

20
20
19

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ZARAGOZA"

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



EVALUACION DE LOS EFECTOS PROVOCADOS
POR LOS METALES PESADOS (CADMIO Y ZINC)
EN LOS GENEROS *Fraxinus sp.* (Fresno) Y *Eucalyptus sp.*
(Eucalipto); ASI COMO, EN LAS PROPIEDADES DEL
SUELO, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO
DURANTE EL PERIODO NOVIEMBRE 1985
A OCTUBRE 1986

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A N I

SANCHEZ RAMIREZ ALEJANDRA

MONDRAGON MARTINEZ LUIS

MORALES SOTELO ROSALINDA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE.

	Pág.
RESUMEN	5
INTRODUCCION	7
REVISION BIBLIOGRAFICA.....	11
ANTECEDENTES.....	18
DESCRIPCION DE LAS CONDICIONES INICIALES DEL - SUELO	24
HIPOTESIS	28
OBJETIVOS	29
METODOLOGIA	30
RESULTADOS	34
CONCLUSIONES.....	100
BIBLIOGRAFIA	103

SUBINDICE.

- Anexo I Tablas de clasificación tentativa para parámetros Físicos y Químicos.
- Anexo II Generalidades del Género Eucalyptus sp.
- Anexo III Generalidades del Género Fraxinus sp.
- Anexo IV Método para la extracción de los Metales (Cadmio y Zinc).
- Anexo V Fórmulas para Cálculos Teóricos.
- Tabla A Análisis Inicial de los parámetros Físicos y Químicos del Suelo, utilizados en los trabajos de contaminación por Cadmio y Zinc.
- Tabla B Valores promedio de las concentraciones determinadas por el Espectro de Absorción Atómica del Suelo y partes vegetales con aplicación de Cadmio.
- Tabla C Valores promedio de los parámetros Físicos y Químicos para el Suelo con aplicación de Cadmio.
- Tabla D Valores promedio de las concentraciones determinadas por el Espectro de Absorción Atómica del Suelo y partes vegetales con aplicación de Zinc.
- Tabla E Valores promedio de los parámetros Físicos y Químicos para el Suelo con aplicación de Zinc.
- Fotografías de los efectos ocasionados por Cadmio en Eucalyptus sp. y Fraxinus sp.
- Fotografías de los efectos ocasionados por Zinc en Eucalyptus sp. y Fraxinus sp.

Esquema (a) Raíz de Eucalyptus sp.

Esquema (b) Raíz de Fraxinus sp.

Figura 1 Relación de las concentraciones promedio de Cadmio en suelo, raíz, tallo y hoja de Eucalyptus sp. y Fraxinus sp.

Figura 2 Concentración promedio de Cadmio en suelo y tejidos vegetales de Eucalyptus sp.

Figura 3 Concentración promedio de Cadmio en suelo y tejidos vegetales en Fraxinus sp.

Influencia del Cadmio en los parámetros físicos y químicos del suelo de Eucalyptus sp. y Fraxinus sp.

Figura 4 Materia Orgánica y Nitrógeno.

Figura 5 Fósforo y Materia Orgánica.

Figura 6 Capacidad de Intercambio Catiónico Total y pH.

Figura 7 Bicarbonatos y Cloruros.

Figura 8 Calcio y Magnesio.

Figura 9 Sodio y Potasio.

Figura 10 Relación de las concentraciones promedio del Zinc en suelo, raíz, tallo y hoja de Eucalyptus sp. y Fraxinus sp.

Figura 11 Concentración promedio de Zinc en suelo y tejidos vegetales de Eucalyptus sp.

Figura 12 Concentración promedio de Zinc en suelo y tejidos vegetales de Fraxinus sp.

Influencia del Zinc en los parámetros físicos y químicos del suelo de -
Eucalyptus sp. y Fraxinus sp.

Figura 13 Materia Orgánica y Nitrógeno.

Figura 14 Capacidad de Intercambio Catiónico Total y pH.

Figura 15 Fósforo y Materia Orgánica.

Figura 16 Bicarbonatos y Cloruros.

Figura 17 Calcio y Magnesio.

Figura 18 Sodio y Potasio.

RESUMEN.

En el presente trabajo se evaluaron los efectos provocados - Cadmio y Zinc, a nivel fisiológico y el grado de acumulación en suelo y en los diferentes tejidos vegetales, raíz, tallo y hoja en plantas jóvenes del género de Eucalyptus sp. y Fraxinus sp., así como los efectos - sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

Se utilizaron 50 plantas de cada género manejadas bajo condiciones de invernadero y distribuidas por el diseño en bloques completamente aleatorizados. Se aplicó cloruro de cadmio en 6 ocasiones en concentraciones de 50, 75, 100 y 150 ppm. de cadmio y de cloruro de zinc - en 4 concentraciones de 100, 200, 400 y 600 ppm. de zinc, dejando un - lapso entre cada aplicación de 20 días. Para la determinación de parámetros físicos y químicos y el grado de acumulación del metal se tomaron aleatoriamente 3 ejemplares de cada tratamiento.

Los efectos ocasionados por cadmio en Eucalyptus sp. y Fraxinus sp. es a nivel de hojas, siendo más evidente el marchitamiento, clorosis, ondulamiento, moteado amarillento y deformación en las nervaduras y bordes. En general las concentraciones determinadas son - menores a las aplicadas, acumulándose la mayor cantidad en el suelo y - en el tejido de la raíz, disminuyendo conforme se transloca. El género de Fraxinus sp. acumuló la mayor cantidad del metal. Los parámetros - afectados son: Materia Orgánica (M.O.), Nitrógeno (N), Potencial de Hidrógeno (pH), Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Cloruros (Cl) y Bicarbonatos (HCO_3^-); en menor grado, Retención de Humedad (R.H.), Capa-

cidad de Intercambio Catiónico Total (C.I.C.T.), Potasio (K) y los no -
afectados: Color, Textura y Sodio (Na).

Los efectos observados con la aplicación de Zinc en -
Eucalyptus sp. y Fraxinus sp. son: Clorosis, decoloración de yemas ter-
minales, marchitamiento y necrosis total solo en las plantas con trata-
miento de 400 y 600 ppm. de ambos géneros. Las concentraciones determi-
nadas tanto en suelo y tejidos son inferiores a las aplicadas siendo el
tratamiento de 200 ppm. de zinc donde se presentó la mayor acumulación.
En tejidos, la raíz es donde se acumuló más zinc y disminuye conforme -
es translocado. Los parámetros afectados son M.O., pH, C.I.C.T., Ca, -
Mg, K, P, Na, y Cl; en menor grado, color, H, HCO_3^- y donde no se detec-
tó efecto es en textura.

Se realizó el análisis estadístico discriminatorio de Fisher,
modificado por Wilks, seguido de la prueba de rangos múltiples con el -
criterio de mínima diferencia significativa al 1% de "Tukey", encontrand
do que para los tratamientos con cadmio en Eucalyptus sp. los paráme-
tros que presentan diferencia significativa son: C.I.C.T., N, Na, y en la
acumulación del metal, el suelo, tallo y hoja, en Fraxinus sp., hay -
significancia en C.I.C.T., N, y en la acumulación del metal solo el sue-
lo.

En los resultados con aplicación de Zn para Eucalyptus sp. se
da la diferencia significativa en Ca, K, Na, P, Tallo y hoja; en -
Fraxinus sp. hay significancia en pH, Ca, Mg y Na, no existiendo dife-
rencia significativa en la acumulación del zinc en suelo y tejidos.

INTRODUCCION.

La mayoría de las actividades humanas, producen inevitablemente más sustancias y energía en el ambiente, como una consecuencia de la extracción y utilización de los recursos renovables y no renovables, - causando contaminación y con ello el deterioro ambiental, hecho que continúa aún cuando es peligroso para la salud y bienestar del hombre de - manera directa o indirecta. La crisis ambiental ha llegado a todos los rincones del planeta y México no es la excepción, ya que se manifiesta en el suelo, agua y aire; problemática que el hombre debe considerar - para buscarles solución a muy corto plazo, si no quiere llegar al - umbral de su autodestrucción.

Recientemente, los metales pesados han sido identificados - como un nuevo, o tal vez como uno de los más peligrosos contaminantes - del ambiente; todos los estudios relacionados con la presencia y efectos de estos sobre la vida, son de suma importancia en la preservación del equilibrio ecológico, y así como en la protección de la salud del - hombre, es hasta hace diez años, que la reciente preocupación en países industriales ha originado estudios sobre la relación que guardan los - elementos traza como: Cobre (Cu), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn), Niquel - (Ni), Vanadio (V), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Iodo (I), Selenio (Se), - etc., con el grado de pureza del ambiente, muchos de estos elementos - son metales pesados como: Plomo (Pb), Manganeseo (Mn), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), etc., los cuales pueden afectar las funciones de cualquier ser vivo.

La mayoría de los metales pesados se encuentran dentro de la clasificación de elementos no esenciales, su nivel de toxicidad va a depender de la cantidad y de su capacidad para reemplazar a los elementos esenciales en todo proceso metabólico de los seres vivos; esto es conocido como "antagonismo biológico", en donde, la competencia o la sustitución del elemento o de moléculas que presentan radios iónicos similares, es un mecanismo que determina el desplazamiento en los complejos biomoleculares.

Los elementos traza, llegan a introducirse en el organismo humano por diferentes vías; una de ellas es: suelo-planta-animal-hombre; otra es: roca-productos industriales-agua-hombre, o la de desechos industriales-aire-hombre, estas vías originan que los elementos traza se encuentren en cantidades variables en el cuerpo humano.

En vegetales, los metales pesados al igual que todos los elementos absorbidos por la raíz pueden entrar en la cadena alimenticia, esto depende del grado de absorción y translocación del metal desde la raíz hasta el sistema caulinar de las plantas, por ejemplo, en plantas herbáceas se aprecia la translocación y se reportó que la concentración del metal en el sistema caulinar se incrementa al ascender los niveles del elemento en el suelo; debe aclararse que existe una absorción relativa por las plantas para cada metal, la cual depende de las propiedades del suelo, principalmente del pH, de la concentración de los fosfatos, carbonatos, cloruros, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica y la presencia de iones competitivos (Ernest, 1979).

Los efectos producidos por los metales pesados se manifiestan en cada uno de los tejidos de la planta, pero los que muestran claramente los daños inducidos por los contaminantes son las hojas. La sintomatología producida por estos agentes es extremadamente variable e incluye básicamente: clorosis, pigmentaciones, necrosis y alteraciones del desarrollo, estos hechos dependen del tipo de exposición que reciba la planta; presentándose en forma aguda con exposición breve de concentraciones altas y crónica con una exposición prolongada a dosis bajas. Este fenómeno ha sido evaluado en plantas, sobre todo en aquellas que se encuentran a orillas de las minas, las cuales desarrollan dos tipos de resistencia para algunos de los metales pesados: (1) por anulación: las plantas reducen la entrada de iones metálicos y las tasas de absorción se reducen por la presencia de calcio y fósforo, y por (2) tolerancia: las plantas por medio de mecanismos de remoción de iones metálicos a través del metabolismo y el cambio de estructuras enzimáticas, retienen hasta en un 90% a los metales pesados, tal es el caso de la pared celular (Ernest, idem.).

Muchos son los metales pesados que comúnmente, de alguna u otra manera, contribuyen al deterioro ambiental y también muchas son las formas de vida que se ven afectadas por la presencia de estos contaminantes. Teniendo en mente lo anterior y dada la importancia que reviste al realizar trabajos que se enfoquen a este tipo de problemática y con el fin de inferir posibles soluciones que aminoren o eliminen los efectos nocivos de los diferentes contaminantes se realizó esta experiencia como tentativa para visualizar los efectos de los metales y la

cuantificación de zinc y cadmio en los géneros vegetales de Fraxinus sp. y Eucalyptus sp. estas son plantas arbóreas susceptibles a ser utilizadas en la forestación y reforestación de lugares impactados por los desperdicios urbanos y suburbanos, y este trabajo es parte de una secuencia de estudios pertenecientes al proyecto global establecido en el área de contaminación de Biología de la E.N.E.P. *ZARAGOZA*.

REVISION BIBLIOGRAFICA.

Así como algunas variables del suelo pueden influir en los efectos tóxicos de los metales traza en plantas, entre ellos se encuentra el contenido de materia orgánica, el tipo y la cantidad de arcilla y el pH del suelo (Chang and Broadbent, 1982), a su vez los metales traza influyen sobre la absorción y asimilación de algunos nutrimentos de los suelos como: nitrógeno, fósforo, calcio, materia orgánica, magnesio, sodio y potasio, en algunas ocasiones los metales pesados introducidos como sales minerales no exhiben el mismo comportamiento que los metales pesados aportados por los desechos industriales (Valdares, et. al., 1973); el problema de esto es que las plantas absorben no solo a los nutrimentos, sino también a los no esenciales (metales potencialmente tóxicos), y la variación en la absorción del metal va a depender del tipo de cosecha, de su tolerancia y de la madurez fisiológica (Wong, et. al., 1984).

Uno de los metales pesados menos estudiados y que sin embargo puede ser peligroso, es el cadmio, ahora reconocido como un contaminante ambiental; el cual biológicamente no es esencial, ni benéfico (Rivero, 1983). El cadmio es un metal usado en la industria alimenticia, textil, química, electroplástica, del petróleo y termometálica, etc. y por ende es un contaminante que va incrementando su acumulación en los seres vivos. En la agricultura se encuentra en los fertilizantes fosfatados y en plaguicidas, los cuales pueden formar compuestos insolubles con carbonatos ($CdCO_3$) y fosfatos ($Cd(PO_4)_2$), quedando fijados en el suelo, también puede combinarse sinérgicamente con otras sustancias tó-

xicas por lo que se considera especialmente peligroso (Herbert, 1971).- En la solución del suelo se da la competencia con iones divalentes tales como Ca^{++} y Mg^{++} , por los sitios de intercambio de las arcillas (Na^+ --montmorillonita), también se presenta un desplazamiento total del cadmio en el complejo húmico-arcilloso, por la presencia de iones trivalentes como Al^{+++} (Bingham, et. al., 1979, 1986). En los sitios de intercambio de la raíz existe además cierta competencia en donde el cadmio puede reemplazar a los iones Ca^{++} , Mn^{++} y Zn^{++} (Castañeda R. et. al., 1979).

Las concentraciones de cadmio en la solución del suelo se correlacionan frecuentemente con la materia orgánica; estadísticamente se ha encontrado que la influencia de esta sobre la adsorción de cadmio en los coloides, es debido solamente al intervalo que presenta la capacidad de intercambio catiónico total, más que la unión específica del metal; se tiene también que la capacidad de intercambio catiónico de la materia orgánica como depende del pH, la relación que se da entre M.O./Cd será débil en suelos con pH altos. (Baes y Mesmer, 1976), se menciona además, que el efecto de pH altos sobre la disponibilidad del cadmio es debida a la presencia de Ca^{++} en suelos encañados (Mahler, et. al., 1980, 1982).

La adsorción de cadmio, por la montmorillonita de suelos salinos, dominados por cloro, es fuertemente afectada por la alta fuerza iónica de este ion, formando CdCl^+ , CdCl_2 ; estas especies parecen ser adsorbidas con menor fuerza que el Cd^{++} en la arcilla, permaneciendo así los complejos clorados en la solución del suelo (Bingham, et. al.,

1983, 1984).

Los suelos arenosos con baja capacidad de intercambio catióni-
co total y baja cantidad de materia orgánica, no reduce la absorción
del cadmio, excepto cuando son encalados; este último proceso ha de-
mostrado reducir los efectos de cadmio en la mayoría de los casos, -
precipitando al cadmio en forma de carbonatos, salvo en algunas -
excepciones, en las cuales, el encalado no parece tener efecto algu-
no sobre el cadmio (Bingham, et. al., 1976).

La aplicación de $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ incrementa el cadmio de los suelos-
sin encalar de 8 a 288 mg/cm^3 y en suelos encalados de 33 a 716 -
 mg/cm^3 (Bingham, et. al., 1986); pero por otro lado, la nitrifica -
ción, mineralización, movilización y toda transformación del nitróge-
no se ve influenciada por el cadmio, por el zinc y otros metales a -
400 ppm., demostrando ser más inhibitorio el cadmio que el zinc (Chang
and Broadbent, op. cit.), originando así, la reducción de la fertili-
dad del suelo, y la inhibición de la mineralización del fósforo -
(Kelly, et. al., 1979).

La adición de sulfatos en presencia de Cd^{++} , originan la for-
mación de CdSO_4 , afectando a las formas Cd^{++} y CdCl^- disminuyéndo -
las, mientras los sulfatos de cadmio aumentan en la solución del sue-
lo de 5% hasta un 46%, la actividad de cadmio a Cd^{++} disminuye cuan-
do el tratamiento de SO_4^- se incrementa; aún con esto, el dominio de
complejos de cadmio con cloro que con sulfatos, son mayores, debido-
a que estos últimos forman un enlace débil (Bingham, et. al., 1986).

En las plantas la absorción de cadmio, se correlaciona con - otros elementos con los cuales compite, como son: Cr, Cu, Mg, Ca; - afectando a las plantas seriamente en el caso de prevalecer el cad - mio, ya que las funciones de estos elementos son de activación de - sistemas enzimáticos (Webler and Breauchamp, 1979). A pesar de que - algunos investigadores consideran al cadmio inmóvil, se ha encontra - do, es más móvil que otros metales pesados como el plomo (Wong, et. - al., 1984).

El contenido de cadmio que se considera tóxico en las plantas es mayor de 0.003 ppm; en suelos agrícolas se encontró un rango en - tre 0.1 y 4.7 ppm. y en áreas industriales el suelo acumuló aproxima - damente 100 ppm a 1 Km a la redonda (Castañeda R. et. al., 1979).

En términos generales los efectos del cadmio en plantas, pue - den ser: reducción de la tasa fotosintética, déficit en el contenido interno de agua debido a una conductividad pobre en tallos; reduc - ción en altura de estos mismos y de su biomasa, principalmente en - raíces con un consecuente incremento en la concentración de cadmio - en raíz y tallo (Kelly, op. cit.).

Con respecto al zinc, a diferencia del cadmio, éste es un mi - cronutriente para las plantas, el cual pertenece a los 16 elementos esenciales para el crecimiento de las mismas; en muchas plantas el - rango de concentración normal es de 25 a 150 ppm. (Mortvedt, et. al. 1972). La función que desempeña es de activación enzimática como: - la síntesis de carbohidratos, reacciones de hidrogenación, síntesis-

de triptófano que es el precursor del ácido indolacético (hormona del crecimiento), y posible precursor de auxinas (Mascareño, 1975).- Las deficiencias en general se presentan a concentraciones menores de 150 ppm. de zinc, comunes en suelos de regiones áridas (Mascareño, op. cit.) y según Mortvedt (1972), menciona que las deficiencias se manifiestan en las hojas cuando la concentración es menor de 20 ppm. de zinc en materia seca. En general los síntomas de deficiencias de este elemento se manifiestan según la especie vegetal causando clorosis internerval y en otros, clorosis general, manifestándose preferentemente en frutales y hortalizas. Una de las características típicas de esta deficiencia, es la falta de desarrollo de hojas y tallos, lo que es llamado "hoja pequeña" y "hoja en roseta"; en manzano (Pirus malus l.), melocotones (Prunus pérsica) y en tomates (Physalis aequata jacc.) (Ortiz, 1977).

La distribución del zinc dentro de la planta está influenciada por el nivel de nitratos, fosfatos y del hierro. En ausencia de nitratos el zinc se encuentra en las raíces fijado a las proteínas, en exceso de fosfatos el zinc se precipita en los tejidos de conducción antes de llegar a las hojas y cuando hay suficiente hierro se contraresta el efecto de los fosfatos y el zinc se distribuye uniformemente dentro de la planta. La distribución depende también de la capacidad de absorción nutricional para cada una de las diferentes especies vegetales (Mascareño, idem. y Mortvedt, idem.).

El zinc es absorbido por la planta en forma catiónica Zn^{++} y tal vez en forma de radicales aniónicos sencillos. El contenido de-

zinc en el suelo comúnmente se presenta de 10 a 300 ppm. en total, - del cual una parte es intercambiable, otra es soluble y la mayoría - retenida en forma no fácilmente extraíble, que se considera fijada, - el contenido de zinc aprovechable en el suelo, fluctúa de 0.1 a 20 - ppm. (Mortvedt, et. al., 1972), es inverso al contenido de fósforo - aprovechable, debido a la formación de fosfatos insolubles de zinc, - originando deficiencias en las plantas (Ortiz, op. cit.).

Dado que el pH regula la asimilabilidad del zinc y que si - este se encuentra como $Zn(OH)_2$, su ionización en suelos de pH ácido - será a Zn^{++} y en pH alcalino a $HZnO_2^-$ $ZnO_2^{=}$, así para esta última - forma iónica ($ZnO_2^{=}$) no existe indicación de que pueda ser asimilada - por las plantas, por lo que el aprovechamiento de zinc se reduce a - pH altos, presentando deficiencias a pH mayor de 6. Este hecho se - explica, con el posible aumento del porcentaje de saturación de ba - ses en las arcillas por lo que hay mayor oportunidad de absorción de zinc, quedando finalmente en una forma difícilmente intercambiable u fijada, que consiste probablemente en una sustitución del magne - sio por el zinc dentro de los tetrahedros, conjetura que es aceptable ya que la fijación del zinc no reduce la capacidad de intercambio cati - nico. (Mascareño, op. cit.).

La materia orgánica del suelo tiende a reducir la cantidad de zinc aprovechable, aunque no en regla general, ni en forma tan inten - sa, pues se han reportado casos de toxicidad de zinc en suelos turbo - sos (alto contenido de materia orgánica) (Ortiz, op. cit.). Son ra - ras las toxicidades provocadas por el zinc en forma natural, aunque -

algunas veces han sido por fuertes aplicaciones de $ZnSO_4$ (Mascareño, op. cit.), observándose en hoja cuando el contenido en esta es de - 400 ppm. (Mortvedt, op. cit.).

La influencia del zinc en el suelo, puede ser el resultado de procesos químicos y sustitución de elementos primarios, existiendo - una compleja interrelación entre las concentraciones y compuestos - de zinc, por ejemplo, la disminución del oxígeno, pH, temperatura y - concentraciones de calcio y magnesio, entre otras (Herbert, op. - cit.).

ANTECEDENTES.

La influencia de estos metales, cadmio y zinc, es importante en vegetales, ya que son muy afines y se presentan en una relación de Cd/Zn de 1:100 a 1:12000 en minerales y suelos (Martínez, 1979), por lo que a partir de este conocimiento se han realizado varias investigaciones con el fin de determinar hasta que grado las diferentes plantas pueden soportar concentraciones considerables. Se tiene que la absorción de estos metales ha sido determinada en cebada (Hordeum vulgare L.), - agregando desechos urbanos y suburbanos a suelos durante 7 años y se - encontró un incremento en las concentraciones de cadmio y zinc, en el - caso de la paja se acumuló más zinc y cadmio que en el grano (Ulamis, - et. al., 1985).

Otro caso, es el de la acelga suiza (Beta vulgaris L.), al - probar dos tipos de lodos de aguas negras, uno pobre y otro rico en metales pesados, entre ellos cadmio y zinc, especialmente con alto contenido de cadmio; se determinó que al agregar porciones arriba del 4% del desecho rico a 3 tipos de suelo con variación en el pH de 7.7 a 5.5, se reduce drásticamente el rendimiento de la resistencia a la salinidad de la acelga suiza en suelos no calcáreos; la solubilidad del cadmio y - zinc en la solución del suelo y demás metales, se vió fuertemente afectada por el pH. La entrada de cadmio y zinc hacia la planta, fue significamente mayor en suelos ácidos que para los suelos calcáreos.

En maíz (Zea mays L.) y en acelga suiza (Beta vulgaris L.), -

se aplicó fertilizante de zinc ($ZnSO_4 \cdot H_2O$), hecho de productos industriales (llevando impurezas de cadmio y otros metales), para determinar si existe absorción significativa de cadmio (contenido de 1 a 2.65 mg/Kg de zinc) y otros metales. Se obtuvo un incremento del follaje del maíz con las aplicaciones de zinc sobre el suelo alcalino (pH 7.4), caso que no ocurre en un suelo ácido (pH 5.8) y los rendimientos en materia seca de acelga suiza no se afecta a uno u otro pH. Las concentraciones de zinc en tejido vegetal se incrementó con las aplicaciones, pero fue mayor al crecimiento en cosechas de suelos alcalinos, que en ácidos. En la planta, el cadmio generalmente se incrementó al aumentar los niveles de cadmio en los fertilizantes (Mortvedt, 1985).

Por otro lado al evaluar las interacciones de las plantas de frijol de soya (Glycine max) y cepas Rhizobium japonicum en presencia de 0.0, 2.2, 6.7, 10.1, y 20.2 μg de Cd/ml respectivamente; se obtuvo que el cadmio decrece la producción de materia seca de ápices, raíces y nódulos. Además, se observó un desequilibrio de los nutrimentos en presencia del cadmio y se sugiere que la toxicidad depende de las interacciones con los nutrientes. El mayor efecto se presenta en la nutrición del hierro y manganeso, y anteriormente se había reportado en zinc (Borges, 1981). El cadmio, forma complejos con el cloro y el sulfato; de tal forma que al incrementarse la salinidad en el suelo, se incrementa su aprovechabilidad.

En otro experimento al aplicar $Cd(NO_3)_2$ combinado con $CaCl_2$, a plantas de acelga suiza (Beta vulgaris l.) se encontró que el cadmio se distribuyó en forma de Cd^{++} y $CdCl^-$. Al aplicarlo con $CaCO_3$, se observó

una elevación del pH de 4.0 a 7.0 y una reducción en la concentración total del cadmio en los extractos de saturación. La salinidad por CaCl_2 - aumenta las concentraciones de cadmio sin tomar en cuenta el valor de pH del suelo. También se observó un incremento en el peso de los retoños - por la disminución del aluminio con CaCO_3 y aumenta el CdCl^- del Cd_T a - expensas de Cd^{++} por la adición de CaCl_2 (Bingham, et. al., 1984).

Un suelo poco encalado permite que la cantidad de cadmio aumente en los granos y en la paja, siempre y cuando se utilice un DAP (fertilizante fosfatado) con alto contenido de cadmio. Las concentraciones de Cu, Mn, Ni y Zn, tanto en el grano como en la paja no fueron afectadas - significativamente por el DAP, lo que implica que las concentraciones no son afectadas significativamente por los fertilizantes fosfatados - (Mortvedt, et. al. 1981).

Algunos efectos de las adiciones de cadmio a los retoños de - las plantas de tomate, maíz, lechuga y acelga que se observaron, fueron el rendimiento en el peso de los retoños (hojas jóvenes), ya que estos - se redujeron tanto en suelos ácidos como en suelos calcáreos a grandes - tasas de aplicación de cadmio, observándose la mayor concentración de - cadmio en suelos calcáreos, y además la cantidad del cadmio decrece cuando se incrementa el pH formando complejos con la materia orgánica; se - presentó también una disminución de zinc conforme se incrementa la tasa de aplicación de cadmio; un alto rendimiento se presentó en suelos ácidos por el alto contenido de otros elementos tales como el fósforo y el potasio y no por el incremento de concentración de cadmio (Malher, et. - al., 1982).

La adición de sales como NaCl_2 al suelo, incrementa la concentración de cadmio en la solución del suelo, e influye, a la formación de CdCl^- , afectando significativamente a las hojas de la acelga suiza (Beta vulgaris l.), (Bingham, et. al., 1983-1984). Lo anterior contrasta con lo reportado por el efecto de sulfatos sobre el cadmio, los cuales a pesar de contribuir en aumento el cadmio en la solución del suelo, no lo es en forma significativa, como tampoco lo es su efecto sobre las plántulas y hojas de acelga suiza (Bingham, et. al., 1986).

En plántulas de Brassica Chinensis (comestible) cultivadas en medio de hidropónico (pH 5.5), se aplicó solución de $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ (0.1, 1 y 10 $\mu\text{g Cd/ml}$); se evaluó la absorción del cadmio y los efectos sobre la distribución de zinc y plomo. Se encontró que la concentración de cadmio fue mayor en raíz y menor en tallos y hojas, la mayor absorción por las plantas se presentó en la concentración de 10 $\mu\text{g Cd/ml}$ y afecta al crecimiento, ya que está por arriba de la dosificación tóxica que las plantas pueden tolerar. En cuanto al zinc a concentraciones bajas de cadmio (0.1 ppm), este metal es más absorbido por las hojas de las plantas con tratamiento, que en las plantas testigo. A concentración de 1 y 10 $\mu\text{g Cd/ml}$ la absorción del zinc es más baja que el testigo; la misma tendencia se presenta en tallos y raíces aunque en menor grado (Wong, et. al., 1984).

Ahora bien, al determinar los efectos de zinc y cadmio en plantas vasculares y suelo de zonas aledañas (de 10 a 20 Km a la redonda) a industrias fundidoras se encontró por medio de las determinaciones con el espectro de absorción atómica, que en una fracción de la capa de sue-

lo de 2 mm, contiene 8% de zinc y 1500 ppm de cadmio, y los árboles contienen arriba de 4500 ppm de zinc y 70 ppm de cadmio en peso seco del follaje. Las concentraciones de 10 ppm de cadmio y 100 ppm de zinc fueron letales para las semillas de Quercus rubra y Acer rubrum, mientras Arenaria patula tolera 100 ppm de zinc, no mostrando efecto visible (Buchauer, 1971).

En muestras de suelo impactado por desechos urbanos, se realizaron análisis para la detección de cadmio, zinc y cromo utilizando el método de Ditizona II, las concentraciones determinadas están en el intervalo de 1.17 a 15 μ g Cd/g.; de 0.0051 a 0.0176 μ g Zn/g. y de 0.04 a 0.16 nm de absorbancia de cromo. Además, se determinaron parámetros químicos como: M.O. de 3.7 a 19.2 meq ox/g.; C.I.C.T. de 16.8 a 30.4 meq/100 g. y pH de 8.2 a 10.1 (Arteaga, et. al., 1984).

En plantas de Fraxinus sp. y Eucalyptus sp. en estado juvenil, se evaluaron a nivel fisiológico y en parámetros químicos del suelo los efectos de zinc como contaminante bajo condiciones de invernadero. Las concentraciones (100, 200, 400 y 600 ppm. de zinc) se aplicaron en 2 ocasiones en forma de ZnCl₂ manejando a la vez plantas control. Antes de la aplicación del contaminante, el análisis físico y químico del suelo presentó concentraciones de nutrimentos adecuados para el desarrollo vegetal, finalmente a las aplicaciones los parámetros afectados fueron: M.O., C.I.C.T., N., P., K., Ca y Mg; y a nivel fisiológico en ambos géneros son: marchitamiento, defoliación y necrosis total en concentraciones de 400 y 600 ppm. (Cortés, L.B. et. al., 1985).

Otro estudio bajo condiciones de invernadero, se aplicó en 4 -
ocasiones a plantas de Fraxinus sp. y Eucalyptus sp. las concentracio -
nes de 50, 75, 100 y 150 ppm. de cadmio en forma de $CdCl_2$, manejando -
plantas control. Los análisis físicos y químicos del suelo previos a la
aplicación del metal mostraron condiciones adecuadas para las plantas, -
finalmente las alteraciones producidas por la presencia de cadmio a ni -
vel vegetal, se manifestaron de manera general en ambos géneros como: -
ondulaciones en las hojas, marchitamiento de retoños y hojas, clorosis, -
moteados amarillentos y fácil defoliación; los parámetros del suelo no -
sufrieron grandes alteraciones (Arzate, T. et. al., 1985).

DESCRIPCION DE LAS CONDICIONES INICIALES DEL SUELO UTILIZANDO EN LOS -
TRABAJOS DE CONTAMINACION POR METALES PESADOS CADMIO Y ZINC (Arzate, et.
al., 1985 y Cortés, et. al., 1985).

Para tener referencia de las condiciones iniciales de los 2 lo-
tes de suelo, se realizaron análisis físicos y químicos previos a la -
aplicación del contaminante metálico ($CdCl_2$ y $ZnCl_2$). estos incluyen pa-
rámetros como: color, densidad aparente, textura, retención de humedad, -
capacidad de intercambio catiónico total (C.I.C.T.), materia orgánica, -
nitrógeno, fósforo, pH, calcio, magnesio, carbonatos, bicarbonatos, so-
dio, potasio, cloruros, cuyos resultados se presentan en la tabla A. -
Cabe aclarar que algunos de los resultados de ambos lotes del suelo, -
tienen similitud en su valor por lo que la discusión se realizó de mane-
ra conjunta y solo en el caso donde la variación fue marcada se discutió
de manera particular.

El análisis inicia con el color del suelo, obteniendo en seco-
grisáceo muy oscuro y en húmedo negro lo que implica una gran existen-
cia en humus, reflejando de esta forma que era propicio para el creci-
miento vegetal; conjetura que se ve reforzada al valorar la gran canti-
dad de materia orgánica; nitrógeno, fósforo determinados para ambos ti-
pos de suelo, de acuerdo con lo reportado por Moreno (1970), ya que se -
encuentran en el intervalo de extremadamente rico (Anexo I).

Al realizar el análisis de textura, indicó que se trató de sue-
los francos, de tal forma que la composición en cuanto arcilla, limo y -
arena permitieron una retención de humedad adecuada, lo que se comprobó-

al realizar su determinación, cuya relación es aproximadamente 1:1 suelo /agua. Por otra parte, el valor de la densidad aparente para ambos suelos se consideran bajos, debido a que el suelo fue recién mezclado y existe mayor porosidad, aunque lo reportado por Ortiz (1984) para un suelo franco es 1.6 a 1.9 g/ml., donde los componentes del suelo se compactan al existir la precipitación y la evaporación del agua de riego. En cuanto a los valores de C.I.C.T., 83.25 meq/100g para el suelo destinado a la aplicación de cadmio y 42.25 meq/100 g. para zinc, resultan elevados al compararlos con el teórico 30 a 32 meq/100 g. (Chavira, et. al., 1980), hechos que pudo deberse al mal manejo de la técnica más que al alto contenido de materia orgánica y al % de arcilla que es de 20 a 25% aproximadamente.

Los valores de pH determinados, en general están en intervalo de ligeramente ácido en ambos suelos (Anexo I), originando así un medio adecuado en donde la mayoría de los nutrientes y micronutrientes son absorbidos por las plantas (Tamhane, et. al., 1979). Por otro lado no se detectó la presencia de carbonatos, pero si una ligera cantidad de bicarbonatos en ambos lotes de suelo, hecho que concuerda con el pH mencionado, razón a favor, ya que de existir lo contrario modificaría este parámetro y por ende ocasionaría problemas en la asimilación de nutrientes así como, la precipitación de cationes como el calcio y magnesio (Chavira, idem.); sobre todo por que se encuentran en gran cantidad.

De acuerdo a los valores de potasio determinados en ambos lotes de suelo, se clasifican según el anexo I como pobres (tabla A). En México, pese a la variedad funcional que presenta este elemento, la

mayor parte de los suelos son ricos. Al respecto, se toma en cuenta que el sodio aunque no llena los requisitos para ser considerado como elemento esencial para las plantas; debe hacerse notar que muestra un efecto benéfico a algunos cultivos, especialmente cuando el potasio se encuentra en dosis inferiores a la óptima (Chavira, idem.).

Para las cantidades determinadas de sodio, solo se interpretó el comportamiento en base a la conductividad eléctrica que fue menor de 2 mmhos/cm. y el valor de pH que va de ligeramente ácido a ligeramente alcalino (tabla A y Anexo I), lo que implica que el suelo utilizado es normal (suelo no salino, prosperan todos los cultivos). (Allison, et. al., 1982).

El cloro es un micronutriente del cual poco se sabe a ciencia cierta, no se ha encontrado bibliográficamente una tabla de intervalos de concentración tolerables para las plantas, en que basarse para determinar el grado en que se encuentra la concentración de este elemento en los suelos, pero se sabe que su aporte es la materia orgánica, lo cual implica que al estar esta última en gran porcentaje en ambos suelos es de esperar que el cloro no se presente en forma limitante, ni en exceso que causaría el chamuscamiento de las hojas (Ortiz, et. al., 1975).

Tomando como base el análisis anterior de los parámetros físicos y químicos, se llegó a la conclusión de que estas condiciones en conjunto son adecuadas para mantener a los géneros vegetales, tales como: Eucalyptus sp. y Fraxinus sp., y por ello no se realizó alguna fertilización.

TABLA A

ANÁLISIS INICIAL DE LOS PARAMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL SUELO UTILIZADO EN LOS TRABAJOS DE CONTAMINACIÓN POR CADMIO Y ZINC. (ARZATE, et al., 1985 Y CORTES, et al., 1985)

PARAMETROS	CADMIO	ZINC
COLOR	SECO 10 YR 3/2 café grisáceo muy oscuro HUMEDO 10 YR 2/1 negro	
TEXTURA	FRANCO	FRANCO
DENSIDAD APARENTE g/cc	0.86	0.78
RETENCION DE HUMEDAD % (100g)	127.50	223.70
MATERIA ORGANICA %	10.40	12.16
NITROGENO %	0.86	0.28
C.I.C.T. meq/100g	83.25	42.25
FOSFORO TOTAL ppm	10.62	8.40
PH H ₂ O 1:2.5	6.40	6.20
KCL 1:2.5	5.50	5.30
CALCIO meq/100g	5.57	1.25
MAGNESIO meq/100g	11.86	1.78
CLORO meq/100g	6.45	0.53
CARBONATOS meq/100g	AUSENCIA	AUSENCIA
BICARBONATOS meq/100g	0.31	2.31
SODIO meq/100g	99.20	68.25
POTASIO meq/100g	41.10	43.96
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA mmho/cm	0.273	1.53×10^{-6}

HIPOTESIS.

Si los metales pesados cadmio y zinc son considerados como tóxicos, entonces a diferentes concentraciones, manifestarán en los vegetales alteraciones a nivel fisiológico, así como, también modificará las propiedades físicas y químicas del suelo.

OBJETIVOS.

Objetivo General.

Evaluar los efectos causados por diferentes concentraciones de cadmio y zinc a nivel fisiológico en Fraxinus sp. (fresno) y Eucalyptus sp. (eucalipto) susceptibles de introducir en las zonas impactadas por desechos urbanos, así como, el grado de acumulación del metal en suelo, raíz, tallo y hojas, y el efecto que tienen sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos en condiciones de invernadero.

Objetivos Específicos.

- . Determinar las propiedades físicas y químicas del suelo al final del experimento.
- . Determinar las concentraciones de cadmio y zinc en el suelo y en los tejidos vegetales (raíz, tallo y hoja), por el método de absorción atómica, por la técnica de flama.
- . Detectar el efecto (síntomas de deficiencia, crecimiento, variaciones fisiológicas de la hoja, etc.), que tiene el cadmio y el zinc en el desarrollo de fresno y eucalipto.
- . Evaluar los efectos producidos por el cadmio y zinc en las propiedades físicas y químicas del suelo al término del experimento.

METODOLOGIA.

Para el experimento, se utilizaron 50 plantas en estado juvenil de cada género (Eucalyptus sp. y Fraxinus sp.) que se manejaron bajo condiciones de invernadero y fueron distribuidas por el diseño de bloques - completamente aleatorizado, quedando de la siguiente forma: 20 plantas de Eucalyptus sp. y 20 de Fraxinus sp., para el tratamiento con $ZnCl_2$ con - concentraciones de 100, 200, 400 y 600 ppm. de zinc y 5 plantas puestas - como control de cada género. De igual forma se distribuyeron para el tra - tamiento con $CdCl_2$ con las concentraciones de 50, 75, 100, y 150 ppm. de - cadmio con sus respectivas plantas control. La aplicación de estos dos - metales en forma de compuestos clorados, obedece a lo expuesto por - Bingham, et. al., (1984 - 1986); mientras que el intervalo de las concen - traciones de los metales aplicados, se seleccionó considerando lo expues - to por Bachauer (1971) para especies arbóreas. La adición de $ZnCl_2$ con - las concentraciones ya citadas, se realizó en cuatro ocasiones y la de - $CdCl_2$ en seis, dejando un lapso de 20 días entre cada aplicación.

De la mezcla de tierra negra y hojarasca se obtuvieron dos lo - tes de composición diferente, uno para cada tratamiento ($CdCl_2$ y $ZnCl_2$), - estos mismos se repartieron en macetas (capacidad máxima 5 Kg.) en una - proporción de 3 Kgs. de tierra por maceta aproximadamente.

Para la determinación de los parámetros físicos y químicos del - suelo y la concentración del metal en las diferentes partes vegetales - (raíz, tallo y hoja), se tomaron al azar tres plantas de cada uno de los - tratamientos de los cuales se obtuvieron promedios cuyos resultados apare

cen en las tablas 4, realizando así los análisis correspondientes.

Dado que el conocimiento de los análisis físicos y químicos de los suelos, son aspectos fundamentales para evaluar sus características - se determinaron los siguientes parámetros.

Físicos.

- Color en seco y en húmido por comparación con las tablas Munsell (1975).
- Densidad aparente por el método de la probeta, Bayer, 1956 (Grande López, 1975).
- Densidad real, por el método del picnómetro (Bayer, 1956).
- Textura, método de Bouyoucos, 1963 (Grande López, 1975).

Químicos.

- pH, en relación suelo-agua y suelo KCl 1:2.5, por el método potenciométrico con electrodos de vidrio y calomel (Jackson, 1976).
- Capacidad de Intercambio Catiónico Total, método del Versenato con extracción con acetato de amonio y saturando con calcio (Jackson, 1976).
- Materia orgánica, método de Walkley y Black (1934) modificado por Allison, 1977 (Grande López, 1975).

- Carbonatos y Bicarbonatos solubles y titulación con ácido sulfúrico, - con fenolftaleína y anaranjado de metilo como indicadores (Chapman, - 1979).
- Cloruros, titulación con nitratos de plata (Chapman, 1979).
- Fósforo Total, método de Molibdato-Vanadato, extrayendo con solución- de Morgan (Jackson, 1976).
- Nitrógeno Total, étodo de Kjeldhal, modificado por Bremer 1965 - (Grande López, 1975).
- Sodio y Potasio, por flamometría, U.S. Salinity Laboratory Staff 1954 (Grande López, 1975).
- Calcio y Magnesio, método de Versenato, Chang y Bray, 1951.
- Salinidad, Conductividad (Allison, 1977).
- Cadmio y Zinc, extracción con el método diácido (A.P.H.A., 1976), de- terminado por espectrofotometría de absorción atómica, con la técnica de flama.

Para determinar el rango donde se encuentran los análisis del- suelo se tomó en cuenta las tablas de clasificación tentativa de algunos de los parámetros físicos y químicos, propuestas por el Dr. R. Moreno D. (Anexo I).

Para evaluar las alteraciones en los vegetales se realizaron -

observaciones a nivel fisiológico con intervalos de 7 días, entre ellos - están: mal formaciones en las hojas de renuevo, pigmentaciones, clorosis y necrosis parcial o total.

Finalmente, con los resultados de las concentraciones del metal y los valores de los parámetros físicos y químicos del suelo, se realizó el análisis estadístico discriminatorio de Fisher modificado por Wilks, seguido de la prueba de rangos múltiples con el criterio de mínima diferencia significativa al 1% "Tukey" (Nie, et. al., 1975).

RESULTADOS

ANALISIS DE CADMIO

ANALISIS DE CADMIO EN SUELO Y TEJIDOS VEGETALES.

La aplicación del metal se realizó en seis ocasiones, en concentraciones de 50, 75, 100 y 150 ppm. Ahora bien, hay que tener presente que no es lo mismo aplicar la concentración final una sola vez, que realizarla en dosis, ya que para el primer caso, no se daría una disponibilidad inmediata para ser absorbido y se perdería fácilmente; y en el otro caso se considera adecuado debido a que entre cada período, el metal puede pasar a diferentes compuestos a formas iónicas para ser absorbibles por las plantas.

Con respecto a las concentraciones que se tienen al final del estudio, tanto en suelo y tejidos vegetales son cantidades bajas en relación a las dosis aplicadas, estando en un intervalo de 0.0080 a 2.5347 ppm. en ambos géneros vegetales (tabla B), indicando que hubo pérdida de lixiviación, aún con ello esas concentraciones son tóxicas en vegetales (Castañeda R. et. al., 1979).

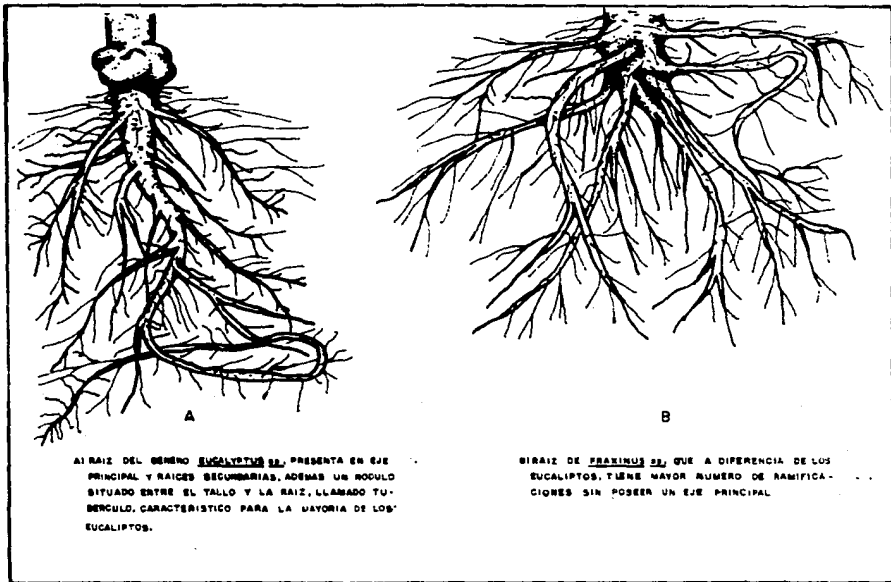
En los testigos de ambos géneros vegetales, no se detectó cadmio en suelo, raíz, tallo y hoja, debido a que no es esencial para el desarrollo de las mismas (Rivero, 1984). Al analizar las concentraciones del cadmio en ambos géneros en términos generales, la mayor acumulación se encontró en los tratamientos de Fraxinus sp., además, de la tendencia a disminuir el metal, conforme se transloca desde el suelo hacia las hojas (figs. 1-A, 1-B). Con esto se comprueba que la mayor acumulación del metal se da en el suelo, debido a la capacidad de formar compuestos insolubles en agua y ser precipitados (Herbert, 1971), además,

se comprueba la movilidad del metal, ya que se translocó hasta las hojas y se reafirma que la concentración del cadmio suele ser mayor en raíz y menor en tallo y hojas, según lo reportado (Wong, et. al., 1984).

Al analizar las concentraciones promedio de cadmio en suelo y tejidos vegetales en Eucalyptus sp., se observa la tendencia al incremento en relación a la cantidad aplicada del contaminante, lo que concuerda con lo reportado por Wong, et. al., 1984, excepto el tratamiento de 100-ppm. que presenta una menor acumulación del metal en suelo, raíz y hoja (figs. 2-A,B,C,D.).

En Fraxinus sp. (figs. 3-A,B,C,D), no se observa tendencia alguna en la acumulación del cadmio en raíz, tallo y hoja con las concentraciones del metal aplicado en suelo, como tampoco una relación notoria con los parámetros físicos y químicos que son relevantes, pero en este género se encontró la mayor concentración del metal en suelo y raíz, lo que posiblemente esté en función de las características de los géneros vegetales. Al observar la raíz que presentó cada género, se notó que existe mayor superficie de contacto en Fraxinus sp., ya que se trata de una raíz más densa y fibrosa en relación a Eucalyptus sp. (Esquema a y b) lo que permitía mayor absorción del metal y también una mayor acumulación, hecho que se reafirma al observar los datos en la tabla B de concentraciones.

En el tallo, al comparar los valores de concentración, se nota la mayor cantidad en Eucalyptus sp. y menor en Fraxinus sp. ocasionado por la mayor acumulación del metal en raíz, así el metal quedó fijado. -



A
 LA RAIZ DEL GÉNERO EUCALYPTUS SE PRESENTA EN EJE PRINCIPAL Y RAÍCES SECUNDARIAS, ADEMÁS UN NODULO SITUADO ENTRE EL TALLO Y LA RAIZ, LLAMADO TUBERCULO, CARACTERÍSTICO PARA LA MAYORÍA DE LOS EUCALIPTOS.

B
 LA RAIZ DE FRAXINUS SE, QUE A DIFERENCIA DE LOS EUCALIPTOS, TIENE MAYOR NÚMERO DE RAMIFICACIONES SIN POSEER UN EJE PRINCIPAL.

restringiendo el paso de minerales como del mismo metal, por lo cual la translocación del contaminante en tallo y hoja fue menor.

La fijación del cadmio en tejidos foliados ocasiona graves transtornos cuyos síntomas generales son la disminución de la tasa fotosintética, reducción de la conducción del agua en tallos, dificultando el tránsito de nutrientes requeridos por las plantas para su buen desarrollo. originando que la parte donde se fije el metal tenga una disminución en su biomasa (se seca el tejido), lo que sucede cuando se fija en las hojas y brotes de las plantas (Kelly, et. al., 1979).

Los síntomas observados tanto en Fraxinus sp. como Eucalyptus sp. (ver fotografías) en términos generales, se encuentra la ondulación de las hojas originado la apariencia de un riñón, marchitamiento en hojas y retoños, clorosis, moteado o formación de puntos amarillentos, marchitamiento de ápices y la fácil defoliación. Estos síntomas se observaron primero en las hojas bien desarrolladas y posteriormente en las de renuevo, no acentuándose los síntomas del metal conforme aumentó la concentración del mismo.

En particular las plantas testigo de Eucalyptus sp. se observó tan solo en ondulamiento del borde de sus hojas y el marchitamiento de ápices. Para las plantas testigo de Fraxinus sp. se presentó marchitamiento de hojas, en algunas el ondulamiento de sus bordes y la clorosis. Para las muestras con tratamiento, de ambos géneros se presentó marchitamiento, ondulamiento de los bordes de sus hojas, clorosis y la fácil defoliación. A pesar de presentar en ambos géneros los síntomas-

en testigos y plantas tratadas, la diferencia radica en la frecuencia y la mayor intensidad de los efectos, siendo más notoria en Fraxinus sp.

Los síntomas de clorosis o amarillamiento puede originarse por la falta de nitrógeno, magnesio, fierro, manganeso, boro y molibdeno en forma natural para los testigos y por bloqueo del cadmio para las plantas tratadas. En alguno de ellos su deficiencia se manifiesta más sobre las nervaduras, que sobre el resto del tejido o láminas foliares, aunque también, la presencia de cloro puede acentuar estos síntomas y con exceso de éste, origina el chamuscamiento de las hojas (Ortiz V., 1975). En cuanto a la defoliación de las hojas marchitas, se da por la falta de agua y nutrientes, y la defoliación en las hojas verdes se da por la falta de consistencia, lo que indica un déficit de calcio que da firmeza y rigidez a la estructura del tallo. El moteado amarillo se atribuye a la deficiencia de fierro, la irregularidad de los bordes a lo que llamamos ondulamiento en forma de riñón se debe a la falta de cobre y de potasio (FAO, 1981). De esta forma es como se observa el efecto indirecto del cadmio sobre las plantas, dado que las inhibe de tal forma que los nutrientes no pueden ser absorbidos totalmente.

TABLA B

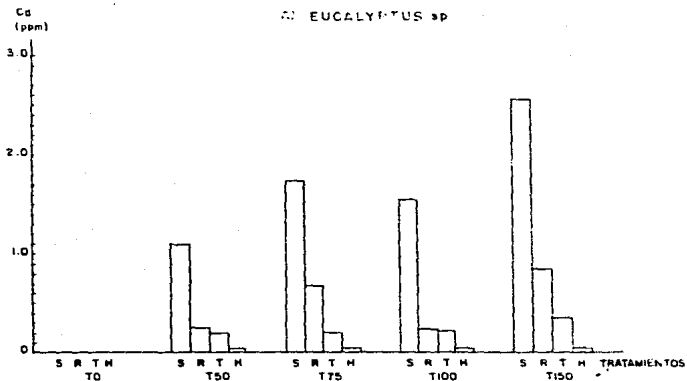
VALORES PROMEDIO DE LAS CONCENTRACIONES DETERMINADAS POR EL ESPECTRO DE ABSORCION ATOMICA DE SUELO Y PARTES VEGETALES CON APLICACION DE CADMIO (VARIAN AUTOMATICO 14761)

E L E M E N T O S		SUELO	RAIZ	TALLO	HOJA
	TESTIGO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	50 ppm	1.1124	0.2666	0.2020	0.0226
	75 ppm	1.7477	0.6353	0.2166	0.0353
	100 ppm	1.5211	0.2480	0.2340	0.0286
	150 ppm	2.5347	0.8833	0.3900	0.0586

F R A C C I O N E S		SUELO	RAIZ	TALLO	HOJA
	TESTIGO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	50 ppm	1.7737	0.5400	0.1540	0.0080
	75 ppm	2.4453	1.0200	0.5013	0.0200
	100 ppm	2.4950	0.8433	0.2980	0.0326
	150 ppm	2.2044	1.0733	0.1636	0.0253

RELACION DE LAS CONCENTRACIONES PROMEDIO DE CADMIO EN SUELO(S), RAIZ (R),
TALLO (T) Y HOJA (H)

A) EUCALYPTUS SP



RELACION DE LAS CONCENTRACIONES PROMEDIO DE CADMIO EN SUELO(S), RAIZ (R)
TALLO (T) Y HOJA (H)

B) FRAXINUS SP

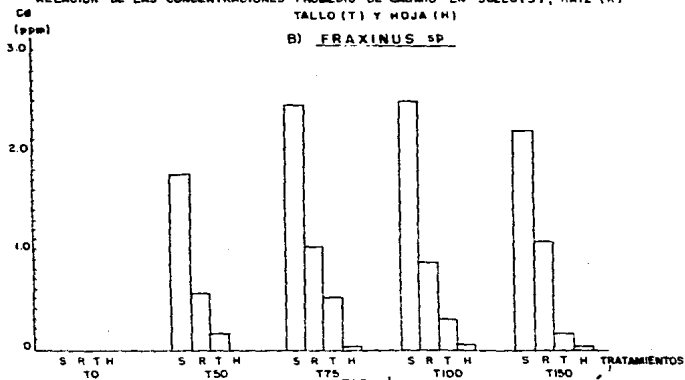


FIG-1

CONCENTRACION PROMEDIO DE CADMIO EN SUELO Y TEJIDOS VEGETALES

EUCALYPTUS sp

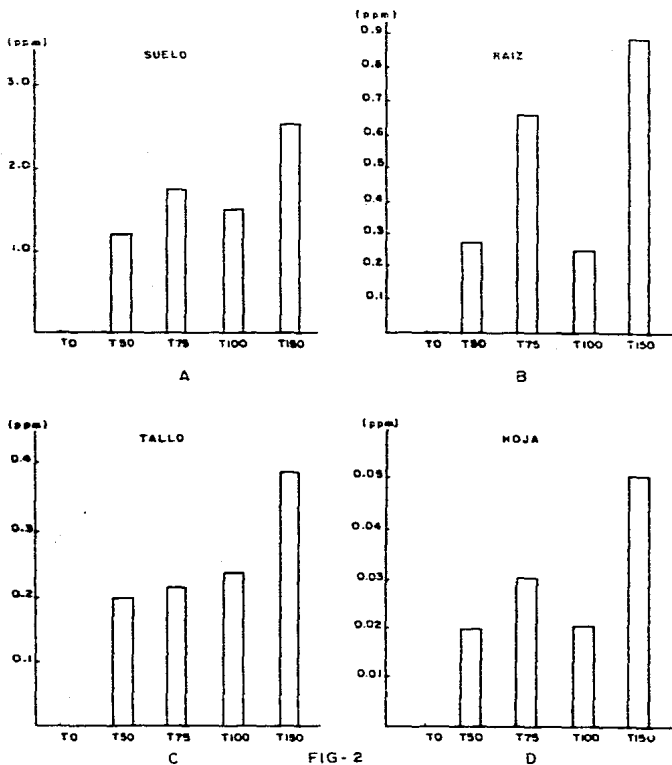
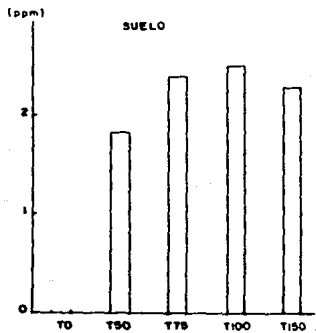


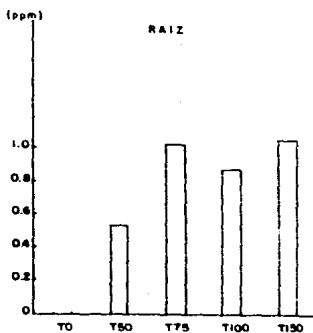
FIG-2

CONCENTRACION PROMEDIO DE CADMIO EN SUELO Y TEJIDOS VEGETALES

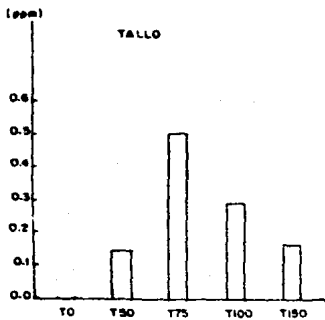
FRAXINUS SP.



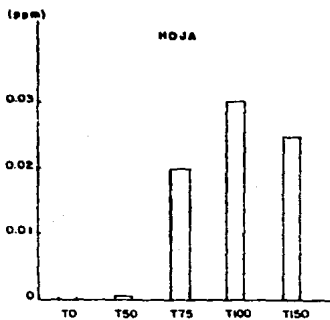
A



B



C



D

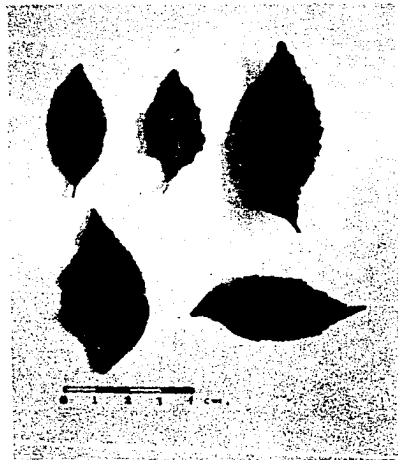
FIG-3

FOTOGRAFÍAS DE LOS EFECTOS OCASIONADOS POR CADMIO EN

EUCALYPTUS sp. y FRAXINUS sp.

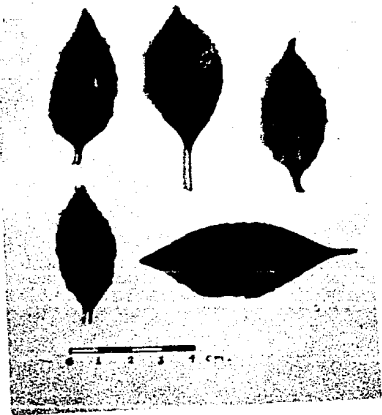
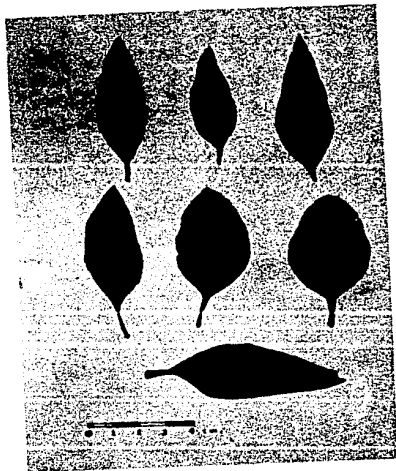


(A)



(B)

Hojas del género *Eucalyptus* sp. (A) y *Fraxinus* sp. (B) donde se observa marchitamiento ocasionado por el efecto del Cadmio.



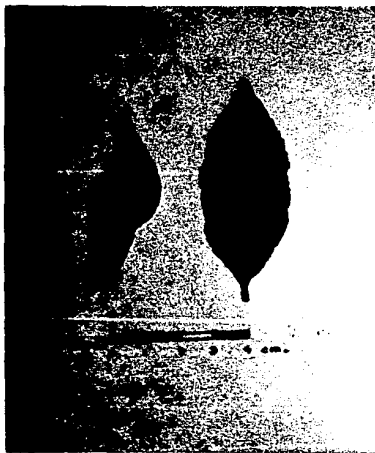
(B)

(A)

Hojas del género *Eucalyptus* sp. (A) Y *Fraxinus* sp. (B) con el efecto de clorosis internerval ocasionado por el Cadmio



(A)

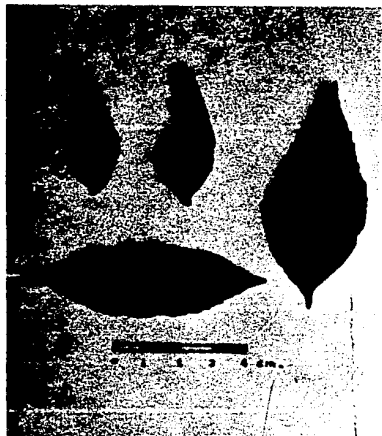


(B)

Hojas del género de Eucalyptus sp. (A) y Fraxinus sp. (B) que muestran el ondulamiento de sus bordes, ocasionado por Cadmio.

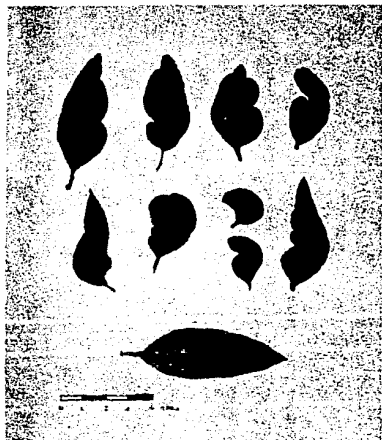


(A)

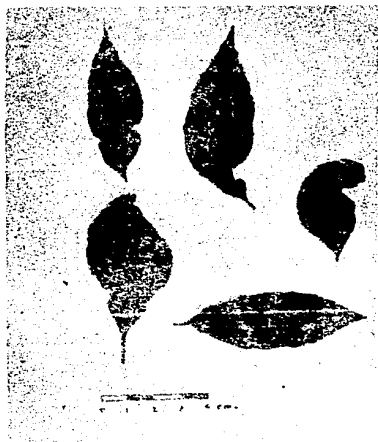


(B)

Hojas del género de *Eucalyptus* sp. (A) y *Fraxinus* sp. (B) que muestran moteado amarillito ocasionado por el efecto del Cadmio.



(A)



(B)

Hojas del género *Eucalyptus* sp. (A) y *Fraxinus* sp. (B) que muestran el efecto del cadmio en bordes y nervaduras originado mal formación con la apariencia del riñón.

ANÁLISIS DE SUELO EXPUESTO A LA APLICACION DE CADMIO.

El color que presentó el suelo empleado para Eucalyptus sp. y Fraxinus sp. a los que se les dió el tratamiento con cloruro de cadmio, es el mismo para ambos géneros, considerando a los testigos (tabla C) - siendo en seco, grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) y en húmedo, negro (10 YR 2/1); esto puede indicar que no hay efecto al agregar el cadmio - en forma de cloruro de cadmio, aún cuando se aplicaron diferentes dosis de cadmio.

La retención de humedad, es un parámetro que se relaciona con - la materia orgánica y con la textura; un cambio de estos origina una variación en el contenido hídrico de un suelo (Tamhane, 1978). En lo que concierne a la relación de los valores experimentales de los parámetros - mencionados en ambos géneros vegetales (tabla C), en general, se observa la tendencia de incremento en la retención de humedad, conforme aumenta el por ciento de materia orgánica, permaneciendo constante la textura. - La relación observada entre el por ciento de materia orgánica y el por - ciento de humedad es aproximadamente de 1:1.5 respectivamente, presentando así una muy buena retención de humedad; la cual no se ve afectada de forma directa por la presencia del contaminante, siendo ésta en su mayor parte producto del contenido de materia orgánica.

En los suelos de Eucalyptus sp. y Fraxinus sp. el por ciento de materia orgánica entra en la clasificación de extremadamente rico (Anexo I). Ahora bien, en el suelo de Eucalyptus sp. (fig. 4-A) se observa en comparación a los testigos que la mayor cantidad corresponde a la concen

tracción de 100 ppm. y la menor en 150 ppm. de cadmio; mientras que en Fraxinus sp. (fig. 4-B) fue lo contrario, en la concentración de 100 ppm. se tiene menor cantidad de materia orgánica y en 150 ppm. la mayor (figs. 2-A; 4-A; 4-B). Así mismo, se observa que la relación que guardan las concentraciones retenidas de cadmio en el suelo y las concentraciones de materia orgánica del mismo, de ambos géneros, es irregular, aunque en algunos casos, sobre todo en el suelo de Eucalyptus sp. se da que a mayor cantidad de cadmio, menor cantidad de materia orgánica y viceversa; por lo cual podría suponerse que los incrementos de materia orgánica para los puntos señalados son producto del aporte de raicillas y la defoliación ocasionada posiblemente por la deficiencia de calcio en las plantas, el cual puede ser bloqueado y a la vez sustituido por la afinidad y tamaño del cadmio (Bingham, 1979).

La variación que se da en los contenidos de materia orgánica entre Eucalyptus sp. y Fraxinus sp. es debido a que se tratan de diferentes géneros vegetales los cuales tienen requerimientos nutricionales y funciones metabólicas propias de cada uno, que pudieron ser influenciados probablemente por la presencia del contaminante. En cuanto a la relación entre materia orgánica y cadmio es en función de su adsorción por los coloides, que se debe solamente al intervalo que presenta la C.I.C.-T. más que la unión específica del metal, como existe la dependencia con el pH, se tiene que la relación entre materia orgánica y cadmio será débil en suelos con pH altos (Baes y Mesmer, 1976). Esto podría retomarse para explicar por qué no es muy notable una relación entre el cadmio y la materia orgánica, aunque el intervalo de pH (7.1 a 7.2) que presentan los suelos no es muy elevado.

Por otro lado, el principal aporte de nitrógeno es la materia orgánica, que realizando la transformación a carbono se obtiene la relación C/N 9:1, 10:1 y 12:1 (Chavira, 1980), como también se da el hecho de que el nitrógeno constituye el 5% de la materia orgánica (Millar, 1979).

Con lo que respecta a los valores de materia orgánica (Carbono) y nitrógeno, se establece una relación C/N cercana a lo reportado bibliográficamente (Anexo V) la cual es de 10:0.5 a 10:2, tomando en cuenta el valor máximo y mínimo de ambos géneros (tabla C). Un comportamiento irregular es observado en los puntos de Eucalyptus sp. (fig. 4-A) y de Fraxinus sp.; (fig. 4-B) y esta relación está influenciada posiblemente por el efecto del metal que puede modificar toda transformación de nitrógeno (Chang y Broadbent, 1982) originando el incremento de sus valores, aún con ello se observa un comportamiento similar a la relación entre M.O./N en el género de Fraxinus sp. Por otra parte, a pesar de existir diferencias en el contenido de nitrógeno en cada uno de los tratamientos de ambos géneros. (figs. 4-A, 4-B) los suelos se consideran ricos en este elemento (Anexo I), observando que el valor mínimo y máximo en el suelo de Eucalyptus sp. se da en los tratamientos de 50 y 75 ppm. en tanto que en el suelo de Fraxinus sp. se presenta en el testigo y en el tratamiento de 150 ppm. respectivamente.

En la determinación de fósforo (tabla C) se da que este elemento queda en el intervalo de un suelo pobre para ambos géneros vegetales (Anexo I). Al reaccionar el pH con el fósforo se tiene que la solubilidad adecuada de este elemento está entre 5.5 y 7.5, condición necesaria-

para que ocurra la absorción por las plantas, la pérdida se presenta a pH menores (5.5) donde se fija con los sesquióxidos hidratados de hierro y aluminio y a pH mayores (7.5) se precipita como fosfato tricálcico (Fassbender, 1978); por lo tanto, el pH en este análisis no se considera como factor que contribuye a la pérdida de dicho elemento, puesto que el suelo de Eucalyptus sp. y Fraxinus sp. presentan un pH que oscila entre 7.1 y 7.2.

Otro parámetro que influye en la cantidad de fósforo total, es la materia orgánica, que tiene una relación directa (Chavira, 1980). Al observar los datos de materia orgánica, se tiene que se mantuvo alta, por lo tanto no se considera como factor limitante para el aporte de fósforo. Así mismo, el porcentaje de retención de humedad influye sobre el fósforo, dado que la aprovechabilidad de éste aumenta con el porcentaje de retención de humedad (Chavira, 1980), por lo que al mantenerse constante, ésta no es un factor limitante. Retomando lo anterior, la disminución está ocasionada por la asimilación de las plantas y probablemente por lixiviación. Por otra parte, se observa en términos generales un aumento en la cantidad de fósforo conforme se incrementa la concentración del contaminante en el suelo (figs. 5-A, 5-B y 2-A) y posiblemente se debe a la formación de compuestos con el cadmio como $\text{Cd}(\text{PO}_4)\text{OH}$; $\text{Cd}(\text{PO}_4)_2\text{Cl}$; $\text{Cd}_3(\text{PO}_4)_3$ que son insolubles. Los valores máximos de fósforo son encontrados en los tratamientos de 150 ppm. de cadmio para los suelos de ambos géneros, los mínimos están en Eucalyptus sp. en testigos y en Fraxinus sp. en 50 ppm. de cadmio.

En el caso de la relación entre el porcentaje de materia orgánica

ca y capacidad de intercambio catiónico total (C.I.C.T.), se dice, que - estos parámetros se incrementan simultáneamente considerando que la textura permanece constante (Chavira, 1980). En el análisis de C.I.C.T. se observa que en el suelo de Eucalyptus sp. los valores experimentales presentan una semejanza con respecto al valor teórico (que se obtuvo a partir de la materia orgánica y el porcentaje de arcilla para cada uno de los tratamientos. (Anexo V); exceptuando al testigo y al tratamiento de 50 ppm. (tabla C). No sucede así en el suelo de Fraxinus sp. cuyo valor experimental tiene 5 unidades menos con respecto al teórico, en la mayoría de los casos. Estas variaciones no se pueden atribuir al efecto del contaminante metálico, debido a que los valores experimentales que presentan los testigos de ambos géneros vegetales tienen también esa discrepancia con respecto al valor teórico; así, al analizar las figuras (4-A, 4-B, 6-A, 6-B), no es posible observar una relación entre materia orgánica y C.I.C.T. Por otro lado, si se excluyen los valores experimentales de los testigos en el suelo de ambos géneros vegetales se nota así una semejanza entre los comportamientos de las curvas de C.I.C.T. de Eucalyptus sp. similar a la de Fraxinus sp., teniendo de esta forma que los puntos en común son en el tratamiento de 50 ppm. donde están los valores mínimos y en 100 ppm. los máximos, al considerar los testigos se observa que los valores experimentales obtenidos para Eucalyptus sp. son mayores, y menores para Fraxinus sp. Por otro lado al comparar las curvas de C.I.C.T., con las concentraciones promedio de cadmio en suelo figuras 6-A, 6-B y 2-A, 3-A) se ve que a partir del tratamiento de 50 ppm. se presentó un comportamiento análogo (donde se localiza el valor máximo y mínimo de C.I.C.T., le corresponde igual forma la concentración del metal) dándose marcadamente en Fraxinus sp.; podría decirse que esta

situación concuerda con lo reportado por Baes y Mesmer (1976), para la relación de Cd/C.I.C.T., posiblemente a que la mayoría de los sitios de intercambio están ocupados por el cadmio.

Al observar las gráficas de pH de ambos géneros vegetales, (figs. 6-A, 6-B) se tiene un comportamiento similar y más o menos uniforme, manteniéndose estable en el intervalo de ligeramente alcalino, aunque es una característica que no permanece constante durante períodos largos pero su determinación permite evaluar los comportamientos de otros parámetros, tal es el caso de la C.I.C.T. que no es afectada por éste, pero se relaciona con la presencia del metal (cadmio) como se cita en el párrafo anterior. Además, a pH mayores de 7 se forman compuestos-insolubles con el metal impidiéndose su absorción por las plantas.

De acuerdo a la relación pH-carbonatos y bicarbonatos, se da que en el caso de ausencia de iones carbonatos la concentración de iones bicarbonato rara vez sobrepasa el valor de 10.0 meq/litro y cuando la lectura del pH es aproximadamente 7 o menor, no excede de valores de 3 ó 4 meq/litro (Chavira, 1980). Al retomar este hecho y comparar con los resultados de ambos géneros (tabla C), se observa similitud en cuanto al intervalo de pH y conductividad, además a que solo se detectó la presencia de los iones bicarbonato, los cuales de acuerdo al pH no presentan una gran fluctuación en sus valores (máximo una décima), como también no fueron afectados en gran proporción a causa de las concentraciones aplicadas del contaminante (cadmio), ya que existe similitud de valores en testigos y tratamientos. Al analizar la figura (7-A) de Eucalyptus sp. se observa una disminución de bicarbonatos, a partir del tratamiento de-

50 ppm. manteniéndose constante, y en la figura (7-B) de Fraxinus sp. se da un cambio desde los testigos. Este comportamiento permite establecer la relación HCO_3^-/Cd que es reportado por Herbert (1971) y Bingham (1976) para la formación de compuestos como $\text{Cd}(\text{HCO}_3)_2$ (se debe considerar que - en las gráficas la escala está ampliada para observar el comportamiento - en relación al metal).

En lo que se refiere al calcio el intervalo que mantiene el - suelo de Eucalyptus sp. es característico de suelos mediante ricos a - extremadamente ricos en este elemento tanto en testigos como en trata - mientos, presentando el valor mínimo en 50 ppm. y el máximo en 150 ppm.- (fig. 8-A). En el suelo de Fraxinus sp. el testigo tiene el valor más - bajo, clasificándose como medianamente pobre y el máximo en 50 ppm. que - es extremadamente rico (fig. 8-B). Existe un comportamiento antagónico - de este elemento entre los suelos de los dos géneros vegetales, (al - igual que la materia orgánica), por lo que al comparar el valor promedio de la concentración de cadmio (figs. 2-A, 3-A) se tiene en general una - relación directa en Eucalyptus sp., pero no es tan claro el comportamien - to en Fraxinus sp.

Es obvio que las exigencias metabólicas de las plantas para - este elemento son diferentes, y para tratar de explicar una posible rela - ción entre las concentraciones del contaminante y el efecto en la absor - ción de calcio de la solución del suelo por la planta, podría decirse - que existe un bloqueo, sustitución y desplazamiento por parte del metal - (Cd^{++}) entorpeciendo la fijación y asimilación evitando la metaboliza - ción del calcio (Castañeda R., et. al., 1979). En general, los valores-

más bajos los presentan el suelo de Fraxinus sp. y los más altos el suelo de Eucalyptus sp.; además, si se consideran la inmovilidad del calcio dentro de la planta se reafirma la defoliación ya mencionada en materia orgánica.

En lo que concierne al magnesio, se observa (tabla C) que la totalidad de los valores de ambos suelos, entran en el intervalo de extremadamente ricos, siendo poca esta variación, observando así, que el valor mínimo es en 50 ppm. y el máximo en el testigo, en el suelo de Eucalyptus sp. (fig. 8-A); en tanto que el valor mínimo y máximo en Fraxinus sp. (fig. 8-B) se da en el testigo y en 50 ppm. respectivamente.

Haciendo una relación entre calcio y magnesio, que son elementos que tienen bastante en común por ser divalentes y ser importantes dentro del metabolismo de las plantas, se observa una mayor relación en el suelo de Fraxinus sp., en donde los valores mínimos se presentan en el testigo y los máximos en 50 ppm. en cambio para el suelo de Eucalyptus sp. solo el punto en común lo podemos observar en 50 ppm., presentando aquí los valores mínimos de calcio y magnesio.

Cabe señalar que no siguen la relación que es reportada por regla general: $Ca > Mg$ (Ortiz, 1979) debido a que en la totalidad de los valores, la relación que predomina es $Mg > Ca$, esto no es posible que suceda, ya que de ser así se trataría de un suelo con minerales magnésicos, y esto correspondería a suelos áridos y semiáridos, condiciones que no reúnen los suelos; por lo tanto podría decirse que la detección del mag-

nesio fue sobreestimada.

Al relacionar la disponibilidad y concentración de calcio y magnesio con el pH (ligeramente alcalino) se observa que es adecuado para que estos puedan ser asimilados por las plantas. Se considera así que su disposición está influenciada por el contaminante (cadmio) ya que las concentraciones de estos elementos solo se vería afectada por el pH, a valores mayores de 9 en donde habría la presencia de iones carbonatos- y bicarbonatos de calcio y magnesio (Chavira, 1980).

Otro de los elementos que se relaciona con el calcio, es el potasio ya que se ha observado que incrementos de éste, reducen la asimilación del calcio por las plantas, sin embargo, el calcio permite la asimilación del potasio. Este mismo comportamiento se tiene entre magnesio y potasio, se considera que la discrepancia en la relación Ca/Mg y el contenido de estos en el suelo no afectan al potasio, de tal forma que varíe su concentración en la solución del suelo, así como, su disponibilidad para las plantas (Ortega, 1978).

Si se observa la tabla C, las concentraciones que se tienen de potasio en los análisis son valores que están dentro del intervalo de extremadamente pobre (Anexo I) y se mantienen constantes en testigos y tratamientos para Eucalyptus sp. (fig. 9-A), en Fraxinus sp. (fig. 9-B)- los valores son aún más bajos y presentan pequeñas variaciones, sin embargo, hay que considerar que el hecho de haber encontrado poca cantidad de potasio se debe al material parental del que procede a su meteorización; a la fijación de este elemento en los espacios interlaminares en

las arcillas, a pérdidas por la percolación y el efecto del secado del suelo por su determinación (Cajuste, 1977), además, se reporta que las deficiencias de este elemento son raras en los suelos de México (Chavira, 1980).

Tomando en cuentas las concentraciones de ambos elementos (Cadmio y Potasio) (figs. 2-A, 3-A, 9-A y 9-B), no se observa ninguna relación gráfica ya que los testigos y los suelos con aplicación del metal (cadmio) presentan el mismo comportamiento.

Al analizar el contenido de sodio (tabla C) el suelo se mantiene en condiciones normales, conjetura que se refuerza con el valor de conductividad que es menor de 4 mmhos/cm y pH ligeramente alcalino para un suelo normal. Al analizar los suelos de ambos géneros vegetales (figs. 9-A, 9-B) y comparar valores de tratamientos contra testigos, se nota una disminución en los primeros, que podría darse probablemente como consecuencia de la absorción por las plantas o bien por la pérdida, por la lixiviación. Con respecto al contaminante, no se observa gráficamente ninguna relación, aunque no se descarta la competitividad entre los dos elementos.

Refiriéndose ahora al contenido de cloro, en los suelos de ambos géneros, permaneció constante considerando tanto a testigos como a suelos tratados (tabla C) a excepción del valor de 100 ppa. de Eucalyptus sp. (fig. 7-A) siendo menor en ese tratamiento; precisamente en este género, el contenido de cloro es el doble con respecto al género de Frexinius sp. Como se sabe, el aporte del cloro al suelo es a través-

de la materia orgánica (Chavira, op. cit.) y en este caso al ser agregado el metal como compuesto clorado, el contenido de éste debería haberse modificado (figs. 7-A, 7-B). Es de suponer entonces, que el cloro que permaneció fijado al suelo y finalmente determinado fue aportado por la materia orgánica y el agregado se perdió por lixiviación, como también pudo pasar a las plantas, acentuando los efectos de las deficiencias de los demás elementos nutritivos, debido a que un exceso de él puede producir el chamuscamiento de las hojas (Ortiz, V. 1975). Con respecto a la concentración del metal en el suelo y el cloro, no es posible hacer una comparación.

TA-BLA C

VALORES PROMEDIO DE LOS PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS PARA EL SUELO CON APLICACION DE CADMIO

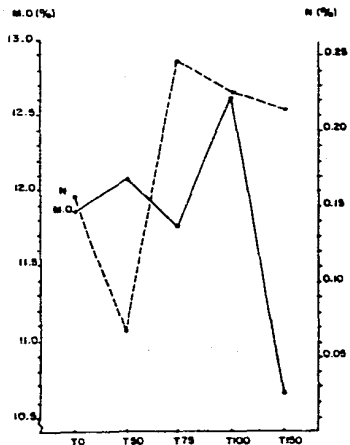
PARAMETRO	COLOR (SECO)	COLOR (HUMEDO)	TEXTURA %/ ARELLA %/ MEDIANA %/ ARENA %/	CLASE TEXTURAL	DENSIDAD APARENTE g/cc	RETENCION DE HUMEDAD %/ (100g)	MATERIA ORGANICA %/	NITROGENO %/	C. I. C. TOTAL mg/100g	FOSFORO TOTAL ppm	pH H ₂ O	pH KCl	Ca++ mg/100g	Mg++ mg/100g	Cl ⁻ mg/100g	HCO ₃ ⁻ mg/100g	CO ₃ ²⁻ mg/100g	Na+ ppm	K+ ppm	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA mmho/cm
-----------	--------------	----------------	--	----------------	------------------------	--------------------------------	---------------------	--------------	------------------------	-------------------	---------------------	--------	--------------	--------------	-------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------	--------	---------------------------------

EUCALIP-TUS SH	TESTIGO	10 YR 3/2 CAPE BRNACEO	10 YR 2/1 NEGRO	14	36	80	FRANCO	0.798	135.0	11.84	0.15	24.77	3.89	7.1	5.7	6.04	13.53	0.9	0.77	NO SE DETECTO	138.3	31.8	2.25 x 10 ⁶
	50ppm	10 YR 3/2 CAPE BRNACEO	10 YR 2/1 NEGRO	12	32	88	FRANCO	0.83	148.6	12.07	0.06	13.99	4.07	7.1	6.6	4.99	12.36	0.9	0.77	NO SE DETECTO	118.4	31.5	2.27 x 10 ⁶
	75ppm	10 YR 3/2 CAPE BRNACEO	10 YR 2/1 NEGRO	14	42	44	FRANCO	0.80	146.6	11.74	0.24	29.30	4.36	7.1	5.8	6.54	12.56	0.9	0.89	NO SE DETECTO	110.8	31.0	2.2 x 10 ⁶
	100ppm	10 YR 3/2 CAPE BRNACEO	10 YR 2/1 NEGRO	10	36	84	FRANCO	0.81	145.0	12.61	0.22	30.40	4.26	7.2	5.8	5.24	12.93	0.45	0.69	NO SE DETECTO	132.4	31.6	2.29 x 10 ⁶
	180ppm	10 YR 3/2 CAPE BRNACEO	10 YR 2/1 NEGRO	16	34	80	FRANCO	0.81	128.3	10.84	0.21	26.50	4.48	7.1	5.8	7.03	13.25	0.9	0.89	NO SE DETECTO	130.7	30.3	2.23 x 10 ⁶

FRAXINUS SH	TESTIGO	10 YR 3/2 CAPE BRNACEO	10 YR 2/1 NEGRO	11	38	48	FRANCO	0.83	151.6	11.30	0.23	23.77	4.00	7.1	6.0	6.07	12.03	0.45	1.07	NO SE DETECTO	122.1	24.7	2.37 x 10 ⁶
	50ppm	10 YR 3/2 CAPE BRNACEO	10 YR 2/1 NEGRO	14	42	44	FRANCO	0.83	150.0	10.97	0.25	24.27	3.84	7.2	6.0	6.57	13.8	0.46	0.82	NO SE DETECTO	119.3	24.7	2.35 x 10 ⁶
	75ppm	10 YR 3/2 CAPE BRNACEO	10 YR 2/1 NEGRO	15	35	50	FRANCO	0.84	145.0	12.17	0.28	24.47	4.30	7.2	6.0	4.92	13.55	0.45	0.92	NO SE DETECTO	112.0	23.6	2.31 x 10 ⁶
	100ppm	10 YR 3/2 CAPE BRNACEO	10 YR 2/1 NEGRO	12	36	52	FRANCO	0.83	140.0	10.06	0.26	25.44	4.21	7.1	6.0	6.15	13.43	0.46	0.92	NO SE DETECTO	115.2	28.6	2.38 x 10 ⁶
	180ppm	10 YR 3/2 CAPE BRNACEO	10 YR 2/1 NEGRO	12	36	50	FRANCO	0.84	140.0	12.28	0.29	24.93	4.38	7.1	6.0	4.28	12.10	0.46	1.0	NO SE DETECTO	119.6	27.1	2.29 x 10 ⁶

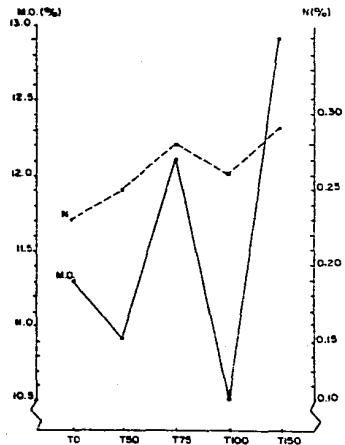
INFLUENCIA DEL CADMIO EN LOS PARAMETROS QUIMICOS DEL SUELO

EUCALYPTUS sp



A

FRAXINUS sp



B

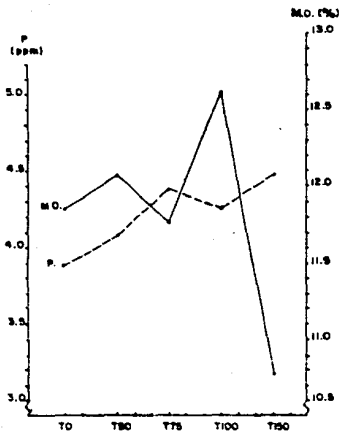
RELACION MATERIA ORGANICA-NITROGENO

FIG - 4

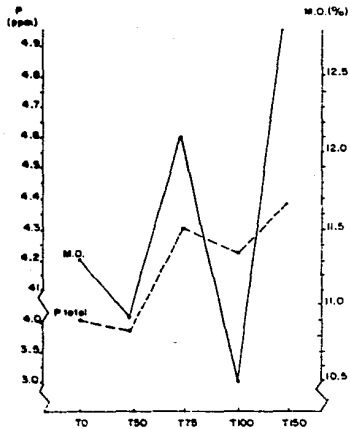
INFLUENCIA DEL CADMIO EN LOS PARAMETROS QUIMICOS DEL SUELO

EUCALYPTUS 9P

FRAXINUS 9P



A



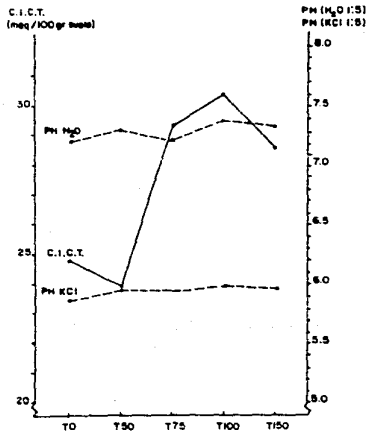
B

RELACION FOSFORO-MATERIA ORGANICA

FIG-5

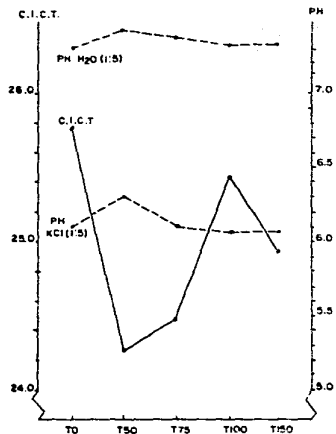
INFLUENCIA DEL CADMIO EN LOS PARAMETROS QUIMICOS DEL SUELO

EUCALYPTUS SP



A

FRAXINUS SP



B

RELACION CAPACIDAD INTERCAMBIO CATIONICO

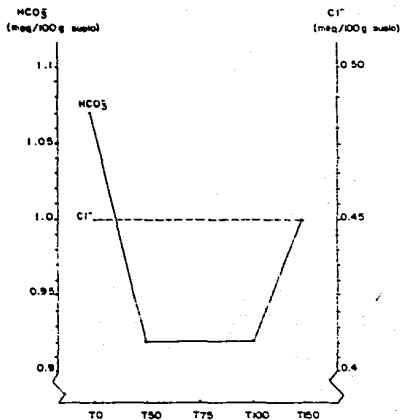
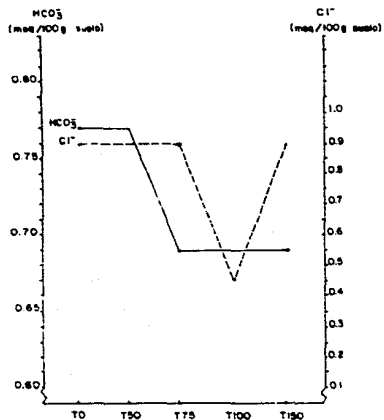
TOTAL PH (H₂O) PH (KCl)

FIG - 6

INFLUENCIA DEL CADMIO EN LOS PARAMETROS QUIMICOS DEL SUELO

EUCALYPTUS sp.

FRAXINUS sp.

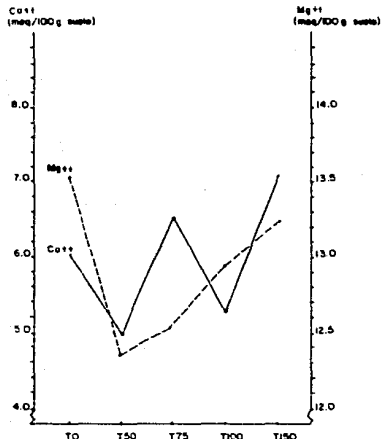


RELACION BICARBONATOS-CLORUROS

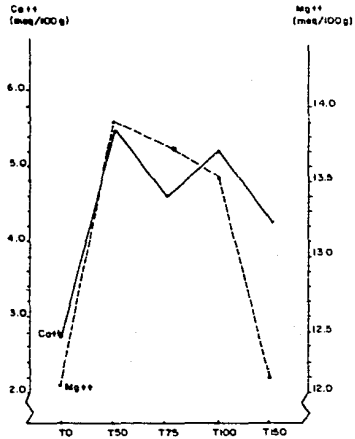
FIG - 7

INFLUENCIA DEL CADMIO EN LOS PARAMETROS QUIMICOS DEL SUELO

EUCALYPTUS SP



FRAXINUS SP

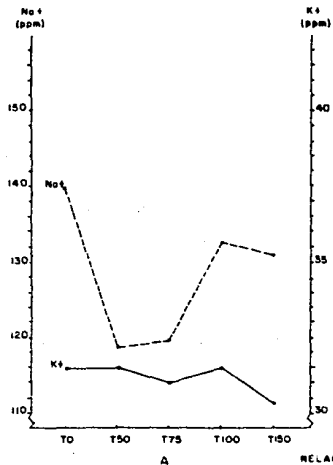


RELACION CALCIO - MAGNESIO

FIG - 8

INFLUENCIA DEL CADMIO EN LOS PARAMETROS QUIMICOS DEL SUELO

EUCALYPTUS sp



FRAXINUS sp

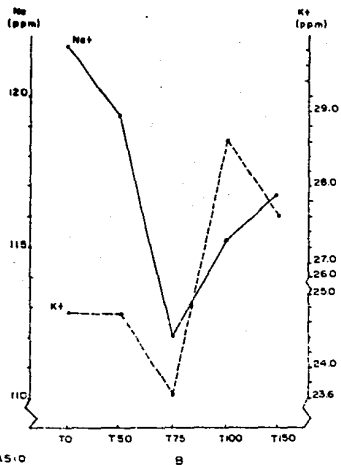


FIG - 9

ANALISIS DE ZINC

ANALISIS DE ZINC EN SUELO Y TEJIDOS VEGETALES.

El zinc es un micronutriente para las plantas, fungen como activador enzimático (Mascareño, 1975). En el suelo se encuentra en un rango de 10 a 300 ppm. (Ortiz, 1977) del cual el que es aprovechable fluctúa de 0.1 a 20 ppm. y su contenido en las plantas depende de la capacidad de absorción y del tipo de la especie de la cual se trate, encontrándose de manera normal de 25 a 150 ppm. Los síntomas de toxicidad se presentan cuando el contenido excede de 400 ppm. en la hoja (Mortvedt, 1983).

Analizando los valores obtenidos, después del tratamiento con respecto al suelo en Eucalyptus sp. y Fraxinus sp. se observa que los testigos presentan concentraciones bajas de zinc en comparación al intervalo del párrafo anterior reportado por Ortiz (1977), al igual que en las partes foliares. Por otro lado a pesar de haber realizado 4 aplicaciones de zinc, las concentraciones en general en suelos y plantas es baja, lo que posiblemente se debe a pérdidas de lixiviación durante su aplicación y el riesgo.

Entre la primera y segunda aplicación, los efectos (ver fotografías) consistieron principalmente en que las hojas de renuevo comenzaron a mostrar marchitamiento, pequeñas manchas amarillas y flacidez, indicando con ello la rápida translocación del metal. Estos efectos fueron más evidentes en los tratamientos donde se aplicó la mayor concentración del contaminante. Después de la segunda aplicación los efectos fueron más visibles observándose mayor defoliación en algunas plantas y

Comparando la cantidad del metal en suelo para Eucalyptus sp. y Fraxinus sp., se tiene que en el primero se encuentra una mayor acumulación, pero en ambos géneros se tiene la misma tendencia a disminuir con respecto a la aplicación. (figs. 11-A, 12-A).

Al analizar el contenido del metal en la raíz, se tiene que es en Fraxinus sp. donde se encuentra la mayor cantidad de zinc, lo que conlleva a justificar la variación que presentaron en suelo, ya que se trata de diferentes tipos de raíz (Esquemas a,b). La única relación que se encuentra en ambos géneros es que la mayor acumulación está en el tratamiento de 200 ppm. (figs. 11-B y 12-B).

Es también en el tallo de Fraxinus sp. donde se da la mayor concentración de zinc, apoyando lo mencionado para raíz y no existe relación entre el contenido de ambos géneros vegetales. (figs. 11-C y 12-C).

En la hoja, es por lo general en Eucalyptus sp. donde se da mayor acumulación, haciendo alusión a raíz y tallo se observa una translocación más o menos uniforme con una similitud en cuanto a comportamientos de las concentraciones promedio (fig. 11-D). En cuanto a Fraxinus sp., a pesar de que existe un comportamiento similar, se tiene diferencia en la cantidad del metal translocado en el tratamiento de 600 ppm. de zinc (fig. 12-D).

Al referirse ahora a las concentraciones donde se dió la necrosis (tratamientos de 400 y 600 ppm. de zinc) de ambos géneros, en Eucalyptus sp. existe una similitud en los valores de las concentraciones

nes determinadas en suelo y partes foliares, en cambio en Fraxinus sp. - no hay similitud entre los valores de las concentraciones, pero sí se da el mismo comportamiento lo que se ve influenciada posiblemente por tratarse de diferentes géneros vegetales (tabla D y figs. 10-A, 10-B).

Finalmente los síntomas observados en términos generales son - clorosis internerval y en general una decoloración de yemas terminales, - marchitamiento, poco crecimiento y en los tratamientos de 400 y 600 ppm. de zinc de ambos géneros vegetales necrosis total.

TABLA D

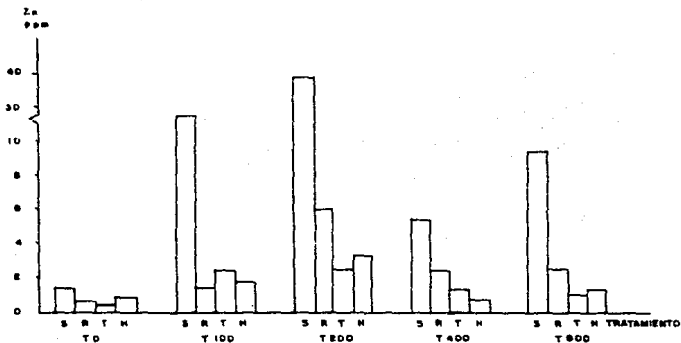
VALORES PROMEDIO DE LAS CONCENTRACIONES DETERMINADAS POR EL ESPECTRO DE ABSORCION ATOMICA DE SUELO Y PARTES VEGETALES CON APLICACION DE ZINC.
(VARIAN AUTOMATICO 1475)

E U C A L Y P T U S SP		SUELO	RAIZ	TALLO	HOJA
	TESTIGO	1.3248	0.7525	0.6448	0.8971
	100 ppm	25.3480	1.3842	2.2078	1.7990
	200 ppm	39.3245	6.0339	2.4849	3.0159
	400 ppm	5.4119	2.4691	1.3296	0.9795
	600 ppm	9.2708	2.4816	1.0155	1.2144

F R A X I N U S SP		SUELO	RAIZ	TALLO	HOJA
	TESTIGO	0.9624	1.5494	0.8811	0.3983
	100 ppm	10.5318	6.0999	1.8632	1.3119
	200 ppm	28.6750	9.9927	4.6280	1.7488
	400 ppm	5.8922	2.2160	1.3940	0.5659
	600 ppm	23.9710	6.5503	8.1493	14.8462

EUCALIPTUS sp

RELACION DE LA CONCENTRACION PROMEDIO DE ZINC EN SUELO (S), RAIZ (R), TALLO (T) Y HOJA (H).



FRAXINUS sp

RELACION DE LA CONCENTRACION PROMEDIO DE ZINC EN SUELO (S), RAIZ (R), TALLO (T) Y HOJA (H).

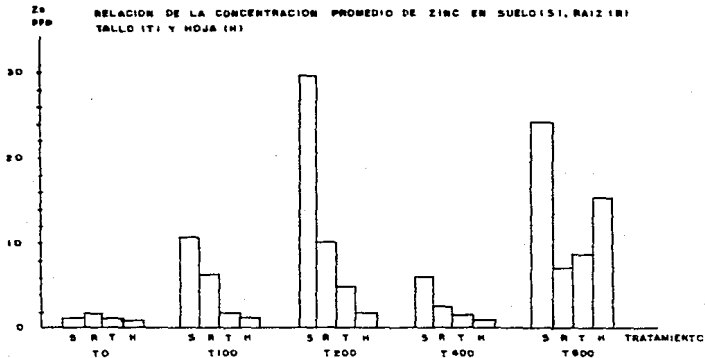
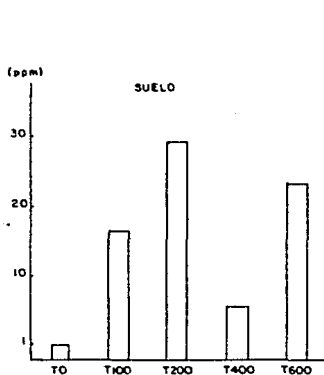


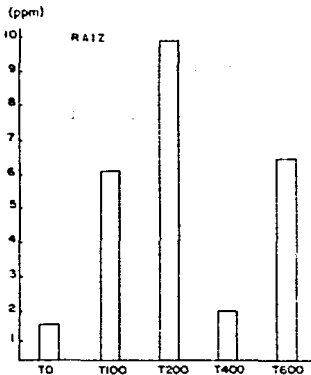
FIG-10

CONCENTRACION PROMEDIO DE ZINC EN SUELO Y TEJIDOS VEGETALES

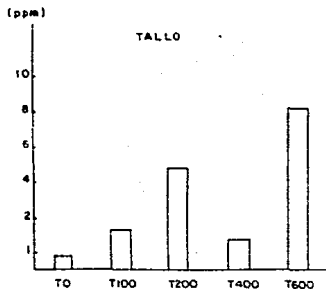
FRAXINUS SP.



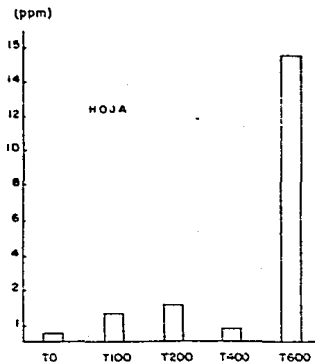
A



B



C

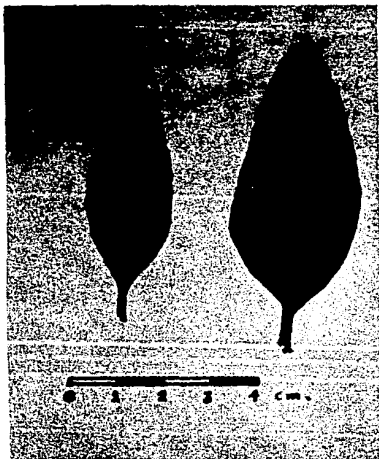


D

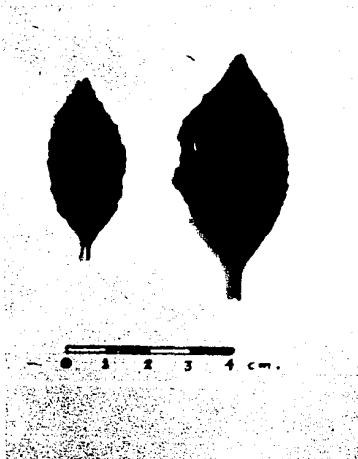
FIG-12

FOTOGRAFÍAS DE LOS EFECTOS OCASIONADOS POR ZINC EN

EUCALYPTUS sp. y FRAXINUS sp.



(A)



(B)

Hojas del género de Eucalyptus sp. (A) Y Fraxinus sp. (B) donde se observa clorosis ocasionada por el efecto del Zinc.

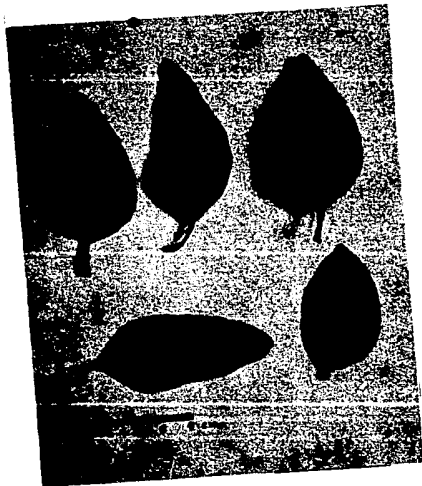


(A)



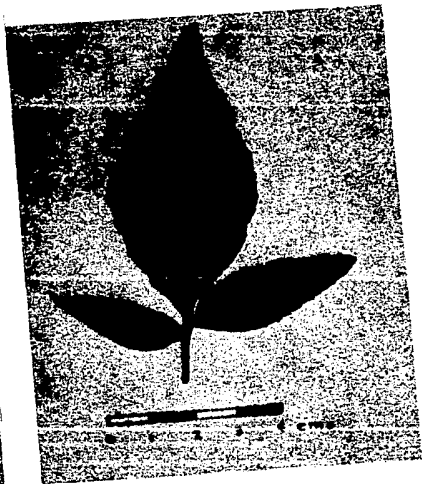
(B)

Hojas del género de *Eucalyptus* sp. (A) y *Fraxinus* sp. (B) que muestran marchitamiento ocasionado por el Zinc.



(A)

Hojas del género de Eucalyptus sp. (A) Y Fraxinus sp. (B) que muestran el efecto de necrosis ocasionado por el Zinc.



(B)

*

ANALISIS DE SUELO EXPUESTO A LA APLICACION DE ZINC.

El color del suelo permanece constante como se observa en la -
tabla E, tanto en seco (10 YR 3/2) café grisáceo muy oscuro como en húme
do (10 YR 2/1) negro, para ambos géneros vegetales.

Otro parámetro que permanece constante es la textura con suelo
franco en ambos géneros vegetales. Dado que es una característica esta -
ble, este parámetro no fue afectado aún por las diferentes concentracio
nes de contaminante.

La retención de humedad está relacionada con la textura y la -
materia orgánica, los que originan valores altos de humedad tanto en el -
suelo de Eucalyptus sp. como en el de Fraxinus sp. con relación 1:1.5 -
(suelo/agua) y 1:1.3 (suelo/agua) respectivamente, lo cual es un factor -
favorable para la disponibilidad de agua y para la asimilación de nutri
mentos.

La densidad es baja, menor de 0.85 g/ml en el suelo de -
Fraxinus sp. y Eucalyptus sp. lo que se correlaciona con el por ciento de
materia orgánica (extremadamente rico) ocasionando valores bajos en la de
terminación de dicho parámetro (Ortiz, 1984), además, es posible que co
rresponda a suelos amorfos.

Los valores de materia orgánica, se encuentran en el intervalo
de extremadamente rico, entre testigos y plantas con tratamiento en -

Fraxinus sp. y Eucalyptus sp. (tabla E). Comparando las tendencias que muestran estos géneros vegetales (figs. 13-A y 13-B) se tienen comportamientos contrarios, donde los máximos y mínimos para el suelo de Eucalyptus sp. (fig. 11-A) son en el testigo y 200 ppm. respectivamente y en el suelo de Fraxinus sp. (fig. 12-A) el máximo está en 200 ppm. y el mínimo en 400 y 600 ppm.; con respecto a estos máximos y mínimos en Eucalyptus sp. presentan relaciones contrarias en comparación a la concentración del contaminante en el suelo, y esto concuerda en cierta forma con lo reportado por Ortiz (1977) donde menciona que la materia orgánica del suelo tiende a ser antagónica con la cantidad de zinc aprovechable, aunque no por regla general ni en forma tan intensa, tal es el caso de Fraxinus sp. que no sigue esta relación ya que su variación es similar a la que presenta materia orgánica, exceptuando el tratamiento de 600 ppm.

Por otro lado, a pesar de que la materia orgánica es el principal aporte de nitrógeno, según lo mencionan varios autores entre ellos por Chavira (1977) y Millar (1979) no existe ninguna relación entre los valores, ya que los de nitrógeno en forma contraria a los de materia orgánica están en el intervalo de medianos en los suelos de ambos géneros, excluyendo el tratamiento de 400 ppm. en Fraxinus sp. que es pobre (tabla E, Anexo I). Ahora bien, al comparar los valores de nitrógeno y las concentraciones promedio del metal en el suelo, no existe una relación gráfica definida, además, de que hay similitud con los testigos sobre todo en Fraxinus sp., pero existen puntos en el género de Eucalyptus sp. (200 ppm.) y en Fraxinus sp. (400 ppm.) en los cuales no se descarta una posible relación N/Zn (figs. 13-A, 13-B y 11-A, 12-A). Siendo una de ellas, la formación de compuestos solubles cuando el zinc se presenta

como ZnO , $ZnSO_4$ que son insolubles (Mortveit, et. al., 1953) consideran - do el pH.

El pH determinado en la solución del suelo está en el intervalo ligeramente alcalino para ambos géneros vegetales, (tabla E y Anexo I) - por lo que la aplicación del contaminante no modifica este parámetro ya - que en testigos y tratamientos el pH es similar, (figs. 14-A y 14-B) sien - do así adecuado para la asimilación de nutrientes. Al comparar las con - centraciones promedio del metal en el suelo con el pH, se tiene una rela - ción contraria al tomar en cuenta lo reportado por Mascareño (1975) donde el aprovechamiento de zinc por las plantas se va reduciendo a pH mayores - que 6; además, forman compuestos insolubles quedando retenidos en el sue - lo en forma no extraíble, que se considera fijada, y de este modo se tie - ne que cierta parte del zinc queda en forma no disponible para las plan - tas (Ortiz, 1979). Esto se comprueba al comparar las concentraciones pro - medio del metal en tejidos vegetales, donde la cantidad de zinc acumulada va disminuyendo conforme es translocado desde el suelo hasta las hojas.

En el parámetro de fósforo se tienen suelos con valores que - están en el intervalo de pobres en la mayoría de los casos, exceptuando - el testigo y los tratamientos de 100 y 200 ppm., Eucalyptus sp. los cua - les son medianos en fósforo (Anexo I). Ahora bien, en Eucalyptus sp. - como en Fraxinus sp. (figs. 15-A y 15-B) las concentraciones menores de - fósforo se encuentran en los tratamientos de 400 y 600 ppm. de zinc lo - que probablemente se deba a necesidades en el metabolismo de las plantas, debido a que en estos dos tratamientos fueron los más afectados por el - zinc causando inclusive la necrosis, así mismo, el contenido de fósforo -

aprovechable de un suelo es inverso al contenido de zinc aprovechable, - debido a la formación de fosfatos insolubles de zinc, originando deficiencias en las plantas (Ortiz, 1977) por lo que en este caso la asimilación de fósforo fue limitada por el metal.

Los valores de C.I.C.T. no difieren en gran proporción entre - los dos géneros al igual que los valores teóricos respectivos (Anexo V).- Al comparar gráficamente los testigos con los tratamientos en cada género, (figs. 14-A y 14-B) se tiene en los primeros los más altos valores de C.I.C.T. mostrando en Fraxinus sp. la tendencia a disminuir (2 meq/100 g.- suelo) conforme se incrementa el tratamiento. Esta pequeña disminución - no es causada por la presencia del zinc según lo reportado por Mascareño- (1975), el cual menciona que a pesar de que el zinc es capaz de sustituir al magnesio dentro de los tetrahedros de las arcillas, no reduce la C.I. C.T. En Eucalyptus sp. la tendencia a la disminución es de solo una unidad respecto al testigo manteniéndose constante posteriormente en todos - los tratamientos. Comparando las tendencias de los valores de C.I.C.T. y las concentraciones promedio del metal en el suelo, no se presenta ninguna similitud en ambos géneros.

A pesar de que la materia orgánica influye grandemente sobre la C.I.C.T., no existe ninguna correlación entre los comportamientos que presentan (figs. 13-A, 13-B y 14-A, 14-B), se considera entonces que el resultado de ésta es la variación entre materia orgánica y arcilla.

La relación de acuerdo al pH y la C.I.C.T., presenta una similitud, observándose más en el suelo de Eucalyptus sp.

Los carbonatos son un constituyente natural de los suelos, que dependen del intervalo de pH, los cuales en este caso no se detectaron en ambos géneros (tabla E), debido a que la lectura del valor de pH del extracto no fue en ningún caso mayor de 9, en cambio los bicarbonatos se encontraron debido a que el intervalo de pH es ligeramente alcalino permitiendo su presencia.

El valor de bicarbonatos determinados se mantienen constantes (0.616) (fig. 16-A, 16-B) en el suelo de Eucalyptus sp. y Fraxinus sp. tanto en testigos como en tratamientos. Así mismo, no se considera su concentración elevada debido a que es próximo al valor reportado por Chavira (1980) de 0.4 meq/100 g. de suelo con pH no mayor de 7. Finalmente por presentar este parámetro un valor constante, no permite hacer una relación con el contaminante.

En lo concerniente a calcio, está considerado como extremadamente rico, incluyendo los testigos (tabla E, Anexo I); y encontrándose en estos últimos en mayor cantidad de calcio y las menores se encuentran en los tratamientos de 100 ppm., por lo tanto a partir de este punto se presenta la tendencia de incremento en relación a la dosis del contaminante (figs. 17-A, 17-B). Ahora bien, al comparar las concentraciones promedio de zinc en el suelo, se observa un comportamiento contrario con el calcio, debido tal vez a la competencia por ser iones divalentes.

El magnesio determinado se encuentra en un intervalo de extremadamente rico, y en términos generales, los más altos están en el suelo de Eucalyptus sp. no existiendo analogía con el suelo de Fraxinus sp. (figs.

17-A y 17-B) tampoco se da en ambos una relación con la cantidad del contaminante aplicado, pero se presenta con la porción del metal del suelo - (figs. 11-A y 12-A), siendo contraria con el magnesio en Eucalyptus sp. y Fraxinus sp. Las concentraciones de magnesio en el suelo, mínima y máxima para Eucalyptus sp. son en el tratamiento de 200 ppm. y testigo; y para Fraxinus sp. en los tratamientos de 600 y 400 ppm. respectivamente.

En lo que concierne a la relación Ca/Mg, se tiene que las concentraciones de magnesio son mayores a las de calcio pero de manera general se encuentran en una relación aproximada de 1:1, que no está acorde con lo reportado por Ortíz (1977) para suelos normales en donde el calcio es mayor que el magnesio en relación de 5 ó 6:1 respectivamente. Estos dos elementos por ser divalentes, están en íntima competencia con el zinc siendo que éste reduce las concentraciones de calcio y de magnesio (Herbert, 1971). Si se compara el comportamiento de las concentraciones de estos elementos y las del contaminante en el suelo, tanto en Eucalyptus sp. como en Fraxinus sp. se observa que son antagónicos en forma más o menos general (figs. 17-A y 17-B), por lo que se podría inferir que el alto contenido de calcio y magnesio probablemente se deba al bloqueo del contaminante en la raíz evitando la asimilación de estos nutrientes por parte de ambos géneros vegetales.

El contenido de potasio del suelo de los dos géneros vegetales están en el intervalo de pobre, lo cual no es muy común encontrar esta deficiencia en los suelos de México (Ortega, 1977). De manera general en el suelo de Fraxinus sp. se presentaron las menores concentraciones de este elemento (tabla E), y la tendencia que presenta el contenido de

ambos géneros es a disminuir conforme la dosis del contaminante aumenta, -
exceptuando en los tratamientos de 400 y 500 ppm. en Fraxinus sp. (fig. -
18-A) y en el tratamiento de 600 ppm. en Eucalyptus sp. (fig. 18-B) donde
se dió la necrosis de las plantas, siendo estos valores superiores con -
respecto al mínimo; posiblemente a que el potasio no fue absorbido en -
ambos géneros.

Para los valores de potasio y sodio se establece una relación -
similar en los suelos de Eucalyptus sp. y Fraxinus sp., exceptuando los -
puntos de los tratamientos de 600 ppm. de los mismos, que son opuestos -
(figs. 18-A y 18-B).

Para sodio tomando en cuenta el valor de la conductividad eléc-
trica (menor de 4 mmhos/cm) y el valor de pH (medianamente a ligeramente-
alcalino), los suelos se consideran normales, es decir, que la concentra-
ción en la que se presenta el sodio no afecta al crecimiento.

En las determinaciones de cloro se tiene, que los valores del -
suelo con tratamiento e inclusive los testigos, están bajos a pesar de -
que el cloro es producto del aporte realizado por la materia orgánica -
(Ortiz, 1975) y en este caso a la adición del cloruro de zinc ($ZnCl_2$), -
cabe mencionar que las cantidades no representan a la dosis aplicadas -
como tampoco al contenido de materia orgánica, ya que posiblemente se -
haya perdido cloro por lixiviación o bien tener relación con la asimila-
ción del contaminante por las plantas, en forma de radical aniónico senc-
llo (Ortiz, 1984), aunque el cloro entra de manera natural en el metabo-
lismo de las plantas, siendo requerido en muy pequeñas dosis, en exceso -

puede causar toxicidad (Chavira, op. cit.).

Al analizar los valores del cloro (figs. 16-A y 16-B) (tabla E), se tiene que el tratamiento de 200 ppm. en el suelo de Eucalyptus sp. y en el tratamiento de 600 ppm. en el suelo de Fraxinus sp., presentan las concentraciones más bajas, y es ahí donde se encuentra la mayor acumulación del metal en el suelo y tejidos vegetales (figs. 10-A y 10-B). El comportamiento que presenta los valores de cloro, se pueden correlacionar con la concentración promedio del contaminante encontrada; como se puede observar en las figuras (11-A y 12-A), siendo contrarios entre sí.

TABLA E

VALORES PROMEDIO DE LOS PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS PARA EL SUELO CON APLICACION DE ZINC

PARAMETRO	COLOR (SECO)	COLOR (HUMEDO)	TEXTURA % ARCILLA MO % MO ARENA % MO	CLASE TEXTURAL	DENSIDAD APARENTE g/cc	RETENCION DE HUMEDAD % (100g)	MATERIA ORGANICA %	NITROGENO %	C.I.C.T. mg/100g	FOSFORO TOTAL ppm	pH H ₂ O	pH KCl 1:2.5	Ca++ mg/100g	Mg++ mg/100g	Cl ⁻ mg/100g	HCO ₃ ⁻ mg/100g	CO ₃ ²⁻ mg/100g	Na+ ppm	K+ ppm	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA mhos/cm
-----------	--------------	----------------	---	----------------	------------------------	-------------------------------	--------------------	-------------	------------------	-------------------	---------------------	--------------	--------------	--------------	-------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------	--------	---------------------------------

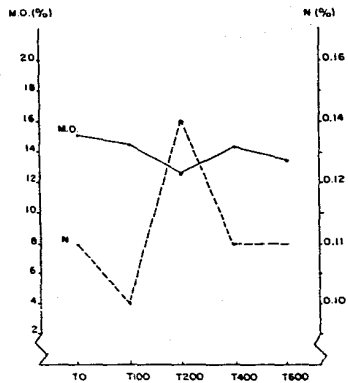
E C A L I T U S M	TESTIGO	10 YR 3/2 CAPE GRISACEO	10 YR 2/1 NEGRO	14 42 44	FRANCO	0.715	172.5	15.89	0.117	30.0	5.80	7.7	6.2	8.0	13.73	0.80	0.818	NO SE DETECTO	134.04	40.14	0.53 x 10 ⁶
	100ppm	10 YR 3/2 CAPE GRISACEO	10 YR 2/1 NEGRO	14 38 48	FRANCO	0.703	160.0	14.80	0.104	28.0	6.07	7.4	6.1	3.8	12.73	0.80	0.818	NO SE DETECTO	115.8	35.35	1.74 x 10 ⁶
	200ppm	10 YR 3/2 CAPE GRISACEO	10 YR 2/1 NEGRO	12 42 46	FRANCO	0.716	159.6	12.83	0.143	26.0	3.91	7.8	6.1	6.6	11.88	0.48	0.818	NO SE DETECTO	110.1	36.41	0.93 x 10 ⁶
	400ppm	10 YR 3/2 CAPE GRISACEO	10 YR 2/1 NEGRO	14 38 48	FRANCO	0.730	150.0	14.64	0.117	28.0	3.88	7.3	6.1	7.7	13.05	1.12	0.818	NO SE DETECTO	114.8	35.88	1.78 x 10 ⁶
800ppm	10 YR 3/2 CAPE GRISACEO	10 YR 2/1 NEGRO	14 36 50	FRANCO	0.700	140.0	13.49	0.117	28.0	4.30	7.0	6.1	7.8	13.10	1.12	0.818	NO SE DETECTO	104.7	40.88	1.98 x 10 ⁶	

F R A X I N U S M	TESTIGO	10 YR 3/2 CAPE GRISACEO	10 YR 2/1 NEGRO	12 40 48	FRANCO	0.720	122.5	13.85	0.117	32.0	4.42	7.4	6.8	10.2	12.88	1.35	0.818	NO SE DETECTO	114.5	38.01	0.58 x 10 ⁶
	100ppm	10 YR 3/2 CAPE GRISACEO	10 YR 2/1 NEGRO	14 42 44	FRANCO	0.720	133.3	14.23	0.104	31.0	4.30	7.5	6.5	7.2	12.48	1.33	0.818	NO SE DETECTO	106.0	33.88	1.17 x 10 ⁶
	200ppm	10 YR 3/2 CAPE GRISACEO	10 YR 2/1 NEGRO	16 42 42	FRANCO	0.730	143.3	15.02	0.117	30.0	4.50	7.4	6.5	7.7	12.3	0.90	0.818	NO SE DETECTO	89.6	29.87	1.6 x 10 ⁶
	400ppm	10 YR 3/2 CAPE GRISACEO	10 YR 2/1 NEGRO	12 44 44	FRANCO	0.728	140.0	13.49	0.091	30.0	4.23	7.4	6.8	8.3	14.2	0.80	0.818	NO SE DETECTO	107.8	33.22	1.91 x 10 ⁶
800ppm	10 YR 3/2 CAPE GRISACEO	10 YR 2/1 NEGRO	14 40 48	FRANCO	0.700	150.0	18.49	0.117	28.0	3.90	7.0	6.8	8.0	11.5	0.48	0.818	NO SE DETECTO	95.8	33.75	2.0 x 10 ⁶	

INFLUENCIA DEL ZINC EN LOS PARAMETROS QUIMICOS DEL SUELO

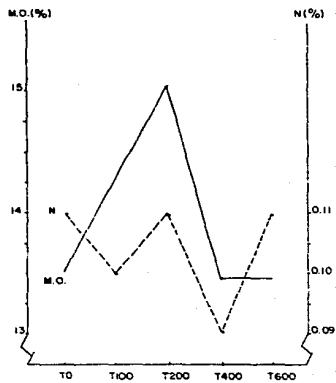
EUCALYPTUS SP

FRAXINUS SP



A

RELACION MATERIA ORGANICA - NITROGENO



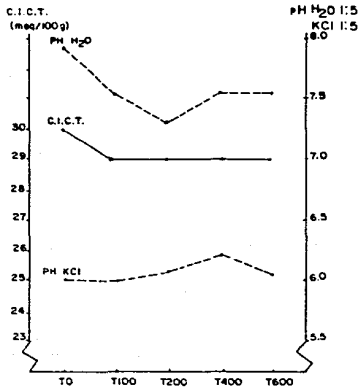
B

FIG - 13

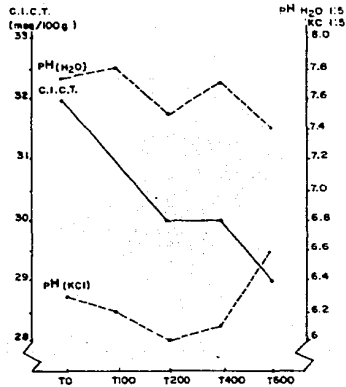
INFLUENCIA DEL ZINC EN LOS PARAMETROS QUIMICOS DEL SUELO

EUCALYPTUS SP

FRAXINUS SP



A



B

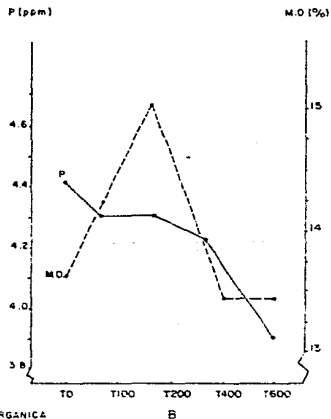
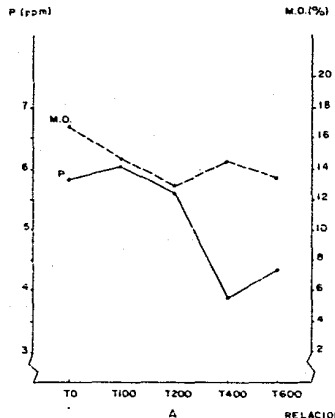
RELACION CAPACIDAD DE INTERCAMBIO
CATIONICO TOTAL PH (H₂O-KCl)

FIG - 14

INFLUENCIA DEL ZINC EN LOS PARAMETROS QUIMICOS DEL SUELO

EUCALYPTUS sp

FRAXINUS sp



RELACION FOSFORO-MATERIA ORGANICA

FIG - 15

INFLUENCIA DEL ZINC EN LOS PARAMETROS QUIMICOS DEL SUELO

EUCALYPTUS sp.

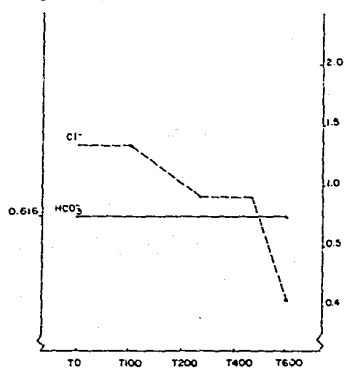
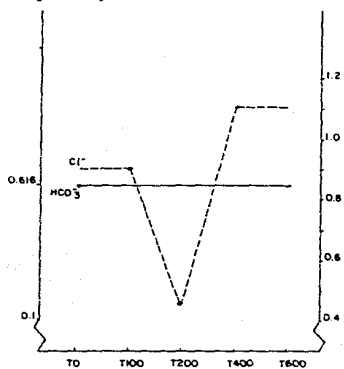
FRAXINUS sp.

HCO₃⁻ (meq/100g)

Cl⁻ (meq/100g)

HCO₃⁻ (meq/100g)

Cl⁻ (meq/100g)



RELACION BICARBONATOS - CLORUROS

FIG - 16

INFLUENCIA DEL ZINC EN LOS PARAMETROS QUIMICOS DEL SUELO

EUCALYPTUS SP

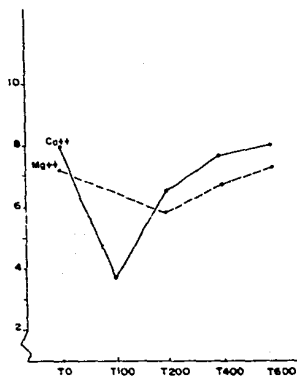
FRAXINUS SP

Ca⁺⁺
(meq/100g)

Mg⁺⁺
(meq/100g)

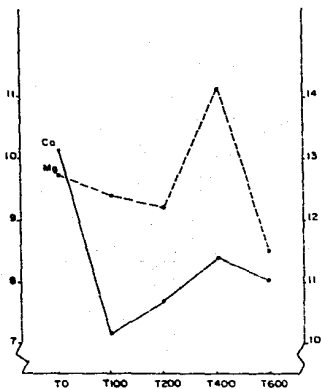
Ca⁺⁺
(meq/100g)

Mg⁺⁺
(meq/100g)



A

RELACION CALCIO-MAGNESIO



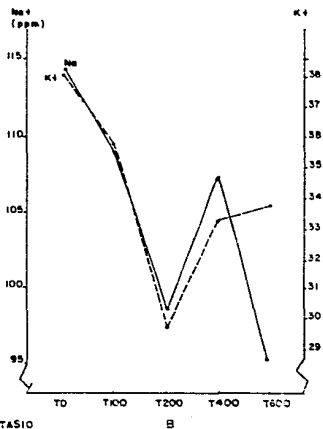
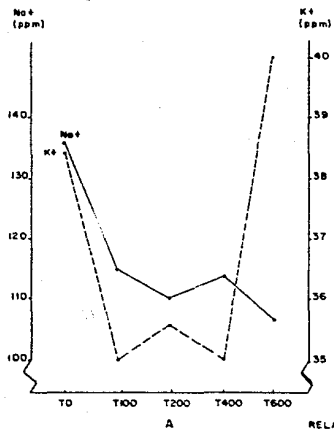
B

FIG-17

INFLUENCIA DEL ZINC EN LOS PARAMETROS QUIMICOS DEL SUELO

EUCALYPTUS SP

FRAIXINUS SP



RELACION SODIO - POTASIO

FIG - 18

ANALISIS ESTADISTICO DE CADMIO Y ZINC.

ANALISIS ESTADISTICO.

Con los resultados de los parámetros químicos y los valores de las concentraciones de los metales en el suelo y tejidos vegetales, se realizó el análisis multivariado de Fisher, modificado por Wilks, con un criterio de clasificación, para encontrar variables estadísticamente diferentes ($\alpha=0.5$; 4.7 y 10 g.l.). Las semejanzas entre grupos se analizaron bajo la prueba de intervalos múltiples, con el criterio de mínima-diferencia significativa al 1% "Tukey". El análisis fue tomado del SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), establecido por Nie, et al., (1975) y realizado en la computadora Burroughs Large Systems SPSS - de la U.N.A.M.

En suelo con aplicación de cadmio, que contuvo al género Eucalyptus sp., se encontró que los parámetros influenciados por la presencia del metal, cuya variación es significativa son: C.I.C.T. en los tratamientos de 75, 100 y 150 ppm.; Nitrógeno en los tratamientos de 50, 75 y 100 ppm.; y Sodio en las aplicaciones de 50 y 75 ppm.; en los parámetros restantes no existe diferencia significativa. Ahora bien, al evaluar la variación de la acumulación del metal se tiene que para el suelo tallo y hoja, las aplicaciones de 50, 75 y 100 ppm. la fijación y absorción es similar y es diferente en 150 ppm. en todos ellos. En raíz por lo tanto debido a que la variación no es significativa estadísticamente, la absorción es independiente de la cantidad aplicada.

Por otro lado en el género de Fraxinus sp. los parámetros con-diferencia significativa con C.I.C.T., en los tratamientos de 50, 75 y -

150 ppm.; y Nitrógeno, en los tratamientos de 75, 100 y 150 ppm. Con respecto a la variabilidad de la acumulación del cadmio en el suelo, existe diferencia significativa para cualquier concentración aplicada del metal, mostrando una acumulación promedio similar en los tratamientos de 75, 100 y 150 ppm. de cadmio; así mismo, se encontró que en raíz, tallo y hoja no hay diferencia significativa en todos los tratamientos; por lo que se podría decir que la asimilación en Fraxinus sp. no depende de la dosis agregada más bien dependerá de la capacidad de absorción de la planta.

Con lo que respecta al suelo que fue tratado con zinc y que contuvo al género Eucalyptus sp., los parámetros cuya variabilidad es significativa son: Fósforo, en los tratamientos de 400 y 600 ppm.; Calcio, en el tratamiento de 100 y 200 ppm.; Potasio, en los tratamientos de 100, 200 y 400 ppm.; y en Sodio, existe diferencia significativa en todos los tratamientos. Así mismo, para la variabilidad de la acumulación del zinc es significante, tanto en tallo como en hoja en los tratamientos de 100 y 200 ppm no existiendo diferencia significativa en suelo y raíz en los tratamientos.

Ahora bien, para el suelo del género Fraxinus sp., los parámetros con diferencia significativa son: pH en los tratamientos de 600 ppm.; Calcio en los tratamientos de 100, 200 y 600 ppm.; Magnesio, en 100, 200 y 600 ppm.; Sodio, en 200 y 600 ppm. Para suelo, raíz, tallo y hoja no hay diferencia significativa en los tratamientos.

Finalmente, no fue posible realizar una comparación entre el - análisis biológico y estadístico, ya que para el primero una variación - aunque sea mínima es importante en el desarrollo de ambos géneros vegetales y para el segundo, estadísticamente resulta no serlo.

CONCLUSIONES

CADMIO.

- Los efectos ocasionados por el cadmio en ambos géneros vegetales son: marchitamiento, clorosis, ondulamiento, moteado amarillento y deformación en nervadura y bordes.
- Las concentraciones acumuladas en suelo y tejidos vegetales son radicalmente bajos en relación a las aplicadas.
- La cantidad de metal en suelo es mayor que en tejidos vegetales.
- La raíz es el tejido que muestra más acumulación del metal con respecto a tallo y hoja, disminuyendo la concentración del metal conforme se transloca.
- En Eucalyptus sp. existe la tendencia de acumular el metal conforme se incrementa la concentración aplicada.
- En Fraxinus sp. se acumula en términos generales mayor cantidad del contaminante (Cd), por lo que es más sensible para mostrar los efectos.
- En Eucalyptus sp. y Fraxinus sp., los parámetros que presentan en cierta medida una influencia directa son: materia orgánica, nitrógeno, pH, fósforo, calcio, magnesio, cloruros, bicarbonatos, y de manera indirecta: retención de humedad, C.I.C.T., potasio y los menos afectados que no muestran indicios de alteración son: color, textura y sodio.

ZINC.

- Los síntomas observados en general y en ambos géneros vegetales son: clorosis, decoloración de yemas terminales y marchitamiento.
- Solo se presentó necrosis en los tratamientos de 400 y 600 ppm. de zinc, en Eucalyptus sp. y Fraxinus sp.
- La mayor acumulación del metal en suelo y partes vegetales es en el tratamiento de 200 ppm. en Fraxinus sp. y Eucalyptus sp.
- Las concentraciones acumuladas en suelo y tejidos vegetales, son bajas en relación a las aplicadas.
- La cantidad del metal en suelo es mayor que en tejidos vegetales.
- La raíz es el tejido que muestra más acumulación del metal con respecto al tallo y hoja y disminuye conforme se transloca, exceptuando el tratamiento de 600 ppm. de Fraxinus sp., donde sucede lo contrario.
- Los tratamientos de 400 y 600 ppm. en Eucalyptus sp., las concentraciones son similares en suelo y partes vegetales por lo que la asimilación depende de la planta y no de la concentración aplicada como ocurre en Fraxinus sp.
- En Eucalyptus sp. y Fraxinus sp., los parámetros que presentan en cierta medida una influencia directa son: materia orgánica, pH, C.I.C.T., Calcio, magnesio, potasio, fósforo, sodio y cloro; de manera indirecta: color, nitrógeno, carbonatos y bicarbonatos y el menos afectado es la textura.

BIBLIOGRAFIA

- ALLISON, L.E. et. al. 1962. Diagnóstico y Rehabilitación de suelos Salinos y Sódicos. Edit. Limusa 5a. Edición. México, D.F.
- A.P.H.A. 1976. Standart Methods for Examination of Water and Wastewater. American Public Association. Washington, D.C.
- ARTEAGA, M y GAVILAN G.M.L. 1984. Determinación Analítica Cuantitativa de Metales Pesados del Socioecosistema Impactado por acumulación de desechos urbanos de Sta. Cruz Meyehualco, D.F. 8º semestre. E.N.E.P. "Zaragoza", U.N.A.M., México, D.F.
- ARZATE, T.S., et. al., 1985. Evaluación de los efectos provocados por cadmio (elemento metálico), como contaminante, en Eucalyptus sp y Fresno sp. así como en el suelo, bajo condiciones de invernadero (durante un periodo, Diciembre de 1984 a Marzo de 1985). 8º semestre. E.N.E.P. "Zaragoza", U.N.A.M., México, D.F.
- ATKINSON, D., et. al. 1980. Mineral Nutrition of Fruit Trees, Butterworths, Boston, U.S.A.
- BAES, C.P. and MESMER, R.E., 1976. The Hydrolysis of Cation. Wiley Interscience, New York, U.S.A.
- BARROS, J., et. al. 1977. Contaminación y Derecho Internacional. Edit. Marymar. Argentina.
- BIDWELL, R.G. 1974. Plantphysiology. Ed. Mc. Millan. New York. U.S.A.

- BINHAM, F.T., et. al., 1976. Cadmium Availability to rice in sludge - amended soil under flood and non flood culture. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 40:715 - 718.
- BINHAM, F.T., et. al., 1979. Effect of Liming on acid soil amended with - sewage sludge enriched with Cd, Co, Ni and Zn on yield and - Cadmium content of wheat grain. J. Environ. Qual. 8:202 - 207.
- BINHAM, F.T., et. al., 1986. Influence of Chloride Salinity on Cadmium- uptake by Swiss Chard. Soil Sci. 135:160 - 165.
- BINHAM, F.T., et. al., 1984. The Effect of Chloride on the availability of Cadmium. Journal Environ Qual. 13:71 - 74.
- BINHAM, F.T., SPOSITO, G. and STRONG, J.E., 1986. The effect of Sulfate on The Availability of Cadmium. Soil Sci. Vol. 141 No. 2 - February. U.S.A.
- BORGES, A.C. and WOLLUM, A.G., 1981. Efecto del Cadmio en las plantas - simbióticas del frijol de soya. Journal Environ. Qual. No. 2 - Vol. 10 126-220 pág.
- BOTELLO, A.B., 1982. La Contaminación en el Mar. Ciencia y Desarrollo. CONACYT No. 43. Año VIII, México, D.F., pág. 95.
- BUCHAVER, M.J., 1971. Effect of Zinc and Cadmium Pollution on - Vegetation and Soil. Rutgers-The State Univ. New Brunswick, N.- J., Dept. of Botany, Tesis (Ph. D.), Ann Arbor, Mich., Univ. - Microfilm Inc., 1971, 44p., 106 refs.

- CAJUSTE, J.L., 1977. Química de suelos con un enfoque agrícola. Editado por el Colegio de Postgraduados, Chapingo, UACH, México, D.F., pág. 278.
- CANCINO, D.J., 1984. Determinación Cuantitativa de Cadmio en suelos Impactados por Desechos Sólidos del Ex-tiradero Sta. Cruz Meyehualco, Tesis Inédito. E.N.E.P. "Zaragoza", México, D.F.
- CARCAMO, C.M., 1983. Relación Suelo-Vegetación en el Municipio de Ixtapán de Juárez, Oaxaca. Tesis Inédito. E.N.E.P. "Zaragoza", U.N.A.M., México, D.F.
- CASTAÑEDA, R. et. al., 1979. Simposium sobre Problemas Ambientales en México. Memorias IPN 3-6 de Diciembre. COPEA. ENCB. México, D.F., pág. 417.
- CHANG, F.H. and BROADBENT, F.E., 1982. Influence of Trace Metals on some Soil Nitrogen Transformation. Journal Environ. Qual.
- CHAPMAN, M.A. et. al., 1979. Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas. Ed. Trillas. México, D.F.
- CHAVIRA, R.J. et. al., 1980. Comportamiento Físico-Químico del Suelo y del Agua. 2a. ed. SARH. Tomo II Comportamiento Químico. Sina - loa., México. pág. 375.
- COCHRAN, W., 1981. Diseños Experimentales. Ed. Trillas, México, D.F.

- CORTES, L.B., et. al., 1985. Evaluación de los efectos provocados por -
contaminantes metálicos (Zinc) en las especies vegetales -
Fresno sp. y Eucalyptus sp., así como en el suelo, bajo condi -
ciones de invernadero, durante el período Diciembre 1984 a Mar -
zo, 1985. 8º semestre. E.N.E.P. "Zaragoza", U.N.A.M., México, -
D.F.
- DUKSHOORN, L.W., BROCKHOWEN, V. and J.E.M. LAMPE, 1979. Phytotoxicity -
of Zn, Ni, Cd, Pb, Cu, Cr in three pasture plant species -
supplied with graduated amount of Soil. Nether lands Journal -
Agric. Sci. 27: 241 - 253.
- ERNST, W., 1979. Physiological and Biochemical aspects of metal -
tolerance. Botany Journal Vol. 4, No. 14. U.S.A. pp 115-128.
- FASSBENDER, H.W., 1978. Química de Suelos. Ed. IICA. San José, Costa -
Rica. pág. 380.
- FUNDORA, H.O., et. al., 1979. Agroquímica. Ed. Pueblo y Educación, la -
Habana. pág. 417.
- GAVANDE, S.A., 1973. Física de Suelos. Ed. Limusa. México, D.F., pág. -
351.
- GONZALEZ, A.L., 1983. La Difeniltiocarbazona como Reactivo de Análisis -
de Inorgánica, Facultad de Química., U.N.A.M. Tesis Inédito. -
México, D.F., pág. 14-18, 41-42, 84-87, 174-176.

- GONZALEZ, C.A., 1978. Métodos para el Análisis Físicos y Químicos de Suelos, Aguas y Plantas, SARH. Subdivisión de Agrología. Publicación No. 10 2a. Edición., México, D.F.
- GRANDE, L.R., 1975. Método de Análisis Físicos y Químicos en Suelos Agrícolas con fines Agroeconómicos y de Fertilidad. UASP. México, D.F.
- HALL, D.A., 1953. Estudios Científico de Suelo. Aguilar, S.A., de Ediciones España.
- HERBERT, F.L., 1971. Industrial Pollution Control Hand book. Ed. Mc. Grawhill Book Company, E.U.A.
- HODGES, L., 1977. Environmental Pollution. Rinehart and Winston. U.S.A. México.
- Información Ciencia y Tecnología. ANONIMO., 1981. Contaminación Ambiental. CONACYT. Vol. 3 No. 49 Barcelona, España.
- JACKSON, M.L., 1976. Análisis Químico de Suelos. Editorial Omega. 3a. Edición. Barcelona, España.
- KELLY, J.M., PORKER, G.R. and Mc. FED., W.W., 1979. Heavy Metal Accumulation and growth of seedlings of live forest species as influences by soil cadmium leves. Journal Environ Quality. Vol. 8 no. 3., pág. 361-364.
- LLERA, D.E., 1980. Temas para un futuro Biológico, U.N.A.M., México, D.F., pág. 517.

- MAHLER, R.J., et. al., 1980. Cadmium enriched sewage sludge application to acid and calcareous soils: Relation between treatment, Cadmium in saturation extracts, and cadmium uptake. Journal Environ Qual. 9:359 - 364.
- MAHLER, R.J., et. al., 1982. Cadmium enriched sewage sludge application to acid and calcareous soils: Effects on soil and nutrition of lettuce, corn, tomato and swiss chard., Journal Environ Qual. 11:694 - 700.
- MARTIN, G.J., 1951. Biology Antagonis the Plakiston Company, Inc. Toronto. pág. 516.
- MARTINEZ, G.J.M., 1979. Contaminación de Alimentos por Metales Pesados. Tesis Inédito. Facultad de Química. U.N.A.M., México, D.F.
- MASCAREÑO, C.F., 1975. Contenido de Suelos y Productos Agrícolas. Tesis Inédita. Colegio de Posgraduados, UACH., México, D.F.
- Memorias I Reunión Nacional sobre Contaminación Ambiental, Vol. II, 1973. Unidad de Congreso, México.
- MILES, L.J. and PARKER, G.R., 1980. Effect of soil Cd. addition on germination of native plant species. Plant and Soil. 54:243 - 247.
- MILLAR, C.F., et. al., 1980. Fundamentos de la Ciencia de Suelos. Ed. CECSA., México, D.F.

- MITCHELL, G.A., BINGHAM, F.T., PAGE., 1978. Field and Metal Composition of lettuce and wheat grown on Soils amended with sewage sludge-enriched whith Cd, Cu, Ni and Zn. Journal Environ Qual. Vol. 7 No. 2 pp. 165 - 170.
- MONTES, 1981. Eucalipto en la Repoblación Forestal. FAO SARH. No. II. - México, D.F., páag. 417.
- MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M. and LINDSAY, W.L., 1972. Micronutrients - in Agriculture Soil. Sci. Society of America, Inc. Madison, - Wisconsin, U.S.A. pp. 666.
- MORTVEDT, J.J., MAYS, D.A. and OSBORN, G., 1981. Uptake by wheat of - Cadmium and other heavy metal contaminants in phosphate - fertilizer. Journal Environ Qual. Vol. 10 No. 2 pp. 193 - 197.
- MORTVEDT, J.J., 1985. Planta Uptake of heavy metals in Zn fertilizers - made from industrial by-products Journal Environ Qual. 14:424 - 427.
- MUNSELL, 1954. Soil color Chart. Edicion Munsell Color Company. Inc. - Baltimore 2. Mary yand. U.S.A.
- NIE, N.H., et. al., 1975. Statistical Package for the Sciences. Edit. - Mc. Graw-Hill, 2a. Edicion. U.S.A.
- ORTEGA, T.E., 1978, Química de Suelos. UACH. PATENA. Chapingo, Méxi - co, D.F.

- ORTIZ, V.B., 1975. Edafología. UACH. Chapingo, México.
- ORTIZ, V.B., 1977. Fertilidad de Suelos. UACH. Chapingo, México, D.F.
- ORTIZ, V. y ORTIZ, B., 1984. Edafología. 4a. Ed. UACH. Suelos Chapingo, México, D.F., pág. 374.
- PELL, E. 1979. Hawaii pollutants induce disease in: plant disease and advanced trefice (horsfall, J. G. and Cowling, E.B. eds) - Academic Press New York., Vol. 4 pp. 273 - 293.
- REGGIE, J., et. al., 1963 Fertilización de Suelos. Esc. Nac. de Agricultura. Colegio de Postgraduado de Chapingo, Chapingo. México.
- RIVERO, B.I., 1983. Estudio Preliminar de Contaminación por Cd, Cr, Hg y Pb del suelo expuesto anteriormente a riego con aguas de desechos industriales, así como, su efecto sobre los cultivos - presentes en Xochitecatitla, Tlaxcala. E.N.E.P. *Zaragoza*. - U.N.A.M., México.
- ROSAS, I., et. al., 1980. Eichhernia crassipes como indicador de la presencia de cadmio. Revista Geofísica. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. No. 2 Ciencias de la Atmósfera. U.N.-A.M.
- RODRIGUEZ, G.P., Manual de Prácticas de Laboratorio de 7º semestre. - E.N.E.P. *Zaragoza*. U.N.A.M., México, D.F.
- RUIZ, B.A., et. al., 1979. Prácticas de Laboratorio de Química de Suelos. UACH. Chapingo, México, D.F.

- RUSELL, W.E., 1968. Las condiciones de Suelo y el crecimiento de las -
Plantas. Ed. Aguilar, México, D.F.
- SALVAT, 1964. La contaminación. Salvat editores, S.A., España.
- SARASOLA, A., SARASOLA. M.R., de 1978. Fitología, Curso Moderno Ed. -
Hemisferio Sur. Argentina.
- STOKER, H.S., 1976. Enviromental Chemistry: Air and Water Pollution -
Co. Foresma and Company. U.S.A.
- STOKER, S.T., 1981. Químico Ambiental: Contaminación del Suelo, Aire y
Agua. Blume, España.
- STROBBE, M.A., 1973. Orígenes y Control de la Contaminación Ambiental.-
Ed. CECSA. México, D.F.
- SUTCLIFFE, J., 1979. Las plantas y las sales minerales. Ed. Omega. -
Madrid, España.
- TAMHANE, R.V., et. al., 1979. Suelos, su química y fertilidad en zonas-
tropicales. Ed. Diana. México, D.F.
- THOMPSON, L.M., 1978. El Suelo y su Fertilidad, REVERTE, Barcelona. -
España. pp. 407.
- TILLER, K.G., et. al., 1976. Some metals in selected vegetable -
purchased in the Adelaide Metropolitan Area Division of Soil -
Divisional. Report No. 14 Commonwealth Scientific and -
Industrial Research Organitation. Australia.

- TISDALE, A. y SARASOLA, M.R. de, 1974. Centro de información de Zinc y Plomo, A.C., México, D.F.
- ULAMIS, J., et. al., 1985. Zinc and Cadmium uptake by barley in field plots fertilized seven years with urban and suburban sludge. - Soil. Sci. 139-1 U.S.A. pp. 81- 87.
- VALDARES, J.M.A.S., et. al., 1973. Some Heavy metals in Soil treated with sewage sludge, Their effects on yield and Their uptake - Plants. Journal Environ Qual. 12: 45 - 47.
- VISCAINO, F.M., 1975. La contaminación en México, Fondo de Cultura Económica, México, D.F. pp. 414.
- WALPOLE, R.E., 1982. Probabilidad Estadística para Ingenieros, Ed. Interamericana. 2a. Edición. México, D.F.
- WEBLER, L.R. and BREAUCHAMP, E.G., 1979. Cd. concentration and distribution in corn (Zea mays 1) Grow on a calcareous Soil for three years after three anual sludgy applications. Journal Environ Sci. Health. B. 14 (5) pp. 459 - 474.
- WONG, M.K., et. al., 1984. The uptake of Cadmium by Brassica Chimensis and its effects on plant zinc and iron distribution. Departaments and Experimental Botany. Vol. 24 No. 2: 189 - 195.

ANEXO I

TABLAS DE CLASIFICACION TENTATIVAS PARA PARAMETROS QUIMICOS

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS, SARH.

DEPARTAMENTO DE SUELOS

CLASIFICACIONES TENTATIVAS PARA MATERIA ORGANICA Y NITROGENO TOTAL.

- 1970 -

(Propuesta por el Dr. Rodolfo Moreno Dahme).

Materia Orgánica (método Walkley-Black).

<u>Clasificación</u>		<u>% M. O.</u>	
Extremadamente Pobre	Menor de	0.60	
Pobre		0.60	- 1.20
Medianamente Pobre		1.21	- 1.80
Mediano		1.81	- 2.40
Medianamente Rico		2.41	- 3.00
Rico		3.01	- 4.20
Extremadamente Rico	Mayor de		4.20

Nitrógeno Total (Método Kjeldhal-Gunning).

<u>Clasificación</u>		<u>% N</u>	
Extremadamente Pobre	Menor de	0.032	
Pobre		0.032	- 0.063
Medianamente Pobre		0.064	- 0.095
Mediano		0.097	- 0.126
Medianamente Rico		0.127	- 0.158
Rico		0.159	- 0.221
Extremadamente Rico	Mayor de		0.221

Relación Carbono-Nitrógeno (C/N).

<u>Clasificación</u>			
Muy Alta	Mayor de	25	
Alta		15	- 25
Mediana		10	- 15
Baja		8	- 10
Muy Baja	Menor de		8

Fósforo Bray P-1.

<u>Clasificación</u>	<u>Kgs/Ha</u>		<u>ppm.</u>	
Extra Rico	Mayor de	35	Mayor de	12.5
Rico		35.0 - 20.1		12.5 - 7.0
Mediano		20.0 - 11.0		7.0 - 4.0
Pobre	Menor de	11	Menor de	4.0

CLASIFICACION TENTATIVA DEL pH DEL SUELO Y DE AGUAS

AGRICOLAS

- 1970 -

<u>pH</u>	<u>Clasificación</u>
Menor de 4.60	Extremadamente ácido
4.60 a 5.19	Muy fuertemente ácido
5.20 a 5.59	Fuertemente ácido
5.60 a 6.19	Medianamente ácido
6.20 a 6.59	Ligeramente ácido
6.60 a 6.79	Muy ligeramente ácido
6.80 a 7.19	NEUTRO
7.20 a 7.39	Muy ligeramente alcalino
7.40 a 7.79	Ligeramente alcalino
7.80 a 8.39	Medianamente alcalino
8.40 a 8.79	Fuertemente alcalino
8.80 a 9.39	Muy fuertemente alcalino
Mayor de 9.40	Extremadamente alcalino

CLASIFICACION DEL SUELO SEGUN SU CONTENIDO DE SALES.

(del Lab. de Salinidad U.S.D.A. - Riverside. Calif.)

<u>Milinhos/cm</u>	<u>Clasificación</u>	<u>Tolerancia de las Plantas</u>
Menor de 2	Suelo no Salino	Prosperan todos los Cultivos
2 a 4	Ligeramente Salino	Prosperan todos los Cultivos
4 a 8	Medianamente Salino	Prosperan todos los Cultivos que toleran cierto grado de salidad.
8 a 12	Fuertemente Salino	Ningún cultivo prospera.
Mayor de 12	Extremadamente Salino	Impropio para fines agrícolas.

CUADRO DE CLASIFICACIONES TENTATIVAS.METODO PEECH MORGANCalcio Asimilable

<u>Clasificación</u>		<u>Kgs/Ha</u>		<u>ppm.</u>
Extremadamente Pobre	Menor de	500	Mayor de	175
Pobre		500-1000		175-350
Medianamente Pobre		1000-1500		350-525
Mediano		1500-2000		525-700
Medianamente Rico		2000-2500		700-900
Rico		2500-3000		900-1100
Extremadamente Rico	Mayor de	3000	Mayor de	1100

Magnesio Asimilable

<u>Clasificación</u>		<u>Kgs/Ha</u>		<u>ppm.</u>
Extremadamente Pobre	Menor de	25	Menor de	9
Pobre		25-50		9-18
Medianamente Pobre		50-100		18-35
Mediano		100-150		35-55
Medianamente Rico		150-250		55-90
Rico		250-350		90-125
Extremadamente Rico	Mayor de	350	Mayor de	125

Fósforo Asimilable (Peech).

<u>Clasificación</u>		<u>Kgs/Ha</u>		<u>ppm.</u>
Extremadamente Pobre	Menor de	7	Menor de	3
Pobre		8-14		3-5
Mediano		15-28		5-10
Medianamente Rico		29-56		10-20
Rico		57-84		20-30
Extremadamente Rico	Mayor de	84	Mayor de	30

Fósforo Olsen

<u>Clasificación</u>		<u>Kgs/Ha</u>		<u>ppm.</u>
Extremadamente Pobre	Menor de	17	Menor de	6
Pobre		17-34		6-12
Mediano		34-51		12-18
Medianamente Rico		51-63		18-22
Rico		63-80		22-28
Extremadamente Rico	Mayor de	80	Mayor de	28

Potasio Asimilable

<u>Clasificación</u>		<u>Kgs/Ha</u>		<u>ppm</u>
Extremadamente Pobre	Menor de	70	Menor de	25
Pobre		70-140		25-50
Mediano		140-210		50-75
Medianamente Rico		210-280		75-100
Rico		280-350		100-125
Extremadamente Rico	Mayor de	350	Mayor de	125

RANGO DE CONCENTRACION NORMAL PARA LOS ELEMENTOS COMUNMENTE EN SUELOSY PLANTAS.

<u>Elemento</u>	<u>Suelos</u> <u>(Total)</u>	<u>Suelos</u> <u>(Extractable)</u> <u>ppm.</u>	<u>Tejidos de Plantas</u> <u>(Base Seca)</u>
Al	2-15% Al_2O_3	50-5000	10-3000ppm(2-10000ppm)*
As	--	--	1-10 ppm
B	3-200 ppm	0.1-2	10-100ppm(5-1,500 ppm)
Ba	0.01-0.4%BaO	180-1000	1-300 ppm
Ca	0.2-2.5% CaO	100-15000	0.1-10%
Co	1-40 pp	--	0.01-1 ppm
Cu	2-200ppm(1-1000ppm)	0.5-100	1-25 ppm
Fe	0.1-8% Fe_2O_3	10-1000	20-200 ppm
K	0.1-4% K_2O	50-4000	0.2-10.0%
Li	--	--	0.1-10 ppm
Mg	0.1-2% MgO	10-3000	0.05-2%
Mn	0-0.5% MnO	2-500	5-5000 ppm
Mo	0.2-5 ppm	0.5-10	0.01-25 ppm
Na	0.1-3% Na_2O	0-10000	0.01-5%
P	0.05-0.25 P_2O_5	0.5-500	0.03-1.0%
Rb	0.001%	--	--
S	0.05-0.4% SO_3	5-50	0.1-1%
Si	65-95% SiO_2	--	0.01-5.00%
Sr	0.02-0.1% SrO	1-10	1-300 ppm
Ti	0.5-1.5% TiO_2	50-3000	--
Zn	10-300 ppm	1-100	5-300 ppm (5-1,500 ppm)

+ () Rango indicador en concentraciones de elementos las cuales han sido reportadas.

Chapingo, México., a 2 de Septiembre de 1977

ANEXO II

GENERALIDADES GENERO Eucalyptus sp.

Se consideran por lo general, que son árboles australianos. -
Son árboles esencialmente austro-malayos, con una dispersión natural en-
latitudes que se extienden desde 7° N a 43°39'S. Los eucaliptos, forman
parte de la familia de las Mirtáceas, la mayoría presentan hojas sim-
ples, sin dientes, ni lóbulos, que se forman por pares, opuestas una a -
la otra. A menudo su limbo presenta pequeñas manchas translúcidas visi-
bles a contra luz. Es la única planta cuya flor tiene la corola trans-
formada en un opérculo que se desprende cuando los órganos sexuales in-
ternos están dispuestos para recibir los insectos. También tienen eta-
pas muy definidas en el crecimiento bianual de sus hojas. Las hojas ju-
veniles son redondeadas; las adultas son totalmente distintas, largas y-
estrechas, acostumban a ser grisáceas con una capa cérea, en su inte-
rior se encuentra un aceite aromático. La corteza es su mayor parte de-
los eucaliptos es caduca, desprendiéndose en largas bandas verticales.

En conjunto los eucaliptos deben ser considerados como árboles
subtropicales, gracias a la herencia de sus predecesores y al curso de -
la evolución, ya que han desarrollado características de crecimiento; su
capacidad de colonizar la tierra desnuda sin protección, es de fundamen-
tal importancia. La mayoría de las especies tienen semillas muy peque-
ñas con poco material de reserva en cada una, pero producen semillas en-
grandes cantidades, así mismo, han desarrollado un órgano subterráneo -
protector muy eficiente, conocido como lignotubérculo, hallado en la -
unión del tallo con la raíz, cuando la parte aérea de una plántula joven
ha sido accidentalmente destruida, las reservas alimenticias en el lig -

notubérculo, permiten el desarrollo de nuevos brotes, que son por lo general más fuertes que los iniciales, crecen más altos y proporcionan al lignotubérculo reservas adicionales. Los eucaliptos no producen yemas latentes. La punta de crecimiento sigue produciendo pares de hojas con intervalos regulares, constituyendo un "brote indefinido". En la axila de cada hoja hay una "yema desnuda", que es otra punta de crecimiento - que puede producir inmediatamente otra rama de segundo orden, sin algún accidente destruye el ápice madre de crecimiento, asume las funciones - del brote principal, a su vez cuando la yema desnuda o el brote de encima de su axila es destruido, pueden ser sustituidos por una "yema accesoria", originada de un cojinete meristemático localizado en la base de la yema desnuda, que solo crecerá cuando la inhibición hormonal se elimine con la destrucción de la yema desnuda. Existen también las "yemas epicórnicas o yemas de rendimiento", esto es, cuando la hoja cae y el tejido accesorio producido por la yema en la axila es absorbido por el crecimiento en diámetro del tallo. En cambio un pequeño eje de tejido, con propiedades generadoras de yemas, se forma radicalmente hacia afuera y se observa de unos pocos milímetros sobre la superficie de la corteza, - no crecerá a menos que la inhibición hormonal producida por las hojas de la copa, cese.

Aunque se conoce la cantidad de plagas y enfermedades de estos cultivos, relativamente pocas tienen una importancia crítica. Esto puede deberse a los ricos y variados recursos genéticos representados por un género de más de 700 especies y subespecies, capaces de proporcionar combinaciones de caracteres hereditarios.

En la actualidad, nuestra información sobre los problemas patológicos de Eucalyptus es escasa, sobre todo porque los estudios sobre plagas y enfermedades, como en el caso de muchos otros cultivos arbóreos han sido limitados por motivos económicos y por las dificultades impuestas a los investigadores por su tamaño y su longevidad en comparación con los cultivos anuales.

Si bien, una cantidad de enfermedades de las hojas sobre los eucaliptos son provocadas por parásitos facultativos, los cuales en su mayoría se propagan por esporas y germinan sobre las hojas del huésped, penetrando directamente al tejido foliar. Los síntomas toman casi siempre la forma de una necrosis parcial del follaje (manchas foliares), que en los casos graves, puede llegar a la caída prematura de las hojas. Los efectos de este tipo de enfermedad consisten, por lo común, en daños a los tejidos de fotosíntesis que llevan a reducir el crecimiento. La gravedad de las consecuencias dependerá, de la edad del follaje atacado y de la persistencia de la enfermedad. Los síntomas para los mohos de los eucaliptos, son placas pulverulentas blanquecinas sobre las hojas, que se extienden provocando una deformación foliar, necrosis y caída de las hojas.

Los síntomas de carencia mineral puede presentarse aún cuando no haya escasez del elemento en el suelo. Una pobre aereación del suelo en zonas pantanosas puede impedir la absorción de los elementos minerales por parte de las raíces. En tales casos, el remedio es el drenaje más bien que el aporte de fertilizantes.

Los eucaliptos pueden sufrir por la contaminación se si plan -
tan cerca de centros industriales, así por ejemplo, el dióxido de azufre
de los vapores del petróleo provocan necrosis marginal de las hojas y -
necrosis acompañada de oscurecimiento entre las nervaduras. Los trans -
tornos fisiológicos de los eucaliptos pueden deberse a exceso de ciertos
elementos minerales. En casos extremos, como en el de la forestación -
sobre residuos de minería, el elemento en causa puede ser tan concentra -
do que resulte tóxico a los árboles. En otros casos, puede dificultar -
la abosrción y asimilación de otros esenciales. (FAO, Montes, 1981).

SINTOMAS DE CARENCIAS MINERALES EN EUCALIPTO.

Carencia de:

I. Síntomas localizados primero sobre las hojas más viejas.

Nitrógeno

A. Primero amarilleo, luego manchas.

Ligero amarilleo, apareciendo primero sobre las hojas viejas, luego sobre las más jóvenes. A medida que la carencia se agudiza, las láminas foliares muestran un color amarillo limón, apareciendo después pequeñas manchas rojizas, que se extienden y cubren toda la hoja. En las plantas jóvenes, los tallos y pecíolos de las hojas tienen un color más rojo de lo normal, y la ramificación es menor, lo que da una plántula fusiforme con pocas, o ninguna ramas laterales.

B. Primero manchas, luego amarilleo.

Fósforo

1. Aparecen manchas oscuras sobre la hoja verde, que luego aumentan de tamaño, y el fondo forma un tinte naranja amarillento. Las hojas de las plántulas forman manchas de color azulado violáceo y el verde que las rodea es más oscuro del normal. La ramificación está limitada, como en el caso de carencia de nitrógeno.

Calcio

2. Manchas rojizas aparecen sobre un fondo verde pálido. Agudizándose la carencia, los tejidos en las zonas rojizas mueren, y las hojas se marchitan y caen.

Magnesio

- C. Amarilleo entre las principales nervaduras laterales.

Las hojas más viejas se amarillean a -
lo largo del nervio central.

El color verde cambia gradualmente a -
pardo, con muerte de los tejidos. Las
superficies afectadas están separadas -
de los nervios laterales principales -
por zonas de tejido verde. Las hojas -
inferiores de las plántulas toman un -
color verde pálido y a menudo caen pre -
maturamente, dejando un tallo desnudo -
con un penacho de hojas en la punta.

- II. Síntomas localizados sobre las hojas -
más jóvenes.

- A. Amarilleo entre las nervaduras.

Zinc

1. Hojas de tamaño anormalmente pequeño, -
de forma más estrecha.

Acortamiento del tallo entre las hojas
más jóvenes, formando una roseta de -
hojas pequeñas, estrechas, amarillen -
tas, mostrando zonas violáceas entre -
numerosas manchas descoloridas.
Pequeñas zonas circulares de tejido -
más ligeramente descolorido, con bor -
des parduscos, aparecen cerca de los -
bordes de las hojas, lejos del nervio -
central. Toda la hoja se vuelve páli -
da, con las nervaduras de color más -
oscuro.

Potasio

- B. Hojas sin decoloración anormal pero -
con decaimiento de los bordes y nerva -
duras.

Hojas de las plántulas más pequeñas -
de lo normal, a menudo con superficies
y bordes arrugados. Ramificación pro-
nunciada, dando el aspecto de matorral
de cabeza redondeada.

ANEXO III

GENERALIDADES GENERO Fraxinus sp.

Es originario del continente Europeo, particularmente de las zonas templadas boreales. Es un árbol perteneciente a la familia de las Oleáceas (Fraxineas) y comprenden más de 70 especies arbóreas, siendo las más importantes Fraxinus excelsior, F. americana, F. ubdei, F. viridis, F. caroliniana, F. pensilvánica y F. ornus.

Es un árbol de importancia forestal en México, ya que presenta grandes ventajas, una de las cuales es un rápido crecimiento en sus primeros años de vida (aproximadamente 10 años). Es aprovechado en aspectos ornamentales y de reforestación, así como, en la fabricación de diversos objetos, incluso algunas especies poseen cualidades medicinales.

Son árboles con una altura aproximada de 10-45 metros y su diámetro varía hasta un metro, su corteza es áspera, dura y seca; sus hojas son opuestas o alterna, simples o imparipinadas no son persistentes; las ramas resisten la acción del viento debido a su elasticidad; presentan hojuelas, generalmente 7 ovaladas u óvalo-lanceoladas acuminadas en el ápice, redondeadas u obtusas en la base, enteras o poco aserradas; el haz de la hoja es liso y a menudo pubescente, con corto pedicelo; sin estípulas, sus flores hermafroditas excepcionalmente actinomorfas axilares o agrupadas en racimos o panículas en el extremo de las ramas; sus ramas crecen oblicuas, teniendo cierta simetría en la copa, el follaje es verde intenso; sus raíces son vigorosas, densas y de fácil transplante. Las semillas son aladas al igual que el fruto y requieren hasta de un año para-

nacer. No pueden conservarse por mucho tiempo, se deben guardar en lugares secos, pues expuesta al aire pierde su viabilidad. Su crecimiento natural es en los parques y jardines de climas templados y húmedos. Los arbustos de otras plantas no pueden vivir en sus proximidades ya que se apoderan de todas las sustancias nutritivas.

Se encuentran distribuidas en la República Mexicana a lo largo de toda la Sierra Madre Occidental y la parte norte y sur de la Sierra Madre Oriental. Además, se encuentran en el Estado de Chiapas, en la Sierra Madre del Sur.

ANEXO IV

METODO PARA LA EXTRACCION DE LOS METALES. (Cadmio y Zinc).

Secar las muestras de suelo.

Lavar las muestras de tejido vege-
tales con agua desionizada.

Tamizar en malla de 2 mm.

Secar las muestras en la estufa -
por 35 minutos.

Pulverizar las muestras.

1 g. de muestra (vegetal o suelo) agre-
gar 10 ml de HNO_3 concentrado, dejar -
digerir en una parrilla eléctrica.

Cuando de la digestión quedan de 2 a -
5 ml. agregar 5 ml. de HClO_4 concentra-
do. Se tapan los vasos con vidrios de
reloj para producir un efecto de refluj-
o, dejándolo así hasta la evaporación
de humos blancos.

Si la solución no se vuelve trasparen-
te, agregar de 5 a 10 ml. de HNO_3 con-
centrado, no sin antes retirarlo de la
parrilla. Continuar el calentamiento-
hasta que la solución sea trasparen-
te.

Aforar a 100 ml. la solución y fil-
trar para eliminar residuos.

Determinar el Cadmio y el Zinc; el mé-
todo de absorción atómica. (A.P.H.A., -
1976, longitud de onda 213.9 nm; co-
rriente de la lámpara 5 mA; combusti-
ble acetileno; Oxidante aire; ancho de
banda espectral 0.5 nm; aparato Varian
Automático, 1475).

ANEXO V

FORMULA PARA LOS CALCULOS TEORICOS.

I. Cálculo para obtener el valor teórico de la relación Carbono-Nitrógeno.

a) La materia orgánica contiene aproximadamente 40% de carbono.

$$\text{g. de M.O.} \times 0.40 = \text{g. de carbono en la M.O. (} \alpha \text{) .}$$

b) Aproximadamente el 35% del carbono en la materia orgánica se fija como humus.

$$(\alpha) \times 0.35 = \text{g. de carbono fijado con humus (} \beta \text{) .}$$

c) El humus contiene una relación C:N aproximadamente de 10:1.

$$(\beta) \times 0.1 = \text{g. de nitrógeno fijado en humus (} \gamma \text{)}$$

$$\text{por lo tanto (} \beta \text{)} = 1/10 (\gamma \text{)}$$

El dato de (β) se utiliza con respecto al valor obtenido de nitrógeno y se compara con (γ) que es el valor teórico de la relación C/N (Chavira, op. cit.)

II. Cálculo para obtener el valor teórico de C.I.C.T. (Millar, op. cit.)

$$\text{C.I.C.T. meq/100 g. de suelo} = \% \text{ textura} \times \text{meq/que contribuye la arcilla.}$$

+

$$\% \text{ M.O.} \times \text{meq/100 g. que contribuye la M.O.}$$

Fórmula para la conversión de meq/100 g. a ppm.

$$\text{ppm} = \text{meq/100 g.} \times \text{peso eq. del elemento} \times 10$$

(Chavira, R.J., et. al., 1980).