

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**



**NIVELES DE CROMO EN BOVINOS QUE PASTAN A  
ORILLAS DEL RIO LERMA EN LA ZONA INDUSTRIAL  
DEL VALLE DE TOLUCA.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA  
P R E S E N T A:**

**FOGAR SAMUEL RUBEN SALGADO MEJIA**

**ASESOR: M.V.Z. RENE ROSILES MARTINEZ**

**MEXICO, D. F.**

**1982**



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 esta 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.

## CONTENIDO

- I.- RESUMEN
- II.- INTRODUCCION
- III.- MATERIALES Y METODOS
- IV.- RESULTADOS
- V.- DISCUSION
- VI.- CONCLUSIONES
- VII.- BIBLIOGRAFIA

## RESUMEN

De los trabajos revisados sobre la contaminación de las aguas del Río Lerma específicamente de los niveles de cromo encontrados por la Secretaría de Asentamientos y Recursos Humanos, y del gran auge industrial que tiene la zona en que se realizó la presente investigación nacieron dudas, sobre cuáles serían los niveles de cromo que se pudieran encontrar en los bovinos que pastan y beben agua en la ribera de este río en la zona industrial del Valle de Toluca. Para resolver parte de estas dudas se realizó la siguiente investigación, que consistió en la recolección de 35 muestras de riñón, 35 muestras de hígado y 35 muestras de hueso, cada una de aproximadamente 50 g de peso, las muestras colectadas fueron de bovinos Holstein de diferentes edades que fueron criados en la zona de estudio. El método de preparación para la lectura de la concentración de cromo de las muestras recolectadas se realizó en el laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M. La cantidad de cromo leída en estos órganos se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica del Conafrut. De los niveles de cromo en los órganos analizados se observó que en riñón e hígado no existe gran diferencia en cuanto, más o menos la misma concentración (riñón  $\bar{X}$  0.500 p.p.m; hígado  $\bar{X}$  0.380 p.p.m.), no así en hueso, ya que en éste las concentraciones fueron mayores (hueso  $\bar{X}$  1.090 p.p.m. en animales de 5 a 10 años de edad).

De las observaciones estudiadas se encontraron rangos para riñón de 0.062 p.p.m. a 0.960 p.p.m; para hígado fue de 0.26 p.p.m. a 0.655 p.p.m. y para hueso de 0.037 p.p.m a 2.030 p.p.m. en animales de 5 a 10 años de edad.

Se realizaron análisis de varianza para comparar los niveles de cromo en riñón, hígado y hueso según su edad y su origen, encontrándose que en animales de 5 años las concentraciones de cromo fueron mayores, no así en su origen, ya que estadísticamente no se encontraron diferencias significativas.

## II INTRODUCCION

El crecimiento demográfico acelerado de la población mexicana se estima que en 1978 fue de 3.5% (4), esto ha ocasionado una gran demanda de bienes y servicios que deben implementarse a corto plazo para evitar un desequilibrio de la actividad económica nacional. La urgencia de implementar una producción masiva de bienes y servicios para cubrir esta demanda ha permitido el surgimiento de grandes complejos industriales alrededor de los grandes centros de población, los cuales han surgido sin una verdadera planeación que evite los efectos que pueden causar a la contaminación ambiental de la región en que se ubican.

En el valle de Toluca, se localiza uno de los complejos industriales más importantes de la República Mexicana, este complejo industrial elabora una serie de productos para la industria automotriz, textil, alimenticia, de fermentación, fundición y química, utilizando como materia prima el petróleo y sus derivados, metales y ácidos entre otros (1, 5). Los desechos de este complejo industrial son desalojados de una manera rápida y eficiente, utilizando como vehículo de conducción el agua, a través de un canal revestido que desemboca directamente al Río Lerma, sin que dichos desechos hayan sido sometidos a un tratamiento descontaminante previo, esperando que la dilución en las aguas del Río Lerma evite efectos posteriores (16). Sin embargo, este tratamiento de residuos a través de dilución en agua no es suficiente, provocando alteraciones físicas, químicas y biológicas en dicho río.

Las aguas del Río Lerma son utilizadas directamente en los sistemas de riego locales y abrevaderos naturales del ganado. La magnitud de los

efectos de la contaminación provocada por los residuos industriales a través del agua del Río Lerma son desconocidos, por lo cual se considera urgente realizar evaluaciones del agua, vegetales y animales en dicha zona, así como determinar los efectos colaterales en la población consumidora de dichos productos con el objeto de establecer sistemas de prevención que eviten o minimicen el problema.

a).- Descripción del área de estudio.

Tomando como referencia la ciudad de México, el área de estudio se localiza al Oeste del Estado de México, en la cuenca de la presa José Antonio Alzate. A 2,680 m sobre el nivel del mar. En dicha cuenca se localiza la zona industrial del Valle de Toluca que comprende los Municipios de Toluca, Lerma, San Mateo Atenco y Ocoyoacac. La zona industrial se encuentra localizada en la planicie del Valle de Toluca, a la altura del Km 3 hasta el Km 11.800 de la carretera Toluca-México. El Valle de Toluca tiene una superficie aproximada de 45 km de longitud y 30 km de ancho. Los suelos son negros del tipo Chermozers, con un p.H. que varía de ácido a neutro. El clima en esta área es semiseco con invierno seco-frío y sin estación invernal definida. Las temperaturas promedio son; máxima 24.5°C, media 15°C y mínima 1.2°C con una precipitación media anual de 800 mm (15).

b).- Población y actividades.

El Municipio de Toluca es el principal centro de población en el área de estudio, con una población económicamente activa de 88,202 habitantes, de los cuales el 16% se dedica a actividades agrícolas, --

27.5% se emplea en diversas industrias y el restante 56.5% a otras actividades (15).

c).- Tipo de industrias en el área de estudio.

Las industrias localizadas en esta área son del siguiente tipo:

1). Industria de fermentación; 2). Industria alimenticia; 3). Industria automotriz; 4). Industria textil; 5). Industria de la curtiduría; 6). Industria de la fundición; 7). Industria química (1, 5).

Dentro de la industria de fermentación, se encuentran aquellas industrias que usan como materia prima, microorganismos que los dejan reposar durante su proceso, tales como las cervecerías, destilerías y las dedicadas a la fabricación de alcohol.

En la industria alimenticia, se incluyen las industrias embotelladoras, empacadoras de carne, de conservas, etc.

La industria automotriz en el complejo industrial de Toluca se enuentran instaladas tres de las compañías armadoras más grandes de la República Mexicana, por lo que sus aguas residuales se pueden considerar de las más peligrosas para descargarlas a un cuerpo receptor sin haberles practicado un tratamiento previo y adecuado. Es común que este tipo de agua residual contenga elevadas concentraciones de ácidos y metales pesados.

Industria textil.- Por los diferentes procesos practicados en la elaboración de sus productos originan un agua residual que contiene anilina, tintes, detergentes, etc., haciendo que el agua residual adquiera diferente color y olor desagradable.

*Industria de fundición.- Esta industria utiliza diferentes tipos de metales para la elaboración de sus productos, las aguas residuales de esta industria tienen temperaturas hasta de 40°C como son las empresas Diacromex, S.A. y Cromatos, S.A., también altas concentraciones de metales pesados como el cromo, zinc y cobre, haciendo que sus aguas -- sean muy tóxicas.*

*Industria química.- Esta industria es una de las más complejas y por consiguiente las características que presentan sus aguas residuales son muy variadas, en general, tienen temperaturas muy elevadas como la empresa Polioles, S.A. en las que se vieron temperaturas de aguas residuales que llegan al Río Lerma hasta de 42°C, estas empresas presentan una gran demanda química de oxígeno. En esta misma empresa esta demanda es de 190,000 p.p.m. (16, 23).*

*Industria de la curtiduría.- Estas industrias trabajan grandes cantidades de pieles, utilizando ácidos, blanqueadores, alcalis, tintes, sales de cromo y tanino, provocando que sus aguas residuales sean muy peligrosas para la vida orgánica (16, 23).*

d).- Tipos de contaminantes del agua.

Los contaminantes que llegan a los diferentes cuerpos de agua, se clasifican por su tipo en la forma siguiente:

- |              |                     |
|--------------|---------------------|
|              | a).- materia sólida |
| 1).- Físicos | b).- temperatura    |
|              | c).- p.H.           |

- 2).- Químicos
- a).- orgánicos
  - b).- inorgánicos
- 3).- Biológicos o Bacteriológicos
- a).- bacterias totales
  - b).- bacterias fecales
  - c).- bacterias patógenas
  - d).- protozoarios
  - e).- virus

- 4).- Tóxicos
- a).- plaguicidas
    - insecticidas
    - herbicidas
    - rodenticidas
    - fungicidas, etc.
  - b).- metales pesados
    - cadmio
    - cobre
    - cromo
    - mercurio
    - plomo
    - zinc
  - c).- radioactividad
    - radio
    - estroncio
    - uranio

Directa o indirectamente las actividades del hombre producen alguna forma de contaminación. Los desechos industriales del aprovechamiento de los recursos naturales requieren ser desalojados de una manera rápida y eficiente; hasta la fecha, esto se ha practicado utilizando como vehículo

de conducción el agua. Las actividades industriales producen una gran -- cantidad de desechos líquidos y sólidos. Estos desechos que componen - substancias orgánicas e inorgánicas, disueltas y en suspensión, son desa lojadas en su mayoría en forma líquida y utilizan como vehículo el agua constituyendo una de las principales fuentes de contaminación en el mun do entero (21, 23, 25).

e).- Estudios específicos sobre el problema.

En el complejo industrial del Valle de Toluca se encuentran locali zadas 125 industrias de las cuales son: 6 fábricas de automóviles, 4 fábricas de pistones de aluminio, bujías y muelles, 4 fábricas de galvani zar, níquelar y cobrizar, 3 fábricas de cromatos, 9 fábricas de hule y - derivados de éste, 5 fábricas de jabón, 9 laboratorios químicos farmaceu ticos, 16 fábricas de productos para limpieza y otros, 12 fábricas de -- plástico, 3 editoriales, 1 fábrica de cosméticos y perfumes, 9 fábricas de zapatos, 1 fábrica de cigarros, 7 fábricas de preparados de lana, 1 - fábrica de cerveza, 4 fábricas de aceites vegetales, 5 emparadoras, 18 - curtidorías, 1 fábrica de embutidos, 1 fábrica de ácidos, 3 fábricas de tintes y colorantes, 1 fábrica de herramientas para trabajo, 7 fábricas de relojes, 3 fábricas de pegamento y mastique, 1 fábrica de pinturas y anticorrosivos, 1 cromadora; utilizando para la elaboración de sus pro ductos; metales, ácidos, gas, petróleo, madera, pintura, resinas, etc. (1, 5).

La mayoría de las industrias mandan sus aguas residuales a un canal industrial el cual lleva un promedio de 250 l/seg., de los cuales son - 220 litros de aguas residuales y 30 litros de aguas domésticas. - - - - -

Para 1990 se estima que va a llevar 425 l/seg. Este canal industrial desemboca en el Río Lerma, a la altura del Km. 11.800 de la carretera Toluca-México, contaminando al Río Lerma en un grado máximo.

De un muestreo de 20 fábricas de las 125 que se encuentran localizadas en el área de estudio, se encontraron los promedios siguientes con un rango de ..... en:

<u>Indicador</u>	<u>Promedio</u>	<u>Rango</u>
Temperatura	26.8°C	7°C a 32°C
p.H.	8.3	0 a 12
Oxígeno disuelto	4.5 p.p.m.	0 a 36 p.p.m.
Demanda bioquímica de oxígeno	190.6 p.p.m.	0 a 1400 p.p.m.
Demanda química de oxígeno	1788.13 p.p.m.	1.8 a 19000 p.p.m.
Amoniaco	2.6 p.p.m.	0.0 a 19.2 p.p.m.
nitrito	0.19 p.p.m.	0.5 a 2.7 p.p.m.
cloro	39.8 p.p.m.	3.6 a 190 p.p.m.
sólidos totales	5498.9 p.p.m.	266 a 92398 p.p.m.
sólidos totales volátiles	1067.25 p.p.m.	96 a 1916 p.p.m.
sólidos totales fijos	323.1 p.p.m.	148 a 1524 p.p.m.
sólidos sedimentados	258.9 p.p.m.	0.0 a 1112 p.p.m.
sólidos sedimentados volátiles	150.9 p.p.m.	0.0 a 1008 p.p.m.
zinc	0.667 p.p.m.	0.0 a 1.9 p.p.m.
cromo	4.11 p.p.m.	0.0 a 25.8 p.p.m.
cobre	0.602 p.p.m.	0.0 a 2.6 p.p.m.

Las aguas contaminadas del Río Lerma riegan pastizales y zonas agrícolas, y en sus márgenes beben animales domésticos que viven a orillas de este río. El está sumamente contaminado desde el Km. 11.800 de la carretera Toluca-México hasta el puente de Temoaya, aproximadamente 12 Km de longitud. Uno de los metales que más contaminan este río es el cromo (16), que al ser ingerido por los animales en forma natural éste se deposita principalmente en bazo, hígado, riñón y glándulas endocrinas, pudiendo provocar envenenamiento en los animales que toman agua y pastan en este río (2, 24). La acción tóxica del cromo ha estado limitada a los compuestos tales como los cromatos y

dicromatos pero en la actualidad es evidente que el trióxido de cromo es carcinógeno (24). Son raros a la fecha los casos reportados de envenenamiento por cromo, únicamente se han reportado casos de animales intoxicados con cromo, aquellos que toman aguas residuales de plantas industriales (6, 12). Una dosis diaria de 30-40 mg/kg produce una intoxicación crónica grave en terneros jóvenes de un mes, la dosis letal aguda para bovinos adultos es de 20 veces esta cantidad. El diagnóstico de envenenamiento o intoxicación por cromo es generalmente igual para todos los venenos o tóxicos, los signos que podemos encontrar por intoxicación con cromo son: envaramiento transitorio, vómito, diarrea, dolores abdominales, incoordinación muscular (6). En aves se ha observado al examen clínico que las que reciben arriba de 40 mg de cromo/kg de peso en su dieta experimentaron palidez general, erizamiento de las plumas y decaimiento. Microscópicamente se identificó degeneración albuminosa y cambios grasos en hígado y riñones (2, 6). Un hecho clínico sobresaliente de intoxicación con cromo fue una profusa diarrea, que conduce en casos crónicos a intensa deshidratación y a un descenso final en la presión sanguínea.

Las alteraciones más destacadas del tracto alimenticio que fueron encontradas en examen post-mortem son: congestión e inflamación a lo largo del intestino y desprendimiento de la membrana mucosa de los estómagos (6, 12). En la intoxicación crónica la congestión e inflamación se encontraban presentes únicamente en los estómagos. El rumen y abomaso en particular, mostraban grave ulceración y casi perforación. Se considera un nivel mínimo de intoxicación 30 p.p.m. en hígado. Los signos en caballo por envenenamiento con 10 gr de dicromato de potasio fueron: pérdida del apetito, envaramiento transitorio,

latidos cardiacos rápidos e irregulares, temperatura elevada, respiración al principio lenta, después rápida y superficial, membranas de mucosas cianóticas, dolor abdominal y sed intensa. En la necropsia -- las membranas conjuntiva, bucal y gástrica mostraban signos de ero-- sión y la mucosa intestinal se hallaba desprendida, el intestino delgado y grueso contenía líquido sanguinoliento (6, 12). El Río Lerma riega con sus aguas zonas agrícolas y pastizales, además de sus - - - aguas beben los bovinos que pastan en sus márgenes. Desde hace 60 -- años aproximadamente se descubrió que el cromo era absorbido por las plantas del suelo, de esta forma el cromo es ingerido por los anima-- les (20, 28).

Anteriormente el cromo solo era conocido como un metal el cual causaba efectos tóxicos. En 1954 Curran mostró que la síntesis del colesterol y ácidos grasos a partir del acetato por medio del hígado de rata fue aumentando en presencia de iones de cromo (9, 13, 14, 26, 27). En 1959 Wacker y Vallee reportaron altas concentraciones de cromo en una fracción ribonucleoprotéica en un pedazo de hígado de bovino 20 mil veces más cromo que en el resto del hígado que fue de 0.05 p.p.m. (13, 24 y 27) .

En 1959 el interés en la fisiología nutricional del cromo se elevó notablemente cuando Schwarz y Mertz demostraron que el cromo trivalente aumenta la tolerancia de glucosa de ratas que eran sometidas a determinadas dietas (2).

En un trabajo posterior, Schroeder 1968 (17), establece que el cromo es un cofactor de la insulina necesaria para la utilización de la glucosa y para el desarrollo y longevidad en ratas y ratones (9, 19, 28).

O' Fladhert, 1968 (10), en un estudio observó que la intolerancia de glucosa en mono ardilla se corrigió con un suplemento de cromo triva lente, así mismo, W. Mertz y colaboradores tienen demostrado que el cro mo trivalente facilita la acción de insulina y el catabolismo de glucosa (13, 18).

En un estudio de Mertz de la ocurrencia y función del cromo expli ca lo siguiente: El cromo está distribuido ampliamente en los tejidos humanos en cantidades muy pequeñas y variables, encontrando que la ma yor parte de los tejidos adultos humanos contienen de 0.02-0.04 p.p.m. sobre bases secas sin especial concentración en un órgano, el total de todo el cuerpo se estima que sea menos de 6mg (19).

A diferencia de la mayoría de los elementos trazas los niveles de cromo declinan con la edad, siendo el pulmón el único órgano cuyos ní veles aumentan con el paso del tiempo (6, 7 y 8).

Del contenido de cromo en los animales domésticos hay evidencia muy limitada, sugieren que los niveles son más altos que en humanos. Quisigner reportó un nivel medio de 0.057 ug/ml en el calostro de va ca y de 0.013 ug/ml para la leche normal de vaca, en plasma de bovino 0.009-0.055 ug/100 ml. En eritrocitos de bovino 0.005-0.054 ug/100 gr. En los tejidos de pollo alimentados con hidrolizado de cuero se encon tró que el músculo contenía de 0.47 a 0.30 p.p.m. el riñón de 0.75 a 0.97 p.p.m. y la grasa de 0.5 a 0.41 p.p.m. (13, 19 y 26).

El cromo trivalente a niveles fisiológicos se absorbe sólo alre dedor del 10%. Aún cromatos hidrosolubles son pobremente absorbidos y aparecen en las heces en forma de complejos insolubles.

Estudios con cromo 51 indican que el cromo hexavalente se absorve mejor que el trivalente. El grado de absorción es de 3 a 5 veces más alto que el hexavalente (13, 19).

El cromo aniónico hexavalente pasa a través de la membrana de eritrocitos y se une a la fracción globina de la hemoglobina. El cromo catiónico trivalente no pasa esta membrana y se combina con la fracción beta-globina del plasma y es transportado unido a la siderofilina. La excreción del cromo es por orina, heces, bilis y por la piel. El cromo se moviliza de sus depósitos en respuesta a la administración de glucosa, la vida media del compuesto varía de 0.5 a 83 días (13, 19).

Una deficiencia de cromo se caracteriza por un desarrollo anormal y una longevidad desigual, aumento del colesterol sanguíneo, -- formación de placas aórticas y por anomalías de glucosa, lípidos y proteínas (24, 26).

Efecto del cromo en el metabolismo de las proteínas: Se ha observado que la deficiencia de cromo hace que no incorporen varios amino ácidos a la proteína cardíaca, esto se observó en ratas alimentadas deficientemente en cromo, los ácidos amino fueron: glicina, serina, metionina y ácido isobutírico (13).

Por una deficiencia de cromo puede observarse también lesiones en cornea, opacidad y congestión de los vasos del iris, y en ciertas condiciones un síndrome que recuerda al visto en casos de diabetes mellitus (12, 26).

Reder y colaboradores 1968 (26), vieron que una deficiencia de cromo en rata y ratón baja la tolerancia de glucosa, observándose hipoglicemia y glucosuria (9, 19, 25). La suplementación de cromo desaparece la lesión pero no cura el defecto totalmente desarrollado, el mecanismo bioquímico por medio del cual el nivel bajo de cromo conduce a este estado patológico es desconocido. Mertz 1974 (9) dice que el cromo actúa como cofactor de la insulina a nivel celular a través de la formación de un complejo ternario con los enlaces de las membranas (19, - 28).

Reder 1974 (7) dice que el cromo está involucrado en la tolerancia de glucosa en el hombre. En una prueba clínica controlada, tres de seis pacientes con diabetes moderada revelaron una mayor tolerancia a la glucosa mediante suplementos orales de cromo. En un estudio de tolerancia desigual de glucosa en 10 sujetos, 4 mejoraron con cromo en su dieta y los seis restantes no cambiaron (19).

El reconocimiento de una deficiencia de cromo se conoció hasta 1959 cuando descubrieron que el cromo trivalente era el ingrediente activado por un cofactor tolerante de glucosa (10, 26).

Mertz y colaboradores tienen demostrado que el cromo trivalente facilita la acción de insulina y el catabolismo de glucosa (10, 26). La intolerancia de cromo, en 1959 fue observada en monos ardilla que consumían alimento comercial, al observar en estos monos una alta prevalencia de no tolerancia a glucosa. Los niveles de cromo fueron analizados en el agua y alimentos y se encontró que eran bajos, consecuentemente Davidson I.W. y W.J. Blackwell adicionaron a la dieta minerales traza 10 p.p.m. de cromo en el agua de bebida por tres semanas y se vió que aumentaba la tolerancia de glucosa (9, 10).

Un exceso de cromo causa ulceración de la piel, dermatitis alérgica, inflamación y perforación del septum nasal y laringe, carcinoma del tracto respiratorio. Los excesos de cromo han sido encontrados -- formando complejos con las protelnas y este cromo ha sido considerado como el causante de las lesiones anteriormente mencionadas. El metal ha sido detectado en vivo en riñón y glándulas endócrinas de riñón acidentemente expuestos a dicromato de potasio [24]. En vista del incrremento de la industria en que se utiliza el cromo y el número de casos de envenenamiento por este metal y de los pocos agentes anticromo, se probó el ácido ascórbico como agente anticromo y se encontró que actúa como buen terapéutico (11, 20, 24).

OBJETIVOS

- a).- Determinar los niveles de cromo en hígado, riñón y hueso de bovinos en pastoreo en el área de estudio afectada por la zona industrial.
  
- b).- Determinar cuales son las áreas de mayor contaminación por este me-tal medidos a través del animal.

## MATERIALES Y METODOS

Para la realización de este estudio se tomaron muestras de hígado, riñón y hueso de 35 bovinos que se criaron en las márgenes del Río Lerma en lo que comprende el kilómetro 11.800 de la carretera Toluca-México, hasta el puente de Temoaya. La obtención de las muestras fue de bovinos sacrificados en los rastros municipales de Lerma, Sn Mateo, Atenco y Ocoyoacac, investigando primero el origen de los bovinos con los dueños o introductores de los animales. Se utilizaron 105 muestras de las cuales 35 son de hígados, 35 de riñón y 35 de hueso. Las muestras fueron tomadas en el transcurso del mediodía ya que la matanza en esos rastros es en la mañana. El ganado seleccionado fue básicamente cruza de Criollo con Holstein. Una vez identificado el ganado se muestreó, se tomaron 50 g aproximadamente de hígado, 50 g de riñón y 50 g de hueso de cada uno de los animales seleccionados. Posteriormente la preparación de las muestras tomadas fue de acuerdo a los pasos a continuación descritos:

a). Conservación de la muestra.- Las muestras tomadas se guardaron en bolsas de polietileno con la identificación del animal muestreado, en la identificación se anotó edad, sexo, lugar de procedencia, nombre del rastro en que se tomó la muestra. Estas bolsas se guardaron en refrigeración para posteriormente hacer su análisis.

b). Pesado de la muestra.- El pesado de la muestra se hizo en el laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, se pesaron 10 g de la muestra, que es una cantidad suficiente para poder trabajar.

c). Secado.- El secado de la muestra fue en un crisol en el cual se depositaron 10 g de la muestra, este crisol fue identificado con el nombre de la muestra y con el número de la misma. Este crisol se metió a una estufa por 24 horas a una temperatura de 100°C.

d). Incineración.- La muestra ya seca se sacó de la estufa y en el mismo crisol en que se metió se pasó a una mufla a una temperatura de 550°C hasta que la muestra se redujo a cenizas, esto sucedió aproximadamente después de 10-12 horas de que se depositó la muestra en la mufla.

e). Recuperación de las cenizas.- Después de que se sacó de la mufla la muestra ya reducida a cenizas, se le agregó 15 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  al 15% desintegrando bien las cenizas utilizando un mortero para lograr una mejor uniformidad de las partículas de cenizas.

f). Filtrado y toma de una alícuota para el análisis.- Ya disueltas las muestras en el  $\text{NH}_4\text{OH}$  al 15%, se hizo pasar a través de un embudo con papel filtro y se recibió en un frasco de 15 ml, obteniéndose un líquido transparente como el agua, el cual se analizó para ver la cantidad de cromo contenido en cada muestra.

g). Determinación del cromo en la muestra ya preparada.- Esta determinación fue mediante un espectrofotómetro de absorción atómica. Los datos obtenidos se analizaron entre sí por análisis de varianza para ver el posible grado de contaminación que pudieron tener estos productos.

Se realizaron análisis de varianza para comparar los niveles de cromo en riñón, hígado y hueso según su edad y su origen, encontrándose que en animales de 5 años las concentraciones de cromo fueron mayores, no así en su origen, ya que estadísticamente no se encontraron diferencias significativas.

## RESULTADOS

La comparación de los niveles de cromo en animales de diferente origen y edad se realizó a través de análisis de varianza considerando como tratamiento los diferentes organos muestreados y los lugares de origen, el módulo estadístico fue el siguiente.

$$Y_{ij} = M + I_i + E_{ij}$$

donde:  $Y_{ij}$  = observación del nivel de cromo en  $i$ -ésimo tratamiento  
 $j$ -ésimo animal

$M$  = Media general

$I_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento ( $i=1, 2, 3$ ; 1 = riñón,  
2 = hígado, 3 = hueso)

$E_{ij}$  = Error aleatorio.

En forma similar, se consideraron a los lugares como tratamiento. Este modelo está asociado a un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones como tratamiento.

Con el objeto de establecer la forma de la relación funcional entre variables contenido de cromo (Variable dependiente) y edad del animal (Variable independiente), se realizó un análisis de regresión simple.

Los resultados obtenidos en este estudio respecto a los niveles promedio de cromo en riñón, hígado y hueso, se presentan en los cuadros 1, 2 y 3.

Al observar el Cuadro 1, se aprecia que el contenido de cromo en los huesos es mayor que en riñón e hígado y este contenido disminuye a medida que aumenta la edad del animal.

Cuadro 1. NIVELES DE CROMO EN HIGADO, RINON Y HUESO EN BOVINOS DEL VALLE DE TOLUCA, DE 5-10 AÑOS DE EDAD.

EDAD DEL ANIMAL	RINON p.p.m			HIGADO p.p.m.			HUESO p.p.m.		
	N	$\bar{X}$	$\pm S$	N	$\bar{X}$	$\pm S$	N	$\bar{X}$	$\pm S$
5	5	0.960	0.920	5	0.655	0.486	5	2.030	1.780
6	8	0.796	0.376	8	0.721	0.592	8	1.531	1.503
7	10	0.510	0.301	10	0.447	0.104	10	1.195	1.003
8	8	0.156	0.293	8	0.065	0.161	8	0.645	0.447
10	4	0.062	0.049	4	0.026	0.250	4	0.037	1.700

El nivel promedio de cromo detectado en hueso no excedió a 2.030 p.p.m. en animales de 5 años, haciéndose notable la diferencia con animales de 8 y 10 años de edad, en los cuales los niveles de cromo encontrados fueron de 0.645 y 0.037 p.p.m.

La desviación estandar en estos datos reflejan la gran variabilidad de dicho contenido en los animales. El contenido de cromo encontrado en riñón e hígado es mucho menor que en hueso, siendo en el primero de 0.960 p.p.m. y en el segundo de 0.655 p.p.m. en animales de 5 años, en ambos órganos se presenta la misma tendencia que en hueso, aunque presenta una menor variabilidad dicho contenido en los animales muestreados.

En el Cuadro 2, se anotan los contenidos de cromo en los órganos analizados según el lugar en el cual se desarrollaron los animales, con el objeto de conocer indirectamente el efecto de la cantidad de contaminación sobre los mismos.

Cuadro 2. NIVELES PROMEDIO DE CROMO EN RINON, HIGADO Y HUESO EN BOVINOS SEGUN SU LUGAR DE ORIGEN,

LUGAR DE ORIGEN	ORGANOS ANALIZADOS								
	RINON			HIGADO			HUESO		
	N	$\bar{X}$	$\pm S$	N	$\bar{X}$	$\pm S$	N	$\bar{X}$	$\pm S$
Lerma	8	0.410	0.42	8	0.515	0.61	8	1.150	0.80
Sn Mateo Atenco	6	0.410	0.41	6	0.505	0.58	6	1.150	1.26
Sn Pedro	5	0.225	0.31	5	0.145	0.12	5	1.175	0.95
Sn Diego Alcala	4	0.706	0.72	4	0.343	0.40	4	1.612	1.27
H.Canaleja	6	1.000	0.74	6	0.800	0.78	6	1.760	0.63
Xonacatlan	6	0.383	0.55	6	0.120	0.23	6	0.804	0.61

Al observar este cuadro, se nota que existe un mayor contenido de cromo en hueso, tal como se evidenció en el Cuadro 1, sin embargo, no existe una tendencia definida en los niveles de dicho elemento según su lugar de origen y los análisis de varianza no mostraron diferencias significativas (P .05) según esta clasificación, lo cual indica que no existen diferencias estadísticas en el contenido de cromo de las aguas residuales desde el poblado de Lerma que es la desembocadura de esas aguas hasta el poblado de Xonacatlan que es el punto más alejado en este estudio.

Con el objeto de conocer si las diferencias encontradas en los órganos estudiados eran significativamente diferentes (P .05), se realizaron cinco análisis de varianza en un diseño completamente al azar, siendo los tratamientos los órganos estudiados y las repeticiones los animales. Los resultados se presentan en el Cuadro 3.

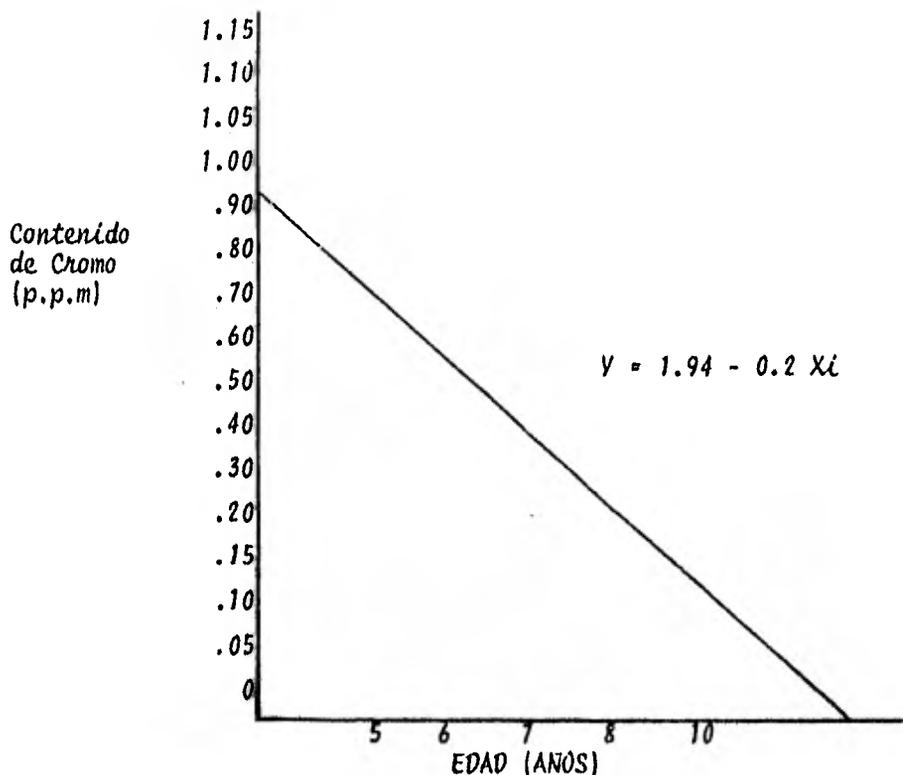
Cuadro 3. ANALISIS DE VARIANZA PARA COMPARAR LOS NIVELES DE CROMO EN RINON, HIGADO Y HUESO DE BOVINOS DEL VALLE DE TOLUCA SEGUN SU EDAD.

TRATAMIENTOS	EDAD DE LOS ANIMALES (AÑOS)				
	5	6	7	8	10
I	0.960 <sup>a</sup> p.p.m	0.796 <sup>a</sup> p.p.m	0.510 <sup>a</sup> p.p.m	0.156 <sup>a</sup> p.p.m	0.062 <sup>a</sup> p.p.m
II	0.655 <sup>a</sup> p.p.m	0.721 <sup>a</sup> p.p.m	0.447 <sup>a</sup> p.p.m	0.065 <sup>a</sup> p.p.m	0.026 <sup>a</sup> p.p.m
III	2.030 <sup>b</sup> p.p.m	1.531 <sup>a</sup> p.p.m	1.195 <sup>a</sup> p.p.m	0.645 <sup>a</sup> p.p.m	0.037 <sup>a</sup> p.p.m

Medias con la misma literal no son estadísticamente diferentes (P .05)

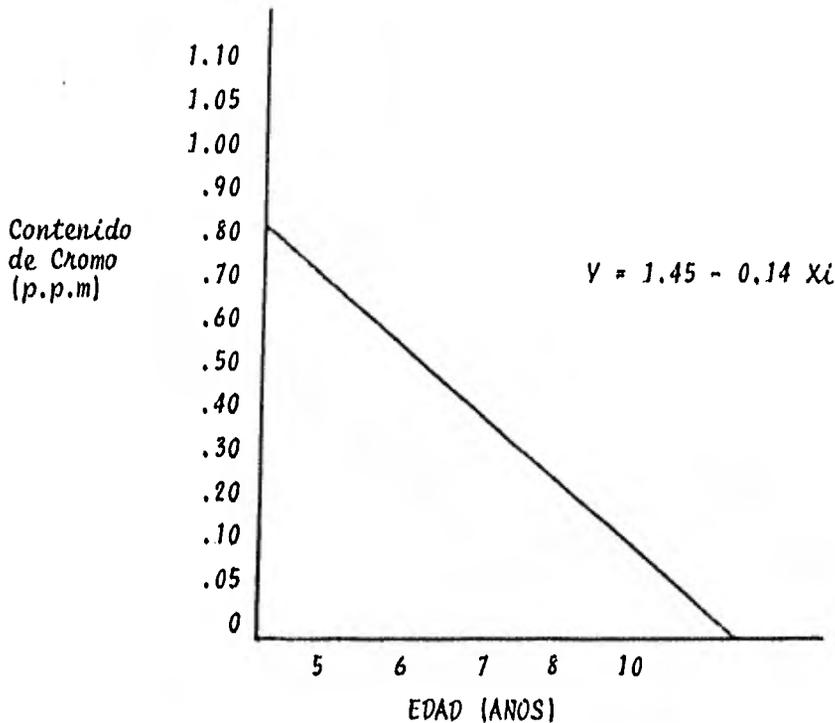
En este análisis se consideró como variable respuesta los niveles de cromo encontrados en los órganos analizados. Al comparar dichos órganos en cuanto a sus niveles de cromo, los análisis de varianza mostraron en animales de 5 años, diferencias significativas (P .05) en concentración de cromo según el órgano analizado. Al realizar la prueba de comparación de medias (D.M.S), se encontró que los niveles de cromo en hígado y riñón no son estadísticamente diferentes, pero sí lo son en comparación con hueso. En animales de 6 a 10 años de edad los análisis de varianza no mostraron ninguna significancia estadística (P .05) es decir, las diferencias encontradas son debidas al azar, aún cuando se observa una tendencia a -- presentar una mayor concentración de cromo en hueso de dichos animales.

Gráfica 1. CONCENTRACIONES PROMEDIO DE CROMO EN RINON DE BOVINOS.



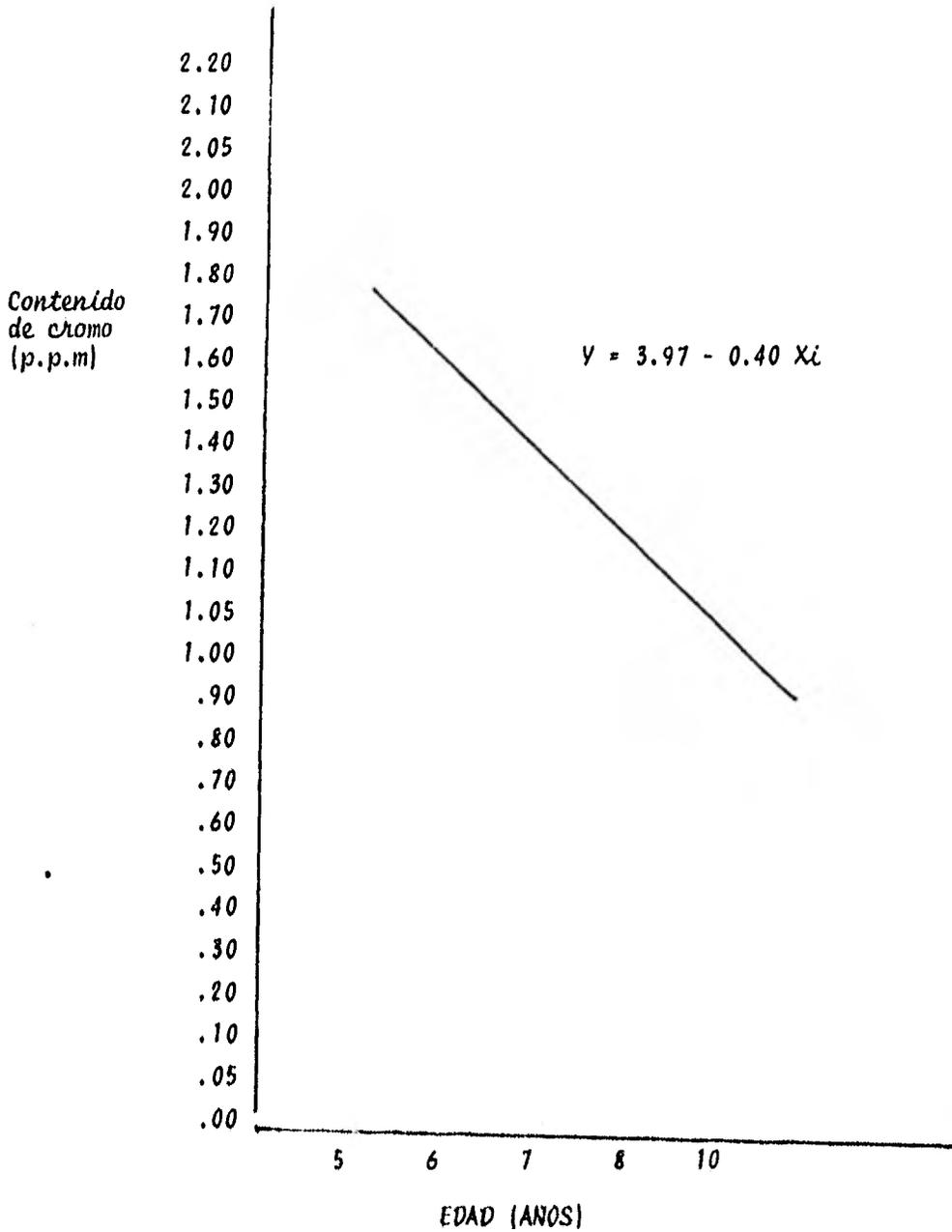
En la Gráfica 1 se presenta la concentración de cromo promedio en riñón de bovinos. Se advierte que dicha concentración dis-minuye al aumentar la edad de los animales. Así mismo, la ecuación de predicción obtenida,  $Y = 1.94 - 0.2 X_i$ , indica que por cada año de edad del animal a partir de los 5 años, la cantidad de cromo disminuye en 1.74 p.p.m. en forma lineal. Además se encuentra que la edad explica esta disminución en un 98% ( $R^2 = 98\%$ ), es decir, los animales jóvenes son más directamente afectados por este metal.

Gráfica 2. CONCENTRACIONES PROMEDIO DE CROMO EN HIGADO DE BOVINOS DEL VALLE DE TOLUCA.



La Gráfica 2, indica un comportamiento similar al de la Gráfica 1, excepto que la concentración de cromo es menor que en riñón. Así mismo, la ecuación de predicción obtenida,  $Y = 1.45 - 0.14 X_i$ , indica que por cada año de edad del animal a partir de los 5 años, la cantidad de cromo disminuye en 1.31 p.p.m. en forma lineal. Además se encuentra que la edad explica esta disminución en un 80% - - - - ( $R^2 = 80\%$ ), siendo los animales jóvenes los que tienen más de este metal.

Gráfica 3. CONCENTRACIONES PROMEDIO DE CROMO EN HUESO DE BOVINOS



La Gráfica 3, indica que la concentración de cromo en hueso dismi  
nuye al aumentar la edad del animal, pero es de esperarse que se detec  
te contenido de cromo en animales de cualquier edad, ya que la recta  
de predicción toca el eje de las X a una edad teórica de 20 años. Este  
resultado es de fundamental importancia por que la detección de cromo  
en hueso sería el mayor indicador de contaminación. La ecuación de pre  
dicción estimada es  $Y = 3.97 - 0.40 X_i$  con una explicación del 98%  
( $R^2 = 98\%$ ).

## DISCUSION

De acuerdo con los análisis practicados se puede observar en los resultados obtenidos que los niveles de cromo son mayores en animales jóvenes, declinando estos niveles de cromo conforme avanzan de edad, estas diferencias se hacen más notables entre animales de 5 años de edad con animales de 10 o más años de edad, estos resultados coinciden con los datos obtenidos por Garner, R.J., (6) y Hambidge, K.M. (7).

De las muestras analizadas, se encontró que el contenido de cromo fue mucho menor en riñón e hígado que en hueso, ya que en el primero se encontró un rango de 0.062 a 0.960 p.p.m y en el segundo el rango fue de 0.026 a 0.655 p.p.m. mientras que en hueso los valores encontrados de cromo tuvieron un rango de 0.370 p.p.m. a 2.030 p.p.m, por lo que se puede pensar que en el hueso es una de las partes en que más se deposita el cromo.

De las cantidades de este metal encontradas en riñón de bovinos podemos hacer comparaciones con las cantidades reportadas en riñón de aves (14) las cuales fueron de 0.750 a 0.910 p.p.m. haciendo notar que ambas son similares por lo que nos atrevemos a decir que quizá exponiendo diferentes especies de animales a una dieta con elevadas concentraciones de cromo, éste se deposite en cantidades similares en el órgano antes mencionado y con los mismos posibles efectos.

Así mismo se puede hacer notar que no hay diferencias significativas en el contenido de cromo entre hígado y riñón de animales de 6 a 10 años de edad, no así en animales de 5 años como lo demuestran los análisis

de varianza, lo cual se expone en el cuadro No. 3 por lo que pudiera pensarse que en trabajos posteriores se pudiera demostrar que exis-  
ten diferencias significativas de los contenidos de cromo en hígado  
y riñón de animales menores de 5 años. Teóricamente se puede obser-  
var en las gráficas 1 y 2 que en animales mayores de 10 años podemos  
no llegar a encontrar cromo en hígado y riñón, no así en hueso, ya  
que éste lo podemos encontrar en animales hasta de 20 años de edad  
como lo explica la gráfica 3. El hueso sería el mayor indicador de  
contaminación en el área de estudio. El método utilizado para la de-  
terminación de los niveles de cromo en riñón, hígado y hueso es uno  
de los más completos y de los más seguros, ya que no implica riesgos  
para el que lo realiza, además los resultados obtenidos son exactos.  
Existe un método en el cual se utilizan ácido perclórico y ácido nl-  
trico, estos ácidos se usan para oxidar la materia orgánica, tenien-  
do el inconveniente de que al hacer la mezcla entre ellos, se tiene  
que hacer con cuidado porque al unirse éstos son explosivos además  
de producir olores muy desagradables. En cuanto a la exactitud de -  
los valores determinados por estos dos métodos podemos decir que no  
existen diferencias.

## CONCLUSIONES

Del contenido de cromo en los organos analizados, podemos concluir que animales jovenes tienen más cromo en su organismo, disminuyendo la concentración de este metal conforme aumentan de edad, esta concentración puede llegar a cero en riñón e hígado en animales de 10 a 12 años de edad, no así el contenido de cromo en hueso ya que este puede llegar a detectarse en animales hasta de 20 años de edad, podemos también concluir que las aguas del Río Lerma tienen la misma concentración de cromo en la zona industrial del Valle de Toluca en un trayecto aproximado de 10 km. Esto medido a través de los organos analizados. El presente trabajo pretende hacer conciencia a los industriales para que hagan un tratamiento a las aguas residuales antes de verterlas al Río Lerma, para evitar en un futuro problemas mayores en el hombre y los animales.

VII BIBLIOGRAFIA

1. ASOCIACION de Industriales del Estado de México. Censo Industrial del Estado de México, 1979.
2. ANDERSON, R.H. Factors affecting the retention and extraction of chromium. *J. Agric. Food-Chem.* 26 (4): 558:61 1978.
3. DRAPER, N y Smith, H. *Applied Regression Analysis*. Wiley and sons., New York. 1967.
4. GRUPO EDITORIAL EXPANSION. *La Economía Mexicana*. Publicaciones ejecutivas de México, S.A. 1978.
5. GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO. Censo Estadístico de la Dirección de Promoción Industrial y Artesanal del Estado de México. 1979.
6. GARNER, R.J. *Veterinary Toxicology*. Second edition. The Williams and Wilkins Company. 1961.
7. HAMBIDGE, K.M. Zinc and chromium in human nutrition. *J. Hum. Nutr.* 32:99-110 (1978).
8. HAMBIDGE, K.M. and Rodgerson; D.O. Comparasion of hair chromium leveles of nulliparaous and parous women. From the Department of Pediatrics, University of Colorado -- Medical Center 103:320 (1971).
9. MERTZ, W. and Roginski, E.C. Effects of chromium III Supplementa tion on growth and Survival under tress in rats fed low protein diets. *Am. J. Clin.* 11:404-409 (1974).
10. O'FLABERTY. Chromium and glucose tolerance. *Nutrition Reviews* 9:281-282 (1978).
11. PYDES, R.S. and Firor, H.V. Mercury poisoning from Mercurochrome therapy of an infected omphalacele. *Clinical toxicology* 13:463 (1978).
12. REAGOR, J.C. Poining by metals (Selenium, Iron, Chromium) *Memorias del Primer Curso de Actualización en Toxicología Veterinaria*. Fac. de Med. Vet. y Zootecnia. Universidad Nacío nal Autónoma de México; 42-44 (1978).
13. ROSILES, Martínez, R. y González, H.A. Efectos de cromo catódico trivalente en pollos de engorda. *Revista Veterinaria* XI:7-10 (1980).

14. ROSILES, Martínez, R. Los Microingredientes y las Vitaminas en la Alimentación del Ganado Lechero. Memorias del Curso de Actualización sobre: Nutrición y Alimentación en Ganado Productor de Carne. Fac. Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México (1977).
15. ROJAS Santa Ma, A.L. Caracterización de las aguas residuales del corredor industrial Toluca-Lerma. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias Químicas Universidad Nacional Autónoma de México. 1977.
16. SECRETARIA de Asentamientos y Recursos Humanos. Estudio Piloto para el control de la contaminación del agua del Río Lerma, 3:628-650 (1976).
17. SCHROEDER, H.A. The role of chromium in mammalian nutrition J. Clin. Nutr. 26:1302-1306 (1968).
18. SAMITZ, H.H. and Gron, S. Effects of trivalent and Hexavalent chromium compounds on the skin. Arch.-Derm. 14:404-409 (1974).
19. SAMSTEAD, H.J. Burk, F. Booth, G.H. and W.J. Current. Concepts on trace minerals. Clinical consideration Med-Clin. Amer-54:1509-1531 (1970).
20. SAMITZ, M.H. and Katz, A.S. Chromium-Proteins-Interaction Act Derm. 8:355-363 (1969).
21. SENTICS, Paniagua, M.C. Contaminantes metálicos en organismos marinos. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias Químicas Universidad Nacional Autónoma de México 1970.
22. STEEL, R.G.O. and Torrie, JH. Principles and procedures of statistics, Mc Graw Hill book Co. New York 1960.
23. SEGURA De la Torre, F.J. Estudio de la contaminación atmosférica por polvos en una industria huleira. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias Químicas. Universidad Nacional Autónoma de México 1976.
24. TAUDON, S.K. and Gour, J.S. Chelation in metal intoxication removal of chromium organs of experimentally poisoned animal Clin-Toxic 11:257-264 (1977).
25. TURK, H., Turk, J. and Wittes, J. Ecología-Contaminación-Medio Ambiente. Primera edición. Editorial Interamericana 1973.
26. UNDERWOOD, E.J. Trace elements in human and animal nutrition. Academic Press, New York 1971.
27. UNDERWOOD, F.J. Trace elements and their Physiological Roles in the animal, Trace elements in soli-plant-animal systems J. Clin. Nutr. 15:608-612 (1968).

28. UNITED States Department of Agriculture in cooperation with Cornell University Agriculture Experiment Station. Allaway, W.H. The effect of soils and fertilizers on human and animal nutrition. Agriculture information bolletin number 378:1-12 (1972).