Si el peso específico de una arcilla seca, se determina en agua y en un hidrocarburo no polar, se encuentra que la arcilla tiene una densidad mayor en el agua, debido a que las moléculas de agua quedan retenidas y orientadas cerca de la superficie de la arcilla, ocupando así un volúmen menor que si se encontraran libres (Russell, E.J., 1959).

Por esta razón, las determinaciones de densidad, se realizaron de las dos maneras, una utilizando agua destilada para medir el volúmen desplazado por la muestra de suelo y otra usando un líquido no polar, que en este caso fué xilol, de densidad = 0,877 g./cm³.

P O R O S I D A D

Se expresa como el por ciento del volúmen total de suelo que no está ocupado por partículas sólidas.

La porción de suelo que no está ocupada por materia sólida se

llama espacio-poro. Los espacios-poro son de gran importancia porque -- contienen aire y agua, en proporciones que varían constantemente.

La proporción del suelo ocupada por el espacio-poro es determinada principalmente por la textura, compactación y forma de las partículas. En suelos superficiales arenosos la porosidad varía de 35 a 50%. En suelos pesados, va de 40 a 60% y aun más en los casos con un alto -- contenido de materia orgánica y elevada granulometría.

La porosidad total se obtuvo por el método de la parafina, -- obteniéndose los resultados en por ciento.

Equipo necesario:

Balanza Hidrostática.

Reactivos:

Parafina (densidad = $0,900 \text{ g./cm}^3$).

Metil-etil-cetona.

Procedimiento:

La muestra de suelo, como se recibe del campo, sin destruir -- los terrones, se deja secar al aire sobre papel.

Se toma un terrón de 2 a 3 cm. de tamaño y se amarra con un -- hilo delgado y se pesa al aire.

Se sumerge el terrón en parafina a 60°C , para impermeabilizar -- la superficie y se vuelve a pesar al aire.

El terrón recubierto con parafina, se suspende al platillo de -- la balanza y se sumerge en metil-etil-cetona para obtener el peso del -- terrón recubierto y sumergido.

Cálculos:

Densidad de la metil-etil-cetona. = $0,800 \text{ g./cm}^3$

P = Peso del terrón al aire.

Pp = Peso del terrón recubierto con parafina.

p = Peso de la parafina.

Vp = Volúmen de la parafina.

Pps = Peso del terrón recubierto y sumergido.

Vmp = Volúmenes del terrón y de la parafina.

V_m = Volúmen del terrón.

D = Densidad del terrón.

D_r = Densidad real.

$$\% \text{ de Porosidad} = \frac{D_r - D}{D_r} (100)$$

Ejemplo:

$$P = 10,441 \text{ g.}$$

$$P_p = 21,536 \text{ g.}$$

$$p = (21,536 - 10,441) = 11,095 \text{ g.}$$

$$V_p = p/0,900 = 11,095/0,900 = 12,327 \text{ cm.}^3$$

$$P_{ps} = 3,660 \text{ g.}$$

$$V_{mp} = \frac{P_p - P_{ps}}{0,8 \text{ g./cm.}^3} = \frac{21,536 - 3,660}{0,800} = 22,345 \text{ cm.}^3$$

$$V_m = V_{mp} - V_p = 22,345 - 12,327 = 10,018 \text{ cm.}^3$$

$$D = P/V_m = 10,441/10,018 = 1,042 \text{ g./cm.}^3$$

$D_r = 1,790$ obtenida por el método del picnómetro.

$$\% \text{ Porosidad} = \frac{1,790 - 1,042}{1,790} (100) = 41,78$$

Las muestras de suelo, en las cuales se determinó el porcentaje de porosidad, son de una densidad muy baja, debido a la gran incorporación de materia orgánica. Generalmente en estas determinaciones, el peso del terrón recubierto con parafina, se efectúa sumergido en agua, pero en este caso no se obtuvieron los resultados deseados. Con objeto de obtener mejores datos, se utilizó un líquido de densidad menor que el agua y en el cual fuera insoluble la parafina. Este líquido se encontró era la metil-etil-cetona, de densidad = $0,800 \text{ g./cm.}^3$.

T E X T U R A

Se usa el término textura con relación al tamaño de las partículas en el suelo y que son básicas para su clasificación en las diferentes fracciones: arena, limo y arcilla.

El tamaño de las diferentes fracciones, se clasifica de la siguiente manera (U.S.D.A., 1960):

FRACCION		DIAMETRO en mm.
Arenas	- - - - -	2,0 - 0,05
Limo	- - - - -	0,05 - 0,002
Arcillas	- - - - -	menor que 0,002

El tamaño de las partículas se refiere únicamente a la porción inorgánica ó la insoluble en agua. La parte orgánica debe ser eliminada.

La velocidad y magnitud de muchas reacciones químicas y físicas dependen de la textura, ya que ésta determina la superficie en que tienen lugar las reacciones.

Las partículas de arena aumentan el peso de los suelos, y su capacidad de retención de agua es baja. Si están presentes en proporciones muy bajas, aumenta el tamaño de los espacios entre partículas, facilitando la aereación y el drenaje.

Las partículas de arcilla son altamente plásticas, muestran cohesión y adsorción. Su capacidad de retención de agua es muy alta debido a su estado coloidal.

El limo posee cierta plasticidad, cohesión y adsorción aunque en menor grado que la arcilla.

Para la obtención de la textura, se siguió el método del hidrómetro (Bouyoucos, G.J. 1928), y la clasificación correspondiente por medio del diagrama de texturas (U.S.D.A. 1960, Fig. No. 1)

Este método se basa en que la densidad de una suspensión acuosa de partículas finas, varía directamente con la cantidad de partículas en suspensión, y al dejarla en reposo disminuye a medida que se van sedimentando, según su diámetro y el tiempo transcurrido, de acuerdo con la Ley de Stokes.

Material y Equipo necesario:

Aparato dispersador.

Hidrómetro Bouyoucos. Escala 0 - 60 g./l.

Cilindros de sedimentación con 2 aforos 1 130 y 1 205 ml.

Cronómetro con aproximación de 1/10 de seg.

Termómetro. Escala 0° - 60°C.

Reactivos:

Solución defloculante:

Se pesan 219,2 g. de Hexa-metafosfato de sodio y 48,8 g. de Carbonato de sodio. Se disuelven en agua destilada y se completa hasta un volumen de 4 litros.

Alcohol Amílico.

Procedimiento:

Se pesan 50 g. de muestra de suelo y se colocan en la copa de dispersión, añadiendo agua hasta 5 ó 6 cm. bajo el borde.

Las muestras de suelo que poseen alto contenido de materia -- orgánica (mayor del 20%), deben ser tratadas previamente con agua oxigenada, con el fin de eliminar el material orgánico del suelo.

El procedimiento seguido fué el siguiente:

Se pesan 100 g. de la muestra seca al aire y tamizada por la malla de 2 mm. y se colocan en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. procurando usar una cantidad mínima de agua.

Se agregan unos cuantos ml. de agua oxigenada al 30%. Si se observa una reacción violenta, la operación se repite varias veces hasta que no haya formación de espuma. A continuación se calienta a 90°C y se añaden 5 - 10 ml. de agua oxigenada a intervalos de 1 hora, hasta -- que la materia orgánica no presente reacción alguna. Se continúa el calentamiento durante 30 minutos para eliminar cualquier exceso de materia orgánica.

Se lava 5 ó 6 veces con abundante agua, eliminándola por filtración y se deja secar al aire sobre papel, quedando así la muestra -- lista para iniciar el procedimiento normal, pesando 50 g. de muestra de suelo.

Agregue 35 ml. de solución defloculante y déjese dispersar -- durante 15 minutos.

Se pasa el contenido de la copa de dispersión, al cilindro de sedimentación y con el hidrómetro sumergido se completa el volumen con agua hasta la marca de 130 ml. Se saca el hidrómetro, se enjuaga y se seca.

Tapando la boca del cilindro, se agita fuertemente y se coloca rápidamente sobre la mesa de trabajo y a los 15 ó 20 segundos se introduce el hidrómetro. A los 40 segundos exactamente se hace la lectura.

Si al efectuar la lectura hay mucha espuma debida a la materia orgánica, se añaden unas gotas de alcohol amílico, antes de hacer la lectura. Se anota la lectura, y se toma la temperatura y hora en que se efectuaron. Se saca el hidrómetro, se enjuaga y se seca.

El contenido de sulfatos y cloruros de calcio y magnesio en la muestra de suelo, produce la floculación de la arcilla. Esto producirá resultados con error. Cuando este caso se presenta, se trata la muestra de la siguiente manera:

Se deja asentar el precipitado y se sifonea el agua que contiene sales de calcio y magnesio. Se añaden nuevamente 35 ml. de solución defloculante, se agita vigorosamente y se deja asentar.

Este tratamiento se repite hasta que no se produzca la floculación.

La segunda lectura se efectúa después de una hora exactamente y sin agitar la muestra. Se anota la lectura y se toma la temperatura.

Se corrigen las lecturas del hidrómetro añadiendo 0,36 por cada grado centígrado arriba de 19,4°C y sustrayendo la misma cifra por cada grado centígrado abajo de 19,4°C, puesto que el hidrómetro se encuentra calibrado a esa temperatura. (Tabla No. 1)

Cálculos:

La primera lectura corregida se multiplica por dos, para expresar los resultados en por ciento, ya que la muestra de suelo fué de 50 g., y se resta de 100. Esta diferencia corresponde al % de Arenas.

La segunda lectura corregida y multiplicada por dos, corresponde al % de Arcillas y si se resta de la primera lectura, la diferencia nos dará directamente el % de Limo.

La clasificación textural, se obtiene directamente del diagrama triangular de texturas (U.S.D.A. 1960).

Ejemplo:

1a. Lectura	Temperatura
+ 15,0	29,0°C
<u>3,24</u> (corrección)	
18,24	

$$18,24 \times 2 = 36,48$$

$$\% \text{ de Arenas} = 100 - 36,48 = 63,52$$

2a. Lectura	Temperatura
+ 8,0	30,0°C
<u>3,60</u> (corrección)	
11,60	

$$\% \text{ de Arcillas} = 11,60 \times 2 = 23,20$$

$$\% \text{ de Limo} = 36,48 - 23,20 = 13,28$$

La clasificación textural (Fig. No. 1) correspondió a:

Migajón Arcillo Arenoso Tipo: Medio

La clasificación textural se localiza en el diagrama triangular de texturas de la siguiente manera:

Los puntos correspondientes al porcentaje de arena, limo y arcilla se encuentran en las líneas respectivas que forman los lados del triángulo:

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

El punto correspondiente al porcentaje de limo, se proyecta en línea paralela al lado de la arcilla.

El punto correspondiente al porcentaje de arcilla, se proyecta en línea paralela al lado de la arena.

La textura será la que corresponda a la sección del triángulo en donde dos de las líneas de proyección se interceptan.

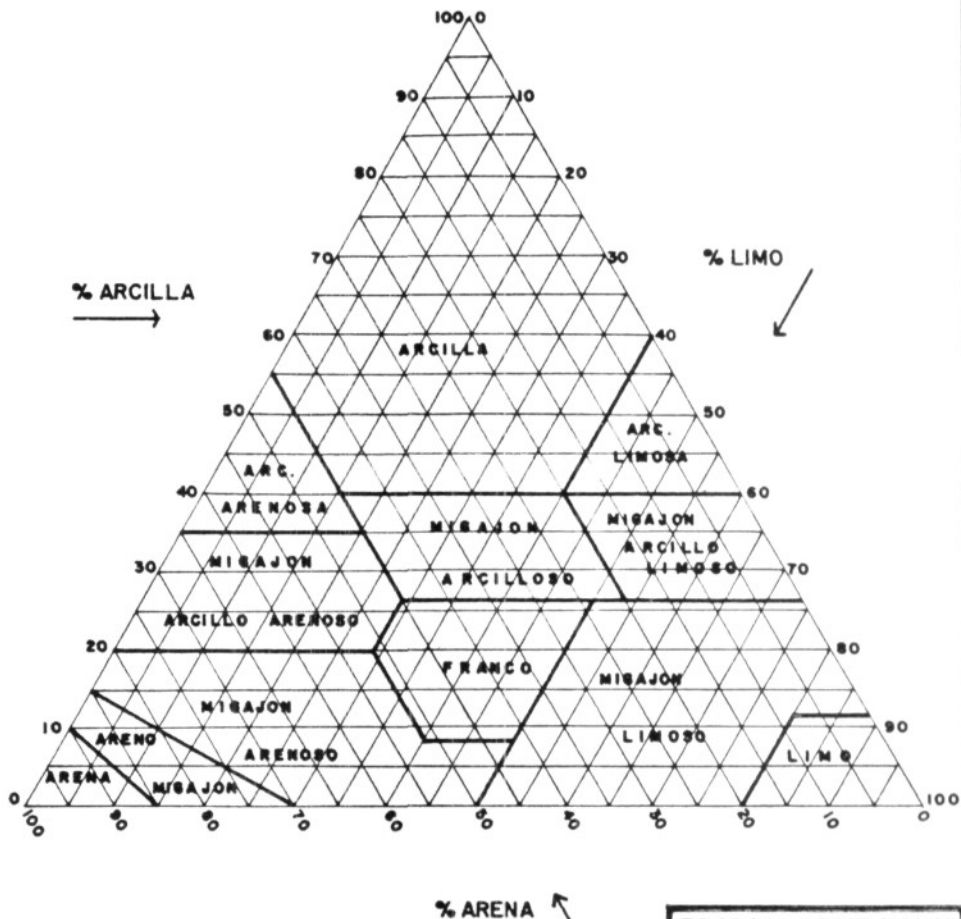
T A B L A N o. 1

CORRECCION POR TEMPERATURA A LAS LECTURAS
DEL HIDROMETRO CALIBRADO A 19,4°C.

Temp.	Corrección	Temp.	Temp.	Corrección	Temp.
-		+	-		+
19,4	0,000	19,4	15,8	1,296	23,0
19,3	0,036	19,5	15,7	1,332	23,1
19,2	0,072	19,6	15,6	1,368	23,2
19,1	0,108	19,7	15,5	1,404	23,3
19,0	0,144	19,8	15,4	1,440	23,4
18,9	0,180	19,9	15,3	1,476	23,5
18,8	0,216	20,0	15,2	1,512	23,6
18,7	0,252	20,1	15,1	1,548	23,7
18,6	0,288	20,2	15,0	1,584	23,8
18,5	0,324	20,3	14,9	1,620	23,9
18,4	0,360	20,4	14,8	1,656	24,0
18,3	0,396	20,5	14,7	1,692	24,1
18,2	0,432	20,6	14,6	1,728	24,2
18,1	0,468	20,7	14,5	1,764	24,3
18,0	0,504	20,8	14,4	1,800	24,4
17,9	0,540	20,9	14,3	1,836	24,5
17,8	0,576	21,0	14,2	1,872	24,6
17,7	0,612	21,1	14,1	1,908	24,7
17,6	0,648	21,2	14,0	1,944	24,8
17,5	0,684	21,3	13,9	1,980	24,9
17,4	0,720	21,4	13,8	2,016	25,0
17,3	0,756	21,5	13,7	2,052	25,1
17,2	0,792	21,6	13,6	2,088	25,2
17,1	0,828	21,7	13,5	2,124	25,3
17,0	0,864	21,8	13,4	2,160	25,4
16,9	0,900	21,9	13,3	2,196	25,5
16,8	0,936	22,0	13,2	2,232	25,6
16,7	0,972	22,1	13,1	2,268	25,7
16,6	1,008	22,2	13,0	2,304	25,8
16,5	1,044	22,3	12,9	2,340	25,9
16,4	1,080	22,4	12,8	2,376	26,0
16,3	1,116	22,5	12,7	2,412	26,1
16,2	1,152	22,6	12,6	2,448	26,2
16,1	1,188	22,7	12,5	2,484	26,3
16,0	1,224	22,8	12,4	2,520	26,4
15,9	1,260	22,9	12,3	2,556	26,5

FIG. No. 1 TRIANGULO DE TEXTURAS

(U . S . D . A . 1960 , p.254)



TRABAJO RECEPCIONAL

ADDA PATRICIA DE LA COLINA F.

1973 DIBUJO F F C F

P O R C I E N T O D E S A T U R A C I O N

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 (Richards, L.A. 1964).

El punto de saturación se obtiene cuando los espacios entre partículas que debían estar ocupados por aire, están saturados con agua.

La presencia de sustancias orgánicas solubles en el suelo, afectan la cantidad de agua necesaria para saturar un suelo.

El porcentaje de saturación determina en gran parte la capacidad de un suelo para proporcionar elementos nutrientes, almacenarlos y retener el agua.

El por ciento de saturación se obtuvo por el método descrito a continuación:

Material y Equipo necesario:

Balanza Granataria.

Recipientes de 200 ml. de capacidad.

Bureta graduada de 500 ml.

Espátula.

Procedimiento:

Se pesan 120 g. de suelo, y se colocan en un recipiente.

La pasta de suelo saturada se prepara agregando determinada cantidad de agua destilada, por medio de una bureta graduada y mezclando perfectamente con una espátula.

La pasta está en el punto de saturación cuando brilla al reflejar la luz, fluye ligeramente al inclinar el recipiente y se desliza fácilmente de la espátula dejándola limpia. La pasta no debe acumular agua en la superficie.

Se deja reposar durante 1 hora, para luego comprobar el punto de saturación.

Para casos especiales, como fueron las muestras de suelo obtenidas en la zona de desecación del antiguo canal colector de aguas de -

gras, se necesitaron precauciones especiales, debido a la gran incorporación de materia orgánica.

Este tipo de suelo requirió un período previo de humedecimiento (24 horas), para alcanzar el punto final bien definido, ya que después del primer humedecimiento, pierde brillo y se endurece al dejarlo en reposo (Richards, L.A. 1964). Al agregar agua y mezclar nuevamente, se conservan las propiedades de la pasta saturada.

Cálculos:

$$\% \text{ de Saturación} = \frac{\text{Peso de agua empleada.}}{\text{Peso de la muestra de suelo.}} (100)$$

Ejemplo:

Peso de agua empleada = 29 g.

Peso de la muestra de suelo = 120 g.

$$\% \text{ de Saturación} = \frac{29}{120} (100) = 24,16$$

p H

Se define como el logaritmo decimal, de la recíproca de la concentración en g./l. de iones hidrógeno, de un sistema.

Se utiliza para expresar los valores de acidez ó alcalinidad, en los suelos. Los valores de pH dependen de las características del suelo, la concentración del bióxido de carbono disuelto, el contenido de agua al cual se efectúa la determinación, la concentración y composición de las sales solubles que se encuentran presentes.

La alcalinidad es resultado de la acumulación de sales como: calcio, magnesio y sodio, que se hidrolizan, dando lugar a una reacción alcalina.

Un factor de gran importancia en la reacción de la solución del suelo es el bióxido de carbono.

La materia orgánica que contienen los suelos al descomponerse libera bióxido de carbono, que se transforma en ácido carbónico con la misma humedad del suelo, esto indica que se ha producido una reacción ácida y que es mayor la concentración de iones hidrógeno. Esto servirá para solubilizar algunos de los nutrientes del suelo, haciéndolos aprovechables por las plantas.

pH mayores de 7,0 corresponden a suelos alcalinos.

pH mayores de 8,5 indican la presencia de sodio hidrolizado y se denominan suelos sódicos.

pH de 7,0 indica un suelo neutro.

pH inferiores de 4,5 contienen ácidos libres, e indican la presencia de cantidades considerables de iones hidrógeno.

El pH se determinó por el método electrométrico, utilizando un potenciómetro Beckman H-2. Las lecturas se realizaron en suspensión acuosa de relación suelo-agua 1:2,5 (Jackson, M.L. 1964), en suspensión salina de relación suelo-solución KCl 1N. 1:2,5 (Jackson, M.L. 1964) y en el extracto de saturación del suelo, que se obtuvo a partir de la pasta saturada de suelo, por filtración a presión de vacío.

Los valores de pH varían según el método utilizado, por lo cual es necesario especificar el procedimiento seguido. Mientras mas diluida sea la suspensión acuosa de un suelo, mas alto será el valor de pH para suelos de reacción alcalina; para suelos de reacción ácida y neutra, los pH son generalmente menores a mayores diluciones del suelo (Bonnet, J.A. 1960). Si el agua es pura es decir que no contiene sales disueltas ó si su concentración es muy pequeña, parte de los iones de la superficie de una partícula de suelo se disocian y pasan a la solución, aunque la mayor parte quedan muy cerca de la superficie de la partícula. Estos iones formaran lo que se conoce como efecto de doble capa difusa (Russell, J.E. y Russell, W.E. 1959); doble porque la superficie de una partícula de arcilla tiene cargas negativas y el agua pura, cargas positivas; difusa porque las cargas positivas se distribuyen por todo un volumen y las cargas negativas únicamente sobre una superficie. El espesor de esta doble capa, ó sea la distancia media a la que los iones se separan de la superficie, disminuye a medida que aumenta la

concentración de sales disueltas en la solución. Los cationes divalentes reducen el espesor de esta capa más fácilmente que los monovalentes. La presencia de la doble capa difusa, produce una diferencia de potencial, entre la superficie de la partícula y el volumen de la solución.

Con objeto de reducir el espesor de la doble capa difusa, los valores de pH fueron determinados en suspensión salina de KCl 1N., pues mientras más concentrada sea la solución salina, más delgada será la doble capa. Lo anterior trae como consecuencia que los valores de pH determinados en suspensión salina de KCl 1N., sean menores en aproximadamente 1 unidad, en relación a los pH obtenidos en suspensión acuosa.

Los valores de pH fueron también determinados en el extracto de saturación, porque las concentraciones de sales en el extracto del suelo son aproximadamente la mitad de las que presentaría en la disolución, que por la humedad del suelo tiene en el campo.

Material y Equipo necesario:

Balanza Granataria.
Potenciómetro Beckman H-2.
Electrodo indicador, de vidrio.
Electrodo de referencia, de calomel.
Recipientes de 200 ml.
Varillas de vidrio para agitar.
Termómetro. Escala 0° - 60°C.

Reactivos:

Solución buffer pH = 7,0.

Solución de KCl 1N. :

Se pesan exactamente 74,557 g. de KCl y se disuelve en agua destilada, completando su volumen a 1 lt.

Procedimiento:

Se pesan 20 g. de suelo y se colocan en un recipiente, agregando 50 ml. de agua destilada, si la determinación se efectúa en suspensión acuosa. Si es en solución salina, se añadirán 50 ml. de solución de KCl 1N., en lugar de agua destilada.

Se deja reposar por una hora, agitando 3 ó 4 veces durante este período de tiempo, para equilibrar el CO_2 de la atmósfera, con el CO_2 de la interfase suelo-solución.

Antes de hacer las lecturas, se estandariza el aparato con solución buffer pH = 7,0, ajustando la temperatura previamente.

El pH de la suspensión se lee agitando inmediatamente antes de sumergir los electrodos en la suspensión.

C O N D U C T I V I D A D E L E C T R I C A

La conductividad eléctrica es la recíproca de la resistencia eléctrica y se expresa en mmhos/cm. a 25°C . Se utiliza para evaluar semicuantitativamente el contenido de sales solubles en el suelo.

El extracto de saturación de suelo es el que por análisis de las especies iónicas, proporciona la cantidad mas exacta de sales solubles en el mismo. El porcentaje de saturación corresponde a la humedad que un suelo con drenaje normal, retiene en el campo, después de una lluvia ó un riego (Ortiz Monasterio, M.R. 1959).

Se consideran suelos salinos aquellos que contienen una concentración alta de sales solubles, principalmente cloruros y sulfatos de calcio, magnesio, sodio y potasio. También pueden existir cantidades pequeñas de bicarbonatos; así como sales relativamente insolubles como sulfatos y carbonatos de calcio.

Los carbonatos, especialmente de sodio, disuelven la materia orgánica, dando así un color oscuro a la solución. Este color oscuro puede deberse también al cloruro de calcio ó al nitrato de sodio.

En los suelos salinos es común el predominio de cloruro de sodio. Los carbonatos ejercen una influencia corrosiva, disolviendo las partes de las plantas con las cuales están en contacto.

Los valores de conductividad eléctrica fueron determinados por lectura directa en un puente de Wheatstone, se trabajó en el extracto de suelo saturado, y los resultados expresados en mmhos/cm. a 25°C , se interpretaron de acuerdo con la Tabla No. 2.

Material y Equipo necesario:

Bomba de vacío.

Embudos Buchner.

Matraces para filtración a vacío.

Papel filtro 1 F.

Tubos de ensaye.

Puente de conductividad eléctrica de Wheatstone solu-bridge - soil tester RD-26, con celda de pipeta.

Termómetro. Escala 0° - 60°C .

Tubos viales.

Reactivos:

Solución saturada de Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Obtención del extracto de saturación a partir de la pasta de suelo saturado:

Se coloca en un embudo el papel filtro, de modo que no queden burbujas de aire y se transfiere la pasta de suelo saturado, ayudado -- con una espátula.

Se recibe el filtrado en un tubo de ensaye que se ha colocado dentro del matraz para filtración a vacío.

Si el filtrado es turbio, debe volverse a filtrar, regresándolo nuevamente al embudo. Si la pasta se agrieta, deben taparse las hendiduras con una espátula.

Procedimiento:

La exactitud de la escala del puente, debe ser previamente -- calibrada con una solución saturada de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. La lectura para esta solución debe ser 2,2 mmhos/cm. a 25°C .

Se transfieren 5 ó 6 ml. del extracto de pasta de suelo saturado a un tubo vial y se le toma la temperatura.

Se enciende el aparato y se coloca el botón de temperatura a la que indique el termómetro en el extracto.

Se lava la celda con el extracto y se llena nuevamente.

La aguja de la escala indica directamente el valor de la conductividad eléctrica cuando el ángulo sombreado, alcance la mayor abertura.

Las lecturas son expresadas directamente en mmhos/cm. a 25°C .

T A B L A N o. 2

E S C A L A D E S A L I N I D A D °

Conductividad del extracto de saturación del suelo. mmhos/cm. 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

° (Jackson, M.L. 1964)

M A T E R I A O R G A N I C A - C A R B O N O O R G A N I C O
Y N I T R O G E N O T O T A L

La materia orgánica del suelo proviene generalmente de resí -
duos vegetales y animales en estado de descomposición. Está constituida
por: a) Compuestos orgánicos no nitrogenados: como almidones, azúcares,
celulosa, lignina, grasas, resinas y ácidos orgánicos. b) Compuestos --
nitrogenados: como proteínas, y c) Constituyentes minerales: en donde -
se encuentran incluidos los nutrientes que resultan de la descomposi --
ción de la materia orgánica.

La descomposición consiste esencialmente de un proceso de com -
bustión, para el cual requiere grandes cantidades de oxígeno que provie -
ne del aire. La velocidad de descomposición depende principalmente de -
la aereación, humedad y temperatura del suelo.

La materia orgánica es de gran importancia para el desarrollo
de las plantas, porque afecta física y químicamente las propiedades del
suelo. El color oscuro de los suelos se debe al contenido de materia -
orgánica. Aumenta su capacidad de retención de agua y mejora la estruc -
tura. Funciona como cementante al unir las partículas del suelo forman -
do grumos, de tal manera que aumenta la porosidad; favoreciendo así el -
movimiento de agua y aire. Mejora al suelo porque retiene los elementos
nutrientes aprovechables para las plantas.

Cuando se encuentra en alto grado de descomposición, actúa --
con propiedades coloidales, es decir que absorbe grandes cantidades de -
agua, reteniéndola en los espacios entre partículas. Los materiales or -
gánicos coloidales pueden actuar como amortiguadores en el suelo, difi -
cultando los procesos que producen los cambios de reacción.

El carbono es un constituyente característico de la materia -
orgánica, el cual al combinarse con el oxígeno, produce el desprendi --
miento de bióxido de carbono, que reacciona en el suelo dando lugar al -
ácido carbónico, carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio y pota -
sio.

El bióxido de carbono se transforma en ácido carbónico, con el agua contenida en el suelo, esta acidez facilita la asimilación de los elementos nutrientes por las plantas.

Pero no todo el carbono que se encuentra en el suelo es de tipo orgánico. El carbono orgánico solo incluye las formas de carbono elemental, como el carbón vegetal y residuos de plantas y animales en estado de descomposición.

Otro de los constituyentes constantes en la materia orgánica es el nitrógeno, y la mayor parte de éste que existe en el suelo, se encuentra en forma orgánica, donde gradualmente se transforma en amoníaco por hidrólisis enzimática. Este proceso de transformación se denomina amonificación y es provocado por bacterias y hongos. Si las condiciones lo permiten, los iones amonio se oxidan pasando a nitritos y posteriormente a nitratos.

Para la determinación del carbono orgánico se siguió el método de combustión húmeda de Walkley-Black modificado (Jackson, M.L. - - 1964). Los resultados fueron expresados en por ciento.

El contenido de materia orgánica fué calculado multiplicando por el factor convencional 1,724, para pasar de carbono orgánico a materia orgánica, este factor se basa en que la materia orgánica del suelo contiene 58% de carbono orgánico. El nitrógeno total fué obtenido dividiendo los valores de materia orgánica por 20, ya que ha sido demostrado que para suelos agrícolas, la relación entre el contenido de materia orgánica y el nitrógeno total es de 20:1 (Jackson, M.L. 1964).

Material y Equipo necesario:

Balanza analítica.

Matraces Erlenmeyer de 250 ml.

Buretas de 50 ml.

Tamiz No. 100

Frasco gotero de 25 ml.

Reactivos:

Solución de dicromato de potasio 1N.:

Se disuelven 49,04 g. de $K_2Cr_2O_7$ en agua y se afora en -
matraz volumétrico a 1 lt. con agua destilada.

Acido sulfúrico concentrado:

Se disuelven 25 g. de Ag_2SO_4 en 1 lt. de ácido sulfúrico
concentrado.

Indicador ortofenantrolina-sulfato ferroso 0,025 M.:

Se disuelven 14,85 g. de ortofenantrolina y 6,95 g. de -
sulfato ferroso en agua y se completa su volúmen a 1 lt.

Solución de sulfato ferroso 1N.:

Se disuelven 278 g. de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ en aproximadamente - -
400 ml. de agua destilada, se añaden 15 ml. de ácido sul-
fúrico concentrado y se deja enfriar la solución. Se di-
luye a 1 lt. con agua destilada. Antes de cada determina-
ción debe titularse la solución, con dicromato de pota-
sio 1N., ya que se oxida por la exposición al aire.

Procedimiento:

Se pesan 0,5 g. de la muestra de suelo que ha sido pasada por
el tamiz No. 100 y se colocan en un matraz Erlenmeyer de 250 ml., se le
agregan 10 ml. de solución de dicromato potásico 1N. y se agita.

Se añaden 10 ml. de ácido sulfúrico concentrado, dejándolo --
resbalar por las paredes del matraz y mezclándolo lentamente.

Se deja reposar por 30 minutos.

Dilúyase con agua hasta un volúmen aproximado de 100 ml. y --
agréguense 4 ó 5 gotas del indicador.

Títulese con la solución de sulfato ferroso, hasta el punto -
final de la reacción que se conoce por el viraje de color verde al ro-
jo.

Quando la muestra de suelo requiere un gasto de solución fe-
rrosa menor de 4 ml., su contenido en materia orgánica es muy alto, y -
la oxidación del carbono orgánico es incompleta, por lo que debe pesar-
se una muestra mas pequeña (0,100 g.) y repetirse la determinación.

Cálculos:

% de Materia Orgánica = $\frac{10 F}{S - T}$

$$F = 1,0 \times \frac{12}{4000} \times \frac{1,724}{0,77} \times \frac{100}{P}$$

en donde:

1,0 = Normalidad de la solución de dicromato de potasio.

$\frac{12}{4000}$ = miliequivalente del carbono.

1,724 = Factor convencional para pasar de carbono orgánico a materia orgánica.

0,77 = Factor de recuperación. Ya que por este método solo se determina el material fácilmente oxidable, que es el - 77 %.

P = Peso de la muestra (0,5 g.).

10 = Volúmen de solución de dicromato de potasio 1N. en ml.

S = ml. gastados de solución de sulfato ferroso, para la titulación en blanco, es decir sin muestra de suelo.

T = ml. gastados de solución de sulfato ferroso en la titulación de la muestra de suelo.

Para 0,5 g. de muestra de suelo:

$$F = 1,0 \times \frac{12}{4000} \times \frac{1,724}{0,77} \times \frac{100}{0,5} = 1,34$$

$$\% \text{ de Materia Orgánica} = \frac{10 F}{S} (S - T) = \frac{10 \times 1,34}{S} (S - T)$$

$$\% \text{ de Materia Orgánica} = \frac{13,4}{S} (S - T)$$

Ejemplo:

S = 10,7 ml.

T = 6,25 ml.

$$\% \text{ de Materia Orgánica} = \frac{13,4}{10,7} (10,7 - 6,25) = \frac{13,4}{10,7} (4,45)$$

$$\% \text{ de Materia Orgánica} = 5,57$$

Como la materia orgánica contiene el 58% de carbono:

$$\% \text{ de Carbono Orgánico} = \% \text{ de Materia Orgánica} \times 0,58$$

$$\% \text{ de Carbono Orgánico} = 5,57 \times 0,58$$

$$\% \text{ de Carbono Orgánico} = 3,23$$

Para suelos agrícolas la relación entre la materia orgánica y el nitrógeno total es de 20:1 , por lo tanto:

$$\% \text{ de Nitrógeno total} = \frac{\% \text{ de Materia Orgánica}}{20}$$

$$\% \text{ de Nitrógeno total} = \frac{5,57}{20}$$

$$\% \text{ de Nitrógeno total} = 0,278$$

E L E M E N T O S N U T R I E N T E S

El grupo de elementos que son esenciales para el desarrollo de las plantas, se les denomina elementos nutrientes.

Los elementos nutrientes pueden encontrarse en forma asimilable y no asimilable. La cantidad de nutrientes asimilables en el suelo es generalmente pequeña, aunque al mismo tiempo puede haber cantidades mayores de nutrientes no asimilables.

Se consideran elementos mayores, los nutrientes que son utilizados por las plantas en cantidades relativamente grandes, y elementos menores aquellos que son utilizados en proporciones pequeñas.

En este estudio fueron determinados los siguientes elementos mayores:

Nitrógeno en forma nítrica y amoniacal, potasio, fósforo, calcio y magnesio.

La mejor manera de determinar la cantidad de elementos nutritivos en el suelo, es en el análisis de la solución del mismo.

Preparación del extracto de suelo utilizado en las determinaciones de nitrógeno en forma nítrica y amoniacal, y del potasio (Navarro, A.C. 1957).

Material y Equipo necesario:

Balanza analítica.

Probeta de 25 ml.

Matraces Erlenmeyer de 50 ml.

Vasos de precipitado de 50 ml.

Embudos de vidrio.

Papel filtro Whatman No. 2.

Reactivos:

Carbón Darco G-60.

Solución extractiva:

Se prepara disolviendo 100 g. de acetato de sodio en 400 ml. de agua destilada, se agregan 30 ml. de ácido acético glacial y se completa hasta un volumen de 1 lit. El pH de la solución debe ser ajustado a 4,8.

Procedimiento:

Se pesan 5 g. de muestra de suelo y se colocan en un vaso de precipitado, se añaden aproximadamente 0,25 g. de carbón Darco G-60. Si los suelos son ricos en materia orgánica, se duplica la cantidad de carbón.

Se agregan 25 ml. de solución extractiva y se mezcla perfectamente, dejándose reposar durante 30 minutos, agitando 3 ó 4 veces en este período de tiempo.

Se filtra y recoge el extracto en un matraz Erlenmeyer.

Este extracto contiene la cantidad de nutrientes que se encuentran en forma asimilable en la solución del suelo.

N I T R O G E N O N I T R I C O Y A M O N I A C A L

Como ya se dijo antes, gran parte del nitrógeno existente en los suelos, se encuentra en forma orgánica. La mayor parte de la materia orgánica nitrogenada está compuesta por proteínas que en esa forma no pueden ser asimiladas por las plantas. Los compuestos orgánicos nitrogenados, debido a la acción enzimática sufren una serie de transformaciones que dan como resultado final la obtención de compuestos aminados en donde aparece como producto secundario el amonio. Los compuestos aminados son generalmente los primeros productos de la descomposición de los materiales orgánicos nitrogenados. El proceso de formación del nitrógeno a la forma amoniacal, se llama amonificación.

La amonificación se efectúa en presencia de suelos aerados y bien drenados. El nitrógeno amoniacal es fácilmente asimilable por las plantas, aunque debe haber presente una cierta cantidad de nitrógeno en forma de nitrato.

La formación de los nitratos se realiza a partir del amoníaco en un proceso de oxidación enzimática. Este proceso se conoce como nitrificación.

Esta transformación tiene dos fases: en la primera se obtienen los nitritos y en la segunda los nitratos. La segunda fase es tan cercana a la primera, que no hay exceso de nitritos. La nitrificación se ve favorecida por la presencia de calcio, y su intensidad depende de la aereación, temperatura, humedad y cal activa (Lyttleton Lyon, T. y Buckman, H.O. 1958).

La determinación del nitrógeno amoniacal se realizó por método colorimétrico (Navarro, A.C. 1957), expresándose los resultados en p.p.m.

Material y Equipo necesario:

Colorímetro fotoeléctrico Klett-Summerson. Modelo 900-3.

Filtro No. 420.

Tubos de ensaye.

Reactivos:

Solución estandar concentrada:

Se disuelven 0,0471 g. de sulfato de amonio en 500 ml. de solución extractiva. Esta solución contiene 20 p.p.m. de nitrógeno amoniacal.

Solución de hidróxido-tartrato-sódico:

Se disuelven 40 g. de $\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en 300 ml. de agua destilada. Se agregan 13 g. de NaOH y se añora a un litro.

Solución de goma Gathi:

Se disuelven 10 g. de goma Gathi en 195 ml. de agua destilada y se añaden 5 ml. de reactivo de Nessler. Se deja sedimentar durante 5 días.

Reactivo de Nessler:

Se disuelven 45,5 g. de HgI_2 y 35 g. de KI en agua destilada, añadiendo a continuación 112 g. de KOH. Se deja enfriar la solución y se diluye hasta 500 ml. Se deja reposar durante 5 días.

Procedimiento:

Se toma 1 cc. del extracto de suelo en un tubo de ensaye agregando 2 cc. de agua destilada y se agita. Se añade 1 ml. de solución de

hidróxido-tartrato-sódico resbalando por la pared del tubo. Se mezcla perfectamente y se agregan 4 gotas de goma Gathi y 3 gotas del reactivo de Nessler. Se agita y 10 minutos después se hace la lectura en el colorímetro.

Previamente el aparato ha sido ajustado a 100% de transmitancia con un testigo en blanco. Este testigo se preparó de igual manera que la solución problema, pero utilizando agua destilada en vez del extracto de suelo. Posteriormente se lee en el aparato un testigo de comparación que fué obtenido de la siguiente manera:

Se toma una alícuota de 0,75 ml. de solución estandar concentrada, se agregan 0,25 ml. de solución extractiva y se añaden los mismos reactivos que para los extractos de suelo. Este testigo de comparación corresponde a 75 p.p.m. de nitrógeno amoniacal.

Cálculos:

$$\text{Factor} = \frac{75}{\text{Lectura obtenida en el colorímetro por el testigo de comparación.}}$$

$$\text{p.p.m.} = \text{Factor} \times \text{Lectura del extracto de suelo.}$$

Ejemplo:

Lectura obtenida por el testigo de comparación = 320

$$\text{Factor} = \frac{75}{320} = 0,234$$

Lectura obtenida por el extracto de suelo = 126

$$\text{p.p.m. de nitrógeno amoniacal} = 0,234 \times 126$$

$$\text{p.p.m. de nitrógeno amoniacal} = 29,48$$

Las determinaciones de nitrógeno nítrico fueron realizadas -- por método colorimétrico (Navarro, A.C. 1957), obteniéndose los resultados en p.p.m.

Material y Equipo necesario:

Colorímetro fotoeléctrico Klett-Summerson. Modelo 900-3.

Filtro No. 420.

Tubos de ensaye.

Reactivos:

Solución de brucina:

Se disuelven 4 g. de brucina en 100 ml. de CHCl_3 .

Acido sulfúrico concentrado de densidad 1,85 g./ml.

Solución estandar concentrada:

Se disuelven 0,0361 g. de KNO_3 en 500 ml. de solución extractiva. Esta solución contiene 10 p.p.m. de nitrógeno nítrico.

Procedimiento:

Se toma 1 ml. de extracto de suelo en un tubo de ensaye, se agregan 12 gotas de solución de brucina, se sumerge el tubo en hielo y se dejan resbalar por las paredes del tubo 4 ml. de ácido sulfúrico concentrado. Después de 15 minutos se efectúa la lectura en el colorímetro que ha sido ajustado a 100% de transmitancia, con un testigo en blanco preparado de igual manera que los extractos de suelo, pero tomando agua destilada en lugar de solución problema, posteriormente se lee en el -- aparato un testigo de comparación que se obtuvo de la siguiente manera:

Se toman 0,8 cc. de la solución estandar concentrada y se añaden 1,2 ml. de solución extractiva y se sigue el mismo procedimiento -- que para la solución problema. Este testigo contiene 20 p.p.m. de nitrógeno nítrico.

Cálculos:

$$\text{Factor} = \frac{20}{\text{Lectura obtenida en el colorímetro por el testigo de comparación.}}$$

p.p.m. = Factor X Lectura del extracto de suelo.

Ejemplo:

Lectura obtenida por el testigo de comparación = 390

$$\text{Factor} = \frac{20}{390} = 0,0512$$

Lectura obtenida por el extracto de suelo = 290

p.p.m. de nitrógeno nítrico = 290 X 0,0512

p.p.m. de nitrógeno nítrico = 14,84

P O T A S I O

Puede decirse en forma general, que se encuentran proporciones altas en el contenido total de potasio, aunque las cantidades aprovechables son menores debido a la forma potencial en que se presenta. Especialmente en suelos de textura arenosa, el contenido es casi siempre bajo.

Existe cierta relación entre la textura del suelo y el contenido de potasio aprovechable, ya que al aumentar la cantidad de algunas arcillas, aumenta la cantidad de potasio asimilable.

El potasio es esencial en varios procesos fisiológicos de las plantas, interviene en su metabolismo y aumenta el desarrollo del sistema radicular. También desempeña un papel muy importante en la síntesis de los hidratos de carbono y de las proteínas, y es necesario para la formación de clorofila.

Las determinaciones de potasio fueron realizadas por método colorimétrico (Navarro, A.C. 1957), los resultados obtenidos fueron reportados en p.p.m.

Material y Equipo necesario:

Colorímetro fotoeléctrico Klett-Summerson. Modelo 900-3.

Filtro No. 660.

Tubos de ensaye.

Reactivos:

Solución estandar concentrada:

Se pesan 0,0763 g. de KCl y se disuelven en 1000 ml. de solución extractiva. Esta solución contiene 40 p.p.m. de potasio.

Formaldehído Q.P. al 37 %.

Cobaltinitrito de sodio:

Se disuelven 0,5 g. de $\text{Co}(\text{NO}_2)_3 \cdot 3\text{NaNO}_2$ en 7,5 ml. de agua destilada. Este reactivo debe ser preparado al momento de usarlo.

Alcohol Isopropílico Q.P.

Procedimiento:

Se toman 2 ml. del extracto de suelo en un tubo de ensaye, se añaden 6 gotas de formaldehído, se agita y deja reposar la mezcla durante 5 minutos.

Se agrega 1 ml. de cobaltinitrito de sodio y se vuelve a agitar.

Por las paredes del tubo se dejan resbalar 2 ml. de alcohol isopropílico, de manera que se forme una capa sobre la mezcla anterior.

Se agita vigorosamente durante 30 segundos, y 25 minutos después se hace la lectura en el colorímetro que ha sido ajustado al 100% de transmitancia con un testigo en blanco que fué preparado de igual forma que los extractos de suelo, pero añadiendo agua destilada en lugar de solución problema. Enseguida se hizo la lectura de un testigo de comparación que se obtuvo como se indica a continuación:

Se toman 0,75 ml. de la solución estandar concentrada y 1,25 ml. de solución extractiva. La adición de reactivos es en la misma cantidad que para los extractos de suelo, y 25 minutos después se lee en el colorímetro el % de transmitancia. Esta solución contiene 75 p.p.m. de potasio.

Cálculos:

$$\text{Factor} = \frac{75}{\text{Lectura obtenida en el colorímetro por el testigo de comparación.}}$$

p.p.m. = Factor X Lectura obtenida por el extracto de suelo

Ejemplo:

Lectura obtenida por el testigo de comparación = 18

$$\text{Factor} = \frac{75}{18} = 4,16$$

Lectura obtenida por el extracto de suelo = 130

p.p.m. de potasio = 4,16 X 130

p.p.m. de potasio = 540,80

F O S F O R O

El fósforo se encuentra en los suelos formando diversos compuestos químicos como la apatita, fosfatos secundarios de calcio, hierro y aluminio, en combinaciones orgánicas y también en forma asimilable, principalmente fosfatos de calcio y potasio.

El fósforo asimilable se encuentra en forma inorgánica. Las formas orgánicas del fósforo no pueden ser asimiladas por las plantas sin antes sufrir una serie de transformaciones a las formas iónicas que se mencionan mas adelante.

La materia orgánica al descomponerse libera fósforo a la solución del suelo, este fósforo reacciona con el fierro, aluminio ó calcio formando compuestos inorgánicos.

El pH del suelo influye en la forma que se presenta el fósforo. Si el suelo es alcalino, indica que existe una proporción mayor de iones $\text{PO}_4^{=}$. El ión PO_4^{\equiv} es el menos utilizable por las plantas.

Cuando el suelo es ligeramente ácido, predominan los iones $\text{HPO}_4^=$ y H_2PO_4^- .

Si el grado de acidez es alto, el fósforo existente, se encuentra principalmente en forma de H_2PO_4^- . El fósforo en forma de H_2PO_4^- es fácilmente asimilable por las plantas.

El fósforo favorece la germinación, el rápido desarrollo de las plantas, la asimilación de grasas y la transformación de almidones en azúcares. Acelera el período de maduración.

El contenido de fósforo aprovechable en el suelo, fué determinado por dos diferentes métodos colorimétricos, según el tipo de suelo del que se tratara, ácido ó alcalino. Para suelos ácidos se aplicó el método Troug, y el método Olsen para suelos alcalinos.

METODO TROUG PARA LA DETERMINACION DE FOSFORO EN SUELOS ACIDOS.

Material y Equipo necesario:

Colorímetro fotoeléctrico Klett-Summerson. Modelo 900-3.

Filtro No. 660.

Balanza analítica.

Probeta de 50 ml.

Vasos de precipitado de 100 ml.

Matraces Erlenmeyer de 100 ml.

Embudos de vidrio.

Papel filtro Whatman No. 2.

Pipetas de 5 y 10 ml.

Matraces volumétricos de 50 ml.

Reactivos:

Solución extractora:

Se diluyen 40 ml. de ácido sulfúrico 1N., hasta un volúmen de 2 lt. con agua destilada y se añaden 6 g. de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ Q. P.

Carbón Darco G-60.

Indicador 2.6. dinitrofenol al 0,25 % en agua destilada.

Acido sulfúrico 2N.:

55 ml. de H_2SO_4 concentrado se disuelven y aforan a un litro con agua destilada.

Carbonato de sodio 4N.:

Se disuelven 212 g. de Na_2CO_3 Q.P. en agua destilada y se completa el volúmen a 1 lt.

Solución de ácido sulfomolibdico:

Se disuelven 25 g. de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en 200 ml. de -- agua destilada, se calienta hasta 60°C y se filtra si es necesario. Aparte se disuelven 275 ml. de ácido sulfúrico concentrado en 525 ml. de agua destilada. Se dejan en friar ambas soluciones. Lentamente y agitando se agrega la solución de molibdato a la solución de ácido sulfúrico, se deja enfriar y se afora a 1 lt.

Cloruro estanoso:

25 g. de $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ se disuelven en 100 ml. de HCl concentrado y se diluye a 1 lt. con agua destilada. Esta solución se prepara antes de efectuar la determinación.

Procedimiento:

Se pesan 0,5 g. de muestra de suelo, colocándose en un vaso de precipitado. Se agregan 0,25 g. de carbón Darco G-60 (para suelos ricos en materia orgánica se duplica la cantidad de carbón), se añaden 50 ml. de la solución extractora y se deja reposar durante 30 minutos agitando de vez en cuando durante este lapso de tiempo.

Se filtra, y el líquido filtrado se recibe en un matraz Erlenmeyer de 100 ml.

Con pipeta se toma una alícuota de 15 ml. del extracto de suelo y se colocan en un matraz volumétrico de 50 ml.

Se agregan 3 gotas del indicador 2.6. dinitrofenol. Si al agregar el indicador, la solución obtenida es incolora, indica que el pH es menor de 3, para lo cual debió agregarse carbonato de sodio 4N. gota a gota hasta la aparición de un color amarillo, a continuación se agregó ácido sulfúrico 2N. gota a gota, hasta que la solución se volvió incolora. Se añaden entonces 2 ml. de ácido sulfomolíbico y se afora el matraz de 50 ml. con agua destilada.

Se agregan 3 gotas de cloruro estanoso y se agita vigorosamente, siete minutos después se hace la lectura en el colorímetro que ha sido ajustado previamente a 100% de transmitancia con un testigo en blanco, que se obtuvo siguiendo el mismo tratamiento que para los extractos de suelo, pero añadiendo agua destilada en lugar de la solución problema.

Construcción de la gráfica: (Gráfica No. 1)

Solución estandar de fósforo (50 p.p.m.):

Se pesan 0,2195 g. de KH_2PO_4 y se disuelven en 1 lt. de agua destilada.

Solución estandar de fósforo (2 p.p.m.):

Se toman 20 ml. de la solución estandar de fósforo que contiene 50 p.p.m. y se aforan a 500 ml. con agua destilada, mezclando perfectamente.

De la solución estandar de fósforo que contiene 2 p.p.m., se toman alícuotas de 0.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 y 12.5 ml., que al ser diluidas hasta un volumen de 50 ml. corresponden a 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5 p.p.m. de fósforo.

Para el testigo en blanco se tomaron 15 ml. de solución extractora, en lugar de la solución estandar de fósforo, el procedimiento seguido fué el mismo que para los extractos de suelo.

Datos obtenidos para la construcción de la gráfica No. 1

ml. de alícuota, de la solución correspondiente a 2 p.p.m. de fósforo.	Concentración obtenida al diluir la solución a 50 ml. p.p.m.	Lectura
0,0	0,0	0,0
2,5	0,1	74
5,0	0,2	149
7,5	0,3	225
10,0	0,4	300
12,5	0,5	375

Cálculos:

0,5 g. de muestra de suelo en 50 ml. de solución extractora.

$$\text{Factor de dilución} = \frac{50}{0,5} = 100$$

50 ml. de solución extractora, de donde se toman 15 ml. de alícuota.

15 ml. de alícuota se diluyen a un volumen de 50 ml.

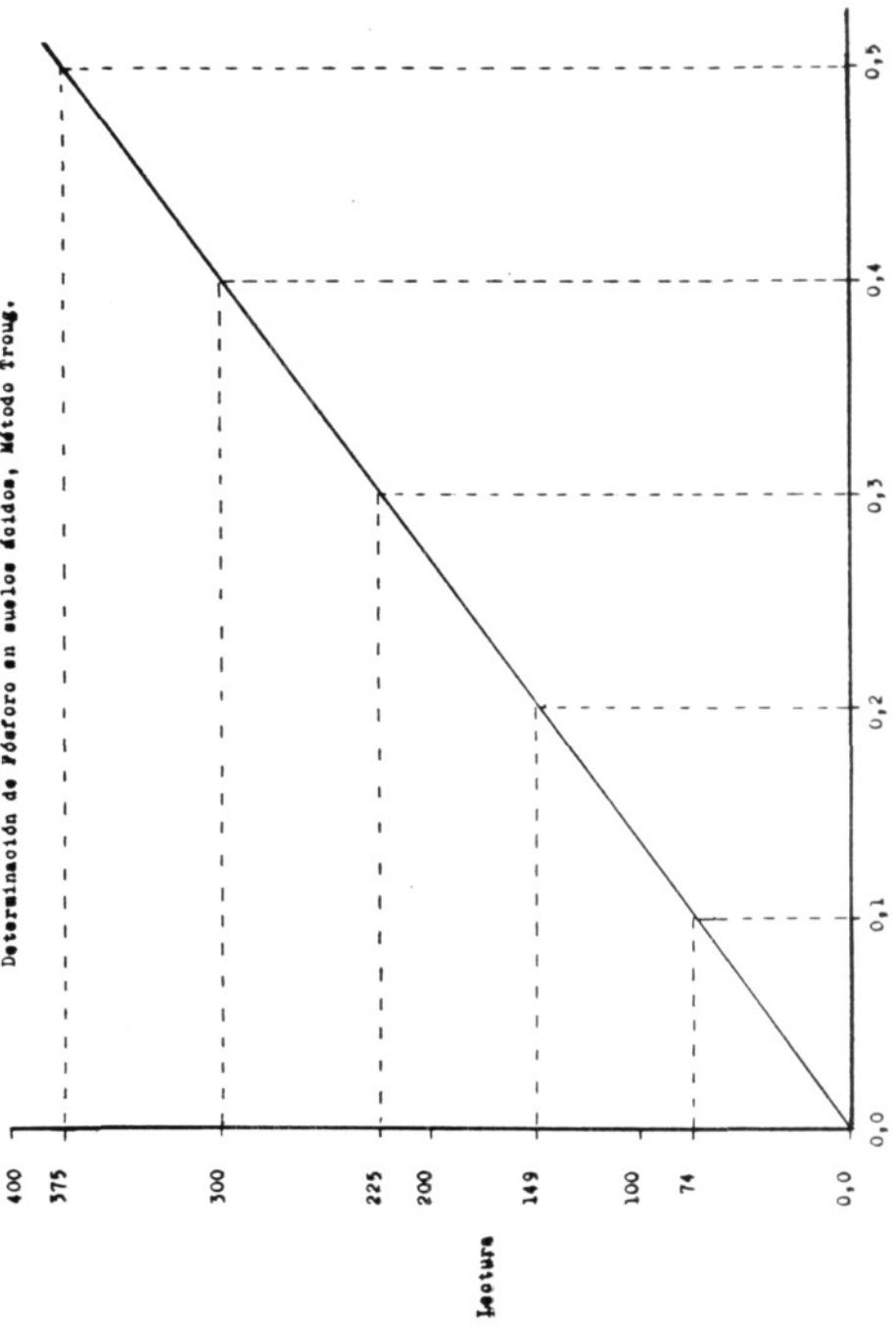
$$\text{Factor de dilución} = \frac{50}{15} = 3,33$$

$$\text{Factor de dilución total} = 100 \times 3,33 = 333$$

v.p.m. = p.p.m. de fósforo en la gráfica No. 1 \times 333

GRÁFICA No. 1

Determinación de Fósforo en suelos ácidos, Método Troug.



p.p.m. de Fósforo

Lectura

METODO OLSEN PARA LA DETERMINACION DE FOSFORO EN SUELOS ALCALINOS.

(Olsen et al., U.S.D.A. Circ. 939, 1954)

Material y Equipo necesario:

Colorímetro fotoeléctrico Klett-Summerson. Modelo 900-3.

Filtro No. 660.

Balanza analítica.

Probeta de 50 ml.

Matraces Erlenmeyer de 100 ml.

Vasos de precipitado de 100 ml.

Embudos de vidrio.

Papel filtro Whatman No. 2.

Pipetas de 10 ml.

Matraces volumétricos de 50 ml.

Reactivos:

Solución extractora (NaHCO_3 0,5N.):

Se disuelven 42 g. de NaHCO_3 en agua destilada y se añaden a 1 lt. Esta solución se ajusta a pH = 8,5 por adición de NaOH 0,5N.

Solución de ácido cloromolibdico:

Se disuelven 15 g. de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en 300 ml. de agua destilada. Se calienta la solución hasta 50°C y se filtra si tiene aspecto turbio. Se deja enfriar y se añaden 410 ml. de ácido clorhídrico 10N. lentamente y agitando. Ya fría la solución se diluye con agua destilada hasta un volumen de 1 lt.

Solución de cloruro estanoso:

Se pesan 25 g. de $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y se disuelven en 50 ml. de HCl concentrado, calentando si es necesario. Se añaden un volumen de 500 ml. con agua destilada y hervida recientemente. Este reactivo se prepara antes de hacer cada determinación.

Procedimiento:

Se pesan 2,5 g. de suelo, colocándose en un vaso de precipitado. Se agregan 0,25 g. de carbón Darco G-60 (duplicando la cantidad de

carbón si se trata de suelos ricos en materia orgánica).

Se añaden 50 ml. de solución extractora y se deja reposar durante 30 minutos agitando varias veces durante este período de tiempo.

Se filtra y recibe el líquido filtrado en un matraz Erlen - - meyer de 100 ml.

Con pipeta se toma una alícuota de 10 ml. del filtrado y se coloca en un matraz volumétrico de 50 ml.

Se dejan resbalar por las paredes del matraz, 10 ml. de ácido cloromolíbico y se deja reposar durante 3 minutos, hasta que el des -- prendimiento de CO_2 haya cesado.

Se lavan perfectamente el cuello y las paredes del matraz con agua destilada y se diluye aproximadamente hasta 40 ml.

Se agregan 5 gotas de cloruro estanoico y se agita inmediata -- mente.

Finalmente se afora con agua destilada hasta completar el volumen de 50 ml. y se mezcla perfectamente. 5 minutos después se hace la lectura en el colorímetro.

Construcción de la gráfica: (Gráfica No. 2)

Solución estandar de fósforo (50 p.p.m.):

Se pesan 0,2195 g. de KH_2PO_4 y se disuelven en 1 lt. de agua destilada.

Solución estandar de fósforo (2 p.p.m.):

Se toman 20 ml. de la solución estandar de fósforo que contiene 50 p.p.m. y se aforan a 500 ml. con agua destilada, mezclando perfectamente.

De la solución estandar de fósforo que contiene 2 p.p.m., se toman alícuotas de 0.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 y 12.5 ml., que corresponden a 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5 p.p.m. de fósforo al ser diluidas hasta un volumen de 50 ml.

Para el testigo en blanco se tomaron 10 ml. de solución extractora, en lugar de la solución estandar de fósforo, el procedimiento seguido fué el mismo que para los extractos de suelo.

Datos obtenidos para la construcción de la gráfica No. 2

ml. de alícuota, de la solución correspondiente a 2 p.p.m. de <u>fósforo</u> .	Concentración obtenida al diluir la solución a 50 ml. p.p.m.	Lectura
0,0	0,0	0,0
2,5	0,1	40
5,0	0,2	78
7,5	0,3	116
10,0	0,4	161
12,5	0,5	202

Cálculos:

2,5 g. de muestra de suelo en 50 ml. de solución extractora.

$$\text{Factor de dilución} = \frac{50}{2,5} = 20$$

50 ml. de solución extractora, de donde se toman 10 ml. de --
alícuota.

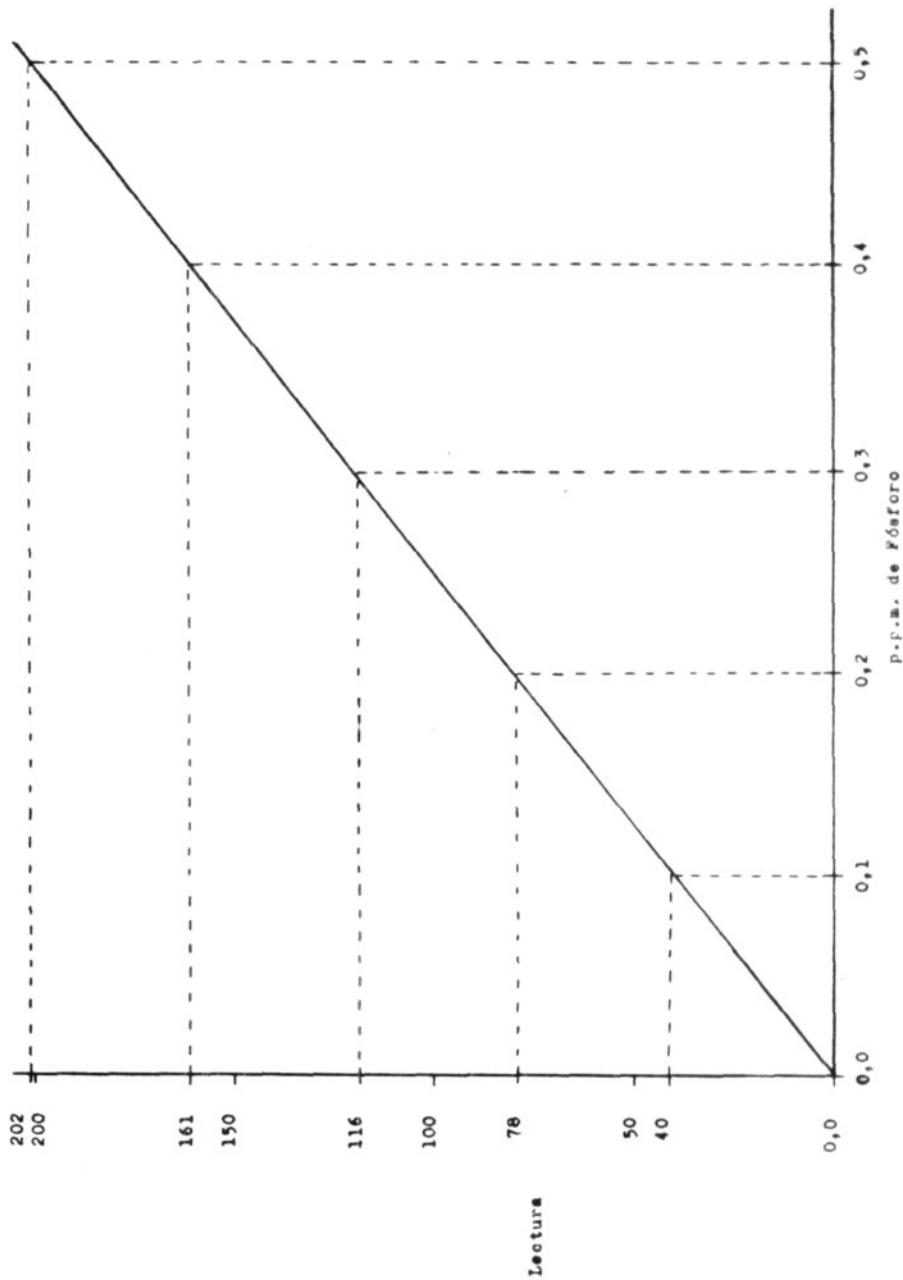
10 ml. de alícuota, se diluyen hasta un volumen de 50 ml.

$$\text{Factor de dilución} = \frac{50}{10} = 5$$

$$\text{Factor de dilución total} = 20 \times 5 = 100$$

$$\text{p.p.m.} = \text{p.p.m. de fósforo en la gráfica No. 2} \times 100$$

Determinación de Fósforo en suelos alcalinos, Método Olsen.



C A L C I O Y M A G N E S I O

La presencia de calcio y magnesio en los suelos, es otro de los factores importantes para el desarrollo normal de las plantas. La mayor parte del calcio y magnesio se encuentra en forma de carbonato y silicato; posteriormente los carbonatos pueden transformarse gradualmente en bicarbonatos y en esta forma son fácilmente solubles y aprovechables por las plantas. Una parte del calcio tiende a ser retenida por las partículas coloidales, lo cual lo hace mas activo y asimilable. El magnesio se encuentra generalmente formando parte de las dolomitas, actuando en forma muy similar al calcio.

Las deficiencias de calcio y magnesio aumentan con la acidez en el suelo. El calcio es muy importante para el desarrollo de las raíces y hojas, puede afectar la capacidad de absorción de otros elementos y favorece el proceso de nitrificación. El magnesio es indispensable en las plantas verdes puesto que es un constituyente de la clorofila. Los suelos arenosos ácidos suelen ser deficientes en calcio y magnesio.

Las determinaciones de calcio y magnesio fueron realizadas -- por método volumétrico (Richards, L.A. 1964) y los resultados obtenidos se expresaron en p.p.m.

Material y Equipo necesario:

Balanza analítica.
Buretas de 50 ml.
Matraces Erlenmeyer de 50 ml.
Vasos de precipitado de 50 ml.
Probeta de 25 ml.
Embudos de vidrio.
Papel filtro Whatman No. 2.
Cápsulas de porcelana.
Pipetas de 1 ml.

Reactivos:

Solución extractiva:

Se disuelven 100 g. de acetato de sodio trihidratado en

400 ml. de agua destilada, se añaden 30 ml. de ácido acético glacial y se afora a 1 lt. Esta solución se ajustó a un pH = 4,8.

Solución amortiguadora:

Se disuelven 67,5 g. de NH_4Cl en 570 ml. de NH_4OH concentrado, de densidad 0,9 g./ml. y se completa hasta un volumen de 1 lt. con agua destilada.

Hidróxido de sodio 4N.:

Se disuelven 160 g. de NaOH en 1 lt. de agua destilada.

Solución estandar de cloruro de calcio 0,01N.:

Se disuelven 0,5 g. de CaCO_3 en 10 ml. de ácido clorhídrico aproximadamente 3N. (28 ml. de HCl concentrado se diluyen a 100 ml. con agua destilada) y se afora hasta 1 lt. de volumen con agua destilada.

Indicador negro de eriocromo T:

Se pesan 0,5 g. del indicador y 4,5 g. de hidrocloruro de hidroxilamina en 100 ml. de etanol al 95 %.

Indicador purpurato amónico (Murexida):

0,5 g. del indicador se mezclan perfectamente con 100 g. de K_2SO_4 en polvo.

Solución 0,01N. de E.D.T.A.:

Se pesan 2,00 g. de la sal y se disuelven en 1 lt. de agua destilada. Esta solución se estandariza con la solución estándar de CaCl_2 0,01N. Se efectúan titulaciones con cada uno de los indicadores.

Agua regia:

Tres partes de HCl concentrado y una parte de HNO_3 concentrado.

Procedimiento para la determinación volumétrica del calcio:

Se pesan 5 g. de suelo y se colocan en un vaso de precipitado de 50 ml. Se agregan 10 ml. de solución extractiva y se agita durante 2 minutos.

Se filtra y el extracto se recibe en un matraz Erlenmeyer de 50 ml. Si los extractos de suelo obtenidos presentan un color oscuro ó amarillento, se debe a la presencia de material orgánico. La materia orgánica interfiere en las determinaciones de calcio, por lo que dichos

extractos requieren de un tratamiento con agua regia, tal como se indica a continuación:

Se toma una alícuota de extracto de suelo y se evapora a sequedad en una cápsula de porcelana.

Se agregan 1 ó 2 ml. de agua regia, llevando a sequedad nuevamente. El residuo restante es disuelto en un volúmen de agua destilada igual al volúmen original de la alícuota de extracto tomada, quedando de esta manera libre de interferencias de origen orgánico.

Se toman 0,5 ml. del extracto y se transfieren a un matraz -- Erlenmeyer de 50 ml. Se diluye hasta un volúmen de 25 ml. con agua destilada.

Se añaden 4 gotas de hidróxido de sodio 4N. y 0,05 g. de indicador purpurato amónico.

Se titula la solución problema con solución de E.D.T.A. -- 0,01N. hasta viraje de color rosa a violeta.

Cálculos:

Normalidad de la solución de E.D.T.A.:

Titulación con negro de eriocromo T. = 0,01136N.

Titulación con purpurato amónico. = 0,01123N.

$$\text{meq. de calcio} = \frac{\text{ml. } I \ N \ X \ 10}{\text{alícuota}}$$

ml. = ml. de la solución de E.D.T.A. gastados en la titulación del extracto de suelo.

N = Normalidad de la solución de E.D.T.A. titulada con purpurato amónico como indicador.

alícuota = ml. de alícuota tomados.

$$\text{meq. de calcio} = \frac{\text{ml. } I \ 0,01123 \ X \ 10}{0,5} = \text{ml. } X \ 0,225$$

p.p.m. de calcio = meq. de calcio X peso meq. de calcio

Ejemplo:

ml. gastados de E.D.T.A. = 1,50

peso meq. de calcio = 4000

meq. de calcio = 1,50 X 0,225

meq. de calcio = 0,3375

p.p.m. de calcio = 0,3375 X 4000

p.p.m. de calcio = 1350

Procedimiento para la determinación volumétrica de calcio + magnesio:

Se toma una alícuota de 0,5 ml. del extracto en un matraz -- Erlenmeyer de 50 ml. y se diluye hasta un volúmen de 25 ml. con agua -- destilada.

Se agregan 15 gotas de solución amortiguadora y 3 ó 4 gotas -- de indicador negro de eriocromo T.

Se titula la solución problema con solución de E.D.T.A. -- -- 0,01N. hasta cambio de color rojo al azul brillante.

Cálculos:

$$\text{meq. de (calcio + magnesio)} = \frac{\text{ml.} \times N \times 10}{\text{alícuota}}$$

ml. = ml. gastados de la solución de E.D.T.A. en la titula -- ción del extracto de suelo.

N = Normalidad de la solución de E.D.T.A. titulada con ne -- gro de eriocromo T como indicador.

alícuota = ml. de alícuota tomados.

$$\text{meq. de (calcio + magnesio)} = \frac{\text{ml.} \times 0,01136 \times 10}{0,5}$$

$$\text{meq. de (calcio + magnesio)} = \text{ml.} \times 0,227$$

meq. de magnesio = meq. de (calcio + magnesio) - meq. de calcio.

p.p.m. de magnesio = meq. de magnesio X peso meq. de magnesio.

Ejemplo:

ml. gastados de E.D.T.A. = 1,83

peso meq. de magnesio = 2432

meq. de calcio = 0,3375

meq. de (calcio + magnesio) = 1,83 X 0,227

meq. de (calcio + magnesio) = 0,4157

meq. de magnesio = 0,4157 - 0,3375

meq. de magnesio = 0,0782

p.p.m. de magnesio = 0,0782 X 2432

p.p.m. de magnesio = 190,75

I V . - R E S U L T A D O S

R E S U L T A D O S

Los resultados para los análisis de laboratorio, así como los datos de campo, se encuentran en la Tabla No. 3.

En la Tabla No. 4, se incluyen los valores máximos, mínimos y promedios para las determinaciones efectuadas en las muestras de suelo correspondientes a la zona de mayor grado de alteración (Perfiles I, II y II-A).

Se anotan los valores máximos, mínimos y promedios para los perfiles de suelo, considerados como transicionales y de referencia (Perfiles del III al XI), en la Tabla No. 5.

T A B L A N o. 3

Relación de análisis y datos de laboratorio para las muestras de suelo correspondientes al Municipio de Soledad Diez Gutiérrez, San - Luis Potosí.

RELACION DE DATOS Y ANALISIS DE MUESTRAS DE SUELO CORRESPONDIENTES AL MUNICIPIO DE SOLEDAD DIEZ GUTIERREZ, S. L. P.

Table with 26 columns: MUESTRA, PROFUNDIDAD, LOCALIDAD, ALTITUD, DETERMINACION DE COLOR, DENSIDAD REL, ANALISIS (AREAS, ANGULAR, COMPACTACION TEXTURAL, etc.), MATERIA ORGANICA, CARBONO ORGANICO, NITROGENO TOTAL, etc.

Text describing symbols and units used in the table, including 'Textura' (Clay, Silt, Sand), 'Cationes intercambiables' (Ca, Mg, Na+K, NH4, H), and 'Materia orgánica' (Total, Humic, Fulvic, Lignin).

VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y PROMEDIOS PARA LOS HORIZONTES DE LOS PERFILES DE SUELO MUESTREADOS EN LA ZONA DE MAYOR GRADO DE ALTERACION.

(Incluye perfiles I, II y II-A)

DETERMINACION	No. de análisis	Profundidad en cm.	MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIDAD
DENSIDAD en H ₂ O	146 - 71 148 - 71	3 - 35 60 - 80	1,430	2,228	1,831	g./ml.
DENSIDAD en Xilol	145 - 71 148 - 71	0 - 3 60 - 80	1,169	2,106	1,749	g./ml.
POROSIDAD	143 - 71 141 - 71	25 - 50 0 - 3	51,46	53,90	52,96	%
ARENAS	142 - 71 149 - 71	3 - 25 80 - 100	45,52	65,64	53,26	%
LIMO	146 - 71 144 - 71	3 - 35 50 - 90	13,28	42,12	23,16	%
ARCILLAS	144 - 71 145 - 71	50 - 90 0 - 3	11,96	32,48	23,57	%
TEXTURA					MIGAJON ARCILLO ARENOSO	—————
PORCIENTO DE SATURACION	149 - 71 145 - 71	80 - 100 0 - 3	24,16	150,00	85,89	%
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	145 - 71 148 - 71	0 - 3 60 - 80	2,4	6,8	3,69	mmhos/cm. a 25°C
p H (extracto)	148 - 71 147 - 71	60 - 80 35 - 60	5,09	6,95	5,94	—————
p H (susp. acuosa)	149 - 71 143 - 71	80 - 100 25 - 50	4,80	7,02	5,84	—————
p H (susp. salina)	148 - 71 143 - 71	60 - 80 25 - 50	4,40	6,70	5,53	—————
CARBONO ORGANICO	149 - 71 141 - 71	80 - 100 0 - 3	0,475	24,66	13,11	%
MATERIA ORGANICA	149 - 71 141 - 71	80 - 100 0 - 3	0,820	42,52	22,62	%
NITROGENO TOTAL	149 - 71 141 - 71	80 - 100 0 - 3	0,041	2,126	1,131	%
NITROGENO NITRICO	143 - 71 147 - 71	25 - 50 35 - 60	21,98	405,00	112,14	p.p.m.
NITROGENO AMONIAICAL	142 - 71 143 - 71	3 - 25 25 - 50	85,64	463,32	270,44	p.p.m.
POTASIO	149 - 71 146 - 71	80 - 100 3 - 35	351,36	887,04	650,85	p.p.m.
POSPORO	143 - 71 141 - 71	25 - 50 0 - 3	37,6	925,74	474,95	p.p.m.
CALCIO	149 - 71 147 - 71	80 - 100 35 - 60	468,00	5670,00	2936,98	p.p.m.
MAGNESIO	148 - 71 147 - 71	60 - 80 35 - 60	116,98	669,04	295,68	p.p.m.

VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y PROMEDIOS PARA LOS HORIZONTES DE LOS PERFILES
DE SUELO CORRESPONDIENTES A LA ZONA DE MENOR GRADO DE ALTERACION.
(Incluye perfiles de referencia III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X y XI)

DETERMINACION	No. de análisis	Profundidad en cm.	MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	UNIDAD
DENSIDAD en H ₂ O	160 - 71 168 - 71	30 - 60 30 - 80	2,212	2,620	2,371	g./ml.
DENSIDAD en Xilol	151 - 71 157 - 71	0 - 30 0 - 30	2,349	2,825	2,580	g./ml.
ARENAS	160 - 71 156 - 71	30 - 60 75 - 100	23,40	72,36	53,90	%
LIMO	156 - 71 164 - 71	75 - 100 0 - 30	18,94	36,70	27,83	%
ARCILLAS	156 - 71 160 - 71	75 - 100 30 - 60	8,70	44,68	18,26	%
TEXTURA					MIGAJON ARENOSO	—————
PORCIENTO DE SATURACION	156 - 71 158 - 71	75 - 100 0 - 30	18,42	33,57	26,66	%
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	151 - 71 156 - 71	0 - 30 75 - 100	0,3	4,5	1,22	mmhos/cm. a 25°C
p H (extracto)	151,155-71 158 - 71	0-30, 40-75 0 - 30	7,20	8,22	7,75	—————
p H (susp. acuosa)	164 - 71 168 - 71	0 - 30 30 - 80	6,40	8,46	6,98	—————
p H (susp. salina)	162 - 71 156 - 71	0 - 40 75 - 100	5,39	7,90	6,49	—————
CARBONO ORGANICO	161 - 71 158 - 71	60 - 90 0 - 30	0,171	1,363	0,703	%
MATERIA ORGANICA	161 - 71 158 - 71	60 - 90 0 - 30	0,295	2,350	1,212	%
NITROGENO TOTAL	161 - 71 158 - 71	60 - 90 0 - 30	0,014	0,117	0,060	%
NITROGENO NITRICO	152 - 71 164 - 71	30 - 70 0 - 30	3,147	29,97	11,458	p.p.m.
NITROGENO AMONICAL	167 - 71 162 - 71	0 - 30 0 - 40	8,19	38,40	25,796	p.p.m.
POTASIO	152 - 71 154 - 71	30 - 70 0 - 40	113,74	822,03	489,342	p.p.m.
FOSFORO	156 - 71 162 - 71	75 - 100 0 - 40	1,8	244,75	34,487	p.p.m.
CALCIO	151,157-71 156 - 71	0 - 30 75 - 100	720,00	5175,00	1487,00	p.p.m.
MAGNESIO	155 - 71 159 - 71	40 - 75 0 - 30	66,66	641,58	212,366	p.p.m.

V . - D I S C U S I O N

En el presente estudio, se utilizan frecuentemente los términos horizonte y perfil, por lo cual es conveniente señalar sus respectivas definiciones:

Perfil:

Sección vertical del suelo desde la superficie hasta el material subyacente que no ha sufrido alteraciones físicas y químicas por agentes atmosféricos.

Horizonte:

Una capa de suelo aproximadamente paralela a la superficie del terreno, con características bien definidas en mayor ó menor grado y -- que se han producido por los procesos de formación del suelo. Cada capa difiere en alguna característica de la superior o inferior.

La mayoría de los perfiles de suelo incluyen tres horizontes, identificados en este caso con los números 1, 2 y 3.

El horizonte 1, es la capa más próxima a la superficie de la tierra, a veces llamada capa arable ó suelo agrícola. Es la parte del suelo en donde la vida, en forma de vegetación, bacterias, pequeños animales y hongos abunda prolíficamente, de ahí que este horizonte sea la parte del perfil en donde la materia orgánica es mas abundante.

Por ser el horizonte mas próximo a la superficie, las lluvias lo afectan directamente, ya que la lixiviación por el agua influye en la pérdida de substancias solubles.

Horizonte 2, también llamado subsuelo, se encuentra inmediatamente debajo del horizonte 1, como está situado entre los horizontes 1 y 3, posee características intermedias entre las dos capas. Se puede señalar que, generalmente el horizonte 2, contiene con frecuencia mas arcilla que los otros.

Horizonte 3, es el más profundo de los 3 horizontes principales, subyace directamente con la roca suelta ó estrato rocoso que origina el suelo.

D I S C U S I O N

La interpretación de los datos analíticos obtenidos por medio de las determinaciones realizadas en el laboratorio y complementadas -- con observaciones de campo, nos llevaron a la siguiente discusión:

Discusión Individual del Perfil I

El perfil I (Tabla No. 3), corresponde a la zona de mayor grado de alteración, ocasionada ésta por efecto de las aguas negras; antiguamente esta localidad era utilizada como canal colector de aguas de desecho y actualmente se encuentra en período de desecación. Las aguas negras contienen gran proporción de materiales orgánicos y los depósitos de éstos se clasifican de acuerdo al contenido de materia orgánica. Si los porcentajes están entre 20 y 50, se denominan "muck" y si sobrepasan al 50% se consideran como "turba".

La característica mas definida de estos suelos es el color, - gris muy oscuro en estado seco y negro en estado húmedo. Se observó -- que los colores mas oscuros coinciden con las mayores proporciones de materia orgánica. A medida que aumenta la profundidad del suelo la intensidad de color disminuye, e igualmente sucede con los contenidos de materia orgánica. Esto se interpreta como un efecto de la disminución de la actividad biótica, ya que conforme aumenta la profundidad del suelo, la incorporación de humus es menor.

También se observa (Perfil I, Tabla No. 3), que los porcentajes de saturación disminuyen conforme la profundidad aumenta, debido -- principalmente a los efectos de adsorción y absorción de los coloides orgánicos, mas abundantes en las capas superficiales.

Como una consecuencia de la incorporación en alto grado de humus en este suelo, se obtuvieron valores para densidad en agua muy bajos, ya que la densidad promedio en suelos está considerada como 2,65 g./cm.³ y en este perfil se obtienen datos que varían de 1,634 g./cm.³ para la capa subyacente a la superficial, a 2,195 g./cm.³ en la parte mas inferior de este perfil de suelo.

Los valores para densidad efectuados en xilol, resultaron mayores que los obtenidos en agua destilada. Este incremento se debe al material coloidal presente en este perfil de suelo, que alcanza porcentajes hasta del 40% (Tabla No. 3).

La porosidad es una propiedad de significación en este suelo, porque la atmósfera del mismo influye en el tamaño del microporo por efectos de expansión y contracción de los coloides. Un suelo con alto contenido de materia orgánica presenta mayores porcentajes de porosidad. Asimismo existe relación entre la densidad real (peso específico) y la densidad aparente (porosidad), ya que en un volumen determinado de suelo, la primera indica la proporción ocupada por partículas sólidas de suelo, y la segunda la proporción ocupada por espacios vacíos. El valor mas alto para el porciento de porosidad corresponde al horizonte superficial con 53,90%, aunque las variaciones son muy pequeñas, exceptuando el tercer horizonte que decrece en dos unidades aproximadamente. En la gráfica No. 3 se observa la relación entre el porciento de saturación y la porosidad.

En lo que se refiere a la composición granulométrica de este suelo, se tiene que existe un predominio de la fracción arenosa, donde los porcentajes varían de 45,52 a 53,90 aunque en la capa mas profunda el contenido de limo y arena es aproximadamente el mismo. El porciento de limo muestra constancia al aumentar hacia las capas inferiores. El contenido de arcillas, corresponde únicamente a la inorgánica, puesto que la fracción orgánica fué eliminada por tratamiento previo a las determinaciones, con peróxido de hidrógeno. La interpretación de la clasificación textural se efectuó, basándose en el criterio de grado de facilidad o dificultad de manejo para cada tipo de suelo; considerando de tipo ligero a los que presentan facilidad de manejo, tipo medio como su nombre lo indica los que son medianamente manejables y de tipo pesado los que son difíciles para trabajarse. En este caso predomina el migajón arcillo arenoso, cuya interpretación equivale al tipo medio.

Los valores para conductividad eléctrica de la tabla No. 3, indican que para este perfil la acumulación de sales solubles, se localiza en el horizonte de 3 a 25 cm. de profundidad, las capas inferiores

muestran valores casi constantes. Esto se debe en parte a que la evaporación del agua sigue un movimiento ascendente, de tal manera que las sales se van acumulando en la capa adyacente a la superficial. Esta acumulación se ve favorecida por los movimientos de capilaridad presentes en el suelo. En este caso se observa que la concentración de sales disminuye en la superficie, debido principalmente a pérdidas por lixiviación. Estas pérdidas se justifican si se considera el poco espesor del horizonte que intensifica los fenómenos de alteración. La clasificación de este perfil de suelo, de acuerdo con el grado de salinidad (Tabla -- No. 2) corresponde a LIGERAMENTE SALINO.

Las determinaciones de pH en suspensión salina orientan acerca del efecto de doble capa difusa, el cual ocasiona que los valores de pH en suspensión salina de KCl 1N., sean menores en aproximadamente una unidad en relación a los obtenidos en suspensión acuosa (Russell, J.E. y Russell, W.E. 1959).

Las diferencias de lecturas en suspensión, no resultaron constantes, presentando variaciones que van desde 0,67 para el horizonte de 50 a 90 cm., hasta 0,14 que corresponde al horizonte de 3 a 25 cm. de profundidad. Las diferencias en la capa superficial y el tercer horizonte son casi las mismas 0,31 y 0,32.

El pH de los suelos se ve afectado principalmente por la naturaleza del material coloidal, la dilución, temperatura, presión osmótica, etc. Para suelos de reacción ácida y neutra los pH son generalmente menores a mayores diluciones ; y para suelos de reacción alcalina el pH aumenta con las diluciones (Bonnet, J.A. 1960). Es posible apreciar lo anterior en los datos de pH obtenidos para el extracto de saturación, que resultaron mayores en relación a los determinados en suspensión acuosa, para los dos horizontes mas cercanos a la superficie, puesto que se trata de suelos de reacción ácida. El caso inverso se presenta en los dos horizontes inferiores, debido a su comportamiento con tendencia alcalina, aunque en realidad se trata de suelos de reacción neutra (Gráfica No. 4).

Para este suelo se encontraron proporciones muy altas de materia orgánica, especialmente en el primer horizonte. Se confirma la acu-

mulación definida de ésta, al obtenerse 42,52% y decrece gradualmente a medida que aumenta la profundidad del suelo, hasta 5,60% que es la cantidad mínima; lo mismo sucede con los porcentajes de carbono orgánico y nitrógeno total puesto que guardan una relación constante con la materia orgánica (Jackson, M.L. 1964), esta situación se indica en la gráfica No. 5.

Gran parte del nitrógeno total se encuentra en forma nítrica y amoniacal. La mayor concentración de nitratos se localiza en el segundo horizonte (143,33 p.p.m., Tabla No. 3), pero en la superficie disminuye hasta 99,96 p.p.m. y en las capas inferiores se encuentran las cantidades más bajas. La movilidad de los nitratos se debe a que fácilmente pasan a formar parte de la solución del suelo y descienden al subsuelo por percolación, ó pueden ascender por capilaridad.

Para el nitrógeno amoniacal se tiene la proporción más alta - en el horizonte más profundo (463,32 p.p.m., Tabla No. 3) y la menor en el segundo horizonte (85,64 p.p.m.). Las pérdidas mayores del nitrógeno amoniacal son por volatilización, es por esto que las cantidades más bajas corresponden a los horizontes que se encuentran en contacto cercano con la superficie.

Los contenidos de fósforo son muy altos, particularmente en los dos horizontes superficiales, donde las concentraciones son de 925,74 p.p.m. (Tabla No. 3) para la superficie y 484,84 p.p.m. en la siguiente capa. En los horizontes tercero y cuarto de este perfil, disminuye considerablemente el contenido de fósforo hasta una cifra de 37,6 p.p.m. en el tercer horizonte. Estas variaciones tan significativas en los contenidos de fósforo, se deben en gran parte a las formas en que se encuentra este nutriente en el suelo, principalmente, adsorbido, ocluido y coprecipitado. Todo el perfil de suelo está clasificado como MUY RICO en fósforo.

Las cantidades de potasio en el suelo, presentan poca variabilidad, a excepción del horizonte superficial en el cual disminuye hasta 504 p.p.m. El valor máximo con 834 p.p.m. (Tabla No. 3), se localiza en el segundo horizonte. En general el perfil de suelo I está considerado como MUY RICO en potasio.

También se observa que para el calcio el contenido máximo corresponde a 4716,60 p.p.m. (Tabla No. 3), para el horizonte de 3 a 25 cm., disminuyendo ligeramente en la superficie. De los 25 a 90 cm. de profundidad sigue disminuyendo hasta 1845 p.p.m. Este perfil de suelo se clasifica como MUY RICO en calcio.

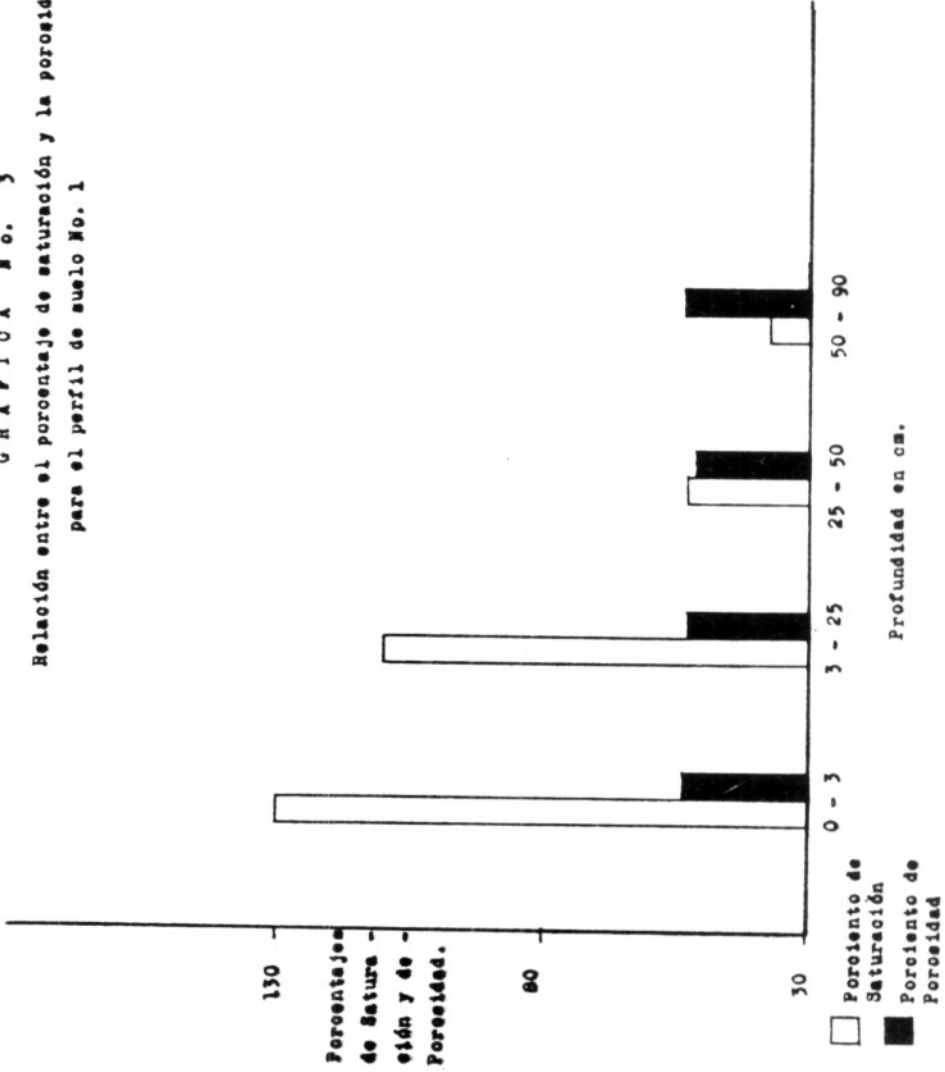
Para el magnesio resultaron valores constantes, que se encuentran alrededor de 300 p.p.m. La concentración mayor es de 551,11 p.p.m. (Tabla No. 3), para el horizonte de 25 a 50 cm. El perfil de suelo está también considerado como MUY RICO en magnesio.

En el segundo horizonte se manifiesta una deficiencia de magnesio, ocasionada por la elevada proporción de calcio en el suelo, que hace descender la concentración del magnesio. Este fenómeno se conoce como antagonismo. Se considera que la relación Ca:Mg., adecuada, es hasta de 15:1. Para este perfil de suelo se obtienen los siguientes datos:

T A B L A N o. 6

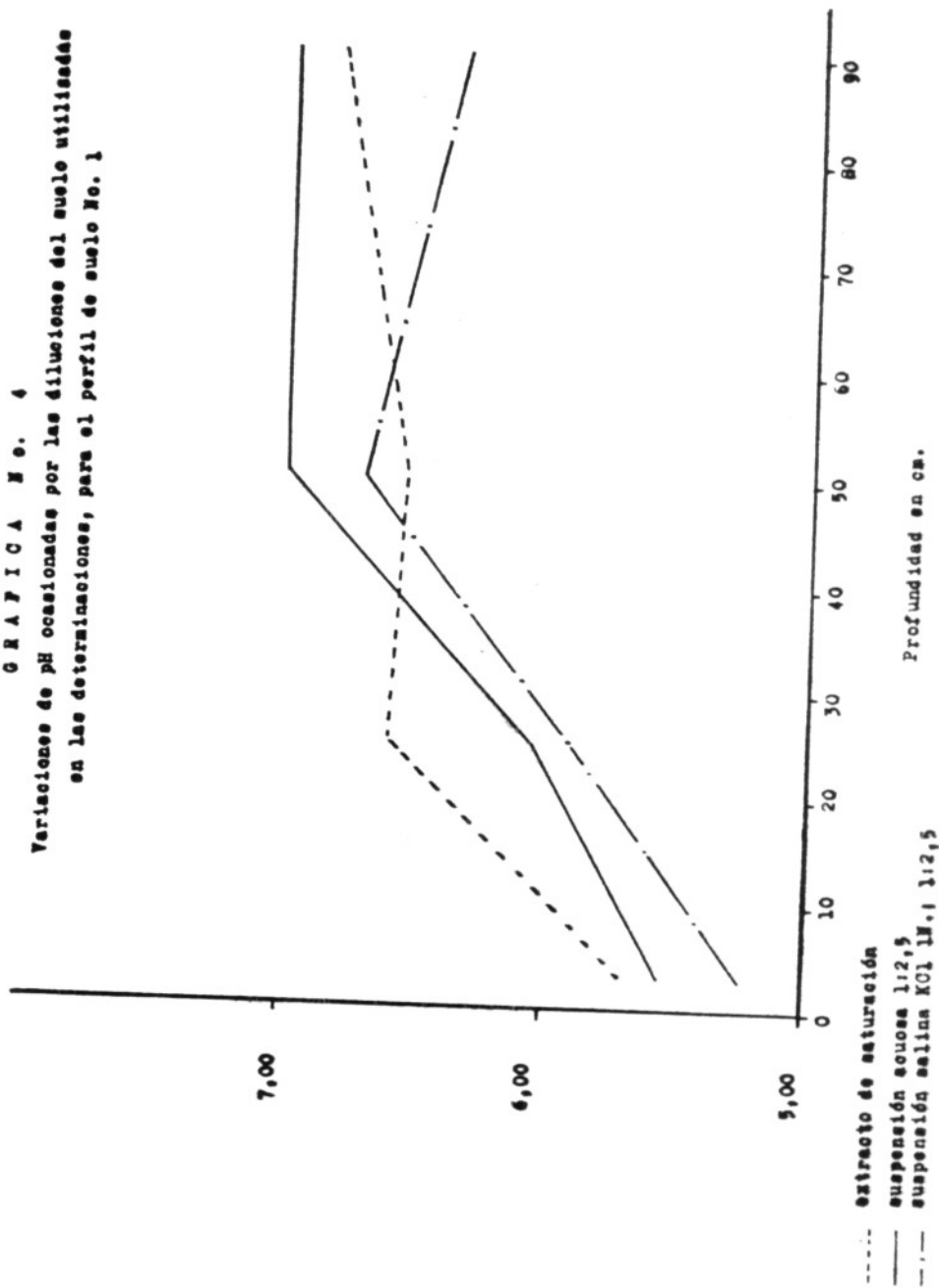
Horizonte	Profundidad en cm.	Ca/Mg
1	0 - 3	12,461
2	3 - 25	16,735
3	25 - 50	4,621
4	50 - 90	6,185

Relación entre el porcentaje de saturación y la porosidad para el perfil de suelo No. 1



GRAFICA No. 4

Variaciones de pH ocasionadas por las diluciones del suelo utilizadas en las determinaciones, para el perfil de suelo No. 1

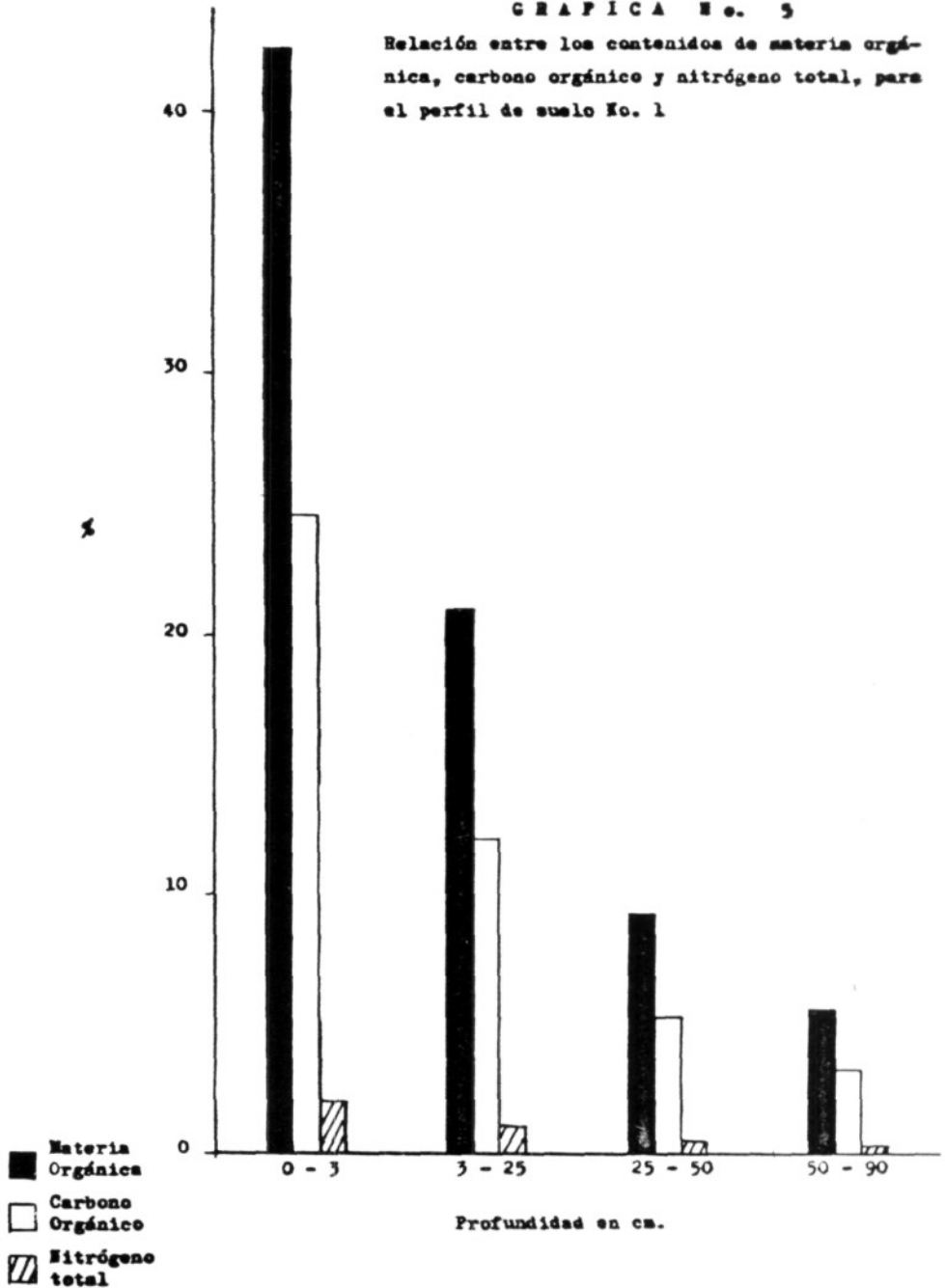


----- extracto de saturación
———— suspensión acuosa 1:2,5
-.-.- suspensión salina KCl 1M, 1:2,5

Profundidad en cm.

GRAFICA No. 3

Relación entre los contenidos de materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno total, para el perfil de suelo No. 1



Discusión Individual del Perfil II

El perfil de suelo II (Tabla No. 3), constituye también una parte de la zona con grado de alteración mas intenso y corresponde al antiguo canal colector de aguas negras:

Este perfil muestra un predominio del color gris en estado seco, siendo mas oscuro en las capas cercanas a la superficie. En estado húmedo se intensifica hasta tomar coloraciones negras en los dos horizontes superficiales. El color oscuro de estos suelos se debe a proporciones altas en el contenido de materia orgánica.

La influencia ejercida por el material orgánico ocasiona que los resultados obtenidos para densidad en agua sean bajos, particularmente en las capas superficiales, en donde se encuentran los porcentajes mas altos de materia orgánica. El valor mínimo de 1,430 g./cm.³ corresponde al horizonte de 3 a 35 cm.; en la superficie de 0 a 3 cm. la densidad es de 1,511 g./cm.³ y aumenta con la profundidad hasta 2,228 de los 60 a 80 cm. Para las densidades en xilol, se obtuvieron valores menores en relación a los anteriores, a excepción del tercer horizonte, en donde se tiene un ligero aumento.

Es muy importante su gran capacidad de retención de agua, de 150% en los horizontes de 0 a 35 cm., debida al material coloidal existente principalmente en la fracción orgánica. La presencia de altos porcentajes de coloides orgánicos, en las capas superficiales explica estos resultados para los porcentajes de saturación, los cuales van decreciendo al aumentar la profundidad y al disminuir la proporción de materia orgánica (datos de la Tabla No. 3).

El análisis mecánico muestra que el perfil II está formado principalmente por fracciones arenosas, donde los porcentajes obtenidos varían de 65,94 a 49,16. Los datos para limo son aproximadamente iguales para el primer y tercer horizontes, con 18,36 y 18,68% respectivamente (Tabla No. 3). Las arcillas se refieren a las inorgánicas ya que también fué eliminada la fracción orgánica por tratamiento con peróxido de hidrógeno. De acuerdo a los datos anteriores la clasificación textural equivale al migajón arcillo arenoso de tipo medio.

Según datos de la tabla No. 3, para conductividad eléctrica -- se observa que el contenido de sales varía ligeramente en el perfil, -- aunque existe una zona de acumulación ubicada entre los 60 y 80 cm., -- clasificada como medianamente salina. Esta acumulación en la parte inferior del perfil, se debe principalmente a un descenso de sales, causado por un aumento en el régimen hidráulico del suelo. En general el perfil de suelo II, está clasificado como LIGERAMENTE SALINO (Tabla No. 2).

Puede apreciarse nuevamente el efecto de doble capa difusa ya que al efectuar las lecturas de pH en suspensión acuosa y en suspensión salina de KCl 1N. resultaron datos de pH menores, para los valores obtenidos en suspensión salina. Las diferencias de lecturas en suspensión -- varían desde 0,08 para el horizonte de 35 a 60 cm., hasta 0,65 para la capa mas profunda.

Se obtuvieron las lecturas mayores para pH, en el extracto de saturación del suelo, esto se justifica si se considera que se trata de suelos de reacción ácida, en los cuales a mayores diluciones corresponden resultados menores. En la gráfica No. 6, se advierte el efecto producido por las diluciones del suelo, en las determinaciones de pH. En -- el perfil discutido anteriormente, los valores de pH siguen un comporta miento diferente al que se aprecia en este caso.

Para los porcentajes de materia orgánica se obtuvieron cifras que clasifican a este perfil como MUY RICO. Excluyendo los dos horizontes mas profundos, considerados como pobres. De los 0 a 35 cm. se en -- encuentran las proporciones mas altas (41,64 y 41,58% , Tabla No. 3), dis minuyendo hasta 0,820 para el horizonte de 80 a 100 cm. de profundidad.

Los porcentajes mas altos para el carbono orgánico y nitrógeno total corresponden a la superficie, disminuyendo al aumentar la profundidad del suelo; igualmente sucede con la materia orgánica, ya que -- el carbono y nitrógeno son constituyentes constantes en ella.

Las concentraciones de nitrógeno en forma de nitrato varían -- mucho para este perfil. El valor máximo de 405 p.p.m. (Tabla No. 3) corresponde al tercer horizonte y el mínimo de 39,02 a la capa superfi -- cial.

La concentración del nitrógeno amoniacal aumenta con la profundidad del perfil. En la capa superficial se tienen 170,82 p.p.m., -- aumentando hasta 413,60 de los 60 a 80 cm. En la parte mas profunda disminuye hasta 347,60 p.p.m. (Tabla No. 3).

Se encuentran cifras elevadas en el contenido de fósforo aprovechable, para los tres horizontes superiores. La concentración máxima (908,42 p.p.m., Tabla No. 3) es para los 3 a 35 cm. de profundidad, en las dos capas mas profundas disminuye hasta 109,05 p.p.m. El perfil II se encuentra clasificado como MUY RICO.

El contenido de potasio para el perfil de suelo II, está considerado como MUY RICO. La cantidad mas elevada se localiza también entre los 3 y 35 cm. (887,04 p.p.m., Tabla No. 3) y la menor en el último horizonte con 351,36 p.p.m.

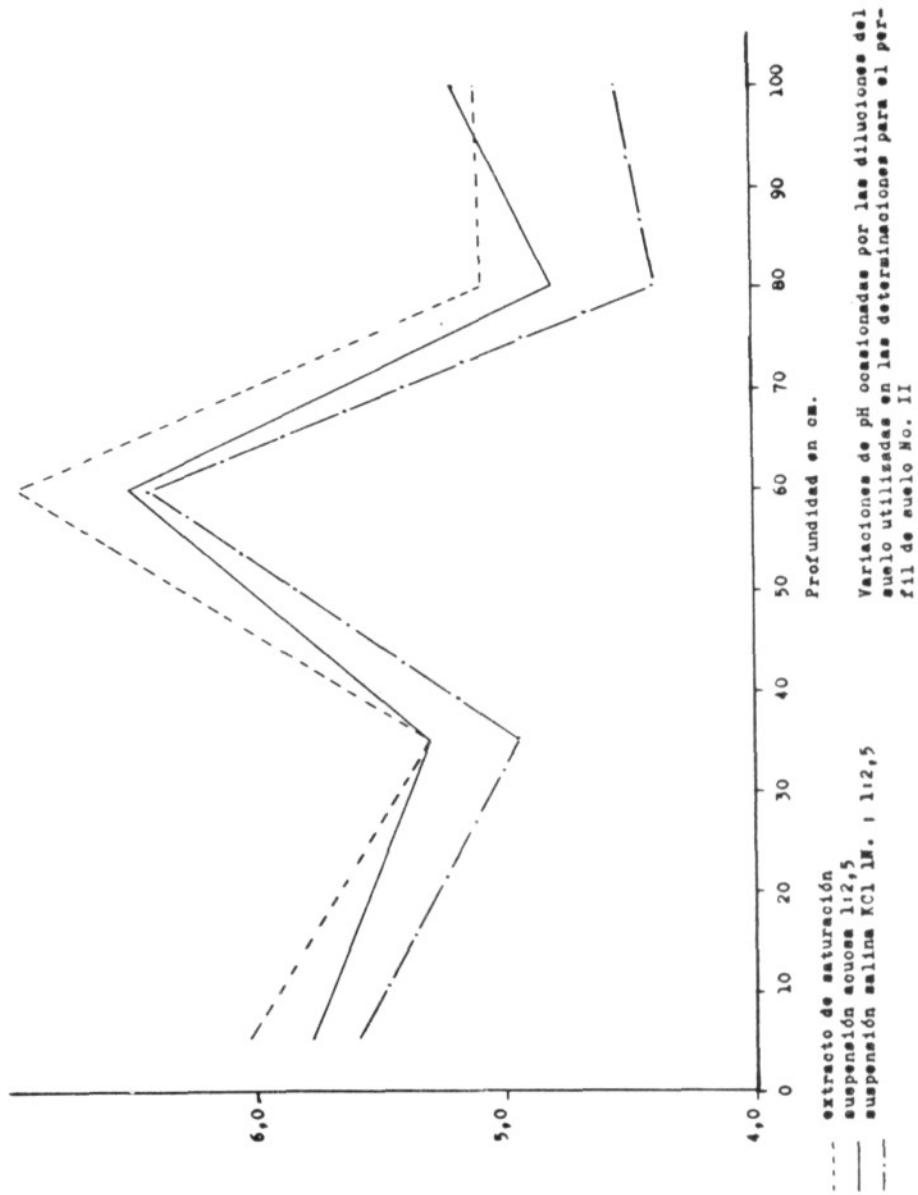
El calcio tiene su valor máximo en el tercer horizonte con -- 5670 p.p.m. (Tabla No. 3) y en la parte mas inferior del perfil se reduce hasta 468 p.p.m. Los tres horizontes superiores corresponden a la -- clasificación de MUY RICO y pobre en lo mas profundo del perfil.

Para el magnesio la concentración mas elevada corresponde también al tercer horizonte (669,04 p.p.m.) y la menor para el último horizonte. El perfil II se considera como MUY RICO en magnesio.

La relación Ca/Mg para el perfil II es la siguiente:

T A B L A N o. 7

Horizonte	Profundidad en cm.	Ca/Mg
1	0 - 3	15,812
2	3 - 35	14,850
3	35 - 60	8,474
4	60 - 80	10,001
5	80 - 100	2,971



Variaciones de pH ocasionadas por las diluciones del suelo utilizadas en las determinaciones para el perfil de suelo No. II

Al finalizar el muestreo del perfil II, se apreció la presencia de material blanquizco al terminar el horizonte superficial, lo -- cual probablemente indicaba acumulación de sales. Con objeto de practicar pruebas de salinidad, se efectuó un nuevo muestreo para este mismo horizonte (Perfil II-A, Tabla No. 3).

La clasificación de la muestra, según datos de la tabla No. 2 correspondió a LIGERAMENTE SALINA.

Las determinaciones de por ciento de saturación y densidades -- en agua destilada y xilol no fueron practicadas, por considerarse aproximadamente iguales a las obtenidas para el primer horizonte del perfil II.

En lo que se refiere a los análisis efectuados, resultaron -- valores muy aproximados al horizonte correspondiente del perfil II (-- Muestra No. 145-71, Tabla No. 3).

Estas distribuciones irregulares de elementos y naturaleza di versificada de este suelo correspondiente al antiguo canal colector de aguas negras son evidencias de las alteraciones que ocasionan las acumu laciones significativas de materiales orgánicos en el suelo, así como -- los procesos de: incorporación de humus, efectos de desecación y compac tación.

A continuación se discuten los perfiles VII, VIII y IX, correspondientes al área que ha sido irrigada con aguas negras por un período de 12 a 20 años:

El color dominante es el gris, aunque se presentan algunas tonalidades cafésáceas; en húmedo la coloración es café con tonalidades grises oscuras.

No se aprecian grandes variaciones en los datos obtenidos para densidad en agua y en xilol, cuyos valores van de 2,212 g./cm.³ a 2,424 y de 2,473 a 2,805 respectivamente. Las densidades en xilol son mayores que las practicadas en agua destilada, este incremento es ocasionado en parte por el bajo contenido de arcillas.

Las clasificaciones texturales para el perfil VII corresponden al tipo medio, en los horizontes superficial e inferior (migajón arcilloso y franco) y de tipo pesado en la capa intermedia (arcilla, datos de la Tabla No. 3). Los perfiles VIII y IX fueron clasificados como de tipo ligero y medio (migajón arenoso y franco) respectivamente. Asimismo los porcentajes de arenas varían desde 23,40 a 58,36 mientras que en los contenidos de limo no se aprecian grandes variaciones (24,34 a 36,70%). Las cifras para las arcillas no muestran constancia pues se localiza una zona de acumulación en el segundo horizonte del perfil VII. Los valores encontrados varían de 17,30 a 44,68%.

El porcentaje de saturación se encuentra en proporción inversa con la fracción arenosa, es decir que los valores más bajos corresponden a los horizontes con los porcentajes más elevados en el contenido de arenas. El valor mínimo es de 21,42% en la parte más profunda del perfil VIII, en donde se tiene 58,36% de arenas.

Los datos para conductividad eléctrica muestran una acumulación de sales en el horizonte más inferior del perfil VII, clasificado como ligeramente salino. Para el resto de los horizontes se tienen cifras que van de 0,63 a 1,33 mmhos/cm. a 25°C (Tabla No. 3), consideradas como NO SALINAS (Tabla No. 2).

Los valores para pH fueron leídos en el extracto de satura —

ción, suspensión acuosa y suspensión salina de KCl 1N. Los pH menores se obtuvieron en el extracto de saturación de suelo cuando se trabajó con suelos de reacción ácida o neutra. Al tratarse de suelos alcalinos, se obtienen datos menores en suspensión acuosa. Los valores de pH en suspensión salina son menores que los obtenidos en suspensión acuosa, debido al efecto de doble capa difusa ya explicado anteriormente. Las diferencias de lecturas en suspensión varían desde 0,91 a 1,57.

Los mayores contenidos de materia orgánica se localizan en la superficie con cifras de 1,99 a 2,32% considerados como valores medios; en los horizontes inferiores se tiene un descenso, cuyas cantidades van de 0,295 a 0,961%. El mismo caso se presenta para el carbono orgánico y nitrógeno total, obtenidos a partir del porcentaje de materia orgánica, dichos valores varían de 1,345 a 1,154% para el carbono orgánico en los horizontes superficiales y en las capas inferiores desde 0,171 a 0,557. Para el nitrógeno total se tienen cifras desde 0,116 a 0,014% (datos de la Tabla No. 3).

ELEMENTOS NUTRIENTES

Para los perfiles VII y VIII resultan cantidades de nitratos clasificadas como BAJAS (14,84 y 12,967 p.p.m.) en los horizontes superficiales. El primer horizonte del perfil IX está clasificado como RICO (29,97 p.p.m., Tabla No. 3); en los demás horizontes el contenido va de 7,77 a 5,83 p.p.m., cifras consideradas como MUY BAJAS. Estas variaciones en los contenidos de nitratos se deben a la gran movilidad que posee esta forma iónica del nitrógeno en el suelo.

En la capa superficial de los perfiles VIII y IX se encuentran datos para el nitrógeno amoniacal, clasificados como REGULARES (38,40 y 36,48 p.p.m.); en el perfil VII el contenido es BAJO (28,40 p.p.m.) y en los siguientes horizontes disminuye hasta 23,63 p.p.m., estas cantidades son clasificadas como BAJAS. Gran parte del nitrógeno amoniacal se pierde por volatilización, tal como puede observarse en el perfil VII, el valor mas bajo corresponde a la capa superficial, ya que al encontrarse mas cerca de la superficie se favorece la volatilización.

Se obtienen proporciones elevadas de fósforo con valores desde 244,75 p.p.m. hasta 16,6. En general todos los perfiles son RICOS y MUY RICOS. Las cifras elevadas en los contenidos de fósforo se deben en gran parte a que la materia orgánica incrementa las reservas en el suelo de este elemento.

Para el potasio la concentración máxima es de 786,24 p.p.m. - (Perfil VII-3, Tabla No. 3) y la mínima 361,92 para el perfil IX. En general el grupo de perfiles corresponde a MUY RICO.

El contenido de calcio va de 1584 p.p.m. a 846,00. El perfil VIII es de contenido MEDIO, así como el horizonte superficial del VII.- Los horizontes segundo y tercero, y el perfil IX se consideran RICOS.

Los tres perfiles de suelo se clasifican como MUY RICOS en magnesio con cantidades de 148,69 a 641,58 p.p.m.

El siguiente grupo de perfiles está constituido por suelos — con riego muy reciente de aguas negras, mas ó menos 1 a 2 años:

Los tres perfiles de suelo (Perfiles V, X y XI) están forma - dos por cinco horizontes, en los cuales predomina el color gris en esta - do seco, en algunos casos muestra tonalidades cafésáceas pálidas; en hú - medo toma coloraciones café grisáceas oscuras.

De igual manera que para el grupo discutido anteriormente, se obtuvieron valores de densidad en xilol mayores que los practicados en - agua destilada, aunque estas diferencias son muy pequeñas y en conse - cuencia poco significativas.

Todos los perfiles corresponden a una misma textura de miga - jón arenoso, tipo ligero. Los porcentajes de arenas van de 52,96 a - - 58,04. Los contenidos de limo muestran cifras desde 27,88 a 34,34%. Las cantidades mas bajas con para las arcillas (12,70 a 14,30%, datos de la Tabla No. 3).

Los valores para saturación de suelo varían de 22,50 a 30,76% donde los máximos porcentajes son para los dos horizontes que forman el perfil XI y el mínimo para el perfil V.

Los datos de pH se obtuvieron en función de la dilución y el - grado de acidez ó alcalinidad del suelo. Se advierte que para suelos - - ácidos, neutros y hasta los débilmente alcalinos, disminuyen los valo - res de pH conforme aumenta el volúmen de agua al realizar las determina - ciones. En suelos alcalinos el pH aumenta proporcionalmente con la di - lución.

En las muestras de suelo cuyo comportamiento tiende a la aci - dez ó neutralidad, se tienen valores menores en suspensión acuosa (de - 6,99 a 7,96), que en el extracto de saturación del suelo (de 7,96 a - - 8,05). Asimismo en suspensión salina todos los valores son menores en - relación a los determinados en suspensión acuosa, con diferencias que - varían de 0,83 a 1,17.

La conductividad eléctrica muestra bajo contenido de sales, - con cantidades clasificadas como **NO SALINAS**.

Las proporciones de materia orgánica son muy pobres, las mas elevadas se localizan en la superficie (0,928 a 1,99%), en los horizontes inferiores se tienen los contenidos mas bajos (0,685%). Para el carbono orgánico y nitrógeno total, las cifras muestran la misma constancia.

NUTRIENTES

Las concentraciones de nitratos son **BAJAS**, el valor máximo es de 21,50 p.p.m. en el perfil V, y el mínimo de 10,18 p.p.m. en el horizonte inferior del perfil XI (Tabla No. 3). Las pérdidas de nitratos son ocasionadas en gran parte por lixiviación, la cual se ve favorecida por la textura del suelo.

Son mas elevadas las cantidades de nitrógeno amoniacal, en donde el contenido máximo es para el perfil XI en su capa mas profunda con 31,33 p.p.m.; este contenido disminuye hasta 8,12 p.p.m. en la superficie. En general se considera **BAJA** la proporción del nitrógeno en forma amoniacal, lo cual se debe principalmente a pérdidas por volatilización.

Las cantidades de fósforo para el conjunto de perfiles se consideran **MUY RICAS**, con cifras que van de 24,4 a 36,6 p.p.m., a excepción del perfil V considerado como **MEDIO** (4,6 p.p.m., Tabla No. 3).

Para el potasio los resultados varían de 360,36 a 725,40 p.p.m. y se clasifican como **MUY RICOS**.

El contenido de calcio es alto, en el perfil V se tiene el valor mas bajo (720 p.p.m.) clasificado como **MEDIO**, el máximo de 2610 p.p.m. en el perfil XI en la parte inferior. El resto de los valores obtenidos son considerados como **RICOS**.

El magnesio también se acumula en lo mas profundo del perfil XI con 236,53 p.p.m., correspondiendo a la clasificación **MUY RICO**. La cantidad mínima es de 142,27 p.p.m. también considerada **MUY RICA**.

Perfiles IV y VI, correspondientes a la zona de riego con agua de pozo:

El color dominante es el café con tonalidades grisáceas, en el perfil VI se presenta gris cafésáceo claro; en estado húmedo, el color es café grisáceo oscuro.

Las densidades en agua son menores que las practicadas en xilol, situación atribuida en parte a la baja proporción de arcillas. Los datos varían de 2,255 a 2,465 g./ml. para los obtenidos en agua y de 2,425 a 2,632 g./ml. en xilol (Tabla No. 3). Las diferencias entre los valores obtenidos para las determinaciones, no sobrepasan las décimas, por lo tanto se consideran poco significativas.

En lo que toca a la textura se tiene que predomina el migajón arenoso de tipo ligero en el perfil IV, donde los porcentajes de arenas son los mas elevados, ya que van de 64,10 a 72,36, los contenidos de limo varían de 18,94 a 24,89% y las arcillas de 8,70 a 12,30%. Se observan en este perfil de suelo las proporciones mas bajas para arcillas debido a que el agua de pozo muestra menor contenido de éstas. Para el perfil VI se tiene migajón arcilloso, con 36,40% de arenas, 31,52 de limo y 32,08 de arcillas. Existe variación en la clasificación textural de ambos perfiles, pudiendo atribuirse principalmente a la diferencia de espesores, ya que el perfil IV muestra una profundidad de 100 cm., mientras que el perfil VI únicamente 40 cm., lo cual favorece la acumulación de arcillas.

Los porcentajes de saturación son inversamente proporcionales al contenido de arenas, por lo cual los valores mas pequeños corresponden a los mayores porcentajes de arenas. El valor mas elevado se localiza en el perfil VI, en donde se tiene la proporción mas alta para las arcillas.

Los valores para conductividad eléctrica muestran una zona de mayor concentración de sales solubles en el perfil IV, esta zona se localiza de los 75 a 100 cm. de profundidad y se tienen 4,5 mmhos/cm. a 25°C, correspondientes a la clasificación de NO SALINO.

Los valores para pH concuerdan con el hecho de que para suelos de reacción ácida y neutra, el pH es generalmente menor a mayor dilución del suelo; en cambio para suelos de reacción alcalina, el pH aumenta con la dilución del suelo. Las lecturas obtenidas en el extracto de saturación del suelo están entre 7,20 y 8,22.

Los pH obtenidos en suspensión acuosa van de 6,52 a 8,29 siendo estos mayores que los leídos en suspensión salina, que varían de 5,6 a 7,9. Las diferencias de lecturas en suspensión van de 0,35 a 1,07.

El contenido de materia orgánica decrece hacia los horizontes más profundos. El valor máximo corresponde a las capas superficiales, con 1,27% y 2,35% en los perfiles IV y VI respectivamente. La concentración mínima se localiza entre los 75 y 100 cm. del perfil IV con 0,630%. El mismo descenso se observa para el carbono orgánico y nitrógeno total.

ELEMENTOS NUTRIENTES

Las cifras para el nitrógeno nítrico van desde 7,83 a 11,55 p.p.m., clasificadas como contenidos BAJOS y MUY BAJOS. El nitrógeno amoniacal presenta datos más elevados, encontrándose los valores más bajos en la superficie, debido en gran parte a pérdidas por volatilización, dichos valores van de 19,60 a 31,82 p.p.m., clasificados como contenido BAJO y REGULAR.

Las proporciones de fósforo muestran amplias variaciones, el valor mínimo es para el horizonte más profundo del perfil IV (Tabla No. 3), considerado como POBRE en fósforo, mientras que en el resto de los horizontes, los valores van de 14,31 a 22,00 p.p.m., contenidos clasificados como MEDIOS y RICOS. Esta distribución irregular en el fósforo se debe a las variaciones en el régimen hidráulico y bajo contenido de materia orgánica, en comparación con los perfiles de riego con aguas negras.

El potasio muestra cifras que se encuentran entre 325,71 y 822,03 p.p.m., todas ellas consideradas como MUY RICAS. Dichas concen -

traciones eran de esperarse, ya que los suelos de zonas áridas generalmente están bien abastecidos de potasio.

Para el perfil IV, el calcio aumenta con la profundidad del suelo, desde 810 p.p.m. hasta 5175 p.p.m., dichos contenidos se clasifican como MEDIOS y MUY RICOS. En el perfil VI la concentración es de - - 2610 p.p.m., que corresponde a suelos MUY RICOS. Comúnmente se encuentra que los suelos de origen aluvial, tienen buenas provisiones de calcio, cuando el aluvión incluye en sus fases de acarreo, materiales calcáreos, como en este caso.

El magnesio también aumenta conforme se profundiza el perfil, con valores que van de 66,66 hasta 291,79 p.p.m. Se observa que los niveles de magnesio son ALTOS.

VI .- RESUMEN Y CONCLUSIONES

C O N C L U S I O N E S

De acuerdo con la interpretación analítica de los resultados obtenidos en el laboratorio y el estudio de los perfiles de suelo, se llegó a las siguientes conclusiones:

a) En la zona de los suelos agrícolas regados con aguas negras, se muestra un incremento en la proporción de materia orgánica, lo cual contribuye a mejorar la estructura, facilitar la retención de los elementos nutrientes y en general su tendencia a mejorar las condiciones físicas y químicas.

b) Se incrementa la actividad biótica del suelo favoreciendo los procesos que aportan nutrientes a las plantas, tales como la amonificación y nitrificación, así como la incorporación de coloides orgánicos, etc.

c) Se considera que la reserva de fósforo es mayor que en suelos con riego de agua de pozo.

d) En vista de que la provisión de agua no es suficiente, es necesario obtener el máximo aprovechamiento de ésta, por lo cual se recurre al empleo de las aguas negras para la irrigación, lo que representa mejores condiciones para el cultivo de especies agrostológicas; aunque pueden presentarse problemas de contaminación por parasitosis, al utilizar dichas aguas en cultivos de plantas hortícolas y en general de tallos rastreros.

e) En casos de suelos de textura ligera, muy permeables, las aguas negras contribuyen a disminuir los efectos físicos desfavorables mejorando notoriamente su valor agrícola.

f) Como un efecto de la utilización de las aguas negras en la irrigación de suelos agrícolas, se observan sustancias acumulativas -- que pudieran presentar efectos de toxicidad para algunos cultivos.

R E S U M E N

En el presente trabajo se estudian una parte de los suelos agrícolas del municipio de Soledad Diez Gutiérrez, S. L. P. regados con aguas negras procedentes de la ciudad de San Luis Potosí.

Se identifican las propiedades físicas y químicas, así como las alteraciones ocasionadas por el agua de desecho utilizada para la irrigación.

El material por investigar lo constituye un total de 28 muestras de suelo que forman 11 perfiles objeto del estudio, y que se encuentran distribuidos en la siguiente forma:

2 perfiles de suelo correspondientes a la zona de mayor grado de alteración, siendo ésta el antiguo canal colector de aguas negras actualmente en período de desecación.

3 perfiles de suelo en un área que ha sido regada con aguas negras por un período de 12 a 20 años.

3 perfiles de suelo con riego muy reciente de aguas negras más ó menos 1 a 2 años.

3 perfiles de suelo en una región que no muestra alteraciones de este tipo, para lo cual se efectuó el muestreo en sitios donde se utilizara agua de pozo para la irrigación.

Se realiza una revisión bibliográfica de los antecedentes del municipio en que se efectuó el estudio y se presenta una descripción general de la zona; cuya situación de la cabecera municipal corresponde a los $22^{\circ} 11' 03''$ latitud N y $100^{\circ} 56' 02''$ latitud W de Greenwich con una altitud de 1882 m.s.n.m. Se presentan datos de campo, actividades, clima, vegetación y una breve descripción fisiográfica y geológica de la región en que fueron obtenidas las muestras de suelo.

Se incluyen métodos y resultados de los análisis practicados en el laboratorio para:

Color determinado en estado seco y húmedo, densidad real utilizando como líquidos de referencia agua destilada y xilol, porosidad,

textura, porcentaje de saturación, conductividad eléctrica, lecturas para pH obtenidas en el extracto de saturación del suelo, suspensión acuosa y suspensión salina de KCl 1N. de relaciones 1:2,5; contenidos para materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno total, se cuantearon algunos elementos nutrientes como nitratos, nitrógeno amoniacal, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

VII .- BIBLIOGRAFIA

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

- Bodman, G.B. Nomograms for rapid calculations of soil density, water content, and total porosity relationships. Amer. Soc. Agron. Jour. 34:883-893, illus. 1942.
- Bonnet, J.A. Edafología de los suelos salinos y sódicos. Estación experimental agrícola, Universidad de Puerto Rico, 1960 337 p.
- Bouyoucos, G. The hydrometer method for studying soils. Soil. Sci. 38:335-345. 1928
- Corey, R.B. Química avanzada de suelos. Curso semestral, Colegio de Post-Graduados, E.N.A., Chapingo, Méx. 1964. 150 p. (mimeografiado).
- Cuadra Moreno, J. El uso del agua negra para riego en los valles de México y de El Mezquital, Hgo. México, Secretaría de Recursos Hídricos, Dirección General de distritos de riego, lo. Dic. 1967 56 p. Memorandum Técnico No. 252 (mimeografiado).
- Guanos y Fertilizantes de México. Recomendaciones generales de fertilización para los principales cultivos en el estado de San Luis Potosí. Año XII, 53:18-19. Oct. Nov. Dic., 1967.
- Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. El riego con aguas negras en el valle de Mexicali. Mesas redondas sobre problemas del agua. México, D.F. pp. 284-285. Enero, 1965. 8a. Serie.
- Jackson, M.L. Análisis químico de suelos. Barcelona, Ed. Omega, 1964. 662 p.
- Koeppen, W. Climatología con un estudio de los climas sobre la tierra. México, Fondo de cultura económica, 1948. 478 p.
- Laird, Reggie J. y Núñez E., Roberto. Fertilidad de suelos. Notas del curso, E.N.A., Chapingo, Méx., 1963. 211 p. (mimeografiado).

- Marroquín, J.S. et al. Estudio ecológico y dasonómico de las zonas áridas del norte de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 1964. 166 p.
- Medina R., P. et al. Estudio geohidrológico y físico-químico de los suelos en el municipio de Soledad Diez Gutiérrez, S.L.P. San Luis Potosí, Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, 1961. 40 p. (mecanografiado).
- Mela M., P. Tratado de edafología y sus distintas aplicaciones. Zaragoza, España., Ed. Omega, 1964. 615 p.
- Millar, C.E. Edafología. Fundamentos de la ciencia del suelo. México, Ed. Continental, 1961. 612 p. ilus.
- Munsell, Color Co. Munsell soil color charts. Baltimore 18, Maryland, U.S.A., Ed. M.C. Co. Inc., 1954.
- Navarro, A.C. Métodos de análisis de suelos agrícolas y aguas para riego. Ingeniería Hidráulica en México. XI(4):55-67. 1957
- Ortiz M., R. Manual simplificado de suelos salinos y sódicos. Conceptos actuales sobre su estudio. Boletín de Guanos y Fertilizantes de México, S.A. Año IV, No. 20, 1959. 46 p.
- Richards, L.A. Suelos salinos y sódicos. Manual de agricultura No. 60 Depto. de agricultura de E.E.U.U., Pub. I.N.I.A. de la S.A.G., México, 1962. 172 p.
- Robinson, Gilbert W. Los suelos. Su origen, constitución y clasificación. Barcelona, Ed. Omega, 1960. 515 p.
- Russell, J.E. y Russell, W.E. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Madrid, Ed. Aguilar, 1959. 771 p.
- Rzedowski, G.C. de Vegetación del valle de San Luis Potosí. Tesis. México, D.F., 1957. 101 p.

Rzedowski, J. Vegetación del estado de San Luis Potosí. Acta Cient. - Potos. V(1/2):5-291. 1965. (Sobretiro 1966). (Contribución No. - 20 del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas).

U.S.D.A. Soil classification a comprehensive system, 7th. aproximation. Soil Survey Staff. Washington, D.C., U.S. Government Printing - - - Office, 1960. 265 p.

U.S.D.A. Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Samples. Soil Conservation Service. Washington, D.C., U.S. - Government Printing Office, 1967. 50 p. No. 1

Esta Tesis se Imprimió en Mayo de 1973
empleando el sistema de reproducción Xerox-Offset,
en los Talleres de Impresos Offsali-G, S A., Av.
Colonia del Valle No. 531 (Esq. Adolfo Prieto),
Tel. 523-21-05 Oficinas Mier y Pesado 349-A
Tel. 523-03-33 México 12, D. F.