

C. 1

S3

.5

S592

T



1080075693



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI
 ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

EX-LIBRIS
 S. L. P. U. A.



EVALUACION DE MICROELEMENTOS:

FIERRO, COBRE, ZINC, MANGANESO Y MOLIBDENO
 EN SUELOS DEL DISTRITO DE RIEGO NUM. 91
 " LAS ANIMAS "

TRABAJO RECEPCIONAL

REYNA MARIA SALINAS PEREZ

SAN LUIS POTOSI, S.L.P. 1986



Dic 4
 18-Hrs

956M
92
5

EX-LIBRIS



SISTEMA DE
BIBLIOTECAS
U. A. & L. E.

T.O.
60
\$
7986



EVALUACION DE MICROELEMENTOS:

FIERRO, COBRE, ZINC, MANGANESO Y MOLIBDENO

EN SUELOS DEL DISTRITO DE RIEGO NUM. 91

" LAS ANIMAS "

A MIS PADRES:

Con todo cariño a ellos, por su apoyo, comprensión y ejemplo que siempre me han brindado.

A MIS HIJOS Y ESPOSO:

Con sincero amor por su apoyo.

A MIS MAESTROS:

Con cariño y gratitud por sus enseñanzas.

A MIS HERMANOS:

Con cariño.

RECONOCIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento -
de manera especial a la Q.A. Sara -
Ramírez Marañón, por la dirección -
y apoyo brindado para la realización
de este trabajo.

Al mismo tiempo expreso mi sincero
reconocimiento a la Quím. Luisa Vicu
toria Salas Rojas, por el asesora--
miento otorgado en la finalización
de este estudio.

C O N T E N I D O

1. INTRODUCCION.
2. GENERALIDADES.
 - 2.1 IMPORTANCIA DEL FIERRO.
 - 2.2 IMPORTANCIA DEL COBRE.
 - Ca 2.3 IMPORTANCIA DEL MANGANESO
 - 2.4 IMPORTANCIA DEL ZINC.
 - 2.5 IMPORTANCIA DEL MOLIBDENO.
3. MATERIALES Y METODOS:
 - 3.1 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.
 - 3.2 ANALISIS DE SUELOS.
 - 3.2.1 METODOLOGIA EMPLEADA PARA CARACTERIZAR LOS SUELOS.
 - 3.2.2 METODOS PARA DETERMINAR LOS MICRONUTRIENTES.
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.
 - 4.1 RESULTADOS.
 - 4.2 DISCUSIONES.
5. CONCLUSIONES.
6. GLOSARIO.
7. BIBLIOGRAFIA.

1. INTRODUCCION.

Es sabido que las plantas necesitan tomar de los suelos los elementos que les son indispensables, en proporciones adecuadas para lograr su normal desarrollo. Estos elementos se dividen en dos grupos, en base a la cantidad en que se requieren, pues la importancia de ellos es la misma. Un grupo es el denominado de "elementos mayores" y lo integran el carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. El otro grupo es el de los "elementos menores" u oligoelementos, integrado por: fierro, cobre, zinc, manganeso, boro, molibdeno, arsénico y otros más.

Frecuentemente, aunque no siempre, la escasez de uno o más de estos elementos, afecta el aspecto exterior de la planta, dando un color clorótico, bronceado o moteado o alterando su hábito de crecimiento, o causando la muerte de los puntos de crecimiento.

Sobre muchos suelos, las plantas pueden sufrir deficiencias de algunos elementos simultáneamente, aunque pueden mostrar sólo los síntomas de uno o aun no mostrar la de ninguno de ellos; en algunos casos se refleja únicamente en el rendimiento.

Los oligoelementos tienen otra característica: la de que normalmente son altamente tóxicos cuando se encuentran en el suelo en forma utilizable, en cantidades que no sean muy pequeñas.

La importancia del estudio de estos nutrientes, en relación a la producción de las cosechas, estriba en el hecho de que en ciertas ocasiones, aún encontrándose en forma aprovechable para las plantas, no presentan una relación adecuada y en consecuencia puede ocurrir un antagonismo no deseable.

Son muchos los factores que determinan el aprovechamiento y necesidad de los elementos menores y por tal motivo, su influencia estará reflejada en la producción. Entre éstos se encuentran los siguientes: la reacción del suelo o pH, las condiciones óxido-reducción, el contenido de materia orgánica, la textura, el porcentaje de carbonato de calcio y ciertos niveles de elementos mayores, además del contenido de sales y las interacciones que pueden presentarse entre ellos.

De lo anterior, se deduce la importancia de conocer el contenido en el suelo, de los elementos menores, ya que es un dato que en nuestro país poco se ha investigado, excepto algunos estudios locales y un estudio realizado por FAO a nivel mundial, publicado en 1982.

En base a lo anterior se pretende con este trabajo, dar una idea de los niveles de Fe, Cu, Zn, Mn y Mo, en los suelos del Distrito de Riego núm. 91, Las Animas, ubicado en el Estado de Tamaulipas, ya que se cree que en algunas áreas dedicadas a cítricos, existen deficiencias de los elementos mencionados. Cabe aclarar que tales deficiencias aún no han sido comprobadas.

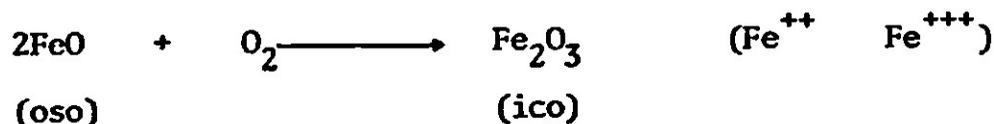
2. GENERALIDADES.

2.1 IMPORTANCIA DEL HIERRO.

Experimentos realizados en muchos países, han aportado pruebas irrefutables en el sentido de que el hierro es un elemento indispensable nutritivo, de primera importancia para los vegetales. En 1892, Molish demostró que si bien los vegetales contienen cantidades relativamente pequeñas de hierro, la carencia de este elemento en el suelo, origina clorosis en las plantas, cuyas hojas se tornan gradualmente más amarillas. La aplicación de hierro al suelo o soluciones diluidas de hierro al follaje, restauran rápidamente el contenido normal de clorofila, y las hojas adquieren nuevamente su verdor. Willstaetter demostró que la clorofila no contiene hierro y se cree que la función principal del hierro en la planta es ayudar a la acción fotosintética de la clorofila, posiblemente actuando como catalizador.

El hierro debe ser absorbido por las raíces de la planta en forma iónica o como sales orgánicas complejas. También es absorbido por las hojas cuando se aplican pulverizaciones foliares de sulfato de hierro y sales complejas de hierro llamados quelatos. Aunque el ión férrico puede ser absorbido por las plantas, la forma activa metabólicamente, parece ser el ión ferroso. Los tejidos de las plantas que contienen gran cantidad de hierro férrico, pueden presentar síntomas de deficiencia de hierro.

El hecho más sobresaliente en el comportamiento del hierro en el suelo, es la capacidad del elemento para formar compuestos con diferente grado de oxidación, de ellos, dos de los más importantes coexisten en el suelo; se trata del óxido ferroso (FeO), (hierro bivalente) y del óxido férrico (Fe₂O₃) (hierro trivalente).



— Formas y Contenidos del Fierro en los Suelos.

Bajo condiciones de buena aereación en el suelo, el fierro puede formar compuestos tales como carbonatos, sulfuros, fosfatos y generalmente, óxidos, entre los cuales el más importante es la limonita (Fe₂O₃.H₂O) y además, con la materia orgánica forma quelatos. Este elemento en el suelo, también se encuentra incorporado en las rejillas cristalinas de los minerales primarios, como la hornoblenda, augita, olivinio, biotita y piroxenos, así como también en diversos materiales secundarios. Debido a esto, se considera que el fierro es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre (4o. lugar), y se encuentra en cantidades que varían entre 2 y 6 % como promedio, aunque hay algunos suelos lateríticos que pueden alcanzar hasta un 60 % de Fe₂O₃ (20).

— Factores que Afectan la Asimilación del Fierro.

Según Corey (4) y Wallace y Lunt (23), la absorción y utilización del fierro por las plantas, está afectada por los siguientes factores:

1. Contenido y formas del hierro en el suelo.
2. El pH del suelo.
3. Contenido de materia orgánica.
4. Textura del suelo.
5. Porcentaje de carbonato de calcio.
6. Concentración de fósforo del suelo.
7. Actividad microbiana.

Consideramos que de los factores mencionados anteriormente, los más importantes son los siguientes:

— pH. El pH juega el papel más importante en la regularización del hierro e interviene en las reacciones de precipitación, adsorción, óxido-reducción y en la actividad microbiológica del suelo, así como también controla los mecanismos de solubilización y equilibrio químico. De acuerdo con lo anterior, Olsen (14) y Wallace (23), indican que suelos con elevado pH (mayor de 6) y una alta concentración de fósforo en la solución del suelo, inducen a una marcada deficiencia de hierro; asimismo Lindsay (11), mediante numerosos análisis sobre el equilibrio entre las diferentes formas en que se presenta el microelemento en el suelo, destaca las relaciones entre solubilidad y pH.

— CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA. En el suelo algunos de los metales que se presentan en forma natural o que se agregan como fertilizantes, reaccionan con la materia orgánica, formando compuestos insolubles no asimilables para las plantas; así, el hierro ferroso (Fe^{+2}), es la forma

en que las plantas utilizan dicho elemento, y el férrico (Fe^{+3}), forma, con la materia orgánica, complejos más estables, y por lo tanto, no disponibles para las plantas.

Muchos autores, entre ellos Hudgson (9) y Lindsay (11), coinciden en señalar que en los suelos orgánicos es más frecuente observar deficiencias de microelementos, dando el primero mayor importancia a la contribución de la materia orgánica, al encontrar correlaciones muy altas entre la distribución de los microelementos y la materia orgánica, especialmente entre el cobre y zinc.

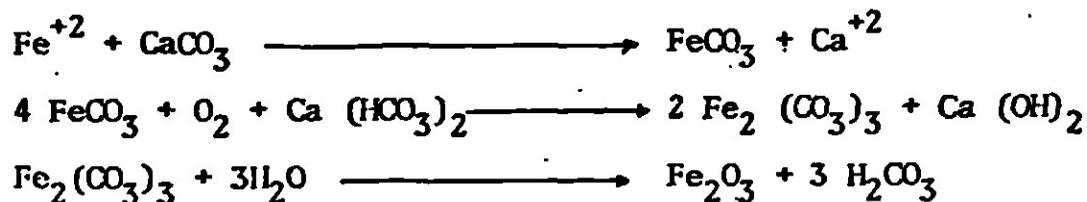
De acuerdo con Jackson y Sherman (9), el movimiento de los elementos menores hacia los horizontes inferiores o fuera del perfil, se debe generalmente a compuestos orgánicos que presentan compuestos quelatantes (15). Este proceso ha sido llamado queluviación y se observa fundamentalmente para el fierro, y en menor proporción, para el cobre y zinc.

— TEXTURA. La mayoría de los investigadores han tratado de establecer las relaciones entre los contenidos de los elementos menores y las partículas del suelo según su tamaño, y el éxito de muchos trabajos justifica que se considere a la textura, como uno de los factores que contribuyen a entender la distribución de los microelementos en el suelo. Así, Le Riche y Weir (10), estudiando la distribución de los microelementos en las fracciones del suelo, analizaron los contenidos de 13 elementos menores en los óxidos de fierro, en las arcillas, en los limos y en las arenas. Los resultados obtenidos demostraron que en los óxidos de fie-

rro se encontraron los mayores contenidos totales de casi todos los microelementos estudiados, entre ellos el cobre y principalmente el hierro; para las demás fracciones, encontraron que la distribución disminuía de arcilla a limo y de éste a arena.

Por su parte Sauchelli (18), Le Riche y Weir (10) y Corey (4), coinciden en señalar que los contenidos totales de los microelementos pueden ser un indicador razonable de la condición de un suelo, con respecto a los elementos menores asimilables, pero también, los factores mencionados anteriormente, determinan la cantidad disponible de estos elementos.

— CARBONATOS. Según Ortega (15), el hierro en presencia de carbonato de calcio y de un exceso de humedad, sufre las siguientes reacciones:



como el hierro es asimilado en forma de ión ferroso, los suelos calcáreos húmedos, son desfavorables para el aprovechamiento de hierro, razones entre las cuales se encuentra el elevado pH.

— FOSFORO. Cuando el fósforo no se encuentra presente en el medio de cultivo, las raíces absorben más hierro, explicando de este modo, cómo a veces puede corregirse la clorosis férrica, reduciendo los aportes de fósforo.

- MICROORGANISMOS. Los microorganismos del suelo pueden inducir la deficiencia de fierro, oxidándolo más e inmovilizándolo (9), o bien, absorbiéndolo para su metabolismo.

- OTROS FACTORES. Cuando el contenido de manganeso es demasiado alto, con respecto al fierro, el primero precipita al fierro oxidándolo. El caso contrario se presenta cuando la deficiencia de manganeso es originada por la presencia de fierro ferroso en exceso, por lo que se considera importante la relación de estos elementos en el suelo, entre 1.5 y 2.5 (10). Así, Sideris y Young (19) y Twymann (22), indican que la clorosis inducida se debe a que el manganeso sustituye al fierro en la protoporfirina 9, precursora de la clorofila.

Wallace (23), Chapman y colaboradores (5), encontraron casos de clorosis severa en plantas desarrolladas con bajos contenidos de potasio, considerando que la falta de este elemento disminuye el suministro de hidratos de carbono, necesarios para la actividad normal de las raíces.

Además, también se conocen algunos casos de deficiencia de fierro, inducida por el exceso de cationes que obstaculizan la absorción de aquél, aun en suelos ácidos. Otros investigadores encontraron plantas con clorosis inducida por cantidades elevadas de cobre.

- Tipos de Suelo en los que más Comúnmente se Presenta la Deficiencia de Hierro.

- 1) Suelos calcáreos.
- 2) Suelos muy mal drenados.
- 3) Suelos manganíferos.

- Prácticas de Manejo de Suelos y Otras Causas que Pueden Producir o _
Agravar la Deficiencia de Hierro.

1. Alto grado de humedad en el suelo.
2. Concentración elevada de un metal pesado en los suelos ácidos, _
como Zn, Cu, Mn, Ni.
3. Temperaturas de suelos o muy altas o muy bajas, suelos fríos o _
calientes.
4. Suelos con gran cantidad de hongos o nemátodos.
5. Falta de oxigenación en el suelo.

- Importancia de los Análisis en los Tejidos.

La concentración de fierro en los tejidos de las plantas es del orden de 10^{-2} a 10^{-4} veces menor, comparado con el reporte del suelo en el cual crecen, como una regla para los otros microelementos conocidos como esenciales, la concentración de fierro en los tejidos es siempre _
mucho menor con relación al suelo, ya que los otros microelementos pueden tener más elevada su concentración, de ahí que la contaminación por exceso de fierro es la más frecuente. Esta toxicidad no ha sido tan _
evidente en condiciones naturales, esto se ha observado en cultivos en

los que se ha aplicado un exceso de sales de fierro en solución o en dosis altas, tanto por aspersiones como en mejoradores del suelo, en los que se aparecen manchas necróticas evidentes.

- Síntomas de Deficiencia de Fierro en las Plantas.

La deficiencia de fierro se muestra como una clorosis típica foliar, primero en las hojas jóvenes con un amarillamiento invernal que progresa rápidamente sobre la hoja entera. En casos extremos, las hojas se vuelven completamente blancas.

En las últimas fases, las hojas aparecen como quemadas, empezando por los bordes y extendiéndose hacia el interior y la base.

La deficiencia del fierro en los cultivos, se debe generalmente a la reacción del suelo y las aplicaciones de este elemento no siempre corrigen las anomalías producidas por este microelemento.

Antes de adicionar fierro al suelo, es aconsejable corregir el pH mediante el encalado del suelo, y si esto no fuera posible, se recomienda aspersiones al follaje, siendo éste un sistema adecuado de corrección.

Para aspersiones al follaje se utilizan soluciones del 1 a 5 % de sulfato ferroso (Fe SO_4), más un 50 % de cal hidratada a razón de 200 a 400 lts de esta solución por hectárea.

Durante los últimos años se han hecho grandes avances en el uso de compuestos de hierro con varios agentes quelatógenos.

El primero de éstos es el etilendiaminotetracético (EDTA), hidroxietilendiaminotriacético (HEETA), dietilentriaminopentacetato (DTPA), además de la importancia desarrollada especialmente como materiales aspersores, son agentes compuestos derivados de productos naturales.

Estos agentes quelatógenos tienen la propiedad de mantener el hierro en solución (como quelatos de hierro, solubles), protegiéndola de las reacciones ordinarias que forman compuestos insolubles, tales como hidróxidos, fosfatos y carbonatos de hierro.

2.2 IMPORTANCIA DEL COBRE.

El cobre puede ser absorbido por las plantas como ión cuproso y puede ser absorbido como sal de un complejo orgánico tal como el EDTA. Las sales de cobre son absorbidas por las hojas, y las deficiencias son a menudo corregidas o prevenidas por las aplicaciones de este elemento en pulverización sobre las hojas en el control biológico.

El cobre, al igual que el manganeso y el boro, se encuentra en casi todos los suelos, desde 1 hasta 100 ppm, estando igualmente contenido en las cenizas de la mayoría de las plantas. Se ha encontrado en cantidades comparativamente grandes, particularmente en las semillas y cuidadosos experimentos han demostrado que sin la presencia de pequeñas canti

dades de cobre, las plantas no podrán formar la semilla. La deficiencia de cobre en las plantas forrajeras produce una menor elasticidad en la lana de las ovejas. Las anomalías en el desarrollo vegetal, de las cuales se culpa al cobre, han sido observadas particularmente en suelos "peat" y "muck", si bien no es rara la deficiencia en suelos arenosos ácidos.

Rnott (1933), encontró que muchas áreas de suelos muck, en Nueva York, produjeron cebollas de color pobre y escamas delgadas. Los experimentos se realizaron en invernaderos con suelos obtenidos de lugares que producían cebollas bien coloreadas y pobremente coloreadas. Los análisis de suelos mostraron que los suelos que contenían 31 ppm de Cu, produjeron cebollas coloreadas y aquéllos con 12 ppm de Cu, produjeron bulbos pobremente coloreados.

De acuerdo con Swain (1955), el contenido total de Cu en la mayoría de los suelos está en un rango entre 2 y 100 ppm, teniendo como promedio 31 ppm.

Stenberg y Ekman (1948), encontraron que 20 a 25 ppm de cobre total en suelos orgánicos y 8 a 10 ppm en suelos minerales, bastaron para producir cultivos de cítricos con un contenido normal de cobre.

— Formas y Contenidos de Cobre en los Suelos.

El cobre se encuentra en los suelos en forma de óxidos, hidróxidos, carbonatos, fosfatos y como sulfuros y sulfosales de cobre, encon-

trando entre estos últimos, los siguientes compuestos: calcosisa, bornita, calcopirita, ternantita, tetraedrita, enargita, embanita, covelita y burnonita; también se encuentra este elemento en materiales como la calcopirita, tenorita, azurita y malaquita, que a su vez, forman parte de las rocas ígneas, en concentraciones hasta de 70 ppm. Se considera que la mayor parte del cobre de la roca madre, está presente en forma de calcopirita (CuFeS_2), que probablemente es el origen de los depósitos naturales del sulfuro de cobre en el suelo.

Con respecto a su contenido, Corey (4), Swaine (20) y diversos autores, encontraron que el contenido de cobre total oscila entre 2 - 75 y 2 - 100 ppm, respectivamente, reportando valores frecuentemente entre 2.5 y 60 ppm; por su parte Sherman y Mc Hergus (9), en suelos de Kentucky, determinaron contenidos entre 4 y 27 ppm y en suelos de Wisconsin, los contenidos de cobre variaron entre 10 y 25 ppm, según Mengel (12).

Corey (4), menciona que las deficiencias de cobre se presentan generalmente en los siguientes tipos de suelos:

- 1) Suelos orgánicos.
- 2) Suelos ácidos, naturalmente pobres en cobre.
- 3) Suelos calcáreos, que se han encalado excesivamente.

Factores que afectan la Asimilación del Cobre.

La absorción y utilización del cobre por las plantas está afectada principalmente por los siguientes factores:

- 1) pH del suelo.
- 2) Contenido de materia orgánica.
- 3) Textura.
- 4) Interacciones ocasionadas por la presencia de los iones Fe^{+3} , Al^{+7} , Mn^{+2} .
- 5) Por la actividad microbiana del suelo.

- pH. La retención de cobre en algunos suelos está afectada por el pH, siendo mayor esta retención entre pH 7 - 8, mientras que cuando son suelos ácidos, entre 1 - 6, mayor será la deficiencia del cobre.

- Materia orgánica. En los suelos ricos en materia orgánica de lenta mineralización, el cobre es quelatado y forma complejos de diferente estabilidad con el humus, ocasionando que este elemento se encuentre en forma no disponible para las plantas, además de que presente baja movilidad (3). Se observó también que el cobre en el suelo, es absorbido por la materia orgánica hasta la saturación de su capacidad de cambio y luego por los minerales arcillosos.

Las toxicidades se originan más fácilmente en los suelos arenosos por causa de la carencia de materia orgánica y porque la superficie de la arcilla adsorbe el cobre adicionado; puede manifestarse también toxicidad en suelos que han recibido fertilizantes o fungicidas a base de cobre.

Las deficiencias de cobre en los suelos se presentan en suelos arenosos y en suelos ácidos, con altos contenidos de materia orgánica. Probablemente sea debido a que en tales condiciones, el cobre es altamente movible y, consecuentemente, lixiviable. En cambio, en suelos orgánicos, no muy ácidos, el cobre forma combinaciones que son fuertemente retenidas por complejos minerales y orgánicos (15).

- Textura. El cobre es fuertemente retenido por las aristas intemperizadas de los minerales sílicos, o bien, adsorbidos en la superficie del carbonato de calcio (CaCO_3) y además, por la fracción coloidal (14); así, Homer Chapman (5), trabajando con suelos rojos, encontró que la fijación del cobre divalente por la arcilla coloidal, en dichos suelos, aumenta con el incremento del pH.

- Interacciones. Varios investigadores indican que existe un antagonismo entre el fósforo y el cobre; asimismo, Wallace (23), considera importante las siguientes interacciones con respecto a los elementos menores: Ca/Mn, K/Fe, P/Zn, P/Mn, P/Cu, P/Cr, P/N, CO/Fe.

En tales condiciones, los efectos pueden resultar negativos si el primer elemento tiende a deprimir al segundo, siendo más marcada cuando los niveles de los elementos difieren ampliamente.

La relación Cu/Mo es importante en zonas de pastoreo, debido a que cuando los niveles de molibdeno son altos, se produce una deficiencia de cobre en los animales. Los pastos que crecen en suelos deficien

tes en cobre, producen una anemia en los animales por falta de este nutriente, ya que es importante en la formación de la hemoglobina (4).

— Microorganismos. Los microorganismos afectan la disponibilidad del cobre en algunos suelos, ya que una mayor aereación provocada por la labranza y la adición de nitrógeno y fósforo, aceleran la descomposición de la materia orgánica, quedando el cobre y el zinc immobilizados temporalmente por la acción de los microorganismos, quedando así hasta que disminuya la actividad biológica (14).

— Síntomas de Deficiencia de Cobre en las Plantas.

Los síntomas de deficiencias de cobre son variables en las diferentes especies cultivadas, siendo por lo general las hojas nuevas o superiores las más afectadas, sin que lleguen a secarse completamente. La característica principal es la marchitez de las yemas jóvenes (14); sin embargo, en algunos casos la deficiencia de cobre se manifiesta como la falta de vigor en las plantas, principalmente cuando la deficiencia no llega a ser tan crítica, según Corey (4).

En el maíz, las hojas jóvenes se vuelven amarillas y si la deficiencia se vuelve más grave, las hojas jóvenes palidecen y las viejas se mueren. En estados avanzados aparecen tejidos muertos a lo largo de la parte superior y bordes de las hojas, de un modo similar a la deficiencia de potasio.

En algunos cultivos de hortalizas, las hojas pierden turgencia. Presentan una coloración verde azulada, se vuelven cloróticas, se enrollan y no aparece la producción de flores.

2.3 IMPORTANCIA DEL MANGANESO:

La importancia del manganeso es debida a que interviene en la fotosíntesis, además de que es un activador de varios sistemas enzimáticos; al igual que el fierro, interviene en la síntesis de la proteína y en la asimilación del carbono.

El manganeso ha sido objeto de muchos estudios cuidadosos desde que Scheele (1774) demostró que la pirolusita, el mineral más abundante de manganeso, fue el óxido de un nuevo metal, aunque diferente al hierro.

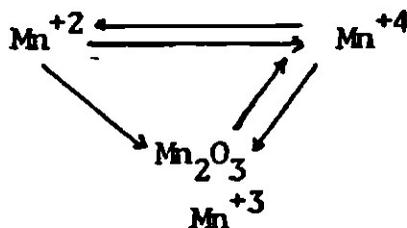
Antes de 1774, los compuestos de manganeso se confundieron con los de hierro. El manganeso está tan ampliamente distribuido en la naturaleza como el hierro, pero se presenta en mucho menor cantidad en las rocas, suelos, plantas y animales.

Los últimos descubrimientos indican que el manganeso desempeña un papel importante en la síntesis protéica, dentro de la planta. Sin lugar a dudas, es un elemento esencial para el desarrollo del vegetal.

La mayor parte de los suelos lo contienen en cantidades suficientes, pero son lavados en los suelos de reacción ácida.

- Formas y Contenidos de Manganeso en los Suelos.

El manganeso en el suelo se considera en tres estados de valencia: 1) Manganeso divalente, Mn^{+2} , que se halla presente como un catión adsorbido o en la solución del suelo; 2) Manganeso trivalente, que se supone que existe como un óxido altamente reactivo Mn_2O_3 ; 3) Manganeso tetravalente, Mn^{+4} , que existe como el óxido, que es muy inerte MnO_2 ; algunos científicos creen que entre estas tres formas existe un equilibrio dinámico.



De acuerdo con este concepto, el manganeso divalente cambiante está en equilibrio con las formas tri- y tetravalente, lo que es favorecido por un pH elevado y por condiciones de oxidación.

Por su parte Swaine (20), menciona que el manganeso en forma aprovechable por las plantas, se encuentra en forma manganesosa y el no aprovechable, en forma mangánica trivalente Mn_2O_3 . Se supone que el Mn_2O_3 , da lugar, por degradación, a MnO_3 y MnO .

Con respecto al contenido de manganeso total, Swaine (20), indica que en la mayoría de los suelos se encuentra en una concentración de 200 a 3 000 ppm, siendo un promedio de 600 ppm.

- Factores que Afectan la Asimilabilidad del Manganeso.

Los factores que afectan la absorción y utilización de manganeso para el desarrollo de la planta, son los mismos que afectan la disponibilidad de todos los micronutrientes, considerando que los que mayor influencia ejercen son los siguientes.

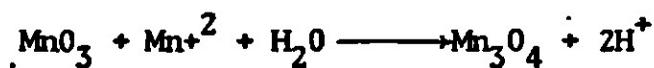
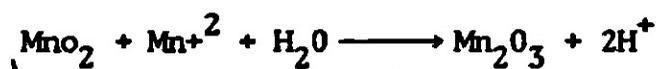
- pH. Según Ortega (15), el principal factor que gobierna las deficiencias de manganeso es el pH, ya que cuanto más ácido sea un suelo, mayor será la cantidad de manganeso que contiene, porque es muy soluble (4). Mehlich, menciona, con respecto al pH, que la disponibilidad del Mn divalente decrece a pH mayores de 6, debido al estado de oxidación. Quastel (1946), mostró que los organismos del suelo convertían el manganeso de Mn^{+2} , Mn^{+3} , a valores de pH 6.5 y podrían ser parcialmente los responsables de hacerlo inaprovechable a las plantas.

El MnO_2 (Mn^{+4}), altamente estable, es la forma en la que probablemente se halle en los suelos a valores de pH mayores que 8. La forma trivalente es favorecida presumiblemente por valores de pH próximos a la neutralidad, mientras que la forma divalente se halla en suelos ácidos.

- Textura. Samuel y Werner (17), después de numerosos análisis, determinaron que los suelos ricos en arcillas y limo, son también ricos en manganeso, en cambio, los suelos arenosos son pobres en contenido de este elemento.

- **Materia orgánica:** La materia orgánica y los microorganismos tienen importancia en el comportamiento del manganeso en el suelo, causando deficiencias más notables de manganeso que de fierro (19); Corey (4), menciona que en suelos pobremente aireados, aumenta la solubilidad del manganeso, debido al proceso de reducción, en tanto que en suelos fuertemente ácidos, este elemento es tóxico, mientras que en suelos alcalinos y ricos en materia orgánica, se presentan deficiencias de manganeso.

De acuerdo a Corey (4), las reacciones que se producen durante el cambio de óxido manganesoso a mangánico, son las siguientes:



Esto ocasiona una menor aprovechabilidad del manganeso debido a la formación de compuestos mangánicos insolubles.

Batalín (2), demostró que las aplicaciones de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ en cítricos, ocasiona una reducción en la disponibilidad de cobre, boro y zinc, y un incremento en la disponibilidad de manganeso y magnesio.

- **Síntomas de Deficiencia de Manganeso en las Plantas.**

- **PRIMERA ETAPA.** Con cítricos, los primeros síntomas de deficiencia de manganeso son hojas patrón, las cuales tienen bandas verde oscuro a lo largo de la vena central y venas principales, con áreas verde más inten-

so entre las bandas. En los casos ligeros, los síntomas aparecen en los nuevos brotes y desaparecen más tarde, en la vida de la hoja. Las hojas jóvenes, a menudo muestran un retículo de venas verdes sobre un fondo verde más claro; esta etapa se asemeja estrechamente con la clorosis de hierro.

— ETAPA MODERADA A AGUDA. En estas etapas de deficiencia de manganeso, las áreas verde oscuro se vuelven verde opaco, y las áreas verde claro persisten por toda la vida de la hoja. En casos muy severos de deficiencia de manganeso en frutales, las áreas verde claro a menudo son grises o aun blanquiscas, el follaje es escaso y las ramas que reportan tal follaje, tienden a morir. En tales casos, la hoja entera toma un tono verde amarillento opaco, seguido por un desprendimiento; el desarrollo de las ramitas es reducido en la mayoría de las clases de frutales.

Otras manifestaciones de esta deficiencia, son el débil crecimiento y la escasa floración y fructificación, además de que a veces las hojas se arquean de los bordes hacia abajo.

2.4 IMPORTANCIA DEL ZINC.

Summer y Lampman, en 1927, demostraron que el zinc es esencial para el desarrollo de las plantas. Experimentos cuidadosamente realizados hacen pensar en la posibilidad de que el zinc sea usado por las plantas para la formación de ciertas sustancias promotoras del crecimiento (auxinas), también sugieren que interviene en las síntesis de proteínas.

Su carencia produce diversas anomalías fisiológicas en el crecimiento. La deficiencia se ha estudiado preferentemente en los frutales como el manzano, el durazno, el cerezo y la vid, en los cuales produce una enfermedad fisiológica conocida como hoja pequeña, mientras que en la toronja y en el aguacate, produce la enfermedad de la hoja moteada. Las aspersiones de sulfato de zinc, aplicadas al follaje o al suelo, se consideran entre las medidas más efectivas para corregir tal deficiencia, sin causar daños.

- Formas y Contenido del Zinc en los Suelos.

Las formas cómo pueden encontrarse el zinc en el suelo, son las siguientes: como sulfuros, siendo el más importante la esfalerita, además como carbonatos, óxidos, silicatos y los complejos orgánicos.

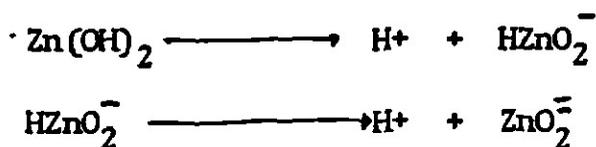
Con respecto a su contenido, Corey menciona que el contenido de zinc en la mayor parte de los suelos, oscila entre 3 y 150 ppm. Otros investigadores dan como contenido total de zinc en los suelos, concentraciones que oscilan entre 10 y 300 ppm, de los cuales del 1 a 10 % son indispensables para las plantas.

- Factores que Afectan la Asimilabilidad del Zinc.

Entre los factores que regulan la absorción del zinc por las plantas, se encuentran los siguientes:

- 1) pH del suelo.
- 2) Contenido de materia orgánica.
- 3) Textura.
- 4) Porcentaje de carbonato de calcio.
- 5) Concentración de fósforo.
- 6) Efecto de la nivelación de los terrenos.
- 7) Concentración de agua en el suelo.
- 8) Actividad microbiana.

— pH. En casi todos los suelos las formas del zinc y el pH del suelo, son los agentes reguladores de absorción del zinc por las plantas; asimismo, cuando el pH es lo suficientemente alcalino, el zinc forma hidrox-complejos. Por su parte Chapman (5), señala que el aprovechamiento del zinc disminuye a pH alcalino, debido al cambio que sufren sus formas de asimilables o no asimilables por la planta, como se indica a continuación:



— Materia orgánica. Olsen y colaboradores (14), indican que a pH altos el zinc y el cobre forman complejos estables con la materia orgánica, resultando un menor aprovechamiento o disponibilidad del zinc; en tanto que a pH ácido, sucede todo lo contrario (14), Corey reafirma que las deficiencias de zinc se presentan en suelos con un pH superior a 6.0.

- Textura. Con respecto a la fracción arcillosa, Renner y Smith (16), establecieron que el zinc es retenido por ésta en su mayor parte, siendo máxima en la montmorillonita, seguida de illita. Por su parte Ortega (15), menciona que el zinc adsorbido por la fracción coloidal del suelo, y solamente una parte de él, queda en forma intercambiable.

- Carbonato de calcio. La poca disponibilidad del zinc en los suelos calcáreos es debida a que es adsorbido por los carbonatos, siendo mayor para el $MgCO_3$, intermedio para el $Ca.MgCO_3$ y menor para el $CaCO_3$ (19). Este fenómeno es observado en suelos tropicales por lo que se recomienda que el encalado se haga moderadamente.

- Fósforo. En relación al efecto que causa el fósforo sobre la disponibilidad del zinc, existe mucha contradicción, pues mientras Hudson (8), en cítricos, y Wallace y colaboradores (23), en papa, mencionan que provoca deficiencias, en frijol afirman que no hay tal efecto; sin embargo, la mayoría de la literatura sugiere que altos contenidos de fósforo ocasionan antagonismos. La causa de esta interacción es atribuida a la formación del fosfato de zinc $Zn_3(PO_4)_2$, que es insoluble en el suelo y por tanto reduce la concentración de zinc en la solución del suelo.

En un estudio realizado por la FAO (6), indican que el fosfato de zinc resultó ser una buena fuente de zinc para el sorgo, al compararlo con otras fuentes como el ZnO , $ZnCO_3$ y el $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$. El mismo autor (5), cita a Lindsay, quien encontró que el fosfato de zinc llegó a ser

una buena fuente de fertilizante tanto para el zinc como para el fósforo. Por último, Bringham y Garber, en un estudio, confirmaron que la precipitación de zinc como $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$, no es causa específica de la nivelación de zinc.

— Nivelación del suelo. La nivelación de un suelo afecta en forma general la fertilidad del mismo; sin embargo, el efecto de los cortes en el terreno es mayor sobre el zinc que sobre los demás nutrientes. Esto mismo afirma Chapman (5), al mencionar que la deficiencia de zinc en los cultivos se ha manifestado con frecuencia en los terrenos recientemente nivelados.

— Contenido de agua. El contenido de agua en el suelo es importante para el aprovechamiento del zinc, debido al efecto de su difusión hacia las raíces de las plantas. Cuando el suelo está seco, las raíces no pueden profundizarse o extenderse según el tipo de raíz, por eso es importante la cantidad de agua en el suelo.

— Microorganismos. Y por último, la inmovilización del zinc por los microorganismos del suelo, es un factor importante, aunque no se dispone de evidencia suficiente de este mecanismo, es mucha su importancia (15).

— Síntomas de Deficiencia de Zinc en las Plantas.

En la etapa temprana es común notar en los cítricos pocas hojas

con la característica del moteado, usualmente conocida como manchado; más adelante, se manifiesta pequeñez en las hojas, mal desarrollo del follaje, clorosis entre nudos cortos o marchitamiento y falta de brillo en las hojas.

En los cítricos, se nota clorosis entre las venas del limbo foliar o moteado, en la mayoría de las plantas, las primeras afectadas son las yemas terminales, acentuándose el poco desarrollo en las ramitas. En las plantas de maíz, en la mitad inferior de las hojas aparecen a lo largo bandas o rayas y la yema terminal casi blanca.

- Valores de Zinc Detectados en el Análisis de Diversos Tejidos.

Según Holmes (1944), las plantas de diferente variedad, mostraron que el contenido de zinc en materia seca, variaba de 20 ppm a 12 200 ppm; sin embargo, a la fecha se han encontrado plantas con un contenido de menos de 20 ppm.

Recientes investigadores han demostrado que algunas plantas acumulan rápidamente una gran cantidad de zinc en las hojas. Esta diversidad, mostrada en el contenido de zinc en las hojas, nos ha llevado a concluir que el nivel de zinc debe analizarse únicamente en hojas de determinada edad, ya que experimentos recientes han demostrado que el nivel de deficiencia se establece a menos 20 - 15 ppm, en muestra seca.

Existen muy pocos datos para determinar el exceso de zinc, pero

por información disponible, se puede afirmar que una cantidad mayor de 400 ppm, constituye un exceso.

— Suelos que Más Frecuentemente Presentan Deficiencias de Zinc.

1. Los suelos ácidos lavados (lixiviados), y los suelos arenosos.
2. Los suelos alcalinos en los que el zinc aprovechable ha sido disminuido.
3. Suelos originados de roca granítica.
4. Suelos residuales de la India.
5. Algunos suelos orgánicos en los que el zinc ha sido transformado en compuestos no aprovechables por las plantas.

— Corrección de la Deficiencia del Zinc.

La deficiencia del zinc se puede evitar o combatir, mediante cultivos intercalados de alfalfa, ya que sus raíces pivotantes transportan el zinc del subsuelo a la superficie y provocan la descomposición de sus compuestos, haciéndola más asimilable; según Meliken (1953), piensa que las raíces de la alfalfa solubilizan el zinc y de este modo lo hacen más abundante y aprovechable por las plantas.

Para corregir la deficiencia del zinc, se recomienda el siguiente compuesto:

- Sulfato de zinc ($ZnSO_4$), contiene 36% de zinc y se aplica tanto al suelo como al follaje.

Entre las fuentes orgánicas encontramos a los quelatos de zinc, cuyos compuestos orgánicos sintéticos contienen de 6 a 15% de zinc. El más empleado es el E.D.T.A., que es soluble y móvil en el suelo y es -- efectivo tanto en polvo como granulado, aplicado al suelo.

Ortega (15), recomienda aplicar dosis de 10 a 30 Kg/Ha de sulfato de zinc ($ZnSO_4$) y aplicado en aspersiones; debe hacerse guardando la relación 5 partes de $ZnSO_4$ por 1000 de agua; se recomienda agregar a la solución un peso igual de hidróxido de calcio (cal hidratada).

2.5 IMPORTANCIA DEL MOLIBDENO.

Varios investigadores han aportado pruebas de que el molibdeno es factor determinante en la eficiencia con que las plantas absorben y utilizan otros elementos, principalmente el nitrógeno y probablemente el fierro y el fósforo. Existen buenas razones para creer que el molibdeno actúa como catalizador en la fijación del nitrógeno, realizado por las bacterias en los nódulos radiculares de las leguminosas y por otras bacterias no simbióticas que fijan el nitrógeno. De igual manera se -- comporta el molibdeno en el proceso de asimilación del nitrógeno por -- las plantas superiores y su presencia es necesaria para la formación de las enzimas o fermentos que intervienen en la reducción de los nitratos a amoniacos dentro del vegetal.

- Formas y Contenidos del Molibdeno en los Suelos.

El molibdeno en los suelos se encuentra en forma de molibdenita (MoS_2), powellita (CaMoO_4), wulfenita (FbMoO_4), molibdita (MoO_3) y por último, la ilsemanita ($\text{Mo}_3\text{O}_8 \cdot 11 \text{H}_2\text{O}$); por su parte Ortega (15), señala que el molibdeno se encuentra presente en los suelos bajo tres formas que son: 1) disuelto en la solución del suelo en forma de iones molibdato (MoO_4^{-2} ó 1MoO_4^-); 2) adsorbido sobre las partículas del suelo en forma intercambiable, y 3) en forma no intercambiable como constituyente de los minerales del suelo y de la materia orgánica.

- Factores que Afectan la Asimilabilidad del Molibdeno.

Entre los principales factores que afectan la absorción y utilización del molibdeno por las plantas se encuentran los siguientes:

- 1) La vegetación que actúa como un extractor continuo del molibdeno y que debido a esto, en el horizonte superficial de los suelos existe una acumulación de molibdeno.
- 2) El pH del suelo. El pH y el contenido de carbonato de calcio son los factores que más influencia tienen sobre el contenido de molibdeno (1); así, los suelos con un pH ácido presentan deficiencias de este elemento, en tanto que los suelos alcalinos no la presentan (16). Este mismo autor menciona que por lo general las deficiencias de molibdeno se presentan en suelos arenosos de reacción ácida. Sin embargo, pueden en-

contrarse cantidades elevadas de molibdeno en suelos con pH menor de 5, pero siempre que tengan un contenido elevado de materia orgánica.

3) Materia orgánica. La materia orgánica que se encuentra presente en los suelos, tiene una alta capacidad de retención de molibdeno. Así, los horizontes de color oscuro son más ricos en molibdeno que aquéllos de color claro del mismo perfil (4).

4) Textura. Con respecto a la textura, la literatura (4), cita que la arcilla actúa como acumuladora de molibdeno; por su parte Ortega (15), menciona que las arcillas del suelo adsorben los iones molibdato de una solución ácida, fijándolos al máximo, y los liberan en una solución alcalina de pH 9.0.

5) Porcentaje de carbonato de calcio. La literatura (15), menciona que en suelos ácidos y ausentes de CaCO_3 , el anión molibdato es poco soluble y móvil, de aquí su acumulación en los materiales ácidos. En cambio, suelos con grandes cantidades de carbonatos, ocasionan que los aniones molibdato estén en forma de sal cálcica, fácilmente movilizables.

6) La presencia de coloides electropositivos. Se ha encontrado que la presencia de estos coloides, retiene e impide su lavado y es por eso que en suelos con mucha materia orgánica o con grandes cantidades de coloides inorgánicos del tipo de los óxidos de fierro o manganeso, hidratados, sean más ricos en molibdeno que la propia roca original; en los suelos arenosos donde los coloides emigran fácilmente, son pobres en molibdeno.

7) La presencia de hidróxidos férricos. Según Jackson (9), menciona que el molibdeno es arrastrado y ocluido por los precipitados de hidróxi dos férricos, haciendo al molibdeno menos asimilable.

- Clases de Suelo en que la Deficiencia ha Sido Bien Determinada.

- 1) Suelos con alto grado de podzolización en los que el contenido de materia orgánica es bajo y en que además el molibdeno presente es inaprovechable debido a su pH bajo.
- 2) Suelos antiguos (degradados), en que es muy común la formación de minerales secundarios que fijan el molibdeno; por ejemplo: rocas ferrosas en Australia, Nueva Zelanda y Holanda, etc.
- 3) Suelos con poca capacidad retentiva del molibdeno: suelos calcáreos muy lavados.

- Síntomas de Deficiencia de Molibdeno.

Dentro de los síntomas presentados por las plantas, se observa la pérdida de clorofila, el chamuscado, enrollado o destrucción en el borde de las hojas, o sea, el acorchamiento de las hojas; el carcomido en la co líflor; moteado redondo-amarillento en las hojas de cítricos; la marchitez, la necrosis.

En plantas como el apio, remolacha y en las gramíneas, la clorosis es uniforme y se nota menos el moteado.

- Corrección de Deficiencia de Molibdeno.

- Encalado. El encalado en suelos ácidos proporciona una ventaja en dos sentidos, según el cultivo empleado; con legumbres inoculadas se puede prevenir la escasa nodulación cuando el pH está abajo de 5.5 y con la provisión de molibdeno suficiente y aprovechable se satisfarán los requisitos de las plantas.

Con las plantas insensibles al bajo pH, es bueno aplicar directamente las sales que lo contienen y entre las cuales encontramos al molibdato de amonio y ácido molíbdico.

La forma de emplear estos correctores es:

- 1) Mezclar perfectamente con arena para aplicaciones en el suelo.
- 2) Mezclado con los demás fertilizantes.
- 3) Aplicado al suelo o al follaje en forma de aspersiones; y
- 4) Antes de sembrar la semilla, tratarla con una solución de molibdato de amonio. Las dosis usuales recomendables varían entre 50 g hasta 2 Kg de molibdato de sodio por hectárea.

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1 LOCALIZACION DEL AREA EN ESTUDIO.

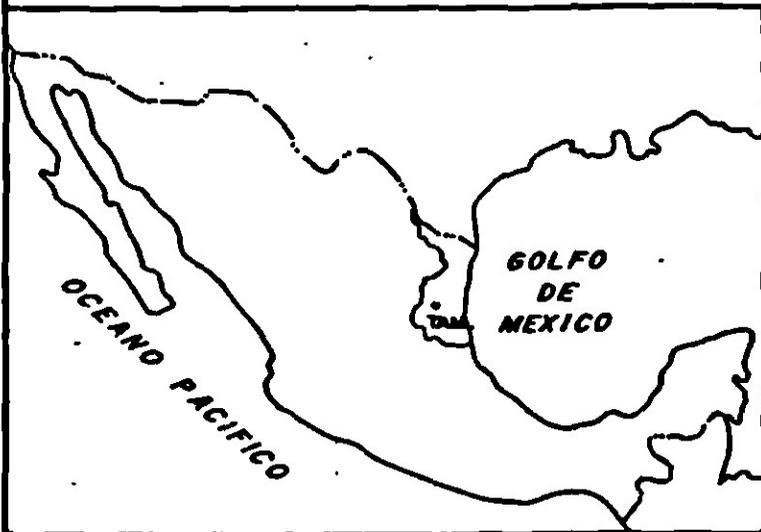
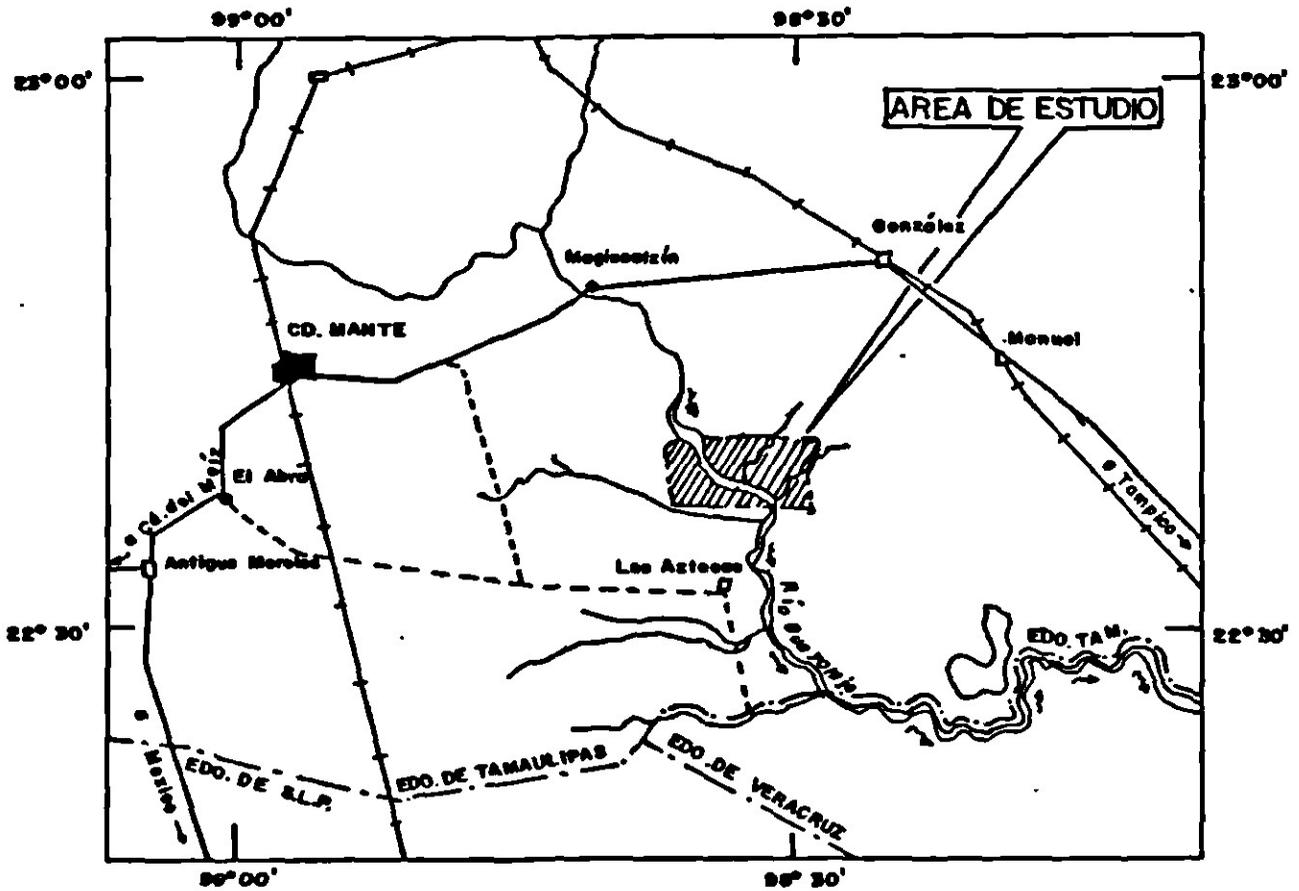
← Situación Geográfica:

El área de estudio se localiza al sureste del Estado de Tamaulipas, entre las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud norte	22° 55" a 22° 42"
Longitud oeste de Greenwich	98° 23" a 98° 41"
Altitud	De 40 a 80 m, con media de 60 m

El Distrito de Riego núm. 91, "Las Animas", forma parte de la cuenca del Bajo Pánuco, en la región de las Huastecas y recibe influencia directa de las poblaciones de Cd. Mante y Tampico, Tam., situadas a 60 y 110 Km, respectivamente.

DISTRITO DE RIEGO No. 91 LAS ANIMAS TAMPS. CROQUIS DE LOCALIZACION



ESCALA 1:800 000



U A S L P
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

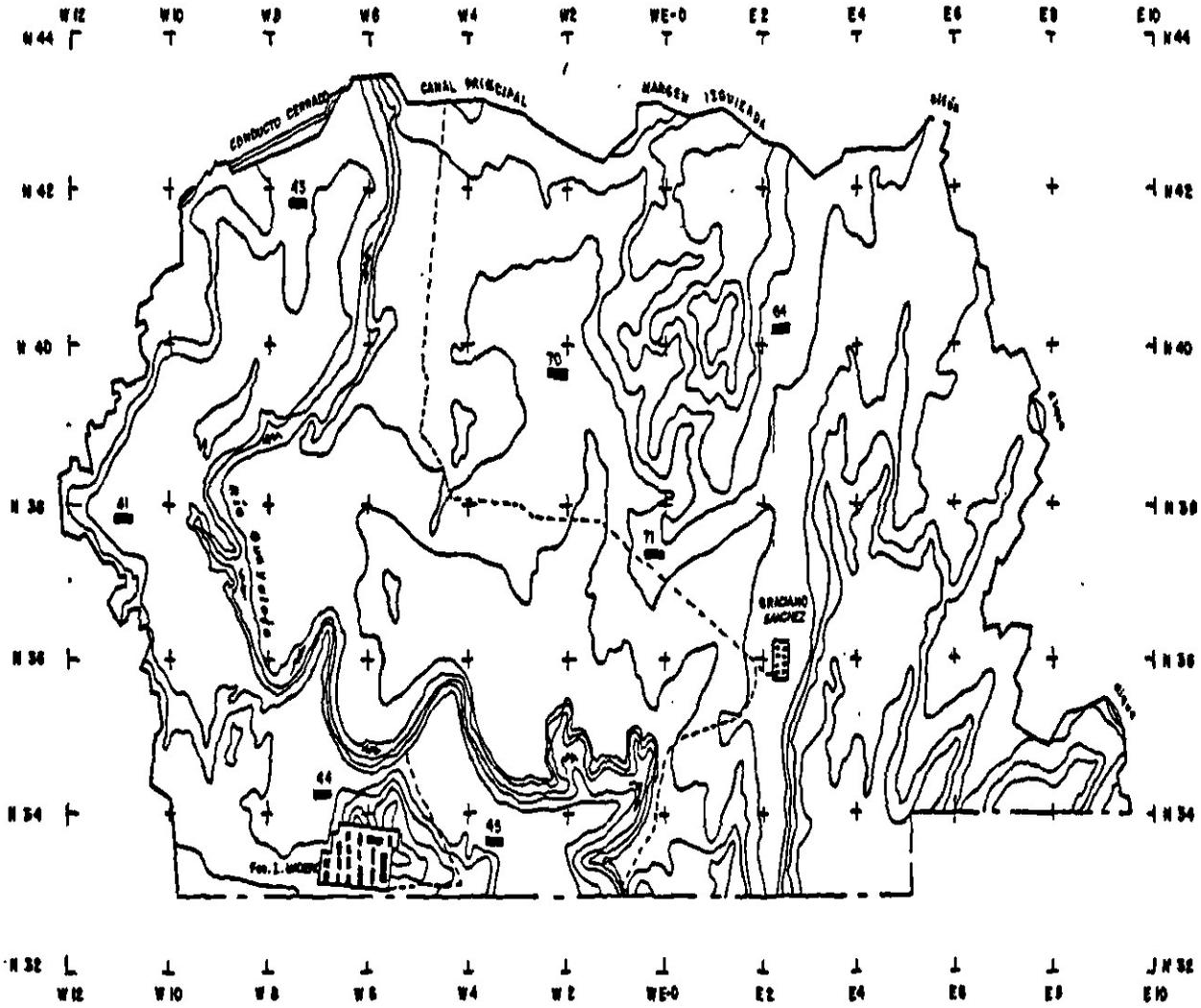
SAN LUIS POTOSI, S.L.P.
DICIEMBRE-1986

CUADRO NUM. 1 IDENTIFICACION Y LOCALIZACION DE LOS SUELOS MUESTREADOS EN EL DISTRITO DE RIEGO NUM. 91, "LAS ANIMAS"

NUM. DE MUESTRA	NUM. DE POZO	PROFUNDIDAD	MUNICIPIO
1	70	0 - 20	Villa González
2	"	20 - 100	" "
3	"	100 - +	" "
4	71	0 - 20	" "
5	"	20 - 130	" "
6	"	130 - +	" "
7	64	0 - 10	" "
8	"	10 - 60	" "
9	"	60 - 110	" "
10	"	110 - 150	" "
11	"	0 - 30	" "
12	"	30 - 90	" "
13	"	90 - 170	" "
14	"	170 - 200	" "
15	43	0 - 20	" "
16	"	20 - 120	" "
17	"	120 - 170	" "
18	"	170 - 200	" "
19	44	0 - 40	" "
20	"	40 - 100	" "
21	"	100 - 130	" "
22	"	130 - 200	" "
23	45	0 - 20	" "
24	"	20 - 140	" "
25	"	140 - 190	" "

LOCALIZACION DE POZOS AGROLOGICOS

DISTRITO DE RIEGO No. 91



U A S L P
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS
SAN LUIS POTOSI, SLP.
DICIEMBRE - 1985

ESCALA 1:100,000

3.2 ANALISIS DE SUELOS.

- METODOLOGIA EMPLEADA.

- Muestreo.

Para el muestreo se usaron palas, picos, martillo de madera para suelos, bolsas de polietileno, etiquetas y palas de madera.

Se excavaron pozos agrológicos de 2 x 1 x 2 m, y se diferenciaron los horizontes en el perfil; una vez establecidos, se tomaron las muestras, las cuales se secaron al aire, ya que éstas deben ser lo más representativas del campo. La muestra se pasa por un molino eléctrico, se muele y se pasa por un tamiz de 60 mallas; después se cuartea por lo menos 8 veces, en la última cuarteada quedan 2 partes, una se guarda en una bolsa de polietileno y la otra se cuartea nuevamente 8 veces, de la cual quedan 2 partes, una se regresa a la bolsa y la otra es la representativa de toda la muestra; de ahí se manda al laboratorio donde se registra con todos sus datos.

Para los elementos menores, la molienda es más minuciosa; se recibe la muestra que se registra, después se pasa por una quebradora de quijada para reducir su tamaño, que es hasta 1 1/4 ". La muestra ya quebrada, se cuartea un mínimo de 8 veces para homogeneizar perfectamente la muestra; de ahí se obtienen dos partes representativas; de la original una se guarda en una bolsa de polietileno y la otra se deja para pulverizar (esto se hace con el objeto de tener una mínima cantidad de muestra).

Esta última se pasa por un pulverizador de disco, si trae un exceso de humedad se seca en la estufa a 100°C, por lo menos una hora; de ahí se obtiene la muestra seca, pulverizada (pulpa), que se pasa a través de un cedazo de 100 mallas (se debe pulverizar hasta que toda pase por el cedazo). La pulpa se homogeneiza en una bolsa de hule, batiéndola un mínimo de 30 veces y posteriormente se pasa a un sobre con todos sus datos; se registra en el archivo y se manda al laboratorio para su análisis.

— Caracterización de los Suelos.

La caracterización de los suelos se hizo con el objeto de conocer las propiedades físicas y químicas, que de acuerdo con la literatura están relacionados con el contenido de los microelementos del suelo; para ello se consideró necesario efectuar las siguientes determinaciones:

- Reacción del suelo o pH
- Determinación de textura.
- Materia orgánica.
- Extracto del suelo saturado.
- Conductividad eléctrica.
- Iones solubles (calcio y magnesio).
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC).
- Carbonatos totales (porcentaje de CaCO_3).

— REACCION DEL SUELO o pH.

Sorensen (1909), definió el pH como el logaritmo negativo de la

concentración del ión hidrógeno. También se define como el grado de acidez o alcalinidad de un suelo, y es determinado por medio de un electrodo de referencia en un suelo con un contenido de humedad específico o en relación suelo-agua y expresándolo en términos de la escala pH.

- Aparatos:

- Potenciómetro con electrodo específico.

- Material:

- Vasos de precipitado de 125 ml.
- Agitador de vidrio con punta de hule.
- Termómetro de 0 - 50°C.

- Reactivos:

- Solución Buffer pH 10
- Solución Buffer pH 7
- Agua destilada.

- Método.- A una muestra de 20 g de suelo, colocada en un vaso de precipitado se agregan 40 ml de agua destilada y se agita la suspensión por media hora hasta que la mayoría de las arcillas suspendidas se sedimenten; después se sumerge el electrodo específico de pH en el líquido claro sobrenadante para que se establezca un buen contacto eléctrico; medir e informar los resultados en relación suelo-agua 1:2.

- Resultado.- El pH de las muestras en estudio, fue de ligeramente

alcalino (8.1), hasta fuertemente alcalino (9.5), en las muestras núm. 25 y 20, respectivamente.

- DETERMINACION DE TEXTURA.

Las partículas del suelo o "partículas fundamentales del suelo", son las unidades individuales que comprenden la fase sólida del suelo, se juntan en grupos como agregados, pero pueden separarse unos de otros por medios químicos o mecánicos.

Los métodos usuales de fraccionamiento y análisis de las partículas por su tamaño, requiere que éstas sean dispersadas en una solución acuosa, esto es separarlas unas de otras y suspendidas determinarles su textura.

- Aparatos:

- Agitador eléctrico (aparato dispersador).

- Material:

- Cilindros de sedimentación.

- Termómetro de 0 a 60°C.

- Hidrómetro Bouyoucos, escala de 0 a 60 g/l.

- Cronómetro con aproximación de 1/10 de segundo.

- Reactivos:

- Agua destilada.
- Alcohol amílico
- Hexametáfosfato de sodio.
- Carbonato de sodio.

- Defloculante.- Pesar 54.8 g de hexametáfosfato de sodio y 12.2 g de carbonato de sodio, disolver y aforar a 1 lt, con agua destilada.

a) Método del Hidrómetro de Bouyoucos, para texturas con bajo contenido de CaCO_3 .

1. Mientras más densa sea la suspensión, más alto flotará el hidrómetro (densímetro), a medida que las partículas sedimentan y disminuyen la densidad, el hidrómetro se sumerge más en la suspensión. La numeración del tubo en el hidrómetro permite leer gramos de material por litro de suspensión. Esta lectura dividida por el peso del suelo y multiplicada por 100 da el porcentaje de material en suspensión.
2. Puesto que las partículas de suelo tienden a adherirse una con otra, deberán separarse primeramente y luego dispersarse lo más completamente posible, para lo cual se añaden 5 ml de solución acuosa de hexametáfosfato de sodio normal, a 50 gr de suelo fino. Se añade agua destilada y el material se deflocula agitándolo en una máquina dispersora; el tiempo de agitación depende del tipo de suelo, pero en general oscila entre 6 y 25 min.

3. Cuando las partículas de mayor diámetro son las que se sedimentan primero, por tener una superficie menor en proporción a su peso, sedimentarán primero las arenas, luego el limo y finalmente las arcillas. Pasando los 40 segundos, se supone que toda la arena se ha sedimentado y en ese momento se toma la primera lectura del hidrómetro; después de 2 horas, cuando se ha hecho la segunda lectura, únicamente estará la arcilla en suspensión.
4. Puesto que la temperatura influye en la densidad de la suspensión y en consecuencia en la altura a la cual flota el hidrómetro, deberá aplicarse una corrección por temperatura: por cada grado arriba de 20°C se añaden 0.5 a la lectura del hidrómetro, y por cada grado debajo de 20°C, se restan 0.5 a la lectura.

TABLA DE CORRECCION PARA TEXTURA EN g/l

TEMPERATURA (°C)	RESTAR O SUMAR	VALORES
15	—	2.0
16	—	1.5
17 y 18	—	1.0
19	—	0.5
20	—	0.0
21	+	0.5
22 y 23	+	1.0
24	+	1.5
25	+	2.0
26	+	2.5
27	+	3.0

Para el cálculo de la textura se hace de la manera siguiente:

	A	B	C	$\frac{B \times 100}{A} - 100$	B-C 100	$\frac{C \times 100}{A}$	
Núm. de muestra	% H ₂ O a 110° C.	1a. Lectura corregida	2a. Lectura corregida	% de Arena	% de Limo	% de Arcilla	Clasificación.

- Resultados.- La textura de los suelos con problema de deficiencia de microelementos en cítricos, todos fueron suelos arcillosos.

b) Determinación de Textura con Eliminación de Carbonatos.

- Suelos con contenido de carbonato entre 5 y 30%, requieren eliminación de los mismos.
- Con contenidos de 5%, no requieren eliminación.
- Con contenidos mayores de 30%, no se hace la determinación.

Se pesan 50g de muestra más el % de $\frac{\text{CaCO}_3}{2}$ en peso, ejemplo: si contiene el 30% de CaCO_3 la cantidad de muestra será de 50g + 15g igual a 65g de muestra.

Se hace la eliminación con 1 litro de HCl 0.1 N, por cada 5% de carbonato; se deja en reposo 24 hr, transcurrido este lapso, se decanta. Se pasan muestras a los vasos de aluminio, se agrega 10 ml de calgón (dispersante, constituido por 35.7 g de hexametáfostato de sodio más 7.94 de carbonato de sodio, disolviendo primero el carbonato de sodio y aforando a 1 litro).

Se bate la muestra durante 15 min., se vacía en los cilindros --- Bouyoucos, se afora a un litro y se toma la primera lectura a los 40 seg. y la segunda se toma a las 2 hr. (se usa alcohol amílico como antiespumante).

- MATERIA ORGANICA.

La materia orgánica del suelo son residuos orgánicos en descomposición, depositados en la superficie y/o en el perfil del suelo, que mejoran las propiedades físicas, químicas, biológicas e hidrodinámicas de éste y permiten un mejor desarrollo de los cultivos.

- Fundamento.- La materia orgánica presente en una muestra de suelo se oxida mediante Cr_2O_7 = activándose la reacción por el calor que se libera al mezclar 2 volúmenes de H_2SO_4 18N, con un volumen de la solución de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1N. El exceso de dicromato se determina titulándose con una solución de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1N y la cantidad de material se calcula por el Cr_2O_7 = reducido.

- Material y equipo

- Matraces Erlenmeyer de 250 ml.
- Buretas de 50 ml.
- Frasco gotero de 50 ml.

- Reactivos:

- a) H_3PO_4 al 85 %
- b) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1N
- c) H_2SO_4 18N
- d) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1N
- e) Indicador: sulfato ferroso de orto-fenantrolina (0.025 M).

PROCEDIMIENTO

OBSERVACIONES

1. Pese 0.5 g de suelo y colóquelo dentro de un Erlenmeyer de 250 ml, para suelos turbosos _ pesar 0.05 g y para suelos con menos de 1 %, pesar 2.0 g.
La muestra deberá contener entre 0.005 y 0.05 g de M.O., pasada _ por la malla núm. 100.
2. Añada 10 ml de solución de dicromato de potasio 1 N, y agitate para mezclar.
El $\text{Cr}_2\text{O}_7^{=}$, en medio fuertemente _ ácido, oxida el carbón orgánico a CO_2 y agua. El cromo pasa de + 6 a + 3, en la reacción. Es necesario un exceso de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ para asegurar la misma oxidación.
3. Añada 20 ml de H_2SO_4 concentrado y agite cuidadosamente por 1 minuto.
Al añadir el H_2SO_4 concentrado, _ se produce una elevación de temperatura que es necesaria para que la reacción se verifique.
4. Dejar reposar 30 min.
Este es el tiempo requerido para que se complete la oxidación del carbón orgánico por el cromo.
5. Añada 5 ml de H_3PO_4 al 85 % y unas 3 ó 4 gotas de indicador
El H_3PO_4 se añade para formar un complejo con el Fe^{+++} , ya que és-

PROCEDIMIENTO

OBSERVACIONES

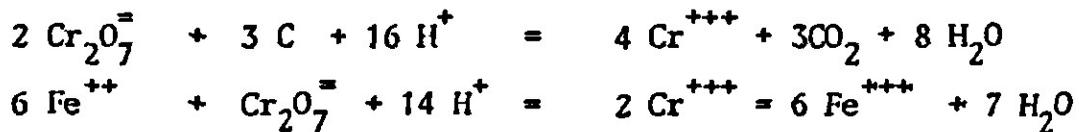
de Ferroín, titule con solución de sulfato ferroso hasta que vire del verde al rojo.

te puede interferir en el punto final de la titulación.

6. Corra un testigo siguiendo exactamente el mismo procedimiento.

El Fe^{++} reduce el exceso de $Cr_2O_7^{=}$ que permanece después de la oxidación del carbono orgánico, al principio de la titulación la solu-ción es de color café rojizo debi-do al Cr^{+++} , pasando a un color verde durante la titulación y cambiando bruscamente a café ladri-llo en el punto final.

- Reacciones del Proceso:



- Cálculos.- $\% M.O. = \frac{ml K_2Cr O_7 \times NK_2Cr_2O_7 - ml FeSO_4 \times NFeSO_4}{Peso de muestra} \times 0.69^*$

* Factor 0.69 es el factor de recuperación de la cantidad total de carbono de la M.O. del suelo, únicamente se oxida por este método el 69%.

- Resultado.- La materia orgánica está en un rango amplio que va desde 0.09 - 4.17 en muestras a 21 y 18, respectivamente.

- Ejemplo:

NUM. DE MUESTRA	PESO DEL SUELO EN g	ml DE $K_2Cr_2O_7$ 1 N	ml DE $FeSO_4 \cdot 7H_2O$	S-T	$\frac{10}{5} \%$ M.O. F (S-T)
	0.5	10	8.2	2.4	3.2
Blanco --	0.0	10	10.6	-	-

S = ml de $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ empleados en titulación del blanco (10.6).

T = ml de $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ empleados en titulación de muestra 8.2.

- EXTRACTO DEL SUELO SATURADO.

Las determinaciones de conductividad eléctrica, calcio y magnesio solubles, se efectúan en el extracto de suelo, que consiste en una interface suelo-solución preparada con una cantidad de agua definida.

- Material y equipo.

- Vasos de precipitado (plástico) de 250 ml.
- Bureta de 500 ml.
- Tubos de ensaye.

- Embudos Buchner.
- Espátula hoja de acero.
- Bomba de vacío.
- Matraces Kitasato
- Papel filtro Whatman núm. 2.
- Agua destilada.

PROCEDIMIENTO

OBSERVACIONES

- | | |
|--|--|
| <p>1. Coloque de 80 a 150 g de suelo en un vaso de precipitado; agregue agua destilada y mezcle bien con la espátula, golpeando el vaso en la mesa ocasionalmente. La mezcla está saturada cuando cumple las siguientes condiciones:</p> | <p>Quando es necesario conocer el porcentaje de sales del suelo o en el extracto debe pesarse el suelo y medirse el agua, si nada más se desea conocer la conductividad eléctrica, no se pesa el suelo ni se mide el agua.</p> |
| <p>2. a) La pasta queda algo lustrosa de modo que refleja la luz.</p> <p>b) Deberá deslizarse libremente de la espátula, a excepción de los suelos arcillosos.</p> | <p>El agua debe añadirse al suelo con cuidado para obtener el saturado bien definido.</p> |

PROCEDIMIENTO

OBSERVACIONES

- c) Fluirá suavemente cuando _
el vaso esté inclinado.
- d) En las depresiones de la _
superficie, no debe colec-
tarse agua libre al dejar-
se reposar.
3. Una vez alcanzado el punto fi-
nal de saturación, la mezcla _
se deja en reposo 24 hr y lue-
go se rectifica la saturación.
4. Transfiera la pasta de suelo _
saturado al papel filtro colo-
cado previamente en el embudo
Buchner y se aplica vacío, és-
te se aplica hasta obtener _
aproximadamente 30 ml de fil-
trado y aquí se determinará: _
calcio y magnesio solubles y la
conductividad eléctrica.
- Si la pasta se endurece o pierde
su brillantez, mézclese con más _
agua hasta obtener la consisten-
cia mencionada (brillante y flui-
da). Si la pasta está muy húmeda
o tiene agua en la superficie, _
agréguele suelo.
- Antes de transferir la pasta se _
prepara el dispositivo de filtra-
ción, el matraz Kitasato se tapa
con un embudo Buchner, el cual _
lleva papel filtro, finalmente se
conecta el Kitasato a la bomba de
vacío. Si el filtrado es turbio,
descártese o fíltrese nuevamente.

— CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.

La conductividad eléctrica se emplea para determinar indirectamente las concentraciones aproximadas de sales en el extracto de saturación. Es un método rápido para determinar el total de miliequivalentes de sales en solución, las cuales tienen propiedades eléctricas y conducen la corriente eléctrica.

La conducción de la corriente eléctrica se debe al movimiento de los iones en solución, de modo que si se sumergen 2 electrodos en una solución salina y se hace pasar la corriente eléctrica a través de la solución, los cationes (elementos con carga positiva), son atraídos por el electrodo negativamente cargado (cátodo) y las aniones (elementos con carga negativa), serán atraídos por el electrodo positivo (ánodo).

Los aniones pierden electrones en el ánodo (oxidación) y los cationes ganan los electrones excedentes (reducción), asimismo, el número de electrones producido en un electrodo, es igual al número de electrones consumidos por el otro.

Por otra parte, la resistencia que opone el electrolito en solución al paso de la corriente eléctrica, disminuye a medida que aumenta la temperatura, situación por la cual es necesario aplicar factores de corrección a las lecturas; algunos puentes vienen provistos de un circuito compensador de temperaturas, mediante el cual una vez ajustado el botón correspondiente, todas las lecturas de conductividad quedan referidas automáticamente a 25°C, que es la forma en que se expresan los resul

tados para esta determinación.

- Material y Equipo.

- Puente de conductividad eléctrica Soil Tester RD-26 de Wheaststone con celda de pipeta.

- Vaso de precipitado a 100 ml.

- Parrilla eléctrica.

- Termómetro escala 0-100°C.

- Reactivo.

- Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$)

- ICI 0.0 1N.

PRO C E D I M I E N T O

O B S E R V A C I O N E S

1. Obtenga la temperatura de la -
solución problema.

La solución problema es el extra
cto del suelo a saturación. Antes
de empezar a trabajar con el puen
te de conductividad, es necesario
calibrarlo, rectificando la cons-
tante de la celda como se indica
al final.

2. Ajuste el botón de escala de -
temperatura de la solución y co

La conductividad de la solución se
incrementa con un aumento en la --

PROCEDIMIENTO

OBSERVACIONES

loque el botón de conductividad en el cero de la escala.

temperatura.

3. Encienda el aparato. Lave y llene la celda con el extracto de suelo saturado.

Lave la celda primero con agua destilada, después con la solución que se va a analizar, cuidando de evitar contaminación cuando sea necesario efectuar diluciones.

4. Ajuste el botón de conductividad en el punto de balance al cual se llega cuando se alcanza la amplitud máxima del segmento sombreado en el ojo mágico del aparato.

Cuando no aparezca el segmento sombreado, es necesario efectuar diluciones, por ejemplo, si se diluye una parte de solución y nueve de agua destilada, el resultado se multiplica por 10.

5. Haga la lectura que indica el botón en la escala de conductividad y este valor multiplíquese por la constante de celda, éste es el resultado que se reporta.

- CALIBRACION DEL PUENTE DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.

Esta operación consiste en calcular el factor por el cual se debe

multiplicar todas las lecturas, para que estén referidas a una constante de la celda.

Se sigue el procedimiento indicado para determinar conductividad, con la única diferencia de que en lugar de la solución se coloca en la celda soluciones estándar de KCl 0.0 1N o yeso en solución estándar, calentadas a 25°C y colocado el botón de temperatura en la mencionada, las constantes para estas soluciones, son:

— Constante para solución saturada y filtrada de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) a 25°C - - - - - 2.2 mmhos/cm

— Constante para solución 0.0 1N de KCl, calculada a 25°C - - - - - 1.4118 mmhos/cm.

F = Factor para yeso = 2.2/lectura obtenida.

F' = Factor para KCl = 1.4118/lectura obtenida.

* La corrección se hizo con KCl y la lectura fue KCl 0.0 1N - 1.400, por lo tanto, $\frac{1.4118 \text{ mmhos/cm}}{1.400 \text{ mmhos/cm}} = 1$

La constante es 1 o sea, que la lectura por 1 va a ser la lectura real en mmhos/cm.

- SALES SOLUBLES (Ca^{++} , Mg^{++}).

- Introducción.- El término "sales solubles", tal como se conoce en suelos, se refiere a los constituyentes inorgánicos del suelo que son _ apreciablemente solubles en agua.

- Fundamento.- Las plantas que crecen en los suelos afectados por _ sales, responden a la concentración de sales o más específicamente a la presión osmótica de la solución del suelo. La determinación de las sales solubles esencialmente consiste en dos etapas: 1) La preparación de un extracto acuoso y 2) La medición de la concentración de sales del extracto.

- Material y equipo.

- Vasos de precipitado.

- Buretas de 50 ml.

- Pipetas de 10 ml

- Erlenmeyer de 125 ml.

- Reactivos.

- Solución 0.1 N de EDTA (versenato).

- Solución 0.05 N de EDTA (versenato).

- Indicador murexida

- Indicador negro de eriocromo

- Solución estándar de cloruro de calcio 0.0 1N.

- Hidróxido de sodio 4 N.
- Solución amortiguadora pH 10.
- Determinación de Calcio + Magnesio

PROCEDIMIENTO

OBSERVACIONES

1. Transferir 10 ml de extracto del suelo a un Erlenmeyer de 125 ml.

Este extracto se obtiene siguiendo el método del Extracto de Saturación.

2. Agregue 15 gotas de solución amortiguadora pH 10 y 3.4 gotas de indicador negro de -- eriocromo T.

La solución amortiguadora eleva el pH a un valor cercano a 10, que es en donde el complejo del magnesio con el indicador es estable.

3. Titule con versenato (EDTA) 0.1 N hasta que el cambio de color sea de rojo a azul brillante, no debe quedar -- ningún tinte rojo o vino en el punto final de la titulación.

El versenato forma un complejo más estable con el magnesio que con el eriocromo T, por lo que en el punto final de la titulación, el versenato fijará al magnesio, separándolo del indicador, ocasionando -- con esto el cambio de color.

- Cálculos = meq/l de (calcio + magnesio) = $\frac{(\text{mililitros gastados}) (N \text{ edta}) (1000)}{\text{alícuota}}$

alícuota

ml = ml de solución de EDTA, empleados en la titulación del extracto del suelo.

N = Normalidad de la solución EDTA titulada con indicador eriocromo T-

Alícuota = ml de alícuota tomados para la titulación.

- Determinación de Calcio.

PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES
1. Transferir 10 ml de extracto de suelo a un Erlenmeyer de 125 ml y agregar 5 gotas de NaOH 4 N y 0.05 g de indicador sólido de murexida.	El NaOH 4 N se agrega para elevar el pH a un valor cercano a 12 que es donde se forma el complejo.
2. Titular con 0.1 N de EDTA, el cambio de color en el punto final va del rosa al violeta.	El calcio se fija más al complejo con versenato que al complejo con murexida y debido a esto en el punto final de la titulación con versenato, éste fija el calcio alejándolo de la murexida, lo cual ocasiona el cambio de color

$$\bullet \text{ Meq/litro de calcio} = \frac{(\text{ml gastados}) (N \text{ EDTA}) (1000)}{\text{alícuota}}$$

ml = ml de solución de EDTA empleados para la titulación del extracto de suelo para calcio.

N = Normalidad de la solución EDTA titulada con murexida.

Alícuota = ml de alícuota tomados para la titulación

Los meq de la 1a. titulación ($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$) menos los meq/litro de la 2a. titulación (Ca^{++}) serán los meq/litro de Mg^{++} .

- CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO.

El intercambio catiónico en los suelos es una reacción química reversible. Los cationes adsorbidos en la superficie de los minerales y dentro de la red cristalina de algunos compuestos orgánicos, pueden ser reemplazados reversiblemente por aquéllas de las soluciones salinas y ácidas.

La capacidad de intercambio catiónico (expresada generalmente en miliequivalentes por 100 g de suelo), se define como la suma de cationes intercambiables del suelo.

El método que se utilizó es el de acetato de sodio para suelos calcáreos (con altos contenidos de Ca CO_3) y salinos que poseen un pH mayor de 7, ya que sirve para retener la solubilidad de los silicatos y carbonatos que bloquean la micela del suelo y no dejan que se realice el intercambio normalmente.

- Material y equipo.

- Matraz Kitasato de 500 ml.
- Embudo de plástico de 9.5 ml de diámetro.
- Papel filtro de 9.5 ml de diámetro.
- Probeta de 100 ml.
- Vasos de precipitado de 125 ml.
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml.

- Matraz volumétrico de 100 ml.
- Tren de vacío.

- Reactivos.

- Acetato de sodio PH 8.2.
- Acetato de amonio PH 7.0.
- Alcohol isopropílico al 99.8 %.

- Método: CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico)

PROCEDIMIENTO

OBSERVACIONES

- | | |
|--|---|
| <p>1. Pesar 5 g de muestra, colocar<u>lo</u> en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, que contenga 100 ml - de acetato de sodio PH 8.2 y se agita y se deja reposar -- 24 hrs.</p> | <p>1. La muestra se deja reposar 24 hrs. con motivo que esté en - contacto y así haya intercam- bio del sodio del acetato por todos los espacios intercam- biables de los cationes que - se encuentren en los coloides del suelo.</p> |
| <p>2. Se decanta el vacío en un ma- traz Kitasato con embudo de - plástico sobre papel filtro - doble.</p> | <p>2. Se decanta cuidando que el -- suelo no sea arrastrado pues- to que se va a lavar el suelo.</p> |
| <p>3. Desechar este filtrado, cam-- biar matraces, limpiar y agre- gar Acetato de Amonio en por-</p> | <p>3. En este paso se efectúa el <u>in</u> tercambio de ión Amonio - - - (NH⁺₄) con el Na⁺; se fija el</p> |

ciones mas o menos 3 para afo
rar a 100 ml.

Amonio y deja libre el Na^+ en
solución de Acetato.

4. Se determina el Na^+ por flama
metomía y se reporta como:
CLC en miliequivalente/100 g,

DETERMINACION DE SODIO POR ESPECTROFLAMOMETRIA DE EMISION.

La forma mas conveniente para determinar Sodio y Potasio es por el método espectroflamométrico, cuyo principio se basa en el hecho de que cuando la solución contiene estos elementos y es "pulverizada" o "nebulizada" en el interior de una flama, los átomos de sodio, por ejemplo, son exitados por la elevada temperatura y los electrones exteriores -- pueden pasar a niveles de energía superiores y en el proceso de regreso a su nivel original, tiene una emisión de energía en forma de luz - de una longitud de onda determinada que corresponde al espectro de -- emisión del elemento.

Por medio de monocromadores que poseen como elemento dispersante, prismas, o rejillas y se pueden eliminar todo el exceso de luz, a ---- excepción de aquella que tiene la longitud de onda del elemento que se desea determinar; así mismo ésta cantidad de luz puede medirse por medio de fotoceldas.

Con objeto de efectuar comparaciones cuantitativas, los valores ob
tenidos en soluciones problemas, se comparan con los valores obtenidos con soluciones estándar, con estas se construye una gráfica en papel milimétrico donde se grafican en un eje las concentraciones de las estándares y en el eje contrario las lecturas correspondientes a la luz (emitida) medida por la fotocelda.

En este trabajo se construyeron dos gráficas, una para sodio y otra para potasio en bajas concentraciones, aunque nada mas se requería del sodio se hizo junto con el potasio para que fuera la solución lo -- más parecida a la solución problema

- MATERIAL Y EQUIPO

- Pipetas volumétricas - NaCL 0.04 N
- Vasos de precipitado - KCL 0.02 N

- Gráficas de sodio y potasio a bajas concentraciones:

ml. de solución de NaCL 0.04 N	ml. de solución de KCL 0.02 N	aforar con acetato de amonio	conc. de Na en meq/l	conc. de K en meq/l
0.0	0.0	100 ml	0.0	0.0
0.5	0.5	" "	0.2	0.1
1.0	1.0	" "	0.4	0.2
1.5	1.5	" "	0.6	0.3
2.0	2.0	" "	0.8	0.4
(b)	(c)	(d)	(e)	(f)

CALCULOS:

Ejemplo: la lectura correspondiente a la luz emitida = 2 meq/l.

$$\text{meq}/100\text{g} = (2 \text{ meq}) \frac{(100)}{1000} \frac{(100)}{5} = 4 \text{ meq. Na}^+ / 100 \text{ g,} = \text{CIC}$$

- CARBONATOS TOTALES COMO CaCO_3

(método volumétrico)

- Introducción.- el ión Carbonato es un constituyente natural de la mayoría de los suelos, encontrándose como carbonato alcalinotérreo es casamente soluble, principalmente como $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ (dolomita). Los carbonatos minerales en forma de calçita o calizas dolomíticas, marga o caporazones de crustáceos, se usan a menudo como mejoradores de suelos ácidos, he aquí que todas las muestras a las que se les analiza los carbonatos, deben molerse finamente para disminuir los errores de muestreo.

- METODO DE NEUTRALIZACION ACIDA. Cuando un suelo se trata con ácido clorhídrico diluído, se descomponen todos los carbonatos, casi nin gún otro constituyente reacciona con el ácido. De esta manera, el ácido neutralizado por el suelo, es un índice suficiente para evaluar los carbonatos.

Material y Equipo:

- vasos de precipitado de 150 ml.
- papel filtro de 10 ml.
- buretas de 50 ml. con llave de vidrio.
- frasco gotero de 50 ml. de capacidad.

Reactivos:

- a) HCl 0.5N
- b) NaOH 0.25N
- c) fenolftaleína 1% en etanol al 60 %

PROCEDIMIENTO

OBSERVACIONES

1.- Coloque 1g de muestra en un vaso de precipitado de 150 ml. y agregue con bureta 20 ml de HCl 0.5N.

Es necesario medir el volumen de un ácido añadido y cuando haya efervescencia energética, procurar que no haya, pérdidas por proyección.

2.- Filtrar a través de papel filtro Whatman No. 2 de 12.5 cm. de diámetro.

Para separar sólidos insolubles.

3.- Tomar una alícuota de 10 ml. y titular con NaOH 0.25N, el exceso de ácido que no reaccionó con los carbonatos, empleando como indicador 2 gotas de fenolftaleína.

Por este método se cuantean los carbonatos totales y los resultados se expresan % CaCO_3 . La fenolftaleína es roja a PH cercano a 8.3 e incolora a bajo de ese valor de PH. Por lo tanto el punto final de la titulación se alcanza cuando se tiene un tinte rosa persistente.

$$\text{- Cálculos: } \% \text{ CaCO}_3 = \frac{(\text{meq de HCl} - \text{meq de NaOH}) (0.05) (100)}{\text{peso de muestra}}$$

meq de HCl = (Normalidad de HCl)(ml. de solución).

meq de NaOH = (Normalidad de NaOH) (ml. de solución)

meq = miliequivalente

ml = mililitros.

- Resultados:

TABLA No.3 CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS ANALIZADOS.

MUESTRA NUMERO	PH SUELO-AGUA 1:2	CLASIFICACION TEXTURAL	MATERIA ORGANICA %	C.E (mmhos/cm)	CIC meq/100	IONES SOLUBLES		CaCO ₃ (%)
						Ca++	Mg++	
1	8.5	R	3.06	1.5	41.86	9.0	1.0	35.22
2	9.0	R	1.40	1.6	39.69	2.0	0.0	35.83
3	8.6	R	0.5	6.6	36.43	10.0	8.0	35.83
4	8.7	R	2.6	0.67	47.30	4.0	0.5	26.00
5	8.9	R	1.52	1.42	42.95	3.0	2.0	27.91
6	8.2	R	0.48	9.5	33.16	23.0	8.0	28.52
7	8.6	R	3.49	1.2	46.21	7.0	0.5	12.05
8	8.8	R	0.90	1.6	42.85	3.0	0.0	13.8
9	8.3	R	1.15	10.0	43.77	28.0	2.0	13.2
10	8.4	R	0.91	11.5	39.90	27.0	4.0	12.05
11	8.6	R	3.53	0.75	52.20	5.0	1.0	25.40
12	9.3	R	1.65	0.95	50.56	1.0	1.0	25.40
13	8.8	R	1.50	4.9	48.39	7.0	0.0	25.40
14	8.6	R	0.17	13.9	41.86	43.0	2.5	27.20
15	8.6	R	2.84	0.55	39.69	4.0	1.0	38.90
16	8.7	R	0.48	0.6	30.99	4.5	0.0	46.0
17	9.0	R	0.50	0.5	33.16	3.5	0.5	47.8
18	8.5	R	4.17	0.7	52.20	5.0	0.0	28.40
19	9.0	R	1.51	0.5	36.97	2.5	1.5	34.25
20	9.5	R	0.48	1.0	29.36	1.25	0.75	39.0
21	9.2	R	0.09	2.0	23.92	3.0	2.0	39.0
22	9.2	R	3.0	0.7	44.04	2.0	0.5	22.50
23	8.9	R	1.11	3.6	42.95	4.0	0.5	21.25
24	8.5	R	0.80	8.0	35.88	20.5	5.0	19.50
25	8.1	R	0.24	10.5	25.55	37.0	7.0	15.80

NOTA: Estos datos corresponden a los pozos agrológicos que representan zonas con posibles problemas de -
deficiencia de microelementos.

R = suelo arcilloso.

- METODOS PARA DETERMINAR MICRONUTRIENTES.

- Fundamento:

Los métodos de solubilización y extracción de los elementos menores totales, tienden a ser semejantes, debido a que tienen gran afinidad química y a los que su comportamiento en el suelo es semejante; además de que -- los factores principales que afectan su solubilidad, son en su mayoría -- los mismos para todos. En el presente estudio, para las determinaciones de Fe, Cu, Mn, Zn, Mo, totales, se emplearon técnicas de absorción atómica; en un aparato Perkin Elmer mod. 5000, que utiliza un quemador de aire acetileno, para la determinación de Fe, Cu, Mn y Zn; y se emplea otro con una mezcla de óxido nitroso-acetileno para la determinación de Mo.

- APARATOS:

Parrilla de gas

Espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 5000

Balanza Analítica.

- MATERIAL:

Vasos de precipitado de 250 ml.

agitadores de vidrio.

embudo de vidrio de tallo corto

piseta

papel filtro.

- REACTIVOS:

HCl conc.

HNO₃ conc.

HClO₄.

Para el cobre, zinc, manganeso y molibdeno se pesaron con exactitud 5g de suelo seco molido y tamizado se coloca en un vaso de precipitado de 250 ml, se ataca con 10 ml. de agua regia ($\text{HCl} - \text{HNO}_3$ 3:1) y 5 ml de HClO_4 conc. se coloca en una parrilla eléctrica al principio con color suave ($+ 90^\circ\text{C}$) y en seguida aumentar el calor hasta alcanzar una evaporación tal que al cabo de 40 minutos queden aproximadamente 1 ó 2 ml de líquido sobre la muestra.

Retirar del calor el vaso dejándolo enfriar ($+ 60^\circ\text{C}$) y luego añadir 20 ml de HCl seguida de 20 ml de agua destilada, colocarlo a un calor suave evitando al máximo las pérdidas de HCl cuidando que no llegue a hervir, dejándola 10 minutos a 60°C retirarlo, enfriarlo ($+ 25^\circ\text{C}$) filtrarlo en papel Whatman, aforar a 100 en matraz volumétrico con agua destilada -- quedando la solución al 10% de HCl . Una vez obtenidos los filtrados de los elementos Cu , Zn , Mn y Mo en forma total, se cuantifican en un espectrofotómetro de absorción atómica.

Para la cuantificación de fierro pesaron 0.5 g y se procedió al ataque de la muestra en forma igual que para los otros elementos.

A continuación se mencionan los fundamentos de la absorción atómica y el principio en que se basa la determinación (21).

La absorción atómica es una técnica cuantitativa, utilizada para la determinación de los elementos minerales. El principio de ésta fue dada a conocer por el físico australiano Alan Walsh, desde 150 años, pero su aplicación al análisis empezó en 1955.

. - Para la determinación de un elemento dado, se utiliza como fuente de luz, una lámpara de cátodo hueco, cuyo interior está lleno de un gas inerte a baja presión, siendo el cátodo de la lámpara del mismo elemento que se desea analizar, emitiendo éste una luz de la longitud de onda del elemento en cuestión. La muestra por medio de un sistema de atomización, es nebulizada en la llama del quemador por el cual pasa un haz de luz procedente de la lámpara, y el elemento en estado atómico tiene la propiedad de absorber algo de la luz que emite la lámpara. Si consideramos como un 100% la luz emitida por la lámpara y X la cantidad de luz absorbida por el elemento de la flama, $100-X$ será la cantidad de luz emitida por la lámpara que no absorbe el elemento problema, por lo tanto, la que se registra en el aparato y en esta forma se puede calcular la cantidad de luz absorbida por el elemento problema.

TABLA No. 4 CONDICIONES DEL ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA.

CONDICIONES	Fe	Cu	Mn	Zn	Mo
Longitud de onda	248 nm	324.8 nm	279 nm	213.9 nm	313.3 nm
Slit	0.2	0.7	0.2	0.7	0.7
Corriente de la lámpara (m.a)	30	15	30	15	30
Presión del combustible o acetileno (Kg/cm ²)	21	21	21	21	45
Presión del carburante (Kg/cm ²)	32	32	32	32	-
Presión del oxidante u óxido -- nitroso (Kg/cm ²) lbs.	0.0	0.0	0.0	0.0	29
Zona	U.V	U.V	U.V	U.V	U.V

TABLA No.5 CONCENTRACIONES TOTALES EXPRESADAS EN ppm DE Fe, Cu, Zn y Mo,
DE LAS 25 MUESTRAS DEL SUELO ESTUDIADAS,

NUM. DE MUESTRA	Fe	Cu	Mn	Zn	Mo
1	25 600	16.4	594	58	11
2	22 800	13.5	523	50	12
3	25 300	12.8	513	72	11
4	25 800	16.3	555	60	10
5	24 200	14.1	491	56	9
6	24 100	14.4	512	56	13
7	23 800	18.3	872	68	13
8	21 000	14.3	877	54	8
9	25 000	16.0	922	58	9
10	24 400	15.9	883	60	8
11	25 100	19.0	663	60	7
12	19 300	12.9	432	62	6
13	22 100	15.5	654	64	7
14	26 200	15.7	713	60	9
15	27 800	18.9	363	52	8
16	21 100	16.4	368	46	8
17	22 300	16.5	451	46	9
18	22 400	15.8	445	48	10
19	32 200	19.1	550	66	10
20	27 800	13.8	342	64	6
21	27 900	16.0	509	66	8
22	27 300	16.3	405	78	5
23	23 800	17.3	839	56	7
24	24 700	16.2	1 246	50	9
25	23 000	14.9	840	44	11

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

RESULTADOS.- Los resultados obtenidos en las determinaciones física y químicas citadas en la caracterización de los suelos, así como los obtenidos en los micronutrientes, se indican a continuación:

1.- El pH va de ligero alcalino 8.1 hasta fuertemente alcalino 9.5 en muestras Nos. 25 y 20 respectivamente.

- Los contenidos de fierro total se encuentran en términos bajos, sus valores son entre 19300 ppm y 32200 ppm en muestras Nos. 12 y 19 respectivamente.

2.- El carbonato de calcio se halla en una proporción elevada casi en todos los perfiles.

- Los valores de molibdeno están en concentraciones adecuadas normales como en las muestras Nos. 22 con 5 ppm. y las muestras Nos. 6 y 7 con 13 ppm.

3.- El % de Materia Orgánica sus valores son normales considerando que son suelos arcillosos y van de 0.09% M.O. en la muestra 21 y 4.17% en la muestra No. 18.

- En el caso del zinc sus contenidos también son normales, pues están entre 44 ppm y 78 ppm para la muestra No. 25 y No. 22.

4.- La clasificación textural corresponde a suelos arcillosos.

5.- El cobre está dentro de los límites normales y en este trabajo se encontró 12.8 ppm y 19.1 ppm para la muestra No. 3 y 19 respectivamente.

6.- La muestra No. 74 muestra una conductividad eléctrica alta y un calcio soluble alto en relación a los demás.

- El manganeso se encuentra ligeramente bajo como ejemplo en la muestra No. 20 tiene 342 ppm y la 24 tiene 1246 ppm.

D I S C U S I O N.

1.- El contenido de fierro total es bajo, pues el rango normal y la es casa asimilación de fierro por las plantas se ve acentuada probablemente por PH alcalino del suelo ya que la materia orgánica forma complejos insolubles no asimilables por las plantas.

2.- El carbonato de calcio alto provoca el PH alcalino de todas las -- muestras, por lo tanto, esto favorece a la disponibilidad aumentada del molibdeno. (En suelos arcillosos ácidos el suelo absorbe iones molib-- dato fijándolos al máximo y los libera en una solución alcalina de PH-9)

Suelos con grandes contenidos de carbonatos propician que las acciones molibdato estén en forma de sal cálcica fácilmente movible.

3.- En el caso del zinc este elemento está relacionado con la materia orgánica, ya sea natural del suelo en sí o porque se haya fertilizado, el consumo de zinc por la planta es menor o sea que en suelos con alto contenido de materia orgánica y PH arriba de 8, el zinc es diferente.

Para este estudio el zinc es asimilable porque la M.O. está en con tenidos medios y el PH es alto.

4.- En suelos arcillosos la capacidad de intercambio catiónico es alto por el poder de retención que efectúa sobre los cationes como el sodio - calcio magnesio.

5.- El cobre está en cantidades satisfactorias y su grado de asimilación varía con la cantidad de materia orgánica presente. En suelos húmicos y estiércoles la retención de cobre en el suelo es mayor y varía según su grado de estabilidad. En algunos casos el cobre es retenido tan estrechamente que no es disponible para las plantas. En otros casos las plantas son capaces de absorber el cobre de estos complejos orgánicos. En este trabajo el cobre está disponible y es asimilado por las plantas cítricas.

6.- Con respecto a la muestra No. 14 su alto C.E. y alto contenido de calcio soluble se debe probablemente a que el calcio está en forma de sulfato de calcio y a esto se debe su alta conductividad eléctrica, además que esta muestra es la última del pozo agrológico No.41 con una profundidad de 170 a 200 cm y a esta profundidad hay mayor acumulación de cálcicos. El magnesio está bajo con respecto al promedio que se menciona en la literatura que es de 1600 ppm y aquí en el presente trabajo se localizaron de 342 ppm en muestra No. 20 y 1246 ppm en la muestra No.24 Esta deficiencia se debe a que la asimilación del elemento por la planta está relacionada con el PH del suelo. El magnesio es poco asimilable en PH arriba de 6 y para este estudio se encontraron todas las muestras con PH alcalino que va de 8.1 en la muestra No. 25 y 9.5 en la muestra No. 20.

También esta deficiencia se relaciona con ciertos tipos de M.O. que forman compuestos insolubles con el manganeso convirtiéndolo así en no disponible para las plantas.

5.- CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos por medio de la caracterización de los suelos, así como del análisis de los elementos menores llegamos a las siguientes conclusiones:

- 1.- El contenido de fierro en el área de estudio está bajo y los cítricos muestran una marcada clorosis férrica.
- 2.- El cobre se encuentra en cantidades suficientes y en condiciones - asimilables.
- 3.- El zinc está presente en cantidades normales y disponible.
- 4.- El manganeso está bajo de lo normal que debe estar en un suelo con estas características, y los árboles cítricos presentan deficien--cias específicas de este elemento.
- 5.- El molibdeno se encuentra en la mayoría de las muestras en cantida--des suficientes y en condiciones asimilables por lo que las plan--tas no presentan deficiencias de este elemento.

G L O S A R I O:

- HORIZONTE.-** Son capas claramente distinguibles que difieren en su color, textura y composición que son producidas por procesos formadores del suelo.
- PERFIL DEL SUELO.-** Es el corte vertical del suelo hasta encontrar a la roca madre pasando por diferentes horizontes.
- SUELOS TURBOSOS.-** Estos suelos representan el tipo mas puro de suelos orgánicos, pues suelen contener hasta el 90% de sustancias orgánicas.
- CLOROSIS.-** Indica coloración amarillenta.
- SISTEMA RADICULAR.-** Raíces.
- PEAT.-** Turba: materia vegetal escasamente descompuesta y acumulada en el agua.
- MUCK.-** Cieno: materia orgánica en descomposición acumulada en lugares húmedos y mezclada con algo de materia mineral.

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

- 1.- BABA, A. IAMAMOTK. Leaching of Iron in Paddy Soils Bully Fac. Agric. Nigata unic. Pág. 9 - 51, (1957).
- 2.- BATALIN, A.K. BOGDANOVA, E.S. Y POPOVA, A.A. The Content og Boron, Cobalt, Copper, Molybdenum, Nickel, Manganese -- and Fluorine in Several Soils of the Sorohin Re- gion, Soil and Fert. Págs. 1959-1962 (1957).
- 3.- BAZU, U.P. Y CHANDIURY, S.C. The Ferrous Iron Content of Indian --- Soils Ind. Agric. Sci. Págs. 18-131 (1958).
- 4.- Corey R. Apuntes de Química de Suelos, sobre elementos menores. Co- legio de Post-Graduados, E.N.A. Chapingo, Mex. (1964).
- 5.- CHAPMAN HOMER, D. Evaluación de los Estados de Micronutrientes del Suelo.- Departamento de Suelos y Nutrición de -- Plantas de la Universidad de California.- River- side, Calif. U.S.A.
- 6.- FAO. Estudio Mundial de Microelementos y los Niveles de Nutrientes en los Suelos. Romo (1982).
- 7.- HOBART H. WILLARD, LYNNE R. MERRITT, JR., JOHN A. DEAN. Métodos Ins- trumentales de Análisis. Cía Editorial Continen- tal CECSA (1976).

- 8.- HUDGSON, J.F. Chemistry of the Micronutrient Element in Soils Agron. Págs. 15, 119, 153. (1963).
- 9.- JACKSON Y SHERMAN M.L. Análisis Químico de Suelos. Págs. 524, 525, 531 - 538, 555.
- 10.- LE RICHIE Y WEIR, A. Method of Studying Trace Elements in Fractions in Soils Sci 14, 225 - 234. (1963).
- 11.- LINDSAY, W.L. Inorganic Phase Equilibria of Micronutrients in Soils. Micronutrients Madison Soil Sci, Págs. -- 41, 57. (1972).
- 12.- MENGEL, R.G. Copper and Zinc Relations in Soils D. Thesis, Univ. Wisconsin, U.S.A. (1950).
- 13.- OLSEN, R.V. Iron Solubility in Soils as Affected by pH and -- Free, Iron Oxide Content S.S.S.A.P. 2 Págs. 153 - 157. (1958).
- 14.- ORTEGA, T.E. Notas del Curso de Química de Suelos E.N.A. Chapingo, Méx. (1969).
- 15.- RENTIER, W. Y SMITH, P.F. Effects of High Copper Content of Sandy Soil on Growth of Citrus Seedlings Soil Sc. Págs. 72, 219.

- 16.- SAMUEL L. TISDALE Y WERNER L. NELSON. Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. Barcelona, España. (1970).
- 17.- S.A.R.H. Métodos para Análisis Físico y Químico de Suelos, Aguas y Plantas. Subdirección de Agrología, 2a. Edición. México. (1978).
- 18.- SAUCIELLI, V. Trace Elements in Agriculture. Págs. 58 - 80 Nostrand Reinhold, Co. N.Y. U.S.A. (1969).
- 19.- SIDERIS, C.P. Y YOUNG, H.Y. Plants Analisis Physical and Chemyster Págs. 24, 416. (1959).
- 20.- SWAINE, D.J. The Trace Elements Content of Soils Common Nelt. Bur Soil Sci Thechnical Communication Núm. 48. -- Herald, Printing Works Coney.
- 21.- TORRE CARREON CESAR, Q.A. Contenido Actual de los Microelementos: - Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, de Suelos de la Parte Sur --- Oriental del Estado de México. Orizaba, Ver. --- (1973).
- 22.- TWYMAN, E.S. New Phytologist of Plants. Págs. 50, 221 - 226, (1957).
- 23.- WALLACE, A. Y LUNT, O.R. Iron Clorosis Horticultural Plants (a re--vieu) Proc. Nm. Soc. Hurt. Sci. 75, 819-841.

