

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA U. N. A. M.



EVALUACION DE NIVELES DE CONTAMINACION POR  
METALES PESADOS (Pb, Cu, Cr, Cd, Zn, Y Fe)  
EN ALFALFA (Medicago sativa) Y EN LECHE DE  
VACA, EN DISTRITO DE RIEGO No 063 EN EL  
VALLE DEL MEZQUITAL HIDALGO

T E S I S

Que para obtener el Título de:

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

Presenta:

MAYA CORONILLA IRENE

Asesores: M. en C. Lucia Cornejo Barrera

Q. A. Lourdes Castillo Granada

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1993



## **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

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	3
FUNDAMENTO DEL TEMA.....	7
ANTECEDENTES.....	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	39
OBJETIVOS.....	41
HIPOTESIS.....	42
MATERIAL Y EQUIPO.....	43
METODOLOGIA.....	44
RESULTADOS.....	47
DISCUSION DE RESULTADOS.....	63
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES.....	75
BIBLIOGRAFIA.....	76

## RESUMEN

En este estudio se evaluarón los niveles de contaminación por metales pesados (Pb, Cu, Cr, Cd, Zn y Fe) en alfalfa (*Medicago sativa*) y en leche de vaca, en el Distrito de Riego No 063 del Valle del Mezquital, Hidalgo, la evaluación se llevo a cabo por Absorción Atómica.

Se efectuarón en la época de primavera, en doce regiones seleccionadas para este estudio, cuidando que la recolección de leche, fuera cercana a la colecta de alfalfa, para obtener representatividad en toda el área y el estudio.

Al realizar la cuatificación de estos elementos se encontro que el Fe se encuentra en mayor concentración en alfalfa llegando hasta obtener 506.2 ppm de este elemento, en tanto para la leche se tiene que es el Zn obteniendo 5.920 ppm.

La variabilidad entre los contenidos de los metales pesados tanto en alfalfa como leche dependian en gran medida de las regiones estudiadas, siguiendo un

comportamiento homogéneo el cuál se incrementan de acuerdo a como nos alejamos del sitio inicial de muestreo; se hizo evidente la existencia de dos zonas más contaminadas como es el Rosario y San Antonio.

Los contenidos de metales pesados en alfalfa se deben en gran medida al pH de los suelos, y por el contenido de metales en aguas negras, las cuales son utilizadas para el riego de estos alfalfares. Con respecto al contenido de metales pesados en leche, la existencia de estos es evidente, sin embargo solo dos elementos como es el Cd y el Zn tienen una estrecha relación ya que su contenido de estos en leche es debido principalmente al consumo de alfalfa, esto se concluyo en base a un análisis de correlación.

## I. INTRODUCCION

La contaminación ambiental, originada por productos químicos, es uno de los factores más importantes de alteración de la biosfera. De todos los contaminantes químicos, se considera que el dióxido de azufre( $\text{SO}_2$ ), los complejos oxidantes (ozono( $\text{O}_3$ ) dióxido nitroso ( $\text{NO}_2$ ), peroxiacetilnitrilos (PAN)), los hidrocarburos y los metales pesados son los más importantes desde el punto de vista ecológico, biológico y sanitario. (1,2)

La industrialización y la explosión demográfica en centros urbanos han dado lugar a concentraciones altas de contaminantes químicos.

La mayor parte de los contaminantes químicos especialmente los metales pesados, son liberados en el agua; que puede ser de origen industrial, doméstico y pluvial, la mezcla de estas aguas contiene cantidades considerables de contaminantes y se conocen como aguas negras. En

diversos países se reusan en la agricultura , causando a través del tiempo la contaminación de los suelos, disminución de los rendimientos en los cultivos, daños en la salud de los seres humanos, y animales que consumen los productos agrícolas y originan contaminación de los cuerpos acuíferos subterráneos. (3)

Todos los contaminantes químicos de cualquier origen acaban por llegar a la superficie terrestre, y su acción futura dependerá de las propiedades químicas y físicas del suelo que los recibe.

Los metales acumulados en la superficie del suelo se reducen lentamente mediante la lixiviación, el consumo por las plantas, la erosión y la defoliación. (2, 4, 5.)

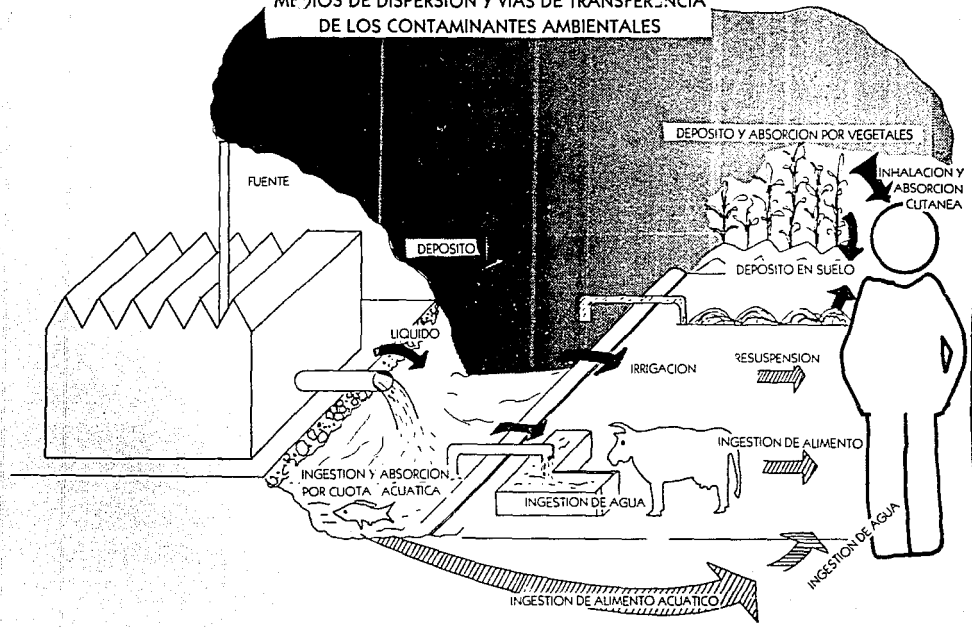
Las plantas constituyen un buen indicador de la composición química y del estado físico del suelo; son sistemas abiertos a la comunicación (positiva o negativa) en su entorno y forma el primer eslabón de la cadena trófica en los ecosistemas. El Distrito de Riego

No 063 del Valle del Mezquital Hidalgo, utiliza aguas negras provenientes de la cuenca del Valle de México desde 1886, en el presente trabajo se evalúan los niveles de contaminación por metales pesados en alfalfa (*Medicago sativa*) y en leche de vacas alimentadas con esta, como posible vía de introducción de metales pesados al hombre. fig (1). (5,6.7.8.9)

Este trabajo forma parte de estudios básicos que nos permiten cuantificar y evaluar los distintos grados de contaminación y los cambios en los distintos niveles tróficos, en esta zona agrícolas importante en el país.



**MEJORES DE DISPERSION Y VIAS DE TRANSFERENCIA  
DE LOS CONTAMINANTES AMBIENTALES**



**FIG.1. MEDIOS DE DISPERSION Y VIAS DE TRANSFERENCIA DE LOS CONTAMINANTES AMBIENTALES.**

**FUENTE: VEGAS, TOXICOLOGIA I, CINETICA Y EFECTO DE LOS CONTAMINANTES TOXICOS EN EL AMBIENTE  
CURSO DE EVALUACION EPIDEMIOLOGICA DE RIESGOS AMBIENTALES.  
ESCUELA DE SALUD PUBLICA DE MEXICO, S.S.A./ECO. MEXICO, SEP. DE 1984.**

## 2. FUNDAMENTACION DE LA ELECCION DEL TEMA

El constante incremento de la contaminación es originado por el acelerado crecimiento de la población y de la industrialización.

Los efectos globales de estos procesos se manifiestan en la acumulación de sustancias tóxicas en suelos, lagos, ríos, zonas costeras, etc. Entre los contaminantes más comunes se encuentran los metales pesados, materiales radiactivos y compuestos aromáticos. Los metales pesados como son el Hg, Cr, Pb, Co, Ni, Fe, Cu, Mn, Zn, etc, son los más tóxicos en la cadena natural agua - suelo - planta - hombre por ser bioacumulables.<sup>(10)</sup>

El recurso agua es de vital importancia tanto en las zonas urbanas como rurales . Las sociedades industriales utilizan enormes volúmenes de agua, la mayor cantidad se emplea en la agricultura, en la industria y aproximadamente el 10 % con fines domésticos.

Mientras la industria recicla el agua, la

utilizada en la agricultura se emplea una s6la vez, sea esta negra o blanca. Contemplando que el costo del agua blanca cada vez es mayor, se ha visto la necesidad de incrementar el uso de aguas negras con fines agricolas, aunque paralelo al beneficio que estas aportan, est6n los perjuicios que originan en el suelo al acumularse concentraciones apreciables de metales pesados, boro y detergentes, alterando el funcionamiento de las plantas y la fauna acu6tica e indirectamente al hombre.

En M6xico la superficie actual bajo riego con aguas negras es de 156,000 h6ctareas, mediante 51 m<sup>3</sup>/s generados por las descargas de m6s de 30 localidades mayores de 100,000 habitantes cada una, de estas zonas agricolas una que es de mucha importancia es la formada por el Distrito de Riego No 063 del Valle del Mezquital, Hidalgo.

Con la introducci6n de estas aguas el Valle del Mezquital se ha convertido en una de las zonas agricolas m6s productivas del pa6s, sin embargo paralelamente al beneficio, hay que considerar los da6os

que ocasiona el uso de estas aguas por las elevadas concentraciones de contaminantes de diversa naturaleza química. (10)

Los metales pesados son elementos que pueden estar presentes en los distintos sistemas biológicos como constituyentes o como contaminantes, los primeros tienen funciones metabólicas bien definidas, cuando se encuentran en las cantidades y proporciones correctas, pero cuando esto no sucede los efectos pueden ser adversos. Los elementos considerados como contaminantes representan graves riesgos, provocando daños severos, como envenamiento o bien el atrofio de algunas funciones metabólicas.

#### 2.1. IMPACTO DE LAS AGUAS NEGRAS.

En México, al igual que en otros países del mundo, se utilizan las aguas negras provenientes de las zonas urbanas para el riego de diferentes zonas agrícolas, sin que existan estudios previos que evalúen el impacto de estas aguas en el agrosistema, lo que

provoca la dispersión de contaminantes tóxicos que causen alteraciones en la salud pública, degradación de suelos, plantas y contaminación de mantos freáticos.

El aprovechamiento más importante de aguas residuales en México se realiza en las zonas del Valle del Mezquital, en los actuales Distrito de Riego 063 y 100; es una extensa región ubicada al poniente del Estado de Hidalgo, fig (2) se caracteriza como una región semiárida con poca precipitación pluvial y un ambiente natural sumamente hostil para sus habitantes.

El estado de Hidalgo cuenta con una superficie de 2540 Km<sup>2</sup>, se encuentra dentro del área de la zona Nororiental de la cuenca del Valle de México. (5,6,7)

Sin embargo debido a estas características la mayoría de los pobladores han aprendido a vivir en un medio adverso, en el que hasta hace poco predominaban las cactáceas y los matorrales, típicos de las zonas áridas , ahora han empezado a cederle el paso al verde

MAPA DE LOCALIZACION  
DEL  
ESTADO DE HIDALGO

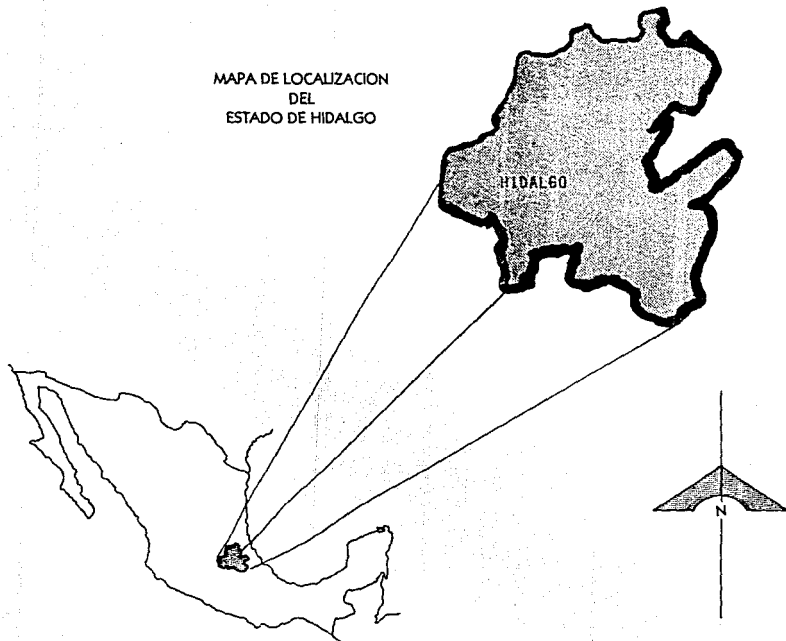


FIG. (5)

de los alfalfares, al negro de las aguas residuales y al blanco de las enormes montañas de espumas que generan los detergentes que llevan dichas aguas.

El uso de estas aguas negras para fines agrícolas se dio desde el siglo pasado, irrigando aproximadamente 80,000 hectáreas, la cuál ha ido en aumento, las aguas se han vuelto más negras , con más detergentes más sales y metales pesados de alta peligrosidad como el plomo, el mercurio, etc, que anteriormente no se había detectado.

Debido a la cercanía de la zona metropolitana de la Ciudad de México, el Valle del Mezquital es prácticamente inundado por las aguas negras provenientes de dicha zona que llegan a este Valle a través de diversas vías como el Tajo de Nochistongo, el canal de Tequisquiac o por el drenaje profundo.

Aparte de estas aguas la región recibe también un volumen importante de aguas blancas. De esta forma, el territorio es irrigado no sólo por aguas negras, sino también por aguas blancas y aguas

mezcladas.

El Distrito de Riego 063 es uno de los más grandes del país y seguramente el que recibe el mayor volumen de aguas negras, que es de aproximadamente de 1,800 m<sup>3</sup>/seg al año que significa un promedio de 57.08 m<sup>3</sup>/seg.

Este Distrito tiene una superficie total de 514,411 hectáreas de los que el 16.4% son de riego; 33.6% de temporal; 48.9% ganadera, y el 3.1% forestal. (8)

La forma de tenencia de la tierra se distribuye de la siguiente manera 294,082 es ejidal; 210,537 pequeña propiedad; 10,650 comunidad, los principales cultivos son MAIZ, CEBADA, ALFALFA, CHILE, JITOMATE, TRIGO, CARTAMO, CALABAZA, CEBOLLA, AJO, HABA y AVENA.

Cabe mencionar que de estos últimos cultivos, el ajo y otras hortalizas están prohibidas debido a la contaminación por tóxicos. (6,7,8,9)

El suelo integrante importante del medio



ambiente, ha sido fuertemente alterado por el hombre a través del tiempo. La degradación ambiental resultante ha afectado adversamente entre otros aspectos, la productividad, la calidad de los suelos, a través de los procesos tales como salinidad, erosión, acumulación de elementos tóxicos, desechos de toda índole, presencia de organismos patógenos, etc, contribuyendo a la disminución de los rendimientos en los cultivos, daños a la salud de los animales y seres humanos que consumen los productos agrícolas. (5,8,9)

Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben en general más metales pesados y elementos esenciales, la concentración de estos en tejido vegetal está a menudo directamente relacionado con la abundancia en los suelos. (5,6,7,8,9,10,11)

Las plantas controlan la absorción o el rechazo de algunos elementos químicos mediante reacciones fisiológicas adecuadas, son receptoras pasivas de los metales pesados absorbidos por las raíces, algunos de ellos son esenciales, pero en concentraciones elevadas pueden producir efectos tóxicos

en el metabolismo del vegetal. (2,12,13)

## 2.2. ANTECEDENTES

### METALES PESADOS.

Los metales traza en sentido geológico son la principal fuente de los problemas de toxicidad , puesto que la mayoría de los organismos no se adaptan a ellos cuando se encuentran localmente en el ambiente en altas concentraciones. Los elementos trazas se definen como los que se encuentra en una concentración de 1000 ppm o inferior en la corteza terrestre. Los metales traza pueden dividirse en "pesados" con densidades superiores a  $5 \text{ g/cm}^3$  y " ligeros" con densidades inferiores a  $5 \text{ g/cm}^3$  . (4)

### 2.3. PLOMO

El plomo es uno de los metales pesados cuyos efectos sobre el ambiente y la salud humana han sido estudiada en forma muy amplia, debido a la antigüedad de su utilización, a la variedad de sus

aplicaciones y a su toxicidad. Se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y sus concentraciones son muy elevadas en las zonas donde hay yacimientos. Se usa en procesos industriales muy diversos, como la fabricación de acumuladores eléctricos, aditivos para combustibles como alquilatos de plomo, pigmentos para pinturas y otros.<sup>(1)</sup> Es uno de los elementos más importantes de la contaminación del aire en las ciudades y representa un grave riesgo para la salud de las poblaciones urbanas. La mayor parte de las emisiones de plomo producidas por la combustión de gasolinas lo liberan principalmente al aire , aunque también se descargan a través de otras fuentes de contaminación cantidades importantes de partículas en el suelo y el agua.<sup>(1,4,14)</sup>

#### **PLOMO EN LAS PLANTAS.**

La importancia de evaluar el contenido de plomo en las plantas radica , en que muchas de ellas son parte fundamental de las cadenas alimenticias y de la economía del país. La entrada de este metal a las plantas depende básicamente de tres factores:<sup>(15,16)</sup>

- \* Concentración de plomo en la atmósfera.
- \* Concentración de plomo disponible en el suelo.
- \* Características morfofisiológicas del vegetal.

El plomo puede entrar al vegetal vía suelo-raíz o vía atmósfera- porciones aéreas, la vía predominante va a estar determinada por la concentración de plomo existente en el medio de la planta.

La raíz capta únicamente el plomo disponible que se encuentra en el suelo, lo cuál esta determinado principalmente por las propiedades físicas y químicas de este, el comportamiento general indica, que el contenido de plomo de la planta aumenta con el incremento de la fracción de plomo disponible en el suelo, cuando el pH del suelo aumenta , es debido a que la solubilidad y la movilidad del metal disminuye, la entrada de plomo a la raíz se incrementa cuando el pH del suelo es ácido ya que tiende a acumularse en estas estructuras .(17)

Los productos metabólicos de la raíz, tales como el ácido carbonico y otros materiales ácidos, que se secretan durante la actividad radicular, pueden bajar el pH de los rizosferos (rizospheres) e incrementar la absorción de plomo a la planta, en la forma de carbonato de plomo. (18) A temperatura de 20<sup>0</sup>-25<sup>0</sup>C la raíz absorbe mayores cantidades de este elemento que a temperaturas de 5<sup>0</sup>C, probablemente este incremento se debe por la actividad metabólica de la raíz. (15)

En general las plantas con raíces poco profundas captan más plomo, que los vegetales enraizados profundo, ya que en los niveles superficiales éste se acumula, pues sus raíces más activas no tienen acceso a esta zona superficial y aportan la mayor cantidad de agua y minerales. (19)

#### ALTERACIONES CAUSADAS POR EL PLOMO.

La reacción de los vegetales con el plomo es diferente en cada especie vegetal, y aún en cada variedad, por ejemplo en la lechuga en

concentraciones mayores de 5 ppm se presentan reducciones en la producción de materia seca, aunque requiere mayores concentraciones para causar síntomas de toxicidad, ya que se restringe la síntesis de clorofila y reducción de la fijación de  $\text{CO}_2$  por inhibición de la fosforilación fotosintética, se atribuye a que el plomo induce el cierre estomático. Pues además disminuye el crecimiento al interferir en la producción y mecanismo del ácido indol-3-acético (IAA) que es una hormona vegetal del grupo de las auxinas, que funcionan quelando al calcio, proceso en el que compite el plomo, lo que genera en conjunto, una disminución de la productividad.<sup>(1)</sup>

#### PLOMO EN EL METABOLISMO HUMANO

El plomo es absorbido principalmente a través de la vía digestiva y respiratoria y en menor medida por la piel; el metal se deposita en los huesos, la médula ósea, el cerebro y los nervios periféricos. El plomo metálico se absorbe lenta pero firmemente por todas las vías, excepto por la piel. Los compuestos del plomo

orgánico se absorben por la piel.

Una vez absorbido por vía respiratoria o digestiva, el plomo se une a los eritrocitos y se distribuye en tejidos blandos como médula ósea, hígado, riñones y testículos. Su vida media en estos tejidos es aproximadamente de 30 días. El plomo también cruza la placenta y representa un riesgo potencial para el feto. La mayor parte de este metal se almacena en el tejido óseo; la vida media de eliminación a partir del hueso es mayor de 20 años. El plomo también se fija al pelo y a las uñas, lo que en teoría podría aprovecharse para estimar el contenido de plomo en el organismo. (20)

La intoxicación es en general crónica, ya que las manifestaciones clínicas del envenenamiento se presenta después de semanas o meses de exposición, sin embargo, en ocasiones pueden transcurrir períodos de años para que las alteraciones sean evidentes. La intoxicación aguda habitualmente ocurre como resultado de exposiciones intensas en el ambiente industrial.

La intoxicación por plomo produce

alteraciones muy graves, como anemia, dolor abdominal intenso, encefalopatía (daño al sistema nervioso central) aguda o crónica y neuropatía periférica. Diversos estudios han demostrado deficiencias neuroconductual como disminución en el desempeño de tareas complejas de discriminación, irritabilidad, desempeño escolar pobre, desarrollo sensorial anormal y en algunos casos bajo coeficiente intelectual. La exposición continua y prolongada causa lesiones en el riñón, que a la larga conduce a insuficiencia renal. Los primeros síntomas de encefalopatías son: vómitos esporádicos, periodos de confusión e irritabilidad, pérdida de la memoria y dificultad en los movimientos. Las alteraciones del sistema nervioso central son generalmente irreversibles y dejan secuelas permanentes.<sup>(8)</sup> La intoxicación por plomo puede ser mortal en los casos que no se trate oportunamente. Sus efectos son particularmente severos en los niños que inhalan plomo del ambiente o lo ingieren del agua contaminada por él. Por otro lado, el plomo ha sido asociado con las alteraciones menstruales de las mujeres laboralmente expuestas a él y se ha reportado que



provoca abortos, disminuye la fertilidad femenina y produce partos prematuros y muertes fetales. A pesar de que los patrones de desarrollo industrial en México han propiciado el crecimiento anárquico de las áreas urbanas y de que se sabe que el problema de la contaminación ambiental por plomo y otros metales pesados han alcanzados niveles extremadamente altos en ella, la investigación sobre esta problemática ha merecido un apoyo insuficiente en relación con los daños que se producen. (21)

#### 2.4. COBRE

El cobre es uno de los elementos traza más abundante es ampliamente usado en su estado metálico, ya sea en forma pura o en aleaciones.

Para la mayoría de los organismos constituye un micronutriente esencial, sin embargo en ocasiones puede encontrarse en concentraciones muy altas en el agua, los sedimentos y las biotas en algunas áreas, resultantes de la actividad minera, del uso intensivo de las pellas de cobre en la cría de cerdos, o de la aplicación de fungicidas

No obstante, no existen pruebas de amplificación de las cadenas tróficas, por consiguiente, la mayoría de los efectos tóxicos son debido a la exposición inmediata al elemento. Todos los organismos experimentan daño, debido a concentraciones excesivas. (2)

Por otro lado el contenido de cobre en el suelo probablemente esta como  $Cu^{+2}$  formando complejos iónicos, si existen cantidades altas de cobre origina una fuerte toxicidad a la planta. (3)

#### COBRE FUNCIONES EN LA PLANTA

El cobre es esencial en la fotosíntesis, forma parte de la proteína plastocianina transportadora de los electrones esta reacción, es esencial para la respiración por formar parte del citocromo oxidasa, y es un componente esencial en la polifenoloxidasa (enzima que oxida numerosos compuestos fenolicos) y, aparentemente también forma parte de la ácido ascórbico oxidasa y varias amino oxidasas.

La deficiencia del cobre se manifiesta en las hojas en el extremo apical tomando un color verde azulado, otras especies exhiben puntos necroticos. (13)

La absorción de cobre se incrementa cuando el pH disminuye a un pH de 5.0, sin embargo este se puede ver afectado por el nitrógeno, el fósforo, y el zinc.

#### COBRE EN EL METABOLISMO HUMANO

La ingesta de cobre puede ser por alimentos y agua, alrededor de la dosis media es absorbido en el estomago y el duodeno, pero puede verse afectada por el zinc que puede competir con él ácido ascórbico, cobre y otros compuestos.

El cobre absorbido esta expuesto por la seroplasmina y es transportado por el plasma, almacenandose en el cerebro, hígado y músculo, la ruta de excreción principal es por bilis, otras rutas incluye el sudor, orina y saliva.

El sulfato de cobre es utilizado como emetico, la ingestión inadecuada puede causar inmediatamente sabor metálico, náuseas, vómito y en caso más severo diarreas, úlceras y otras molestias en el tracto gastrointestinal, ictericia y supresión en la orina. En los casos fatales se incluyen efectos secundarios como hipertensión, shock y coma.<sup>(4)</sup>

#### COBRE EN LA NUTRICION ANIMAL

Se sabe que hay por lo menos 15 elementos minerales que necesita el ganado lechero. Puede haber también otros que se requiere en cantidades traza muy pequeñas, pero es difícil demostrar que son esenciales.

El cobre como el fierro son necesarios para la formación de hemoglobina . Una deficiencia de cobre da como resultado una menor absorción de fierro, un contenido más bajo de fierro en el organismo origina una menor movilización de este elemento desde los tejidos resultando en una anemia grave.

El cobre es también un activador de varias enzimas del cuerpo. este elemento se necesita en cantidades menores que el fierro, pero también esta conectado intimamente con todos los procesos vitales.

El síntoma más común de la deficiencia del cobre en el ganado lechero es el blanqueo del pelaje: el pelo negro se vuelve gris y el rojo se pone amarillento. Otros síntomas son anemias, diarreas, contenido reducido de cobre en la sangre, cojera, hinchamiento de las articulaciones y ataxia enzoótico. El requerimiento para el ganado es muy bajo, solo de 5 a 8 ppm en el pasto seco , ha producido animales sanos.

El requisito mínimo práctico que se recomienda es de 10 ppm en la materia seca de la ración. El cobre en exceso es tóxico y constituye una de las causa primordiales del sabor a oxido en la leche.<sup>(11)</sup>

## 2.5 CROMO

El cromo es un metal esencial como micronutriente en cantidades traza para el metabolismo de las grasas y los hidratos de carbono. En diversos

procesos industriales se utiliza en la producción y las aleaciones de acero, como material refractario, en la fabricación de pinturas y pigmentos, en el curtido de pieles, en fungicidas, preservadores para madera, anticorrosivos y otros. Normalmente se encuentra en los alimentos, el agua y el aire en concentraciones que no representan un riesgo para la salud<sup>(4)</sup>. Las funciones específicas en la planta no han sido determinadas.

#### CROMO EN EL METABOLISMO HUMANO.

El cromo es absorbido en los pulmones a pesar de que muy pequeñas proporciones son depositadas en este tejido en forma insoluble. Las dosis absorbidas por vía oral en el humano son menores al 1% para  $\text{Cr}^{3+}$ , y alrededor del 2% para  $\text{Cr}^{6+}$ . La ruta de excreción es por orina. (2)

El cromo se considera como un elemento esencial en concentraciones de microgramos, ya que interviene en el metabolismo de la glucosa y/o mecanismo de acción de la hormona pancreática insulina, sin embargo los efectos adversos son lesiones de piel, tales

como úlceras, escaras, dermatitis por contacto y reacciones alérgicas agudas. Por otro lado se encuentran los efectos sobre el aparato respiratorio que abarca desde la ulceración y perforación del tabique de la nariz hasta el cáncer del pulmón. (1,22,23,24)

#### CROMO EN LA NUTRICION ANIMAL

El cromo es absorbido rápidamente en su forma soluble y es excretado en su totalidad por las heces, por otro lado, se estima que no se acumula en ningún tejido mamario o que su concentración aumenta con la edad.<sup>(25)</sup>

#### 2.5. CADMIO

El cadmio esta presente en la corteza terrestre en forma mineral, pero también es producido comercialmente como subproducto de la producción de otros metales (Zn, Pb, y Cu). Este metal es utilizado para la galvanización inhibiendo la corrosión, algunos compuestos (CdS y CdSeS) son utilizados para plástico, y estabilizadores de temperaturas para los plásticos, fungicidas y otros usos menores. Estudios en Europa citan que la presencia de el cadmio en la atmósfera es

causada por la industria de acero y la incineración de suelos, siguiendo con la actividad volcanica y la producción de Zinc.El humo del tabaco contiene cantidades considerables de cadmio de 0.1 microgramos por cigarro. (4)

#### CADMIO EN SUELOS Y PLANTAS

El cadmio es un constituyente normal de los depósitos marinos, éste alcanza las zonas de enraizamiento de las plantas cercanas a la zona, también se encuentra como impureza en los fertilizantes de fósforo, provenientes principalmente de la roca de fosfatos y del superfosfato, este elemento se encuentra en mayor proporción en las áreas más cercanas a las carreteras debido a la presencia de este metal en las llantas de los automoviles y en los aceites de motores.

Como ocurre con otros metales pesados, un incremento en el pH del suelo por alcalinización suprime en cierta forma la captación de cadmio.



## CADMIO EN EL METABOLISMO HUMANO

El cadmio es parte esencial de algunas proteínas particularmente en grupos sulfatos y carbonilos. Está comunmente participa en alteraciones morfológicas de varias estructuras subcelulares.

El cadmio es excretado por orina, bilis y heces fecales, los efectos por ingestión incluyen vómito, salivación, sensación de atragantamiento, dolor abdominal y diarrea. una inhalación tóxica es caracterizada por desmayo y disnea, puede desarrollar edema pulmonar y posible bronconeumonía.

El cadmio induce cambios en las enzimas y gluconeogenicos. Reduce la concentración en el suero de antitripsina y deprime la capacidad del inhibidor de tripsina. Otro efecto del cadmio incluye alteraciones en la fosforilación oxidativa causando la enzimuria. (1,4)

## 2.6. ZINC

El zinc es un micronutriente esencial y por lo general se considera como uno de los elementos menos peligroso, aunque su toxicidad puede aumentar debido a la presencia de arsénico, plomo, cadmio y antimonio como impurezas. (2)

Este elemento esta ampliamente distribuido en el suelo, pero como muchos otros metales llega a ser menos aprovechable conforme aumenta el pH. El zinc es absorbido, por las plantas en su forma catiónica.

Su uso se destina a la producción de cubiertas protectoras para el fierro, aleaciones y bronce. (4,11)

### ZINC EN LAS PLANTAS.

El zinc tiene relación directa en la síntesis del ácido indolacético (IAA) y como tal su deficiencia puede causar cambios sustanciales en la forma y hábitos de crecimiento de ciertas especies,

produciedo plantas atrofiales y de baja altura, con pobre desarrollo de la dominancia apical.

El zinc es importante en la síntesis de proteínas, puesto que su deficiencia puede traducirse en sustancial incremento de compuestos nitrógenados solubles. La actividad del zinc también esta relacionada en la síntesis de clorofila.

La deficiencia de este elemento incluye atrofiamiento y reducción notable del tamaño de la hoja, que conduce a hojas pequeñas , así como clorosis invernal, que produce la "hoja moteada" y el "frenching" de los citricos una carencia de zinc produce la enfermedad "yema blanca" del maiz y puede conducir a una considerable reducción de la floración y fructificación así como achaparramiento y crecimiento radical probremente diferenciado. (23,25)

#### ZINC EN EL METABOLISMO HUMANO

El zinc es esencial en la actividad de las siguientes enzimas, alcohol deshidrogenasa,

carboxipeptidasa, amino peptidasa, alcalina fosfatasa, anhidrasa carbonica, RNA polimerasa y DNA polimerasa.

No se ha definido completamente su papel biológico , sin embargo es esencial en el humano, así tenemos que interviene en el metabolismo de la vitamina A, y en la actividad de algunas enzimas, esté se encuentra ubicado en los tejidos, un exceso se puede asociar con la deficiencia de fierro (anemia), aparentemente el zinc interfiere con el cobre y el fierro en su metabolismo.

Es excretado por la bilis y es reabsorbido en los intestinos , sus sales con ácidos minerales son corrosivos en piel y en tracto gastrointestinal. La ingestión de 2 g o más produce síntomas tóxicos en el humano, el sulfato de zinc es irritante en el tracto gastrointestinal y puede causar vómito.

Se ha encontrado que dietas deficientes de este elemento puede afectar el crecimiento, la pérdida del sabor y en la etapa de pospubertad causa

hipogonodismo y decremento en la fertilidad.

## ZINC EN LA NUTRICION ANIMAL

El zinc está involucrado en varios sistemas enzimáticos. el exceso de calcio en la dieta tiene un efecto antagónico probablemente a nivel enzimático, el nivel recomendado es de 40 ppm en materia seca de la ración, que proporciona un factor de seguridad contra la posibilidad de una deficiencia límite. (24)

### 2.7. FIERRO

El hierro es uno de los elementos nativos, la producción de este excede las necesidades debido a sus características es utilizado con otros componentes en pigmentos, tapas magnéticas, alimentos desinfectantes saborizantes y aditivos es utilizado terapéuticamente.

El hierro se encuentra en aguas como compuesto ferrosos y ferrico siendo poco soluble en ellas, no ocasiona efectos tóxicos a las plantas, en los suelos aerados a valores de pH neutros es muy soluble.

Puede encontrarse un alto contenido de este elemento en el agua, en suelos ácidos precipita contribuyendo a la fijación de otros elementos esenciales para la planta presentes en el suelo como son P y Mo. (1,15)

El fierro es absorbido por las raíces de las plantas en forma iónica o como sales orgánicas complejas.

#### **FUNCIONES EN LA PLANTA.**

Existe en forma divalente o trivalente en los citocromos y ferroxidasa (proteína esencial para la reacción de luz en la fotosíntesis), en los citocromos envuelve el transporte de electrones mitocondriales al sistema de respiración, en catalasa y peroxidasa, en nitrito reductasa y nitrato reductasa.

## FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA DE LA PLANTA.

El suelo es importante en el crecimiento de la planta, ya que proporciona los elementos minerales nutrientes que requiere para su crecimiento. (16)

En suelos compactados o inundados con aereación deficiente, el Fe se encuentra principalmente en forma ferrosa soluble, aunque algo puede precipitar en forma de sulfuros.

La interacción con otros nutrientes indican, que los excesos de P, Zn, Mn, Cu y Mo incrementan la deficiencia de hierro mientras, las deficiencias de K o de Zn pueden causar una acumulación en los nodulos del tallo de maíz.

La deficiencia de hierro en las plantas es caracterizada por el desarrollo pronunciado de inervaciones clorosis similares a las causadas por la deficiencia del manganeso, la deficiencia de este elemento resulta evidente porque hay inhibición de la formación de clorofila .

## EFFECTOS TOXICOS.

Debido a su poca solubilidad se restringe la posibilidad de problemas de toxicidad , algunos suelos lo contienen en exceso sin que ocurra problemas de toxicidad aparente.

## FIERRO EN EL METABOLISMO HUMANO.

Normalmente se estima que el almacenamiento de fierro en el cuerpo humano corresponde a un 23.5% en hemoglobina, 72.9% mioglobina, 3.3% fierro paranchimal y 0.3% transferrina.

El fierro es esencial para todos los tejidos del cuerpo, debido a su presencia en la hemoglobina es el portador de oxígeno en la sangre. Forma también parte de diversas enzimas que participan de modo primordial en las reacciones de oxidación del metabolismo de la energía. Así aunque presente en cantidades excesivamente pequeñas es un elemento muy importante en todos los procesos vitales. Este elemento en su forma ferrosa se absorbe en un 30% el intestino, es transportado por la



transferritina a la  $\beta$ - globulina. Se excreta por orina y heces en cantidad que depende de la ingesta diaria.

#### FIERRO EN LA NUTRICION ANIMAL

La deficiencia del fierro no constituye un problema en el ganado lechero que recibe raciones normales, puesto que la mayoría de los alimentos contienen más del 50 % requerido en la ración seca.

El fierro en exceso se combina con el fósforo, haciendo que este se encuentre disponible para la vaca sin embargo puede provocar una deficiencia de fósforo. (24)

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Todos los contaminantes químicos de cualquier origen acaban por llegar a la superficie terrestre, y su acción futura dependerá de las propiedades químicas y físicas del suelo que las recibe. Los metales acumulados en la superficie del suelo se reducen lentamente por lixiviación, el consumo por las plantas, la erosión y la defoliación.

Las plantas son buenos indicadores de la composición química y del estado físico del suelo; si el suelo presenta desequilibrios naturales, debido al exceso de cultivos o a contaminaciones de diversos tipos, las plantas lo indicarán con cambios de apariencia, de composición química y de funciones bioquímicas.

Los vegetales regados o cultivados en tierras contaminadas incorporan metales pesados dentro de su estructura, y los animales que ingieren estos alimentos los incorporan a su organismo.<sup>(3)</sup>

Por lo que actualmente se ha hecho patente la necesidad de contar con estudios básicos que nos permitan cuantificar y evaluar los distintos grados de contaminación y los cambios en los distintos niveles tróficos, principalmente en las zonas agrícolas de mayor importancia del país; tal es el caso del Distrito de Riego No 063 del Valle del Mezquital, Hidalgo la cuál se ha visto afectada en los últimos años por la industrialización de la Ciudad de México donde los desechos van hacia las aguas residuales las cuales son utilizadas para riego de estas tierras.

#### 4. OBJETIVOS.

##### 4.1. OBJETIVO GENERAL:

4.1.1. Evaluar los niveles de contaminación por metales pesados Pb, Cu, Cd, Zn, Cr y Fe en alfalfa (Medicago sativa) y en leche de vaca, por absorción atómica, en el Distrito de Riego No 063 del Valle del Mezquital, Hidalgo.

##### 4.2. OBJETIVOS PARTICULARES:

4.2.1. Evaluar metales pesados Pb, Cu, Cr, Cd, Zn y Fe en alfalfa (Medicago sativa) por absorción atómica regada con aguas residuales.

4.2.2. Evaluar metales pesados Pb, Cu, Cr, Cd, Zn y Fe en leche de vaca, alimentada por la leguminosa descrita.

4.2.3. Describir si existe alguna relación en la cadena natural entre el consumo de metales pesados en alfalfa y la cantidad de estos presentes en la leche.

## 5. HIPOTESIS

Las elevadas concentraciones de contaminantes son originadas por el crecimiento acelerado de la población y la industria, donde sus desechos son vertidos a las aguas residuales las cuales son utilizadas para riego agrícola.

La presencia de metales pesados en aguas negras destinadas al riego de suelos agrícolas, repercutirá en la concentración de estos metales en plantas como la de alfalfa (*Medicago sativa*) y en leche de vacas que la consumen y se encontraran cantidades apreciables de estos contaminantes.

## 6. MATERIAL Y EQUIPO

- \* Matraces kjendhal de 30 ml PYREX
- \* Vasos de precipitado de 10, 20, 50 y 100 ml. PYREX
- \* Pipetas volumetricas de 1, 2, 3, 5, 10 y 25 ml. PYREX
- \* Matraces aforados de 25, 50 y 100 ml. PYREX
- \* Embudos de tallo corto, PYREX
- \* Gradilla.
- \* Tubos para centrifuga con tapón esmerilado de 15 ml. PYREX
- \* Espatula.
- \* Vidrios de reloj. PYREX

### EQUIPO:

- \* Balanza analítica. METTLER, 200.
- \* Estufa analítica. PRECISA, 100.
- \* Digestor.
- \* Espectrofotómetro de absorción atómica, PYE UNICAM SP-192.

### REACTIVOS:

- \* Acido nítrico.
- \* Acido sulfúrico.
- \* Acido perclórico.
- \* Glicina
- \* Metil-isobutil-cetona (MIBK)
- \* Pirrolidin Ditiocarbamato de Amonio (APDC)
- \* Peróxido de hidrogeno
- \* Tritón TX-100
- \* Agua desionizada.

## 7. METODOLOGIA

### 7.1. RECOLECCION DE MUESTRAS:

El muestreo se llevo a cabo en la época de primavera, realizando un muestreo al azar y sin reemplazo.

La alfalfa colectada se corta con tijeras de plástico para evitar el contacto con metal, el corte fué 5 cm del nivel del suelo y se guardó en bolsas de polietileno.

La leche se colecta de las tinajas una vez que ya habian sido ordeñadas la mayoría de las vacas, de esta manera se aseguro que fuera más homogénea.

La colecta de la leche fué en las áreas circunvecinas a la de alfalfa, y procurando que el establo fuera grande y la alimentación de las vacas fuera exclusivamente alfalfa achicalada de la zona de estudio.

7.2. METALES PESADOS (Pb, Cu, Cr, Cd, Zn y Fe ) EN ALFALFA.

Secar la muestra de alfalfa a  $80^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, triturando finamente , pesar 0.5 g transferir a un matraz kjendhal de 30 ml, adicionar 1 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, 5 ml de  $\text{HNO}_3$  concentrado y 1 ml de  $\text{HClO}_4$  concentrado, calentar suavemente y regular la temperatura hasta ebullición suave, dejar el tiempo necesario hasta obtener una solución homogénea, enfriar y transferir a un matraz volumetrico de 50 ml, aforar con agua desionizada, la solución acuosa se emplea directamente para la determinación de los elementos deseados. Procesar en forma paralela la solución blanco. A partir de una solución estandar preparar la curva de calibración para cada elemento, realizar las lecturas por espectrofotometría de absorción atómica.

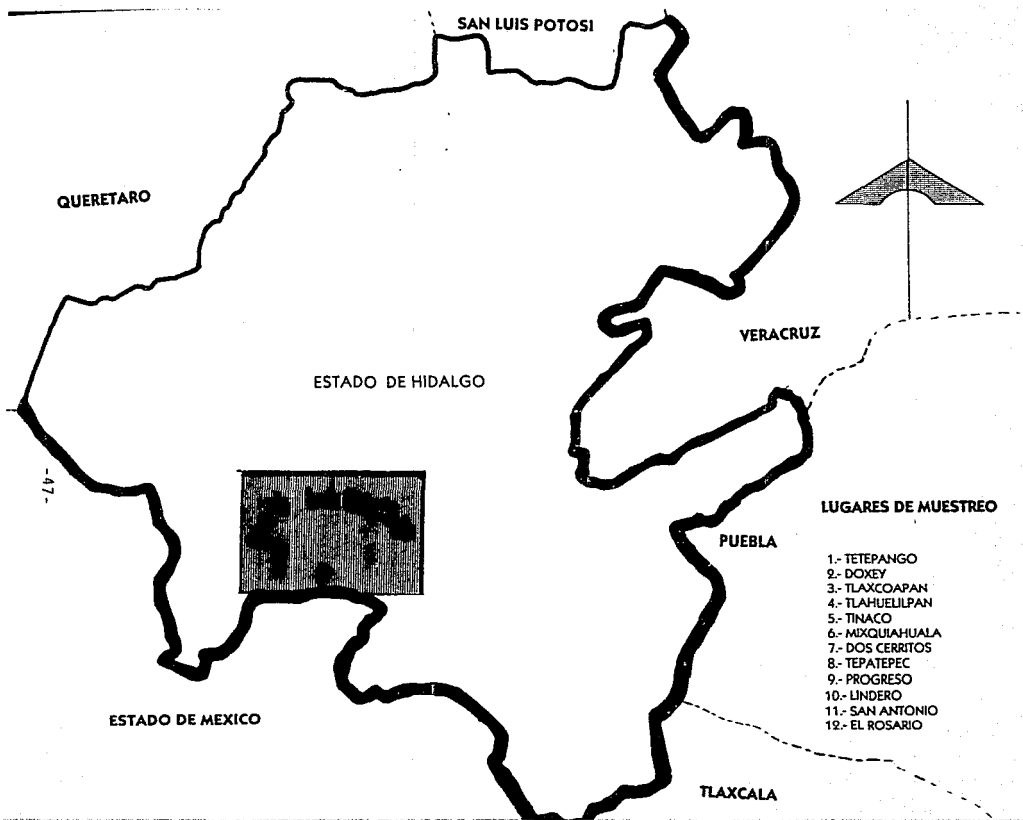


### 7.3. METALES PESADOS (Cu, Cr, Cd, Zn y Fe) EN LECHE DE VACA.

Digerir la muestra con  $\text{HNO}_3$  concentrado, hasta la obtención de una solución clara, aforar a 25 ml con agua desionizada, procesar en forma paralela el blanco, determinar la concentración de los elementos de interés por espectrofotometría de absorción atómica, empleando una curva de calibración para cada elemento.

### 7.4. DETERMINACION DE PLOMO EN LECHE.

Tomar una alícuota de la solución obtenida, adicionar glicina, tritón TX y APDC, extraer con MIBK y determinar la concentración de este elemento por espectrofotometría de absorción atómica, empleando una curva de calibración para este elemento.



## RESULTADOS

**TABLA 1. METALES PESADOS EN ALFALFA ( Medicago sativa )  
DEL DISTRITO DE RIEGO 063, DEL ESTADO DE HIDALGO.**

SITIO DE MUESTREO	Pb	Cd	Fe	Cu	Zn	Cr
1	41.0	8.7	210.0	9.5	45.5	34.0
2	42.0	13.0	225.0	22.0	40.0	42.3
3	51.5	12.2	202.5	22.8	42.8	29.0
4	73.2	16.1	264.0	13.5	47.0	35.0
5	52.0	18.2	258.3	20.0	49.8	32.3
6	43.8	20.4	282.5	19.6	63.8	39.0
7	128.5	22.0	215.0	16.5	73.0	49.0
8	184.0	22.2	172.5	18.0	71.0	29.0
9	162.5	19.0	365.0	19.5	55.0	29.0
10	165.5	21.2	455.0	21.0	93.7	29.0
11	151.8	19.2	506.2	20.8	91.8	31.0
12	126.2	30.7	352.5	20.0	86.8	31.0

\*\*\*\*\* Expresado en ppm \*\*\*\*\*

**NOTA: LOS DATOS ENLISTADOS, SON LAS MEDIAS DE LAS  
DETERMINACIONES.**

TABLA 2. METALES PESADOS EN LECHE, DEL DISTRITO DE RIEGO 063 DEL ESTADO DE HIDALGO.

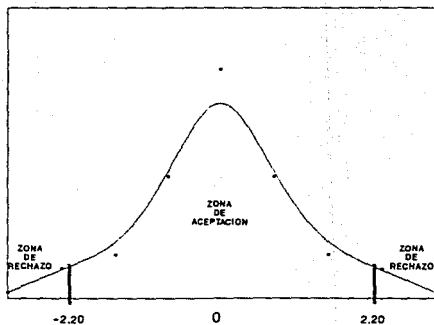
SITIO DE MUESTREO	Pb	Cd	Fe	Cu	Zn	Cr
1	0.120	0.011	1.000	0.066	2.500	0.433
2	0.035	0.013	1.950	0.080	2.730	0.390
3	0.105	0.011	1.050	0.020	2.820	0.370
4	0.062	0.010	1.125	0.020	2.670	0.760
5	0.068	0.012	1.130	0.046	2.310	0.440
6	0.037	0.012	1.100	0.080	2.800	0.540
7	0.058	0.013	1.060	0.580	2.650	0.616
8	0.044	0.015	0.700	0.585	3.750	0.490
9	0.051	0.014	1.050	0.125	5.100	0.600
10	0.005	0.017	1.150	0.900	4.860	0.550
11	0.006	0.013	0.775	0.950	5.920	0.530
12	0.160	0.015	0.816	0.073	3.230	0.500

\*\*\*\*\* Expresado en ppm \*\*\*\*\*

NOTA: LOS DATOS ENLISTADOS, SON LAS MEDIAS DE LAS DETERMINACIONES.

TABLA. 3

ANALISIS DE CORRELACION  
ENTRE ALFALFA Y LECHE

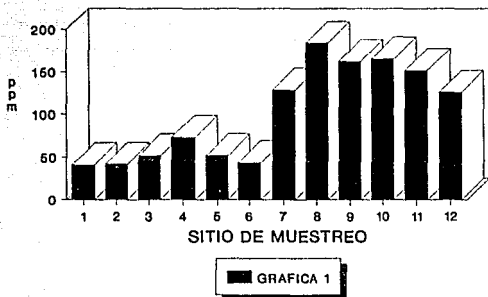


METALES PESADOS  $t_{EXPERIMENTAL}$

Pb	0.0966
Cd	27.2
Fe	-0.6859
Cu	1.0221
Zn	2.6066
Cr	0.5147

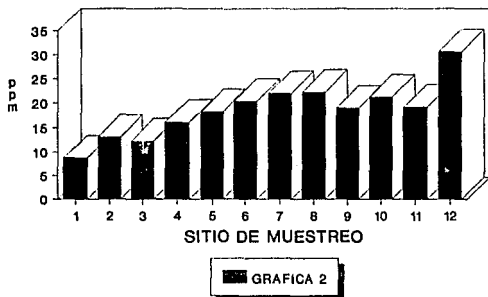
$t_{TEORICA}$  : +- 2.20

**CONCENTRACION DE PLOMO EN ALFALFA  
EN EL DTO. DE RIEGO 063, HIDALGO.**



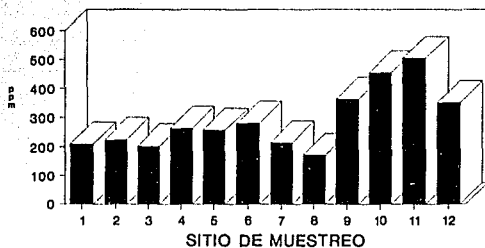
RANGO [72.21-130.94]

**CONCENTRACION DE CADMIO EN ALFALFA  
EN EL DTO. DE RIEGO 063, HIDALGO.**



RANGO[15.72-21.58 ppm]

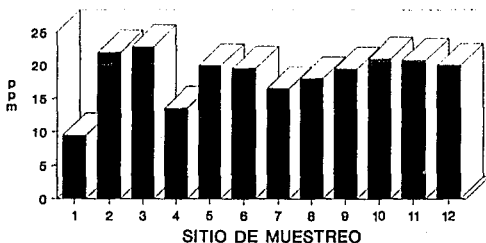
### CONCENTRACION DE FIERRO EN ALFALFA EN EL DTO. DE RIEGO 063, HIDALGO.



■ GRAFICA 3

RANGO[237.04-347.10 ppm]

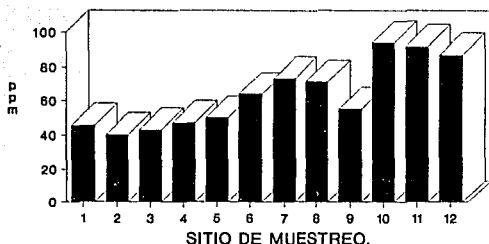
### CONCENTRACION DE COBRE EN ALFALFA EN EL DTO. DE RIEGO 063, HIDALGO.



■ GRAFICA 4

RANGO[10.02-20.57 ppm]

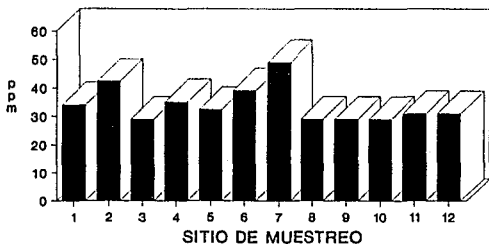
**CONCENTRACION DE ZINC EN ALFALFA  
EN EL DTO. DE RIEGO 063, HIDALGO.**



**GRAFICA 5**

RANGO [53.19-73.52 ppm]

**CONCENTRACION DE CROMO EN ALFALFA  
EN EL DTO. DE RIEGO 063, HIDALGO.**

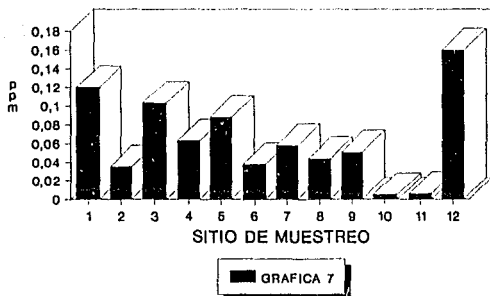


**GRAFICA 6**

RANGO [30.759-37.4166 ppm]

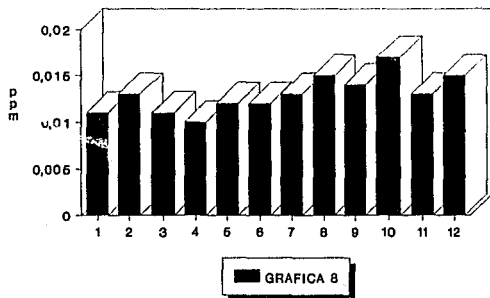


### CONCENTRACION DE PLOMO EN LECHE EN EL DTO. DE RIEGO 063, HIDALGO



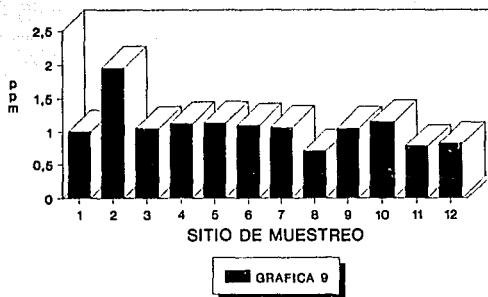
RANGO[0.04029-0.08801 ppm]

### CONCENTRACION DE CADMIO EN LECHE EN EL DTO. DE RIEGO 063, HIDALGO.



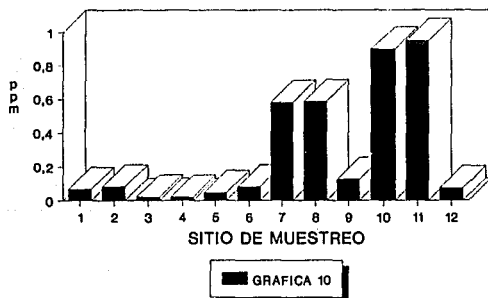
RANGO[0.00838-0.01998]

**CONCENTRACION DE FIERRO EN LECHE  
EN EL DTO. DE RIEGO 063, HIDALGO.**



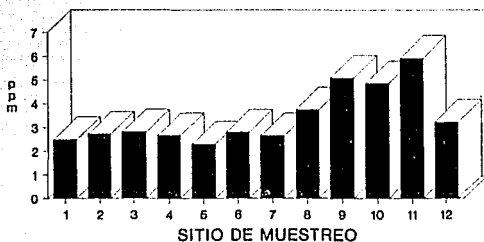
RANGO [0.91306-1.23796]

**CONCENTRACION DE COBRE EN LECHE  
EN EL DTO. DE RIEGO 063, HIDALGO.**



RANGO[0.11088-0.49198]

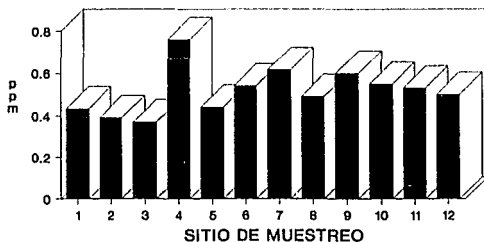
### CONCENTRACION DE ZINC EN LECHE EN EL DTO. DE RIEGO 063, HIDALGO.



GRAFICA 11

RANGO[2.8256-4.0644 ppm]

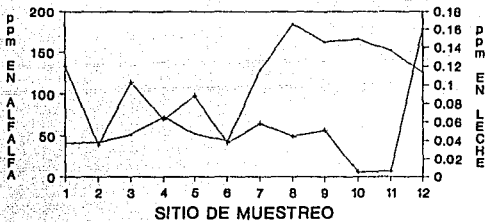
### CONCENTRACION DE CROMO EN LECHE EN EL DTO. DE RIEGO 063, HIDALGO.



GRAFICA12

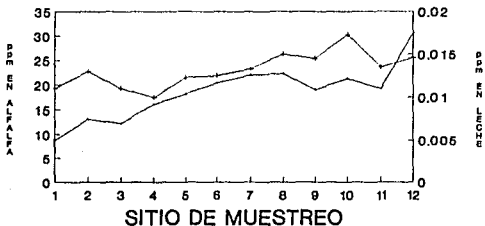
RANGO[0.48217-0.57433 ppm]

**PLOMO EN ALFALFA Y LECHE  
EN EL DTO. DE RIEGO 063, HIDALGO.**



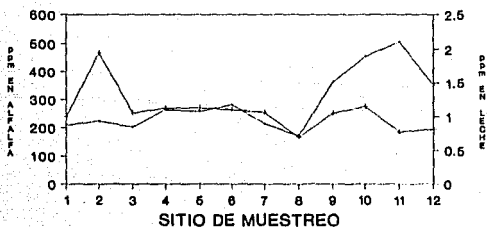
**GRAFICA 13**  
— ALFALFA —+— LECHE

**CONC. DE CADMIO EN ALFALFA Y LECHE  
EN EL DTO. DE RIEGO 063, HIDALGO.**



**GRAFICA 14**  
— ALFALFA —+— LECHE

CONCENTRACION DE Fe EN ALFALFA Y LECHE  
EN EL DTO. DE RIEGO 063, HIDALGO.



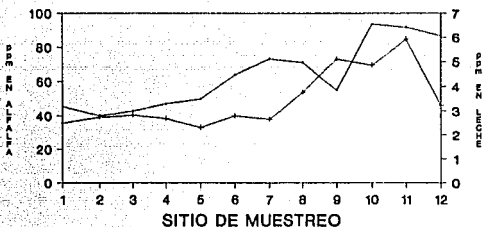
GRAFICA 15  
— ALFALFA — LECHE

COBRE  
EN ALFALFA Y LECHE



GRAFICA 16  
— ALFALFA — LECHE

CONCENTRACION DE ZINC EN ALFALFA Y LECHE  
EN EL DTO DE RIEGO 063, HIDALGO.



GRAFICA 17  
— ALFALFA —+— LECHE

CONC. DE CROMO EN ALFALFA Y LECHE  
EN EL DTO DE RIEGO 063, HIDALGO.



GRAFICA 18  
— ALFALFA —+— LECHE

# PLOMO

## EN ALFALFA Y LECHE

### ANALISIS DE CORRELACION



GRAFICA 19  
 — ALFALFA    - - - LECHE

# CADMIO

## EN ALFALFA Y LECHE

### ANALISIS DE CORRELACION

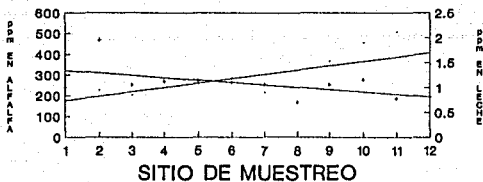


GRAFICA 20  
 — ALFALFA    - - - LECHE

# FIERRO

## EL ALFALFA Y LECHE

### ANALISIS DE CORRELACION



GRAFICA 21  
 — ALFALFA    - - - LECHE

# C O B R E

## EN ALFALFA Y LECHE

### ANALISIS DE CORRELACION



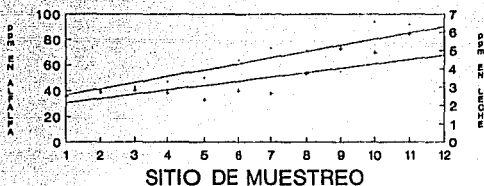
GRAFICA 22  
 — ALFALFA    - - - LECHE



## Z I N C

### EN ALFALFA Y LECHE

#### ANALISIS DE CORRELACION

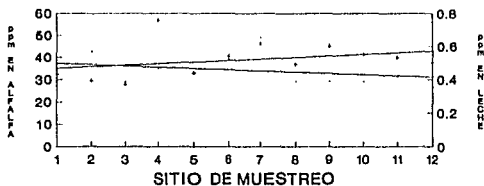


GRAFICA 23  
 — ALFALFA — LECHE

## C R O M O

### EL ALFALFA Y LECHE

#### ANALISIS DE CORRELACION



GRAFICA 24  
 — ALFALFA — LECHE

## 9. DISCUSION DE RESULTADOS

En el estudio realizado en alfalfa (*Medicago sativa*) y en leche de vaca en el Distrito de Riego No 063 del Valle del Mezqital Hidalgo, obtuvimos los siguientes resultados:

Las concentraciones de metales pesados en alfalfa que se presentan en la Tabla 1 nos muestra que el Fe es el elemento que esta presente en mayor concentración, obteniendo hasta 506.2 ppm este valor corresponde a la región 11.

Las concentraciones de metales pesados en leche que se presentan en la Tabla 2 encontramos, que el Zn es el elemento que esta presente en mayor concentración, obteniendo 5.1 ppm y este valor corresponde a la región 8.

En la gráfica 1 podemos observar que la cantidad de plomo se incrementa de manera importante en

los sitios 7,8,9,10,11 y 12 obteniendo el valor más alto en la región 8.

En la gráfica 2 podemos observar que del sitio 1 al 11 no existe una variación importante en los niveles de Cd, no así para el sitio 12 en el que se determinaron 30.7 ppm.

En la gráfica 3 el Fe es el elemento que presenta una mayor concentración, se puede observar que en los diferentes sitios de muestreo existen pequeñas oscilaciones en las concentraciones del elemento considerando una variación importante en los sitio 9,10 y 11.

En la gráfica 4 no existen grandes diferencias en las concentraciones de Cu.

En la gráfica 5 encontramos que la concentración de Zn se incrementa excepto para el sitio 9.

En la gráfica 6 las concentraciones para Cr se incrementa desde el sitio 2 al 7 y a partir del 8 al 12 la concentración es constante.

En la gráfica 7 encontramos que existe una gran variabilidad en el contenido de Pb en leche en cada región, encontrándose una cantidad importante de este elemento en el sitio 12.

En la gráfica 8 para la concentración de Cd observamos que no existe variaciones importantes entre los 12 sitios de muestreo.

En la gráfica 9 el fierro en el sitio 2 es el que se encuentra en mayor concentración en los 11 restantes el comportamiento en la concentración de este elemento nos indica que no hay variaciones importantes.

En la gráfica 10 en los sitio 7,8,10 y 12 encontramos valores 5 veces más altos de cobre en relación a los sitios restantes.

En la gráfica 11 el zinc presenta altas concentraciones en el sitio 11 y la más baja en la 5.

En la gráfica 12 el valor más alto de Cr se encuentra en la región 4 para los demás sitios restantes la concentraciones no tienen variaciones importantes.

En la gráfica 13 las concentraciones de Pb para alfalfa y leche presentan un comportamiento diferente, es decir que no podemos establecer si existe una relación directa en el contenido del elemento entre alfalfa y leche.

En la gráfica 14 podemos observar un comportamiento muy similar del Cd para la alfalfa y leche en los 12 sitios de muestreo.

En la gráfica 15 el Fe tiende a tener el mismo comportamiento en los sitios del 3 al 12 no así para el sitio 2 donde encontramos un incremento considerable de Fe en leche.

En la gráfica 16 la concentración de Cr en alfalfa y leche presenta un comportamiento diferente, es decir no podemos establecer si existe una relación directa en el contenido del elemento en alfalfa y leche.

En la gráfica 17 podemos observar que las concentraciones de Zn en alfalfa y leche no presentan diferencias, para los sitios 9 y 10, se presentan variaciones muy pequeñas, que se consideran no afectan de manera importante el comportamiento de este elemento.

En la gráfica 18 en los sitio del 5 al 12 observamos que no existen grandes variaciones en las concentraciones de Cr en alfalfa y leche, en los sitios 2 y 4 el Cr en leche se incrementa de manera importante en relación al Cr determinado en alfalfa.

Es necesario establecer la relación de la cantidad de los metales pesados en leche de vaca en función del alimento que consume ya que si bién es cierto que estas tienden a acumularse en tejido blando tenemos que saber si esta cantidad presente se puede deber al consumo de alfalfa, así tenemos que al realizar un análisis de correlación entre leche y alfalfa para cada uno de los elementos cuantificados. El criterios para saber si existe o no correlación entre el contenido de metales pesados presentes en leche es el siguiente:

$H_0 = B=0$  No existe correlación entre el contenido de metales pesados presentes en leche con respecto a la alfalfa.

$H_A = B \neq 0$  Si existe correlación entre el contenido de metales pesados presentes en leche en función de la alfalfa.

En la Tabla 3 se muestra la zona de rechazo y la zona de aceptación en función de la prueba de hipótesis, obteniendo que para el caso del Pb se acepta la hipótesis nula por lo tanto no hay relación en los niveles de este metal presente en leche en función al que hay contenido en la alfalfa, se observa en la gráfica 19, que las líneas no son paralelas lo cuál es un indicativo de que no existe relación entre ambas.

En la gráfica 20 par Cd se observa que las líneas son paralelas, al realizar la prueba de hipótesis tenemos que si existe correlación entre el contenido de Cd en leche y es función de la cantidad presente en alfalfa.

En la gráfica 21 es el caso de Fe tenemos que las líneas tienden a cruzarse por lo cuál no existe correlación, realizando la prueba se acepta  $H_0$  se confirma.

En la gráfica 22 para el cobre tenemos que no son paralelas las líneas , esto se corrobora con la prueba de hipótesis la cuál confirma que no existe dicha correlación.

En la gráfica 23 las líneas tienden a ser paralelas y al realizar la prueba de hipótesis se encuentra que si existe correlación entre el contenido de Zn presente en leche en función de la cantidad de este en la alfalfa.

En la gráfica 24 la tendencia de las líneas no son paralelas y esto se confirma al realizar la prueba de hipótesis al aceptar  $H_0$  en la cuál no existe correlación entre el contenido de Cr presente en leche en función de la alfalfa.

Es necesario puntualizar que las diferencias en las concentraciones de los metales pesados en la zona de estudio, desde un punto de vista químico dependen del pH de los suelos ya que en gran medida determina el comportamiento de los parámetros como son : conductividad eléctrica, cationes, aniones, así como metales pesados, el aumento o la disminución de pH en una unidad o menos ayuda a liberar o precipitar ciertos metales quedando disponibles para las plantas, en el primer caso al utilizarse el agua con fines agrícolas, como es el Distrito de Riego No 063 del Valle del Mezquital Hidalgo, que utilizan aguas residuales provenientes de las descargas de drenaje de la zona



Metropolitana de la Ciudad de México, aunque la calidad del agua no es una característica específica de este trabajo, es importante considerarse debido a su contenido de metales pesados que pueden ser dañinos para las plantas aún en pequeñas concentraciones y que van a definir el pH del suelo de donde las plantas proveen su alimento teniendo las condiciones de acidez, los metales se solubilizan , quedando disponibles para los vegetales ; a un pH alcalino, los metales pesados se precipitan quedando insolubles en el suelo sin afectar la cadena natural agua-suelo-planta.

Sin embargo la movilización de los metales pesados puede también ser en suelos neutros o alcalinos como los arcillosos, debido al predominio de los procesos de reducción en suelos calcáreos y lateríticos de las regiones áridas y semiáridas este el el caso del Valle del Mezquital; provocando que los metales pesados formen aniones complejos, fácilmente solubles ,retomando esta última parte y de acuerdo con el trabajo realizado por Pérez V.A.(1993) en su tesis elaborada en la misma región de estudio, tenemos que todos los suelos la mayoría de los valores de pH son neutros, la tendencia del incremento de metales es evidente y sobre todo en el

caso de Fe en alfalfa, ahora bien no solo por la vía suelo raíz es la entrada de estos sino que también vía atmósfera-porciones aéreas es posible, la mayoría de los alfalfares se encuentran cercanas a la carretera podemos considerarlo como un factor importante de contaminación. Las concentraciones se encontradas estan por arriba de los rangos reportados por Bohr (1983) considerando todo esto tenemos que la región de el Rosario y San Antonio son las regiones más contaminadas, en la mayoría de los metales cuantificados, debido principalmente a que en estas zonas la descarga de drenaje es más abundante.

Respecto al contenido de metales pesados presentes en leche pueden ser dañinos para el humano existen concentraciones considerables de Zn y Fe ya que de acuerdo a Ajenjo (1972), estos elementos estan por arriba de lo que él establece, sin embargo hay que agregar a esto que el método de cuantificación en ambos casos es diferente.

El Pb se encuentra en leche como contaminante su presencia es patente en este estudio y

que de acuerdo a la norma NOM-F-447-1984 para leche pasteurizada preferente extra la existencia de algún contaminante químico debe ser nula. Por lo que se debe tener cuidado, y que es necesario regular su proceso, para evitar que se convierta en un peligro para la salud del consumidor.

## 10. CONCLUSIONES

De los datos anteriores se pueden inferir los siguientes hechos:

10.1 El Distrito de Riego No 063 del Valle del Mezquital Hidalgo se encuentra contaminado por las aguas residuales tanto de origen doméstico como industrial y pluvial provenientes de la Ciudad de México.

10.2 La acumulación de metales pesados es mayor principalmente en el Rosario y San Antonio, posiblemente debido a la presencia de asentamientos humanos.

10.3 Hay correlación en la concentración de Cd y Zn en leche función al consumo de alfalfa (*Medicago sativa*), por las vacas.

10.4 La naturaleza de este estudio se considera preeliminar ya que se realizó de manera gruesa para saber los niveles de contaminantes y

posteriormente plantear objetivos más puntuales, sin embargo se hizo patente la existencia de dos zonas más contaminadas como el Rosario y San Antonio , los metales más evidentes fueron el Fe en alfalfa y Zn para la leche.

## 11. RECOMENDACIONES

\* La toma de muestra para cada región debe ser homogénea, para evitar tanta variabilidad en las regiones de muestreo.

\* Hay que considerar la cercanía de la carretera del área de muestreo para que el estudio sea representativo.

\* Tomar en consideración más parámetros que puedan ser controlados durante el muestreo.

\* Realizar un estudio más completo empezando por determinar los contenidos de metales pesados en agua, siguiendo con los suelos, vegetales y por último los animales sobre la misma área de muestreo para poder establecer la relación entre la cadena natural.

## BIBLIOGRAFIA.

1. López A.D., González D.L.D., Moreno S.A.R. La salud ambiental en México. Universo Veintiuno México D.F. (1987).
2. Duffus J.H., Toxicología ambiental. Omega S. A. Barcelona 24-94 (1983).
3. Stephen J.R., Schanss A.L. Evaluación del riesgo potencial de la exposición perinatal al plomo en el Valle de México. Perinato. Reprod. Hum. 3:48-61 (1989).
4. Carson B.L., Ellis H.V. Toxicology and Biological Monitoring of metal in humans. Lewis Published USA. (1971).
5. Quadri T.G. copilador Aguas residuales de la zona Metropolitana de la Cd de México. Impacto y perspectivas. D.D.F. D.G.O.H México D.F. (1989).
6. Méndez G.T. Estudio sobre contaminación de suelos agrícolas del Valle del Mezquital, Hidalgo, por ABS,

Boro, metales pesados, por el uso de aguas negras de la Ciudad de México. Tesis Fac. de Ciencias, UNAM, México D.F. (1983).

7. Mascareño. Estudio preliminar sobre contaminación de los suelos y de producción agrícola en el Distrito de Riego 03 por el uso de aguas negras de la Ciudad de México. Tesis de Fac. de Ciencias, UNAM. México (1974).

8. García A.M. Cruz D.L., Cajuste. Contaminación por Pb, Cd y Cr en suelos y tejidos vegetales de Tlaxcoapan, Tlahuelilpan y Atlatlalaquia, Hidalgo. Tesis F.E.S Cuatitlan UNAM. México (1987).

9. Hernández S.G., Maples V.M., Solorio M.G. y Villareal. Tendencia de la acumulación de metales en el suelo del Distrito de Desarrollo Rural 063, en el Estado de Hidalgo, por efecto del riego con aguas negras. Tesis. Instituto de Geología. UNAM México (1988).

10. Méndez G.T., Salas C.A., y Magaña L.D.M. Contaminación por Cr, Pb y Cd en suelos agrícolas del Estado de Guanajuato. Organó Oficial de divulgación de la sociedad Mexicana de ciencias del suelo. A.C. Enero- Junio (1985).

11. Bidwell R.G., Fisiología Vegetal A.G.T. Editores S.A. México D.F. (1979).



12. Allison D.W. Dziala. The influence of lead, cadmium and niquel on the growth of regross and coats. Plant and soil. 62(1):81-89 (1981).

13. Salisbury F.B. Ross C.W. Plant physiology 2nd Ed Wadsworth Published Company Inc Belmont. California. USA (1978).

14. Colaciopo S., De Acevedo F.A. Necesidades mínimas para un laboratorio de ecotoxicología. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Mundial de la Salud, Metepec. México. (1986).

15. Broger T.C., Jhonson C.M., Poull R.E. Some aspect of lead in plant nutrition. Plant and soil. 36:301-303 (1972).

16. Zimbhal R.L., Hasset J.J., Lead in soil. Lead in the Enviromet. Cap 4 N.S.F.R.A. Washington, D.C. 93-98 (1972).

17. Ready C.N., Patrich J.W.H. Effect of redox potencial and pH on the uptake of Cd, Pb by rice plants. J. Environ. Quall. 6:(3):254-262 (1977).

18. Xingfu Xian. Response of kidney bean to concentration and chemical form od Cd, Zn and Pb in Folloted soil. J. Environ. Pollution. 57:127-137 (1989).

19. Glater R.A.B., Hernández. Lead detection ain living plantas tissue using a new histochemical method. J. Air Pollution Conts. 22:463-467 (1972).

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

20. Katzung G.B. Farmacología Básica y Clínica. Manual Moderno S.A. de C.V. México D.F. 750-752 (1987).

21. David J., Madryk M. Lead Toxicity in tobacco resembles and arley sintomans of frenching. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 21:182-185 (1955).

22. Vellion C. Trace element analysis of biological samples. Analytical Chemistry. 58(8)851A-859A (1986).

23. Gasque G.R. Zootenia. Lechera concreta. Continental S.A. de C.V. México D.F. (1986).

24. Bath D.L. Dickinson F.N., Turker. Ganado lechero, principio y practicas, problemas y beneficios. 2a ed. Interamericana. México (1986).

25. Pérez V A. Niveles de contaminación por metales pesados en aguas y suelo en el Distrito de Riego No 063 del Valle del Mezquital, Hidalgo. Tesis FES-Zaragoza UNAM México D.F. (1993).

25. Bohn H.L. Mcneal B.L. Soil chemistry. John Wiley and Sons. USA (1985).

26. Ajenjo G.A. Ganado vacuno. Interamericana. México. (1972).

27. Norma Oficial Mexicana NOM-F-447-1984. Alimento. Leche Pasteurizada preferente extra. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. DGN. México. (1984).

28. Voth J.L. Spectrographic Method for determination of trace elements in milk. Anal. Chem. 35 (12): 1951-1952.(1963).