

077923

~~047000~~

T  
81.31  
438d  
F. C. C. Q. G.  
E. J. 2

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS**

**Determinación de Zinc total y Zinc disponible en  
Suelos de Origen Volcánico.**

---

TESIS PRESENTADA POR

**CARMEN FIALLOS DE GUEVARA**

LICENCIADO EN

**QUIMICA FARMACEUTICA**

OCTUBRE DE 1971



SAN SALVADOR,

EL SALVADOR, C. A.

U N I V E R S I D A D   D E   E L   S A L V A D O R

RECTOR

Dr. Rafael Menjívar.

SECRETARIO GENERAL

Dr. Miguel Angel Sáenz Varela.

FACULTAD      DE      CIENCIAS      QUIMICAS

DECANO

Dr. Raúl Arévalo Alvarez.

SECRETARIO

Dra. Amelia R. de Cortés.



DEDICATORIA:

A mi madre:

Teresa E. de Fiallos.

A mi esposo:

Samuel A. Guevara B.

A mi padre.

A mis hijos.

A mis hermanos.

Especial agradecimiento al jurado calificador  
de mi tesis:

Dra. Francisca Cañas de Moreno.

Geólogo Moisés Harrouch.

Lic. Flaviano Rivera Saravia.

# INDICE

	P.
I. INTRODUCCION .....	1
II. LITERATURA REVISADA .....	4
III. MATERIALES Y METODOS .....	24
IV. CONCLUSIONES .....	56
V. BIBLIOGRAFIA .....	58

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

Se ha comprobado por estudios realizados recientemente que el Zinc es necesario para el crecimiento de las plantas superiores y en América Latina se observan fenómenos de carencia sobre todo en cítricos, maíz, etc.

Dada la importancia del estado nutricional del suelo en el sistema de producción se ha tratado siempre de analizarlo, para ver las necesidades de fertilización y así darle al agricultor una base segura para una mayor producción.

El presente trabajo se concreta a estudiar la cantidad de Zinc total y Zinc disponible en suelos de origen volcánico.

El suelo es un sistema dinámico compuesto por cuatro fases:

- 1o. Fase Sólida: representada por los materiales orgánicos e inorgánicos.
- 2o. Fase Líquida: constituida por el agua y la solución de suelo.

3o. Fase Gaseosa: representada por el aire del suelo.

4o. Fase Biológica: constituida por la flora y fauna del suelo.

Como resultado de las interacciones Físico-químicas entre los diferentes compuestos del suelo y de las interacciones bioquímicas con la planta y otros factores formadores, el suelo desarrolla un trabajo cuya medida es determinada por la producción vegetal.

Una de las metas de la ciencia edafogenética aplicada ha sido y será el investigar la actividad dinámica del suelo y encontrar las relaciones Físico-químicas y biológicas que existen entre los diferentes factores formadores.

Dado que el suelo es un ente viviente capaz de sostener una vegetación es necesario investigarlo para conservar las reacciones con las plantas que sostenga y así determinar el proceso de nutrición y consecuentemente crear compuestos químicos, orgánicos e inorgánicos que desarrollen al rápido desarrollo de las plantas, con el propósito de determinar la condición nutricional del suelo, la técnica moderna recurre a métodos Biológicos, Microbio

lógicos y Químicos. En el uso de los métodos Químicos se han dado diferentes pasos buscando métodos analíticos adecuados.

- 1o. Debe buscar la relación que existe entre el contenido total de un determinado nutriente por estudiarse y la producción vegetal.
- 2o. Si no se encuentra una correlación lo suficientemente aceptable debe continuarse investigando y tratar de determinar una parte de la reserva total del nutriente estudiado, -- utilizando una sustancia extractora que posea el mismo poder de extracción que las raíces de una planta sana.

El presente trabajo tiene como propósito el uso de métodos químicos para determinar la concentración de Zinc en un tipo de suelo de origen volcánico, desarrollado en el area de San Salvador.



## LITERATURA REVISADA

Importancia del Zn.

El Zn se reconoció como elemento esencial de las plantas en 1941, pero se empezó a emplear como fertilizante hasta 1932. Desde entonces este elemento ha sido de gran importancia en el tratamiento de los cítricos, dado que se había advertido síntomas de deficiencias, así pues el Zn es un elemento esencial para el alimento de la planta, recientemente la deficiencia de Zn ha sido objeto de estudio en todas partes del mundo, (4).

El Zn es absorbido por las raíces de las plantas en forma de ión  $Zn^{2+}$  así como en forma de un complejo molecular de agentes queláticos tales como EDTA. Pulverizaciones conteniendo sales solubles de Zinc o complejos de Zinc se han aplicado al follaje de las plantas para corregir la deficiencia de este elemento, que es capaz de penetrar en el sistema de la planta a través de las hojas.

Como en la mayoría del resto de los micronutrientes, el Zinc es tóxico para las plantas en ciertas canti

dades, aunque su concentración es pequeña en las plantas en relación a los otros metales pesados es de mayor importancia que las cantidades absolutas. Se han descubierto deficiencias de Zn en una amplia gama de condiciones de suelo, si bien parece ser más frecuentes en suelos calizos y en los excesivamente altos en fósforos.

La función principal del Zn en las plantas es la de un metal activador de enzimas: enolosa, aldolosa, decarboxilosa oxalacética, cecitínosa, cisteína de sulfhidrasa, istidina de aminosua. anhidrosa carbónico, dihidropeptidasa y dipeptidosa glicil glicínica, (5).

#### Presencia del Zn en el Suelo.

El Zn se encuentra en el suelo en forma de catión en minerales primarios y secundarios. La solubilidad del Zn es afectada por el pH, obtiene solubilidad total-óptima en el intervalo 5.25 a 6. Una de las causas principales de la deficiencia en Zn es la eliminación del Zn asimilable por los cultivos continuos de algodón, sin que se alternen con cultivos de cobertura y se traten con abono verde.

El Zn se puede agregar al suelo por medio de los

abonos naturales y los restos orgánicos, (4).

En la mayor parte de los casos la falta de Zn es el resultado de una reacción desfavorable del suelo como catión o bien combinado con aniones en los cristales de la arcilla.

El Zinc, Hierro, Manganeso y Co. son cationes metálicos cuya solubilidad es mayor en suelos moderadamente ácidos, (10).

#### Nutrientes Indispensables para las Plantas.

Los nutrientes son los componentes de los millones de células pequeñísimas de que están formadas las plantas. A ellas se les aplica en el suelo o en su follaje por medio de los fertilizantes. Está comprobado que los requerimientos básicos para obtener el crecimiento de las plantas de orden superior, son iguales aunque en mayor o menor escala para todas las especies del reino vegetal. Además de aire, calor, luz y agua, todas las plantas necesitan ciertos elementos nutritivos. Con excepción de carbón, hidrógeno y oxígeno que obtienen del aire, dependen de la tierra en que crecen para obte-

ner el resto de los elementos nutritivos que necesitan, -  
(12).

Los nutrientes se dividen en primarios o mayores, secundarios y micronutrientes.

Los elementos menores son necesarios para el crecimiento vegetal. Durante muchos años, únicamente se le dió atención a los elementos mayores de nutrición, tales como nitrógeno, fósforo, potasio y en menor escala al calcio, magnesio y azufre, pero durante los últimos 25 años y especialmente en la última década, se ha llegado a comprobar que además de los elementos mayores conocidos, -- aunque en menor escala, para lograr el crecimiento adecuado de los vegetales necesitan otros elementos nutritivos. Estos elementos se han llamado "Elementos Menores" o "Elementos Trazas", debido a que su presencia solo es requerida en cantidades muy pequeñas. Pero el hecho de que se requieran estos elementos menores en cantidades mínimas, no les resta importancia, ya que las plantas no pueden desarrollarse bien en ausencia de hierro, Zinc y manganeso y en menor escala boro, cobre y molibdeno, aun siendo adecuada su demanda de todos los elementos mayores.

Los elementos menores requieren consideraciones --

especiales. Esto es costumbre satisfactoria agregar los elementos mayores a la tierra en forma de sales inorgánicas solubles de cada elemento. Pero la misma práctica, no siempre es aconsejable para elementos menores, debido a que sus sales inorgánicas en presencia de tierras de alto contenido de calcio cuyo pH es alto, pueden transformarse en productos insolubles que no son absorbidos fácilmente por las plantas. Cuando existen esas circunstancias, los quelatos<sup>+</sup> ofrecen esa solución, ya que en ellos los elementos menores son completamente solubles y están constituidas en tal forma que la alcalinidad difícilmente los hace insolubles, (14).

Experimentos conducidos científicamente en departamentos de experimentación agrícola ha demostrado que la aplicación de elementos menores en forma de quelatos metálicos hace que los iones metálicos sean hasta 400 veces más disponibles a la vida vegetal.

+¿A qué se denominan quelatos?. En química, la palabra quelatos se emplea para describir aquellas sustancias en que un ión metálico se combina con grupos de electrones, para formar una molécula en la que el ión metálico materialmente se forra o cubre totalmente en tal forma que pierde su característica iónica al combinarse con otros electrones.

Debido a esa protección del ión metálico por el elemento quelatante, éstos son infinitamente solubles y permanecen en esa forma sin tomar en consideración a las condiciones del terreno. De ahí la conveniencia de emplearlos para proporcionar los elementos menores que requieren las plantas.

¿Porqué razón son importantes los quelatos metálicos?. Aun cuando se comprueba que una tierra tiene todos los elementos menores, no siempre hay la seguridad de que éstos se encuentren en forma disponible a las plantas que se pretenden cultivar, ya que las propiedades químicas y físicas de algunas tierras con frecuencia hacen que los elementos menores sean insolubles y por consiguiente, inaccesibles a las plantas. Además, existe la posibilidad de que las condiciones necesarias para que un elemento sea soluble, con frecuencia resultan ser condiciones que a su vez convierten a otros elementos en sales insolubles. Por ejemplo, el manganeso en forma inorgánica es más soluble en su estado reducido y un pH bajo. En cambio, con esas mismas condiciones el molibdeno resulta casi insoluble. Otros ejemplos es el cobre, que generalmente es insoluble o poco disponible en una tierra de alto contenido de materia inorgánica. En cambio el hierro es mucho más soluble cuando se cuenta con materia orgánica en abundancia.

Para que una planta pueda absorber los elementos menores que necesita es necesario:

- a) Que el elemento esté presente en forma soluble.
- b) El elemento deberá estar presente en forma -- que no sea tóxica o perjudicial a la planta.
- c) El elemento quelatado deberá poseer la propiedad de ser eliminado por las células de las plantas, una vez que el ión metálico haya sido utilizado. Es decir, el elemento quelatado deberá estar libre de cualquier elemento nocivo a la vida vegetal y no deberá estorbar el metabolismo normal de la planta, (3).

#### Aspectos de la Absorción de Nutrientes.

- a) Con determinadas excepciones, los iones son -- absorbidos de la solución del suelo o de las partículas minerales u orgánicas, más o menos independientes. El mecanismo exacto por medio del cual los iones penetran en las células de raíces, no se conocen. El proceso general para los cationes es de intercambio, --

por medio del cual las bases penetran y los iones hidrógenos salen de las células. El proceso para aniones se identifica en cierta forma con el sistema citocroma oxidasa de las plantas.

La absorción de iones involucra gasto de energía que se obtiene de la respiración ya que la concentración de iones en la célula de la planta es generalmente muchas veces mayor que aquellas de la solución del suelo.

- b) El aprovechamiento de nutrientes en la solución del suelo, depende de los compuestos de los cuales se obtiene y de la reacción del suelo.

El máximo aprovechamiento de los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, se obtiene entre pH 5.5 y 6.5.

- c) La absorción de ciertos elementos como potasio o magnesio es afectado por la concentración de dichos elementos con relación a otros pero principalmente calcio.


Otro caso de antagonismo incluyen a los microelementos hierro, manganeso, cobre y zinc.

- d) Las plantas pueden mostrar síntomas de deficiencia si la cantidad de elementos aprovechados



bles no es adecuada ya sea debido a una baja disponibilidad del elemento en el suelo o debido a una deficiencia inducida causada por una reacción del suelo desfavorable o por el exceso de otros elementos. Síntomas de deficiencia de ciertos microelementos pueden producirse debido a aplicaciones demasiado altas de fertilizantes nitrogenadas a pesar de que pueden existir cantidades adecuadas de los primeros, para sostener un grado menos rápido de desarrollo.

Cuando se adionan al suelo sales solubles de Fe, Mn, Cu, Zn, Mo y Co se transforman, mas o menos rápidamente según el pH y otras características del suelo. Esto es diferente de lo que ocurre cuando se adicionan al mismo, cationes cambiables como magnesio o calcio. Se sobreentiende que las formas de éstos elementos solubles en agua o intercambiables, son asequibles pero se supone que otras formas también tienen importancia en lo que se refiere a la nutrición de las plantas. Por ejemplo: es corriente determinar Fe y Mn solubles en ácidos diluidos y el Cu, Zn y Co solubles en ácidos fuertes. El Mo total se considera relacionado con el suministro de éste elemento por un suelo, (11).



Contenido de Zn en el Suelo.

## Historia:

Toda confirmación de Zn como un elemento esencial y el gran reconocimiento de deficiencias de Zn fue estudiado durante los 30 años pasados.

En 1863 y 1869 Raulin dice que el Zn es necesario para el desarrollo de la planta. Javillier en 1914 confirma la necesidad por Zn por *Aspergillus Niger*.

P. Maize dice en 1914, 1915 y 1919 de que el Zn es necesario para altas plantas. Su naturaleza esencial no fue aceptada hasta estudios posteriores de Sommer y Lipman mostrando su necesidad, (1926-1928), (10).

Los agricultores hablaban sobre la toxicidad del Zn en las plantas antes de conocer que era un elemento esencial.

Los estudios más recientes sobre toxicidad en Zn están en el arca de la interferencia de elementos micronutrientes con absorción de Fe, (5).

El contenido total del Zn en los suelos es gene--

ralmente bajo en comparación con otros elementos esenciales.

El dato sobre Zn y otros trazos de elementos en el suelo fue revisado en 1950 por Swairre.

El da un valor promedio de 80 ppm. en la litósfera en suelos minerales citó que contiene entre 10 y 300 ppm. de Zn total, aunque algunos suelos fueron reportados con un contenido de 16 %, pero su presencia en el suelo no es un criterio de su disponibilidad para las plantas más de lo que lo sea la presencia de muchos otros nutrientes para las plantas, (10).

El Zn disponible es del 1 al 10 % para las plantas. Numerosos datos obtenidos también por Seairre sobre Zn removido por suelos con un número diferente de extractores pasando desde la digestión de un ácido fuerte y lavando con agua o soluciones de sales neutras.

Hibbard concluyó que el Zn es enriquecido en la superficie del suelo por residuos vegetativos y que este puede ser un mejor factor en deficiencia de Zn en plantas de raíces profundas.

Invariablemente el Zn total fue mayor en la su-

perficie horizontal y decrece con la profundidad.

Wright et al (1955) estudió la distribución de varios elementos menores en perfiles vírgenes de un grupo de suelos.

En general un desplazamiento pequeño del Zn tendiente a ser lavado y acumulaciones de suelos fueron cerradamente asociados con residuos de materiales orgánicos.

Algunas variaciones de suelo Zn tiene que ser asociado con materiales padres. Thorne et al (1942) estableció que suelos formados por piedras caliza contienen más Zn que suelos formados por Gneiss (roca metamórfica, textura hojosa, compuestas de feldes pato, cuarzo y mica u hornoblenda), aunque muestras de rocas padres contengan cantidades similares.

Vlasyuk y Simura reportaron que el contenido de Zn disponible en suelos está relacionado con el contenido de Zn de las rocas padres.

La distribución de Zn en el origen horizontal de perfiles de suelos siguieron cerradamente la redistribución de coloides.

En muchos casos el Zn disponible fue alto en el -- horizonte aluvial que en las rocas padres. Estos traba-- jos encontraron que en la superficie de suelos de bosques tranquilos grandemente enriquecidos con Zn eran debido a-- la descomposición del follaje caído, (4).

Problema del Zn en Suelos de Regiones Tropicales y de Zo-- nas Templadas.

La razón principal de la falta de Zinc que crecen en suelos muy variables reside no en las cantidades totales del elemento, sino que en la poca disponibilidad del-- Zinc presente, y esto puede deberse a una variedad de razones, como una retención bastante fuerte del Zn por el -- complejo coloidal de las arcillas, (3).

La falta de Zn es común también en suelos calcá-- reos, enfatizando la necesidad de reprimir el estado de -- disponibilidad de Zn en estos suelos, es lógico ya que -- los suelos calcáreos son alcalinos.

La toma de iones de los suelos por las plantas es

tá influenciada por la velocidad de difusión de los iones absorbidos por la raíz. Esto se cumple para iones que -- reaccionan fuertemente con el suelo, y iones movibles --- cuando la transpiración de la planta es lenta.

El Zn tomado del suelo está claro que depende -- principalmente del pH. por esto suceden variaciones en la velocidad de difusión del Zn en relación de pH del suelo -- por lo que hay que medir la difusibilidad del Zn en el -- suelo, como una función del pH el efecto de la concentra- ción de Zn tiene que ser considerado. Nosotros necesita- mos tal información para predecir de antemano la difusión que debe tener los nutrientes en los fertilizantes granu- lados y hacer modelos de test de difusión del elemento pa- ra el sistema suelo-planta.

Previamente se determinaron el coeficiente de -- distribución para el Zn en varios sistemas calcidales y - varios valores de pH.

El coeficiente de distribución el cual está en - razón de la concentración de la fase sólida o Zn que reac- ciona a la concentración de un equilibrio de Zn solución- el cual crece bien proporcionado con el pH, (5).

El Contenido de Zn en el Suelo y Disponibilidad para Plan-  
tas.

El Zn es un elemento que contribuye poco a la composición total de los suelos ya que la mayoría de los minerales que lo contienen se meteorizan con facilidad. Es importante recordar que la cantidad total y la disponible no siempre se correlacionan aunque a veces puede haberla.

Se conocen solamente unos pocos casos en los cuales el elemento se presentó en cantidades tóxicas siendo-  
ésto debido, en general, a residuos de industrias, (5).

Es frecuente encontrar un mayor contenido de Zn - en los centímetros superiores del suelo debido a la concentración del elemento por tejidos vegetales y la retención que se origina por ellos. Sin embargo, en regiones-  
húmedas el contenido de Zn resulta ser siempre bajo.

Referente a la importancia de la presencia de sales en suelos se notó, en estudios de Wear, que al añadir  $\text{CO}_3 \text{Ca}$ ,  $\text{CO}_3 \text{Na}_2$  ó  $\text{SO}_4 \text{Ca}$  las variaciones en la absorción de Zn se debieron al pH del suelo y no a la cantidad de Ca presente. Otros autores como Stewart y Leonard observaron también al estudiar diferentes sales, que ninguna -

de éstas fue tan eficiente en aumentar la disponibilidad de Zn como el  $Cl_2$  Ca un acidificante fuerte, (4).

Se ha observado que los factores que influyen en la disponibilidad de Zn en el suelo para las plantas son:

- 1) pH
- 2) Concentración de fósforo.
- 3) Contenido de materia orgánica.
- 4) Cantidad y tipo de arcillas presentes y la presencia de cal.

#### Influencia del pH.

Numerosos estudios demuestran que el Zinc es generalmente más disponible para las plantas en los suelos ácidos que en los alcalinos, (10).

Así en un suelo de pH 6 o más altos es deficiente aunque Alhen y Boggs encontraron deficiencias, aun en suelos de pH más ácidos (5.5) pero la explicación de ésto fue que es muy baja el contenido de Zn total en los suelos deficientes entre pH 7.4 y 8.5 contienen Zn total adecuado pero su disponibilidad es baja.

Camp (1945) concluyó "Claramente parece estar -



bien establecido que la disponibilidad de Zn se declina como el pH del suelo asciende, el punto crítico comienza entre los rangos de pH 5.5 y 6.5".

Sin embargo, hay casos en los que no se ha hablado ninguna relación entre el pH del suelo y el consumo de Zinc por las plantas o respuesta de las plantas a Zinc aplicado.

Se notó también que la influencia de ciertas formas de nitrógeno tienen sobre absorción de Zn depende de los cambios de pH que causan en el suelo, (4).

Existen bastantes suelos ácidos deficientes en Zn especialmente entre los lateríticos tropicales.

Lott (1938) mostró que la toxicidad del Zn es eliminada por la adición de  $\text{CO}_3 \text{Ca}$  a el suelo llevado a un pH 6 o arriba.

Peech (1941), encontró que el Zn extractable del suelo con  $\text{CL Na}$  normal crece con un decrecimiento del pH. Epstein y Stout analizaron soluciones supernatantes para una serie de bentonitas de contenido Zn total uniforme y encontraron una cantidad creciente de Zn soluble con



un aumento de concentración de iones hidrógenos.

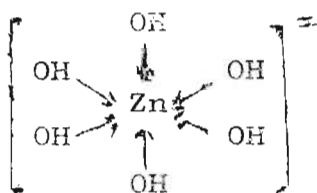
Observaciones similares sobre deficiencia de Zn en suelos en los rangos de pH 6 a 8 fueron hechos por -- Chander (1937), Thorne Waram (1950), Woltz et al (1953), Shaw and Dean (1952) and Greenwood and Hayfron (1951).

El Zn igual que otros metales, forma hidróxidos con habilidad portándose como una base o ácido débil de-- pendiendo del pH del líquido que lo rodea.

La formación de Zincatos con cargas negativas -- fue sugerido por Camp (1945), como una existencia signi-- ficativa en suelos más alcalinos que pH 7.85.

Dos tipos de iones Zincatos existen: el Zincato ácido,  $H Zn O_2$  que prevalece en concentraciones bajas de álcalis y el ion Zincato  $Zn O_2$  y es la forma principal -- cuando las concentraciones alcalinas es aumentados.

Estas fórmulas simples de los Zincatos podrían-- ser reemplazadas, sin embargo, por un grupo complejo en-- acuerdo con la teoría de coordinación de Werner's dando-- en Zn un número de coordinación de 6 en una solución al-- calina.



Complejos similares pueden también ser formados con cuatro iones amoníaco en enlaces de coordinación al  $\text{Zn}^{2+}$  al rededor del ión Zn.

Berheir y Quintiu (1959) a través de estudios polarográficos encontraron evidencia de un estado de equilibrio por Zincatos,  $\text{Zn}^{2+}$  y iones hidróxidos en soluciones alcalinas. Ellas obtuvieron un valor para  $K_2$  (constante de equilibrio) de  $0.83 \times 10^{-16}$  para la ecuación de acción de masas.

$$K_2 = \frac{[\text{Zn}^{2+}][\text{OH}^-]^3}{[\text{ZnO}_2^{2-} \text{H}^-]}$$

Jurinak y Thorne (1955) reportaron curvas de titulación hidróxidos alcalinos por soluciones diluidas en equilibrio con tierra de bentonita. Las curvas obtenidas por suspensiones de tierra anillosa titulable, conteniendo Zn equivalente a 1.0 % del catión de la tierra de capacidad cambiabile, con  $\text{OH}^- \text{Na}^+$  y  $(\text{OH})_2 \text{Ca}^{2+}$ . Las curvas para  $\text{OH}^- \text{Na}^+$  y  $\text{KOH}$  fueron similares.

El incremento de solubilidad del Zn con adiciones de OH Na como el excedimiento de pH 6.5 fue tomado como evidencia de la formación de ión Zincato soluble. Una ausencia de crecimiento de solubilidad del Zn en el rango alcalino con adiciones de Ca (OH)<sub>2</sub> está compatible con la baja solubilidad del Zincato cálcico.

Bajo estas condiciones favorables para el desarrollo de la planta el calcio es un mejor catión constituyente de las sales del suelo los datos de arriba indican que la formación del Zincato no sea probablemente un factor importante en el aumento de Zn disponible en suelos no alcalinos sin un rango de alcalinidad favorable para el crecimiento de las plantas.

#### Temperatura y pH.

La temperatura puede hacer cambiar el pH del suelo y así se afecta el desarrollo de las plantas, se observa que el pH aumenta en invierno y disminuye en verano, y así se considera relacionado con las actividades de los microorganismos, pues en esta actividad microbica hay un desprendimiento de dióxido de carbono que se combina con agua para formar ácido carbónico y otros ácidos.

Los suelos ligeramente ácidos, un pequeño cambio en el pH puede influenciar, la disponibilidad no solo del Zn sino de otros elementos micronutrientes tales como manganeso Fe, (5).

#### Nivel de Fósforo del Suelo.

Se observa casi siempre deficiencia de Zn en suelos ricos en fosfatos totales solubles.

En las relaciones pH-Zinc, en alto contenido de fosfato del suelo no siempre está asociado con deficiencias en Zinc.

Aunque algunos estudios revelan que rangos de pH de 6.5 a 8.5 el Zn tomado fue significativamente menor en presencia de los fosfatos, (11).

Jamison (et al) reportó la solubilidad de Zn en soluciones fosfadas con 2.5 ppm. a pH 7 y 3.5 ppm. a pH 8 abajo de pH 7 y arriba de pH 8 la solubilidad del Zinc crece marcadamente, (8).

Las concentraciones de ión fosfato no fue reportado.

La naturaleza de la deficiencia en Zinc inducida por fosfato no es conocida. Se considera generalmente -- que la simple precipitación del fosfato de Zinc no es adecuada para explicar este fenómeno, incluso aunque la solubilidad del Zinc disminuya en grandes concentraciones del ión fosfato.

Consecuentemente aunque los fosfatos en los suelos podría oponerse a la solubilidad del Zinc ésto es dudoso si la deficiencia de Zinc pueda estar explicada por una precipitación directa de Zinc por el ión fosfato.

En algunos casos la aplicación de fertilizantes-fosfatados induce a tener deficiencias de Zinc, (11).

Boawn y colaboradores indicaron que la aplicación de fosfatos no tuvo ningún efecto sobre la absorción de Zinc en plantas de frijol, también se observó una correlación negativa para contenidos en maíz.

(Ellis y colaboradores) Bingham y Martín comprobaron una reducción de la absorción de Zinc debido a aplicación de fósforo a cítricos y finalmente Booen y Leggett notaron un desarrollo anormal de papas que era asociado con una deficiencia de Zn inducida por aplicación de fosfatos, (4).

Therman y colaboradores Burleson y otros, siguieron un antagonismo Zinc-Fósforo en las raíces como una explicación.

Se ha considerado también la posibilidad de que el Zinc está presente en algunos superfosfatos en cantidad suficiente para compensar por el efecto deprimente de los fosfatos en mascarando así su efecto, (14).

#### Materia Orgánica del Suelo.

Deficiencias en Zinc ha sido observadas algunas veces en suelos ricos en materia orgánica, como un resultado del tratamiento con abonos animales.

En las bajas campiñas la deficiencia de Zn ocurre a menudo, donde ha habido granjas o corrales viejos. Por deficiencias de Zinc en las huertas usualmente éstas fueron fertilizadas por muchos años con liberal aplicaciones de abono, pero usualmente tiene que ser un cultivo bien proporcionado.

En otros casos la esterilización de suelos deficientes en Zinc ha conducido a una corrección de ésta de-

ficiencia. Se observó el mismo efecto al esterilizar el suelo con vapor, éter o formalina.

Estos estudios sobre el efecto de la esterilización fueron realizados en 1930 y no han sido proseguidos. Si estos efectos son reales ellos sugerirían que los organismos vivientes por si mismo puede estar implicados en la inmovilización del Zinc. Así los efectos de la materia orgánica sobre la disponibilidad del Zinc no pueden separarse de los efectos del fósforo y quizás --- otros constituyentes de la materia orgánica. La opinión correctamente sustentada es que la materia orgánica probablemente no es significativa en las inmovilizaciones de Zinc.

Baughman dice que la materia orgánica puede --- ser un mejor factor para la fijación de Zn en el suelo. --- Considerando que el Zn forma muchos quelatos estables y es absorbido, por ejemplo, como la sal del ácido etilendiamino-tetracético (EDTA), (14).

La formación de compuestos de este tipo es probablemente importante. Este es confirmado por Baughman quien indica que la formación de quelatos es una causa importante de la retención de Zinc en suelos.





Así la retención de Zn por la materia orgánica - fue designado como quelato y complejo.

El quelato de Zinc fue interpretado como extrac-  
table con acetato de cobre. El complejo de Zinc fue de-  
signado como el que no puede ser extraído por acetato de  
amonio o Cobre pero si puede seder por oxidación de la -  
materia orgánica con peróxido de hidrógeno.

Los resultados indican que la quelatación y la -  
complejón de Zinc por materia orgánica puede ser un fac-  
tor significativo en la reducción del Zn disponible en -  
el suelo.

Hwines notó al fraccionar, la materia orgánica -  
que la fracción húmica retenía la mayoría de Zn (56 %) ,  
mientras que la fracción fúlvica solamente contenía un -  
12 %, así como la deficiencia de Zn producido por la des-  
composición de la materia orgánica, (2).

En general no se puede todavía llegar a conclu-  
siones definitivas sobre el papel que juega la materia -  
orgánica ya que su adición presenta, tanto la introduc-  
ción de fósforo como una alteración de las condiciones -  
biológicas, factores ambos que afectan la nutrición de -  
las plantas.

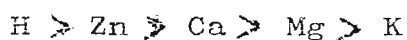
Cantidad y Tipos de Arcillas Presentes y la Presencia de  
CaI.

El Zinc es absorbido por varios barros minera--  
les y también por carbonatos de calcio y magnesio.

El  $\text{CO}_3 \text{Mg}$  es el absorbente más poderoso, la do-  
lomita es de fuerza intermedia y la calcita es el ab-  
sorbente menos onérgico.

La absorción poderosa de los carbonatos de Mg -  
se cree que se debe a un intercambio de iones de Mg por  
iones de Zn, ya que los diámetros iónicos de ambos son -  
similares que permiten esta situación. Así se explica -  
la pequeña disponibilidad de Zn en suelos calcáreos, es-  
pecialmente dolomíticos, y en parte, la deficiencia indu-  
cida de Zn por encalados. Este fenómeno también fue ob-  
servado en suelos tropicales siendo esta una de las razo-  
nes por las que se recomienda que el encalado en ellos,  
se haga moderadamente.

La retención es mayor para las ilitas y es máxi-  
ma para morillonitas, la retención de Zn en relación con  
otros cationes, tiene el orden siguiente:



Lo que está de acuerdo con lo que se puede esperar con base en principios generales de Química coloidal, (12).

El Zinc absorbido por los sistemas del suelo saturado de hidrógeno sería reemplazado mediante extracción con acetato amónico. Cuando se añadió Zinc a un sistema cálcico, tan solo una parte del añadido era eliminado mediante extracción con acetato amónico. Además cuanto más largo es el tiempo de contacto entre Zinc y el barro cálcico, menor es la cantidad de Zinc eliminada con acetato amónico.

Hay mucha tendencia del Zn a formar muchos compuesto de baja solubilidad en los suelos. La precipitación como carbonatos, hidróxidos, y fosfatos puede reducir ciertamente la disponibilidad del Zinc en los suelos a un nivel bajo, pero de hecho no hay evidencia que indique que estas reacciones por si solas puedan dar como resultados deficiencias de Zinc en las plantas. Se dice también que las reacciones de absorción pueden reducir el Zinc disponible a niveles deficientes, y que estas reacciones ocurren en muchos tipos de superficie, incluyendo barros minerales, materia orgánica y carbonatos insolubles, (13).

### Movimiento y Fijación de Zinc en el Suelo.

De lo anteriormente expuesto se deduce que el Zinc es relativamente inmóvil en la mayor parte de los suelos, permaneciendo por varios años en la superficie.

Relacionando el movimiento con relación a la textura se observó que este decrece de suelos arenosos a francos y más aun en limfarenosos. Se notó también que el movimiento lateral era bastante reducido.

En tanto que se sabe que la absorción de Zn ocurre en el complejo de intercambio, existen muchos detalles acerca de los mecanismos de retención que todavía no se entienden bien, aunque se ha trabajado bastante. Se observó que al añadir Zn a los suelos, una parte de éste pasa a un estado no intercambiable con amonio. Se cree que parte de este Zn sustituirá al Al en su posición octaédrica en las arcillas en donde cabe bien ya que su radio iónico ( $0.74 \text{ \AA}$ ) es similar a los ocupantes normales divalentes (Fe II,  $0.76 \text{ \AA}$  y Mg  $0.65 \text{ \AA}$ ) de estas posiciones. Esto mismo explica la sustitución observada del Mg por el Zn en estas posiciones. En este último caso, como no hay cambio de valencia, no se han observado cambios en la capacidad de intercambio como resulta

do de la sustitución. Así se explica el poder fijador de Zn en suelos cuyas arcillas tienen una relación Si/Mg baja.

Estudios hechos, indicaron que en suelos ácidos-- la mayoría del Zn añadido entra en posiciones de donde -- era extraído por lavados con acetato de amonio, mientras-- que en suelos altamente saturados con Ca, una buena parte del Zn no podía ser extraído por intercambio, sino sola-- mente por lavado con HCL diluido.

Se observó que esta última fracción no ocupa po-- siciones de intercambio, (7).

La retención es afectada al igual que en suelos-- de regiones templadas por la presencia de cal, carbonatos solubles y el pH del suelo. En condiciones alcalinas, su-- girieron los investigadores la posibilidad de la forma--- ción de Zincatos ya que para sistemas saturados con Na y-- K se notó un aumento en Zn soluble a partir de un pH de 6, lo que está de acuerdo con la formación de un anión solu-- ble. Para sistemas saturados con Ca la solubilidad de Zn llegó a un mínimo a un pH de 7.6 lo que los autores expli-- can por la formación probable de un Zincato de Ca insolu-- ble. La formación de ésta podrá explicar en parte la de--

ficiencia observada a menudo con valores similares de pH, (9).

La materia orgánica es también un poderoso factor en la retención de Zn. Los procesos que intervienen son complejos aunque la cantidad de Zn retenido por fracciones definidas de la materia orgánica, como ácido húmico y fúlvicos, disminuyen con el tiempo, una buena parte de Zn aplicado (más del 80 %) permanece como parte de residuo orgánico-mineral.

De acuerdo con estudios hechos los quelatos de Zn no son fijados por arcillas explicando así la disponibilidad de los mismos en suelos de textura poco fina.



## MATERIALES Y METODOS

### A- Localización.

El presente trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas y en el Centro de Estudios e Investigación Geotónicas, en San Salvador.

El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de Zinc total y Zinc disponible en 20 muestras de suelo de origen volcánico para demostrar la importancia de la presencia de Zinc en suelos.

Estas 20 muestras de suelo fueron tomadas por el Ingeniero Agrónomo Carlos Rodríguez que a la vez determinó los valores de pH, textura, materia orgánica y fosfatos, cuyos cuadros aparecen en esta tesis.

### B- Suelos.

Las 20 muestras utilizadas corresponden a los horizontes superiores de siete series de suelo que a continuación se describen.

Descripción de los Suelos.

Serie A.p.b.

Apopa ligeramente ondulado en planicies.

Suelos.

Pertenecen al gran grupo Regosol. Son suelos -- con horizontes superiores de textura franca y franco are-- nosa fina de color gris oscuro a gris muy oscuro, con -- una profundidad promedio de 40 cms. sobre un subsuelo -- franco arenoso fino, color gris claro, de estructura ma-- siva. Son friables, permeables, no plásticos, no pegajo-- sos muy profundos, de alta capacidad de producción y fue-- na capacidad de retención, capacidad de retención de hu-- medad. Se encuentra en algunos lugares corrientes de la-- va.

Serie A.p.f.

Apopa, Ilopango accidentado en montañas.

Suelos.

Pertenecen al gran grupo Regosol. Son suelos --



originados de polvos pomiáticos con extractos superficiales friables, de estructura granular fina, de textura franca o franco arenosa fina de colores que varían de negro a café muy oscuro a café grisáceo oscuro hasta una profundidad de 40 cms. en los suelos Apopa y de 10 - 15 cms. en los Ilopango. Los horizontes inferiores son por lo general de color gris claro de textura franco arenosa, friables, no plásticos, no pegajosos.

Generalmente son suelos profundos, en algunas áreas se encuentra a una profundidad mayor de 1 M. un suelo enterrado bien desarrollado de textura franco arcillosa a arcillosa y de color café rojizo, así como extractos de lava que aflora en algunos lugares. En general la capacidad de producción es buena.

Serie A.p.c.

Apopa ondulado en planicies.

Pertenecen al gran grupo Regosol. Los horizontes superiores son francos o franco arenoso finos de color café grisáceo muy oscuro, estructura débilmente granular y con espesor variable de 15 a 25 cms. Los extractos inferiores son francos, franco arenosos finos de colores-

cafe grisáceos claros con estructura terrenosa a ligeramente granular, a profundidades mayores de 1.5 m. se encuentran suelos rojos arcillosos.

En resumen, son suelos francos, friables, permeables, no plásticos, no pegajosos y con moderada capacidad de retención de humedad. La capacidad de producción es buena.

Serie S.y.d.

Soyapango-Apopa ondulado en planicies altas.

### Suelo.

Pertenece al gran grupo Regosol. El horizonte superior es franco a franco limoso de color pardo grisáceo muy oscuro con estructura granular y con espesores de 30-60 cms. Las capas inferiores son francas, franco-arenosas finas, franco limosas, con estructura granular débil y de color pardo grisáceo claro con espesor por lo general mayor de 2 mts. descansando en algunas áreas sobre un suelo enterrado o extractos de escocia. En resumen son suelos profundos, francos, friables de buena permeabilidad y capaces de dar buenas cosechas.

## Serie C.s.1.

Suelo.

Pertenece al grupo Regosol, y Lidosol. El Regosol que es el más extensivo posee generalmente una capa superficial con un espesor promedio de 25 cms. de textura franco a franco arenosa, de estructura pulverulenta de color pardo grisáceo con partículas gruesas de talpetate y descansando sobre un extracto de talpetate blando de 25 a 35 cms. de espesor, abajo de este extracto, se encuentra una diversidad de materiales volcánicos como cenizas pomicíticas, tobas, escorias maficas y lavas. Los litosoles presentan características similares a los anteriores pero son más superficiales y con afloramiento de talpetate duro y con espesores de 75 cms. a más de 2.00 mts.

## A.s.1.

Apopa Santa Ana-Tecapa, muy accidentadas en montañas.

Pertenecen a los grupos Regosol, Lotosol, Pardo Forestal y Litosol. El primero es el más extensivo y se

caracteriza por ser profundo y poseer horizontes superiores con alta cantidad de materia orgánica de 20 a 25 cms. de espesor de textura franco arenosas con partículas de escoria, color negro a café muy oscuro, friables y de estructura granular débil, con subsuelos franco limosos, friables, de estructura granular y de color café muy oscuro, a café grisáceo oscuro cambiando a café pálido con la profundidad. Entre 1 metro a 1.20 se encuentran a un extracto de arena gravosa de pómez de color café a profundidades mayores de 1.5 cms., aparecen extractos franco arenosos con grava de pómez de color café grisáceo muy oscuro que cambia a café rojizo con la profundidad. El Latosol Pardo Forestal es franco, café muy oscuro, friable y de estructura granular, con subsuelo franco franco arcilloso, friable de color café amarillento, profundo y de buena permeabilidad. En algunas áreas existen capas de escoria de poco espesor en los horizontes superiores.

Los Litosoles son los afloramientos rocosos de paredes y lechos de quebrada.

A.p.w.

Ilopango, alomado en terrenos elevados.

Pertenecen al gran grupo de Regosoles. Son suelos francos, de color cafe grisáceo muy oscuro con es---  
tructura ligeramente granular y con espesores variando -  
de 20 a 30 cms. sobre material original o madre que está  
compuesto de cenizas blancas pomícticas, de textura --  
franca, a franco arenosa fina, de estructura terronosa -  
con bastantes poros finos y con un espesor que por lo ge  
neral es mayor de 2 M. sobre depósitos de materiales po-  
micícticos más antiguos. En resumen, son suelos francos,  
profundos, friables, permeables y con capacidad de pro--  
ducción de moderada a buena.

## CUADRO No. 1.

<u>No.</u>	<u>Localización</u>	<u>Cuadrante</u>	<u>Coordenadas</u>	<u>Cultivo</u>
1	Depto. La Libertad Hda. Florencia	2357 III	Serie Sya 254.4-1520.3	Cafe
2	Depto. La Libertad Finca El Boquerón	2357 III	Serie Csl 253.7-1518.6	Cafe
3	Depto. San Salvador Finca Santa Isabel	2357 III	256.3-1522.8 Serie Apf	Cafe
4	Depto. La Libertad El Cerrito	2357 III	Serie Apb 255.7-1528.4	Caña de azúcar
5	Depto. La Libertad Finca Mirasol	2357 III	Serie Apf 254.2-1525.8	Cafe
6	Depto. La Libertad El Nance	2357 III	Serie Apf 253.4-1524.6	Cafe
7	Depto. La Libertad	2357 III	Serie Apc 251.5-1528.6	Cafe
8	Depto. La Libertad Finca Santa María	2357 III	Serie Asl 256.2-1521.7	Cafe
9	Depto. La Libertad Finca El Conacaste	2357 III	Serie Apc 255.8-1527.5	Maíz
10	Depto. La Libertad	2357 III	Serie Apf 255.7-1525.7	Cafe
11	Depto. San Salvador Fca. La Divina Prov.	2357 II	Serie Apf 257.8-1520.9	Cítricos
12	Depto. San Salvador Finca Haokland	2357 II	Serie Apw 258.5-1520.8	Pasto na tural
13	Depto. La Libertad Hda. El Angel	2357 II	Serie Apc 262.8-1522.5	Caña de azúcar
14	Depto. La Libertad Las Alajas	2357 II	Serie Apc 259.5-1525.6	Caña de azúcar
15	Depto. La Libertad Hda. El Angel	2357 II	Serie Apb 262.8-1526.3	Caña de azúcar
16	Depto. La Libertad Hda. El Angel	2357 II	Serie Apb 261.6-1524.5	Caña de azúcar
17	Depto. La Libertad Finca Apachulco	2357 II	Serie Apc 260.7-1523.8	Cafe
18	Depto. La Libertad Fca. Bella Vista	2357 II	Serie Apw 259.8-1527.5	Cafe
19	Depto. La Libertad Hda. El Angel	2357 II	Serie Apw 263.5-1525.6	Caña de azúcar
20	Depto. La Libertad La Quebrada.	2357 II	Serie Apb 258.5-1526.8	Caña de azúcar

## CUADRO No. 2.

Determinación de Texturas por el Método Hidrométrico.

<u>Muestra</u>	T E X T U R A S			<u>Textura</u>
	<u>% Arena</u>	<u>% Arcilla</u>	<u>% Limo</u>	
1- Florencia	46.80	19.76	33.44	F
2- Boquerón	51.64	18.12	30.24	F
3- Santa Isabel	42.80	23.76	33.44	F
4- El Cerrito	44.08	28.48	27.44	F
5- Mirasol	36.80	24.48	38.72	F
6- El Nance	50.08	22.48	27.44	F
7- 251.5-1528.6	50.08	20.48	29.44	F
8- Santa María	57.36	26.88	15.76	F C A
9- El Conacaste	48.44	22.48	29.08	F
10- 255.7-1525.7	51.72	20.48	27.80	F
11- La Divina Providencia	46.44	17.36	35.80	F
12- Haokland	60.08	11.76	28.16	F A
13- 262.8-1522.5	50.08	20.48	29.44	F
14- Las Lajas	58.08	14.48	27.44	F A
15- 262.8-1526.3	58.80	18.48	22.72	F A
16- 261.6-1524.5	52.08	20.88	27.04	F
17- Apachulco	46.08	20.48	33.44	F
18- Bella Vista	47.72	20.84	31.44	F
19- 263.5-1525.6	48.08	26.84	25.08	F C A
20- La Quebrada	46.08	30.48	23.44	F C A

## CUADRO No. 3.

Capacidad de Intercambio Total en Meq./100 gr. de suelo.

<u>Muestra</u>	<u>Meq./100 gr. de suelo.</u>
1-	12.07
2-	19.80
3-	24.75
4-	15.84
5-	13.66
6-	24.25
7-	18.81
8-	22.37
9-	11.38
10-	18.41
11-	15.94
12-	8.41
13-	12.37
14-	9.40
15-	12.68
16-	14.75
17-	14.20
18-	21.19
19-	14.80
20-	22.17



## CUADRO No. 4.

Contenido de N-P-K Disponible en P. P. M. Método de Caro  
lina del Norte.

<u>Muestra</u>	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>
1-	-35 B	40.8 A	104 A
2-	"	8.4 B	98 A
3-	"	72.4 A	200 A
4-	"	3.0	200 A
5-	"	28.8 A	174 A
6-	"	77.2 A	200 A
7-	"	+100.0 A	200 A
8-	"	82.6 A	197 A
9-	"	27.0 A	198 A
10-	"	4.0 B	198 A
11-	"	32.4 A	200 A
12-	"	33.4 A	86 A
13-	"	58.0 A	186 A
14-	"	70.2 A	197 A
15-	"	+100.0 A	114 A
16-	"	88.6 A	78 M
17-	"	31.6 A	94 A
18-	"	+100.0 A	146 A
19-	"	18.2 B	100 A
20-	"	35.4 A	200 A

## CUADRO No. 5.

pH en agua

Relación 1:2.5

pH en Kcl IN

Relación 1:2.5

<u>Muestra</u>	<u>pH</u>	<u>pH</u>
1-	6.0 M.A	4.8 MFA
2-	6.2 L.A	5.6 MA
3-	6.1 L.A	5.5 FA
4-	5.9 MA	5.5 FA
5-	5.4 FA	4.6 MFA
6-	5.2 FA	4.7 MFA
7-	5.5 FA	5.0 MFA
8-	6.2 LA	5.8 MA
9-	6.3 LA	5.5 FA
10-	6.3 LA	5.6 MA
11-	6.1 LA	5.7 MA
12-	6.0 MA	4.7 MFA
13-	5.8 MA	5.0 MFA
14-	6.0 MA	5.4 FA
15-	5.7 MA	4.9 MFA
16-	5.8 MA	5.1 FA
17-	5.5 FA	4.8 MFA
18-	6.8 N	6.4 LA
19-	5.7 MA	4.9 MFA
20-	6.2 LA	5.4 FA

## CUADRO No. 6.

Determinación de Materia Orgánica. Método Combustión Humida.

<u>Muestra</u>	<u>% de MO</u>
1-	1.63 B
2-	5.08 A
3-	4.07 A
4-	5.34 A
5-	5.34 A
6-	7.73 A
7-	6.14 A
8-	7.99 A
9-	5.08 A
10-	6.40 A
11-	5.61 A
12-	3.49 M
13-	2.43 M
14-	1.90 B
15-	1.63 B
16-	2.16 M
17-	1.90 B
18-	3.22 M
19-	1.63 B
20-	1.92 B

C) Métodos.

## Principio Instrumental de Absorción Atómica.

Resumen.

La técnica de Absorción atómica se basa en el hecho de que los átomos de un elemento pueden absorber radiaciones a longitudes de onda características y diferentes para cada elemento. Con el objeto de que los átomos estén en condiciones de absorber las radiaciones, es indispensable que estén liberados de sus enlaces químicos y en su mínimo estado de energía; esta condición, en general, se puede alcanzar mediante vaporización de la muestra en una llama.

En la Absorción Atómica se necesita una fuente de radiación que emita las líneas espectrales del elemento a analizar. Esto se logra mediante lámparas cuyo cátodo se fabrica del mismo elemento. La radiación emitida por esta lámpara se hace pasar por una llama en la cual se ha vaporizado la muestra; esta radiación absorbe una determinada línea espectral (llamada línea de resonancia) cuya intensidad disminuye en forma proporcional a la con-

centración del elemento, mientras otras líneas no son -- afectadas. Las líneas no absorbentes se renuevan mediante un monocromador que selecciona una banda de longitud de onda en la zona de la línea espectral de resonancia.

Las determinaciones analíticas se efectuaron -- por la técnica de espectrofotometría por Absorción Atómica, (6), cuya ventaja principal es que no existe interferencias espectrales y muy pocas interferencias químicas -- por lo que se le dió preferencia. Además, es un método -- exacto y muy confiable. Se utiliza con gran amplitud en química agrícola y en las ramas que se necesite la determinación de elementos metálicos.

#### D) Tratamiento de las muestras.

##### Zinc disponible.

Se determinó por el método descrito en el manual de Absorción Atómica.

##### Zn Total.

Se determinó por el método de Frank G. Viets, Jr. y Louis C. Boawn. 78-2, 78-2.1, 70-2, 70-2.2, --- 70-2.3, (1):

## CUADRO No. 7.

Contenido de Zinc Total en PPM.

<u>Muestra</u>	<u>Zn Total</u>
1-	91.3
2-	93.5
3-	191.0
4-	68.5
5-	67.5
6-	82.7
7-	124.5
8-	100
9-	118
10-	75
11-	187.8
12-	67.5
13-	73.5
14-	68.5
15-	68.3
16-	63
17-	62.5
18-	108
19-	89.3
20-	77.5

## CUADRO No. 8.

Contenido de Zinc Disponible en PPM.

<u>Muestra</u>	<u>Zn Disp. ppm</u>
1-	4.75
2-	5.35
3-	71.3
4-	1.31
5-	14.35
6-	8.5
7-	22.1
8-	20.6
9-	3.06
10-	4.3
11-	6.3
12-	4.63
13-	2.00
14-	3.83
15-	4.02
16-	7.75
17-	2.00
18-	41.35
19-	6.4
20-	5.5

CUADRO No. 9.Relación de pH y % Zn disponible con relación al Zn. Total.

<u>Muestra</u>	<u>pH (H<sub>2</sub>O)</u>	<u>% Zn disponi.</u>
1-	6	5.2
2-	6.2	5.7
3-	6.1	32.6
4-	5.9	1.93
5-	5.4	21.2
6-	5.2	10.2
7-	5.5	17.7
8-	6.2	20.6
9-	6.3	2.6
10-	6.3	5.73
11-	6.1	3.3
12-	6.	6.9
13-	5.8	2.7
14-	6	5.7
15-	5.7	5.9
16-	5.8	12.3
17-	5.5	3.2
18-	6.8	39.3
19-	5.7	7.2
20-	6.2	7.1



## CUADRO No. 10.

Relación de P Disponible y Zn Disponible en PPM.

<u>Muestra</u>	<u>P disp. en ppm.</u>	<u>% Zn disp.</u>
1-	48.8 A	5.2
2-	8.4 B	5.7
3-	72.4 A	32.6
4-	3.0 B	1.93
5-	28.8 A	21.2
6-	77.2 A	10.2
7-	100 A	17.7
8-	82.6 A	20.6
9-	27 A	2.6
10-	4 B	5.73
11-	32.4 A	3.3
12-	33.4 A	6.9
13-	58 A	2.7
14-	70.2 A	5.7
15-	100 A	5.9
16-	88.6 A	12.3
17-	31.6 A	3.2
18-	100 A	39.3
19-	18.2 B	7.2
20-	35.4 A	7.1

## CUADRO No. 11.

Relación Materia Orgánica Zn Disponible.

<u>Muestra</u>	<u>% M.O</u>	<u>% Zn</u>
1-	1.63 B	5.2
2-	5.08 A	5.7
3-	4.07 A	32.6
4-	5.34 A	1.93
5-	5.34 A	21.2
6-	7.73 A	10.2
7-	6.14 A	17.7
8-	7.99 A	20.6
9-	5.08 A	2.6
10-	6.4 A	5.73
11-	5.61 A	3.3
12-	3.49 M	6.9
13-	2.43 M	2.7
14-	1.9 B	5.7
15-	1.63 B	5.9
16	2.16 M	12.3
17-	1.9 B	3.2
18-	3.22 M	39.3
19-	1.63 B	7.2
20-	1.93 B	7.1

Conclusiones sobre los Cuadros Nos. 9, 10 y 11.

1- pH - Zn disp.

El pH determinado en solución acuosa de las -- muestras de suelo están en un rango apropiado-- para una buena disponibilidad del ZN.

2- Fósforo disponible - Zn disp.

La influencia de los fosfatos constituye un tó-- pico sobre el cual se ha escrito bastante. --- Boanw y colaboradores indicaron que la aplica-- ción de fosfatos no tuvo ningún efecto sobre -- la absorción de plantas de frijol.

Ellos tampoco encontraron relación entre la de-- ficiencia de Zn y los niveles de fósforo extra-- ible en suelos. Existen también numerosos in-- formes contradictorios que afirman la existen-- cia de una correlación negativa entre la con-- centración de Zn y el P.

3- Materia Orgánica - Zn disp.

En general no se puede todavía llegar a conclu

siones definitivas sobre el papel que juega -  
la materia orgánica, ya que su adición presenta  
ta, tanto la introducción de P como una alte-  
ración de las condiciones biológicas, facto-  
res ambos que afectan la nutrición de las ---  
plantas.

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

- a) Cuando la concentración de materia orgánica oscila entre 1 al 3 %, la concentración Zn es de 1 a 2 ppm.
- b) Cuando el pH es de 5 a 6, la concentración Zn oscila entre 5 y 6 ppm.
- c) Cuando la materia orgánica tiene una concentración -- arriba del 5 % de P, tiene una concentración entre 6- y 8 ppm. Eventualmente podría esperarse que si la -- concentración de materia orgánica sube el P aumenta -- pero no en una relación directa.
- d) Cuando el P aumenta el Zn disminuye y el pH probablemente pasa de ácido a neutro.
- e) Relacionando la granulometría de los suelos, la concentración de Zn disponible no está en función directa de las partículas coloidales (arcillas) pero si está en función directa de los limos, esto demuestra -- que la asimilación del Zn por las plantas es por medio de la solución de suelos, la cual activa el Zn -- presenta en los limos y esto probablemente es conse--

cuencia de la acidez del suelo.

- f) Tentativamente puede decirse, que en los suelos analizados de origen volcánico, la presencia de Zn es más abundante en aquellos suelos cuya concentración de limo más arcilla es mayor del 60 %.

Puede decirse tentativamente que aquellas plantas en las que el Zn constituya un elemento para su desarrollo nutritivo y se deseen cultivar en las zonas de los suelos analizados deberá de disminuirse la acidez de los suelos pero nunca abajo de un pH5.

Suelos en pendientes pronunciadas deben ser tratados contra la erosión para mantener un ambiente favorable para la concentración de Zn, no subestimando la posibilidad de crear o usar compuestos químicos, que eventualmente podrían necesitar Zn. El autor sugiere que es preferible mejorar la condición del suelo que usar en este tipo de suelo fórmulas químicas que suministren Zn, ya que existe un peligro de crear una actividad química que eventualmente podría ser dañina.

- g) Cuando la M.O. tiene un % ente 5 y 6 % la concentración de Zinc es de 4 a 5 ppm.

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

1. BLACK C., A. ED. "Methodo of Soil Analysis". Part 2  
Chemical and Microbiological Properties,  
Madison, Wisconsin. U.S.A. American So-  
ciety of Agronomy 1965, Serie 9 p. 10 -  
20 y 10 - 90.
2. CLARBE, A. L. and GRAHAM, E. R. "Zn difusión and -  
distribution Coeficcient in Soil as --  
Affected by Soil Texture. Zn concentra-  
tion and pH. Soil Sience 105-6-68 p. --  
409-418.
3. CHAPMAN D., Homer, "Diagnostic Criteria for plants-  
and Soils Division of Agricultural Sciences  
". Cap. 33, p. 484-499.
4. IGUE K. y BORNEMISZU. "El Problema del Zn en Suelos  
y Plantas de Regiones Tropicales y de -  
Zonas Templadas". "Fitotecnica Latinoamericana" Vol. 4 N° 1. Enero-Junio 1967.-  
p. 29-41.

5. KRUGLOVA, YE. K. "Zinc and its forms in Virgin and Old Irrigated Soils of Golodnays Steppes and in cotton plants". Soviet Soil Science № 7 July. 1964 p. 718-721.
6. KAHN, Herbert. "Instrumentación para Espectrofotometría por Absorción Atómica".
7. NAVROT, J. and RAVIKOVITCH S. "Zinc Availability in Calcareous Soil. Soil Science 105-3-68. p. 184-189.
8. OCHOSE, J. J. "Cultivo y Mejoramiento de plantas Tropicales y Subtropicales.
9. THOMPSON, L. M. "Soils and Fertility". 2 edition New York, McCraw-Hill 1957.
10. THORNE, W. "Zinc deficiency and its Control" 9:31-65, 1957.
11. TISDALE, Samuel L., NELSON, W. L. "Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes".
12. TINKNELL, R. C. "Estudio de los Suelos Venezolanos con fines de diagnóstico" Fundación Shell 1961. p. 28-68.