
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Y AGROPECUARIAS**



*INVESTIGACIÓN SOBRE LA CONTAMINACIÓN POR
METALES PESADOS EN ALIMENTOS Y EN UN
BIOINDICADOR*

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

DOCTORADO EN CIENCIAS PECUARIAS

PRESENTA:

DELIA GUILLERMINA GONZALEZ AGUILAR

DIRECTOR: DR. HOLM-ANKE

ASESOR: DR. AGUSTIN RAMIREZ ALVAREZ

ASESOR: DR. EFRAIN PEREZ TORRES

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal. Mayo 2000



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS VETERINARIAS
COORDINACIÓN DE POSGRADO

H. CUERPO COLEGIADO
DEL POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS PECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD
DE GUADALAJARA
PRESENTE.

Por éste conducto nos permitimos enviar la **VERSION FINAL DE LA TESIS** que desarrolló el pasante del Programa de Doctorado en Ciencias Pecuarias (PICP) de la Universidad de Guadalajara, **M. en C. DELIA GULLERMINA GONZALEZ AGUILAR**, cuyo título es:

"INVESTIGACION SOBRE LA CONTAMINACION POR METALES PESADOS EN ALIMENTOS Y EN UN BIOINDICADOR"

Trabajo dirigido por: Dr. Anke Holm

Los que suscriben la presente avalan esta versión, la cual fue revisada y reúne los requisitos teóricos y metodológicos necesarios.

ATENTAMENTE

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal. a 5 de Abril de 2000

REVISOR

Dr. HUGO CASTAÑEDA VAZQUEZ

REVISOR

Dr. EFRAIN PEREZ TORRES

REVISOR

Dr. JACINTO BAÑUELOS PINEDA

Dr. AGUSTIN RAMIREZ ALVAREZ

REVISOR

Dr. DANIEL A. E. MILLAGÓMEZ ZAVALA

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara.

Al Departamento de Salud Pública del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

Al Instituto de Nutrición y Medio Ambiente de la Universidad de Jena en Alemania.

A mis asesores, Prof. Dr. M. Anke, Dr. J. Holm, Dr. Agustín Ramírez, Dr. Efraín Pérez.

A todos los que contribuyeron en la elaboración de este trabajo.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Josefina Aguilar Nava y
Juan González Hernández,

por su ejemplo y amor en todos los años de mi
formación.

A MI ESPOSO:

Gent Hoxha,

por su cariñoso apoyo y motivación en
la realización de este trabajo.

A MIS HIJOS:

Andi, Stiven y Eni,

con todo mi amor.

CONTENIDO

	Página
Resumen.....	I
Introducción.....	I
Planteamiento del problema.....	30
Justificación.....	31
Hipótesis.....	32
Objetivos.....	33
Material y método.....	34
Resultados.....	49
Discusión.....	66
Conclusiones.....	78
Bibliografía.....	79
Anexos.....	93

RESUMEN.

Actualmente en México son escasas las investigaciones sobre la contaminación por metales pesados plomo, cadmio, cromo y vanadio en alimentos para consumo humano y animales de abasto y son pocos los estudios que se han realizado utilizando mamíferos como bioindicador.

El presente trabajo tuvo el propósito de evaluar la contaminación ambiental por metales pesados mediante la determinación de estos elementos en alimentos de origen vegetal y animal y un bioindicador mamífero. Por tanto, se midió la concentración de plomo, cadmio, cromo y vanadio en ocho alimentos básicos de la dieta mexicana: maíz, frijol, chile, tomate, jitomate, nopales, cilantro y leche y en tejidos de cabra y cerdo: hígado, riñón, músculo y costilla.

El plomo se determinó por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica. El cadmio, cromo y vanadio por medio de Espectrometría de Emisión Atómica Acoplada Inductivamente (Inductively Coupled Plasma o ICP).

El estudio se dividió en tres etapas, en la primera y segunda etapa se investigaron cadmio, cromo y vanadio en alimentos y tejidos de cabra y cerdo. En la tercera etapa se investigó la concentración de plomo, cadmio, cromo, vanadio en hígado utilizando la cabra como bioindicador. En la primera etapa en las muestras de jitomate, chile y cilantro se detectaron cantidades más altas de cadmio, con 0.25, 0.18 y 0.14 mg/kg respectivamente. Los niveles más altos de cromo y vanadio correspondieron a las muestras de cilantro con 3.9 mg/kg y 2.6 mg/kg. En la segunda etapa las muestras de riñón de cerdo registraron las concentraciones más altas de cadmio con 2.4 mg/kg y en cabras el valor más alto fue 0.7 mg/kg. Los valores de cadmio en cerdo rebasaron el límite establecido por la Norma Oficial Mexicana (2.0 mg/kg) y el de la Oficina Federal de Salud de Alemania (0.5 mg/kg). Las concentraciones de cromo fueron mayores en las muestras de costilla de los cerdos y las cabras investigadas. Los valores de vanadio en todos los tejidos, a excepción del riñón de cabra (0.14 y 0.18 mg/kg) estuvieron dentro del rango de concentración considerado normal de este elemento que es de 0.01 a 0.1 mg/kg. Los valores promedio de los contenidos de plomo detectados en el bioindicador cabra oscilaron entre 0.003 y 0.028 mg/kg. Los valores promedio más altos de cadmio fueron de 0.33 y 0.40 mg/kg. Los niveles de plomo y de cadmio en la cabra en esta tercera etapa estuvieron dentro de los límites máximos permitidos por la Norma Oficial Mexicana (2.0 mg/kg). Si se considera el límite

máximo permitido por la Oficina Federal de Salud de Alemania para cadmio (0.3 mg/kg) las concentraciones encontradas en nuestro trabajo sí rebasaron los límites permitidos. En general podría estimarse que de acuerdo los niveles de metales pesados encontrados en nuestro estudio la exposición por metales pesados de los consumidor en el estado de Jalisco no es grave, sin embargo, debido a las concentraciones de cadmio detectadas, este elemento debería ser investigado regularmente, principalmente en las regiones donde son de esperar altas contaminaciones.

La amplia área de propagación, la adecuada densidad, la posibilidad de determinar exactamente la edad, la facilidad de obtener material y la acumulación de materia nociva en el hígado de cabra, son características que permiten presentar a éste mamífero como apto para la función de indicación.

INTRODUCCION.

El intenso desarrollo de la industria y la agricultura y el empleo cada vez mayor de sustancias químicas en la agricultura ha dado lugar a múltiples posibilidades de contaminación del ambiente con diferentes sustancias nocivas (Hapke, 1988).

México es un país con gran potencial productivo y recursos naturales. Uno de los aspectos importantes de su economía esta basado en el sector agrícola, es decir, en la producción de alimentos básicos. En los últimos años, paralela a la tecnificación e intensificación de la agricultura ha tenido lugar un importante desarrollo industrial impulsado tanto por inversiones nacionales como del extranjero. Numerosas empresas maquiladoras extranjeras se han establecido en el país. Esto como es de esperar ha sido hasta cierto punto positivo, pero también ha favorecido la producción de materia tóxica contaminadora del ambiente, que afectan las plantas y animales del ecosistema. Uno de los contaminantes más nocivos son los metales pesado. Esto representa un riesgo peligroso para la salud humana que se ve afectada con bastante frecuencia por el consumo de alimentos conteniendo tales residuos o por el contacto directo de estos tóxicos.

Este hecho ha motivado la formación de agrupaciones mexicanas que preocupados por la problemática se interesan en las tareas de la protección del ambiente, especialmente en lo que se refiere al problema de los desechos tóxicos producidos por la industria. En la actualidad, el ya conocido problema de la contaminación en varias ciudades de la República Mexicana se ha agudizado. Esto ha sido condicionado también por la concentración de la población en las grandes ciudades en búsqueda de mejores oportunidades de trabajo. Es así, como se ha tornado indispensable, en el marco de la protección de la salud humana, el establecimiento de métodos que evidencien el grado de contaminación del ambiente y de métodos que verifiquen la inocuidad de los alimentos y el desarrollo de normas de control y vigilancia continua con el propósito de mantener los niveles de contaminación en niveles tolerables.

El problema de los metales pesados afecta y ocupa a muchos países industrializados desde hace dos décadas. Numerosas investigaciones sobre contaminación del ambiente por metales nocivos se han realizado con el propósito de descubrir la situación real, sus causas y

consecuencias, por otro lado para establecer medidas de control y vigilancia con miras a proteger la salud del consumidor (Holm,1979,1988a; Kreuzer, 1977a,1991,Hecht 1983).

Un país en desarrollo como México no esta exento de esta problemática y así lo manifiesta, entre otras ciudades, la ya evidente contaminación de la ciudad de Guadalajara, Jalisco. No obstante lo crítico de la situación en Guadalajara, los estudios sobre la contaminación de los alimentos de origen animal y vegetal con metales pesados son escasos y por ende, las medidas de vigilancia y control que hasta hoy se han llevado a cabo no han sido suficientes.

Considerando los más de cinco millones de habitantes, el crecimiento industrial y el incremento del número de automóviles en la ciudad de Guadalajara, es de esperar que el problema de la contaminación se haya agudizado. Se sabe que en esta ciudad existe contaminación por metales pesados (Briseño, 1991), sin embargo, el problema no queda restringido al área urbana, que es donde se producen estos contaminantes, sino que al ser transportados por el viento hacia el campo, éstos se depositan sobre la superficie de los pastos que serán ingeridos por los animales para abasto y, que como es conocido, parte de estos contaminantes serán excretados en sus productos (Leche y carne) que más tarde consumirá la población (Kloke,1973; Knöppler,1979; Fathi y Lorenz,1980).

En México la cría de ganado bovino, caprino y ovino se lleva a cabo en su mayoría en explotaciones extensivas (INEGI, 1989), frecuentemente, como en el caso de caprinos y bovinos se crían a borde de carretera o cerca de ellas. De ahí que en nuestro medio es necesario conocer la situación de la contaminación por metales pesados en los animales de abasto, contar con los elementos de diagnóstico y análisis y el establecimiento de un sistema de vigilancia y control permanente de los metales pesados en los alimentos de para de este modo asegurar la inocuidad de los mismos en pro de la salud del consumidor.

Metales pesados como contaminantes del ambiente.

Numerosas investigaciones se han efectuado en torno a la problemática de la contaminación del ambiente por materia nociva. Como materia nociva se señalan determinadas sustancias químicas que en determinada cantidad y modo, pueden perjudicar el bienestar del organismo. Estos nocivos son producidos por diferentes fuentes y son emitidas al ambiente . Dichas

emisiones tienen dos efectos importantes de interés en la Medicina Veterinaria, 1ro. : Ellas influyen en los animales domésticos, afectando su salud y rendimiento y 2do. : La acumulación de material nocivo en los alimentos producidos por éstos animales pueden representar, dependiendo del modo y cantidad, un riesgo en la salud de los consumidores de tales alimentos (Hapke, 1976).

En Europa las enfermedades observadas en años anteriores debidas al consumo de alimentos contaminados con elementos nocivos, han desencadenado intensivos trabajos en los laboratorios de investigación y en los sistemas oficiales de vigilancia de alimentos. Los elementos que entran en primer plano en la discusión son el plomo, cadmio, mercurio y arsénico (Holm, 1984). En este trabajo nos referiremos especialmente a importantes elementos como plomo, cadmio, cromo y vanadio que son señalados como metales pesados.

Como metales pesados se definen aquellos cuyo peso específico es mayor de 5 (Hapke 1975). Los metales pesados forman parte de nuestro espacio de vida y están presentes en diferente cantidad en el agua y el suelo. Dicha cantidad esta determinada, entre otros factores, por el origen geológico del suelo y el agua. Es así, como también se da la posibilidad de que las plantas tomen los metales pesados y los incluyan en la cadena alimenticia.

Además de los metales pesados presentes de esta manera en las plantas, se agregan los que son adicionados a través de la actividad, intencionada o no, del hombre. Los metales pesados y también otros elementos que son materia nutritiva esencial vegetal y elementos importantes en el metabolismo como el calcio, potasio, sodio, magnesio, hierro, zinc, selenio, manganeso, cobre, molibdeno, cobalto, cromo, sílice, níquel, estaño y vanadio (pendiente de ser evaluado). También pueden ser tóxicos como el cadmio, plomo, mercurio, berilio, arsénico y bario (Reilly, 1980). El cobre, hierro, magnesio, zinc, molibdeno y cobalto, son tomados del suelo cuando las cantidades naturales no son suficientes. Otros metales pesados, e incluso el cobre, hierro, magnesio, zinc y mercurio, están presentes en aproximadamente 30 de los principios activos de las sustancias químicas utilizadas para la protección de las plantas, sobre todo fungicida (Anónimo, 1972).

Otra cosa se ve con la adición incontrolada que también se atribuye a la actividad del hombre. Estos metales son requeridos para diferentes propósitos por la química, industria y

técnica. Tanto en los procesos de obtención, como en la preparación, transformación y empleo en diferentes áreas aparece el hombre en contacto con ese material. De esta manera hasta ahora no ha sido posible evitar que los metales pesados sean incluidos en el aire, agua y también en el suelo y las plantas. Se produce con esto, una contaminación del ambiente por metales pesados que directa o indirectamente son tomados por los animales, plantas y también por el hombre (Kloke, 1973; Galvao/Corey 1989). El efecto tóxico se da lugar después de la ingestión a largo plazo de pequeñas cantidades de metales pesados. Su toxicidad depende de la dosis ingerida y de la cantidad excretada. Dichos efectos tóxicos se presentan debido a que éstos no vuelven a ser segregados por el organismo o sólo sucede parcialmente. De aquí que los depósitos de estos elementos son acumulados, en el caso del plomo, en los huesos y el cadmio sobre todo en riñón e hígado. Es así como pequeñas cantidades ingeridas por medio del alimento o el aire respirado, después de un tiempo, podrán ser encontradas determinadas concentraciones en los órganos de almacenamiento (Hecht, 1983).

Del plomo contenido en el alimento, se ha observado que aproximadamente un 10% es absorbido por el intestino -En niños y jóvenes este índice puede ser más alto- (Tsuchiya, 1979). La intoxicación crónica por plomo conduce primero a un estado de anemia, ya que las síntesis de hemoglobina es afectada. Luego se presentan perturbaciones ocasionadas por la afección en la conducción electrostática de estímulos. En casos de intoxicación aguda, aparecen daños de los huesos debido a la deficiencia de calcio.). La exposición infantil al plomo es un problema de salud pública. Hoy en día ha quedado demostrado que los niveles de plomo en sangre, se asocian con déficits del coeficiente intelectual y trastornos del comportamiento (Anónimo, 1995).

En el saturnismo o plumbismo causada por la ingestión de este metal se presenta pigmentación del glóbulo rojo, un retraso en la maduración de glóbulos rojos en la médula ósea e inhibición de la síntesis de hemoglobina debido a la insuficiencia del ácido δ -aminolevulínico y de coproporfirina III (los cuales se eliminados por la orina). Las enzimas δ -aminolevulínico codehidratasa y la sintetasa del grupo hemo son las responsables de la formación del porfobilinógeno así como de la incorporación de hierro en la protoporfirina IX, siendo las enzimas más afectadas y por tanto, la determinación de su actividad se utiliza como índice de la intoxicación por plomo.

El plomo inhibe también la acción de algunas carbohidratasas, afectando el intercambio de gases en los tejidos que conduce a un cambio del potencial de Hidrógeno (pH) y puede alterar de otras maneras la función celular (Faßbender, 1973; Parker, 1980).

Los síntomas en estados iniciales son anemia, debilidad, cansancio, dolor de cabeza, dolor muscular, irritabilidad, falta de atención, dolor de estómago y abdomen, estreñimiento y a menudo náuseas. Una intoxicación avanzada involucra al sistema nervioso y puede manifestarse con mareos, convulsiones epilitiformes, pérdida de equilibrio (en niños), pérdida de movimientos, los nervios oculares son afectados, llegando a perder la vista. El plomo proveniente de la contaminación ambiental causa irritabilidad, ansiedad, depresión, etc. (Chisolm, 1971, Gil Y Lizano 1981 ; Waldbott, 1973).

El plomo se acumula en huesos, reemplazando al calcio y se elimina en las heces, y en menor grado en orina, sudor, pelos y huesos.

El cadmio tras la administración oral, es absorbido mal y lentamente. El organismo, especialmente con el cadmio, sintetiza la proteína Metalotioneína.

El efecto tóxico del cadmio radica en que éste bloquea las fosfatasas y otros sistemas fermentativos que contienen el radical sulfhidrilo. Esta inhibición enzimática ocasiona el desacoplamiento de la fosforilación oxidativa. El cadmio es antagonista con el zinc y el cobre y probablemente también con el hierro. Los síntomas de intoxicación por cadmio son similares a los síntomas por deficiencia de zinc y cobre.(Hapke, 1975).

Otro efecto citotóxico del cadmio radica en la sustitución del calcio. El cadmio y el calcio tienen una misma carga y poseen un radio atómico similar, con esto, el cadmio es capaz de mimetizar la acción del calcio (Chao, et al., 1984; Díaz, et al. 1989). El daño potencial de la sustitución del cadmio por el calcio es muy importante de considerar, ya que muchas funciones celulares están reguladas por este ion (Díaz, 1991). Una ingesta prolongada de cadmio altera el metabolismo de calcio, resultando en osteoporosis y problemas del esmalte de los dientes. En forma general a este problema se le conoce como "itai-itai"

El inhalar vapores de este metal trae como consecuencia enfisema, catarro y parálisis del nervio olfatorio. El cadmio puede pasar a placenta pudiendo causar efectos mutagénicos para

el feto. Puede dañar canales seminíferos causando sarcomas en testículos (Waldbott, 1973). Experimentalmente el cadmio administrado a vacas a nivel de 3 gr/día, bajó la producción de leche (Miller et al 1967). El cadmio se excreta en heces.

Se ha declarado que con mucha probabilidad el cadmio tiene características teratogénicas (Friberg, et al., 1979). El cadmio es reabsorbido en un 5% en el tracto estómago-intestino. Este índice se eleva si el aprovisionamiento de calcio y el hierro es desfavorable. Su ingestión a largo plazo conlleva a lesiones crónicas del riñón y con esto se perjudica el intercambio de minerales. Además se pueden presentar transformaciones de los huesos y trastornos de la función hepática (Hecht, 1983). Hapke (1975), considera que los riñones de bovinos que viven en áreas con alto índice de contaminación, no deben ser consumidos, ya que estos acumulan altas concentraciones de calcio.

El cromo es un mineral considerado como recurso no renovable muy útil para el desarrollo de los países, además en su forma trivalente constituye un elemento esencial para los mamíferos superiores. El mal uso de los desechos de cromo en lo que respecta a saber dónde y cómo eliminarlos sin causar daños a los organismos son los que pueden dañar a las personas tanto por exposición ocupacional como ambiental.

En 1976, la industria "Cromatos de México" para eliminar sus desechos de cromo (óxido crómico), los regaló para tapar los baches de la población de Lechería en Tutitlán, Edo. de México. Además infiltró sus afluentes líquidos a través de un pozo en los terrenos de su propia industria, esto sumado a los humos de las chimeneas, hizo de este pueblo un lugar donde el cromo hexavalente se adhería a la piel, se ingería con el agua potable y se respiraba. Como resultado murieron varias personas con llagas, perforación del tabique nasal y cáncer del pulmón (Albert, 1988).

Las funciones biológicas del vanadio en humanos nos han sido completamente definidas, pero las investigaciones sobre este elemento han aumentado en los últimos 4-5 años y esto es debido probablemente a la frecuente aparición de este metal en el medio ambiente. La presencia de niveles elevados de vanadio en tejidos y fluidos del organismo humano puede ser causada por exposición ocupacional y/o ambiental, sobre todo cerca de plantas de producción de acero o de combustión de aceite. Por esta razón, las mediciones de las

concentraciones de vanadio en el medio ambiente y muestras biológicas es de importancia relevante (Granadillo, 1993).

La carne contiene aproximadamente de 0.20 a 0.40 mg/kg de vanadio. Menor cantidad acumulan la leche y el queso con valores entre 0.002 y 0.015 mg/kg. Anke-Illing 1998

Las bebidas podrían proporcionar la mayor cantidad del consumo de vanadio. Dentro de estas la cerveza contiene cantidades altas de vanadio con un valor promedio de 0.028 mg/kg.

Los métodos de cultivo y elaboración de alimentos representan un factor muy importante en la presencia de vanadio en alimentos (Anke-Glei, 1998).

Fuentes de emisión de los metales pesados.

Plomo. En la actualidad se conocen dos fuentes que conducen a la acumulación de plomo en el suelo y las plantas. Estas son:

1. Los gases producidos por los automóviles.
2. La industria elaboradora de plomo.

El plomo y el tetraetilo de plomo que contiene la gasolina como antidetonante, es liberado al ambiente y entonces es transportado por el aire hasta las plantas presentes en ambos lados de las carreteras. Aquí el grado de contaminación de esas plantas dependerá de: La densidad del tráfico, la distancia de las plantas a la carretera, el tiempo de exposición de la planta, las condiciones de las superficies de las partes de la planta (lisa, rugosa, ondulada, grasosa, peluda), la posición de las hojas, la fuerza y dirección del viento y a la cantidad y distribución de la lluvia anterior a la cosecha (Kloke y Leh, 1964).

La parte vegetal que crece dentro de la tierra, es decir, raíces, tubérculos, etc., una vez lavadas y en el caso de los vegetales cerrados como la col y la lechuga, después de desechar las hojas externas, no contienen el plomo de los gases de los automóviles. La contaminación externa puede ser evitada por medio del lavado de la planta con agua (Zuber, et al., 1971).

En los pastos se han encontrado valores altos de plomo a inicios del año, antes de comenzar el periodo de crecimiento, y los valores más bajos han sido registrados en el tiempo de mayor crecimiento (Vetter y Mühlhop, 1971).

Otras fuentes considerables son los recipientes para cocinar, comer o almacenar vino, productos enlatados, tuberías para agua, pinturas, aparatos para destilar agua, soldaduras de latas, sales para vidriado, joyería, etc. En niños se observa el hábito "pica" o sea ingerir materiales extraños como : arena, yeso de paredes, morder lápices, etc., lo que ha repercutido en intoxicaciones por plomo (Schaffner, 1981).

Se estima que se ingiere aproximadamente 0.35 mg de plomo, de los cuales 0.31 mg provienen de los alimentos, principalmente vegetales que lo han adquirido por deposición y que fueron cultivados cerca de zonas industriales o carreteras (Lucas, 1974).

La absorción de plomo por vía respiratoria es peligrosa debido al tamaño de la partícula, ya que son menores de un micrón, siendo fácilmente incorporadas en los alvéolos. Si una persona inhala aire en una zona con problemas de tráfico que contenga de 5 a 10 microgramos de plomo por metro cúbico, estará expuesta a 100-300 $\mu\text{g}/\text{día}$ (Bravo, 1969).

Cadmio. Se considera que el cadmio entra al ambiente por medio de las siguientes fuentes: (Schroeder, et al., 1963; Kloke, 1971, Imming, 1998)

1. Quemadura de materia fósil combustible como el carbón petróleo y aceite.
2. Industria elaboradora de cadmio.
3. Los residuos de cadmio que contienen los fertilizantes de fosfato y las sustancias activas de los fungicidas.
4. Los gases de los automóviles Diesel.

Una fuente de contaminación ambiental por cadmio en la roca fosfórica con alto contenido de metal y usado para la fabricación de fertilizantes. Puede estar presente en alimentos tales como moluscos, crustáceos, granos (arroz y trigo especialmente), té, café.

Por lo contrario al plomo, las fuentes de cadmio en nuestro ambiente son mucho más difícil de descubrir. El cadmio es muy similar al zinc y por eso se presenta en todas partes donde el zinc esta distribuido. Cadmio es considerablemente más ligero que el zinc y por esta razón es poco retenido por los equipos de filtración de polvo. Lo contiene además el petróleo y el carbón y entra en el ambiente de la misma manera que el plomo por medio de los gases producidos por la calefacción, pero en una mayor proporción (Hecht 1979).

En áreas de emisión, las plantas, animales y el hombre son contaminados no solamente a través de la vía directa, es decir por medio del aire que contiene este elemento nocivo, sino también por la inclusión de este en la cadena alimenticia (Iyioke, 1998).

La contaminación a través de la respiración es baja, aun en áreas de emisiones elevadas (Vetter, et al, 1978), a pesar de que el cadmio y el plomo por ingestión aerógena son reabsorbidos intrapulmonarmente mucho mejor que por el tracto digestivo tras la ingestión oral de esos elementos (Clarke, et al., 1975, Otha, 1991). El contenido de esos elementos en el organismo animal esta determinado definitivamente por su toma en el alimento (Kreuzer, et al. 1978a, b; Schenkel, 1980; Ostertag, et al. 1980).

Se ha detectado contaminación por cadmio en el aire de las grandes ciudades, el cual es originado por el desgaste de motores y ruedas de vehículos y máquinas industriales. La industria contaminadora de cadmio libera este elemento en forma de óxido de cadmio, compuesto sumamente tóxico. En el hombre es un irritante respiratorio, un tóxico renal y puede causar cierto tipo de osteomalacia (Resal et al. 1987). En general la población esta expuesta la cadmio debido a la contaminación con este del aire, suelos, alimentos y además por el tabaco (Saldivar et al 1991). Los alimentos de origen vegetal y animal representan la fuente de exposición más importante.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha recomendado la dosis máxima tolerable semanal para estos dos metales. Estas son para cadmio, el más crítico de ambos elementos, de 300 a 500 mcg y para el plomo de 3 mg (Hecht, 1979).

Cromo. Se consideran fuentes de contaminación de cromo a :

1. La minería. Principalmente la extracción de la cromita (FeOCr^2O^3).

2. La industria. El objetivo de la utilización industrial del cromo es obtener protección por revestimiento de los metales, de fines estéticos o decoración, de cambios de color y en el curtido de pieles. Las industria que presentan mayor riesgo por la presencia de cromo son:

- Cemento
- Colorantes
- Construcción
- Curtidurías
- Galvanoplastia
- Material fotográfico
- Material refractario
- Metalurgia
- Pinturas, principalmente anticorrosivas

En el ambiente general, la contaminación de origen industrial por plantas de cemento, de asbesto y por los gases de combustión de vehículos motorizados, puede elevar las concentraciones del cromo en aire hasta niveles peligrosos para la salud.

Las actividades y afluentes industriales son los principales contaminantes de la aguas, llegando a elevar las concentraciones de cromo por sobre 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$

La contaminación por el uso de fertilizantes puede elevar las concentraciones de cromo en el suelo, donde las concentraciones medias son de 125 mg/kg .

La cantidad de cromo en los alimentos, en su forma hexavalente principalmente, puede aumentar por la contaminación antropogénica del ambiente en general.

La presencia de cromo en los alimentos es muy variable como se cita a continuación:
(con rangos de 20 a 600 $\mu\text{g}/\text{kg}$)

- Verduras 20 - 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$
- Frutas 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$
- Cereales 40 $\mu\text{g}/\text{kg}$
- Alimentos marinos 20 - 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$

Se estima un valor promedio de ingestión diaria de 100 a 300 microgramos.

El tabaco constituye también una fuente de cromo. Se han constatado concentraciones de hasta 390 microgramos de cromo por kilogramo de tabaco. (Galvao-Corey, 1987)

Vanadio. El vanadio es un metal pesado que es frecuentemente utilizado como un componente en la aleación del acero y como catalizador en la síntesis química. Por la tanto es factible su incorporación en la cadena alimenticia. En el material biológico pertenece al grupo de los minerales ultra traza. Sus propiedades tóxicas y/o esenciales son tratadas en la literatura.

Los métodos de cultivo y elaboración de alimentos representan un factor muy importante en la presencia de vanadio en alimentos.

Los alimentos elaborados a partir de cereales libres de aditivos, tienen por lo general, cantidades bajas de vanadio. (Illing, 1997)

El metal como sus compuestos pentóxido, sulfato y vanadato pueden entrar con contacto con los animales de abasto a través de las emisiones industriales. El pentóxido de vanadio se encuentra en los polvos industriales. Junto con la utilización del vanadio en la industria del acero, de pinturas y fotográfica pueden encontrarse compuestos de vanadio en el alimento para animales, cuando éstos contienen preparados de fosfato de calcio (Hapke, 1988).

Fuentes de emisión y contaminación del suelo.

Para la mayoría de la materia no degradable, el suelo funciona como el compartimento central de ingreso. Al mismo tiempo éste representa la fuente para el paso de esos elementos a la cadena alimenticia (Oficina Federal del Ambiente, 1981).

El papel central del suelo como parte el ecosistema radica en las importantes funciones que se le atribuyen : Almacenamiento de agua, disponibilidad de nutrientes importantes y filtración. El suelo representa uno de los extremos de los tres medios del medio ambiente, debido a los procesos de distribución y mezcla. De este modo es posible encontrar diferencias locales en las características del suelo. Una gran parte de las emisiones por metales pesados son fijadas o almacenadas en el suelo por medio de procesos físicos, químicos o biológicos.

La rica presencia en el suelo, de ácidos húmicos y de agua de riego superficial representa una de las sustancias más importantes de reacción para los iones metálicos.

En condiciones normales la mayoría de los metales potencialmente tóxicos, se encuentran en cantidades fijadas por consideraciones de orden geológico formando compuestos químicos solubles, por lo tanto, no representan un peligro para la biota. No obstante, como consecuencia de las diversas actividades humanas, principalmente la industrial, esta situación ha cambiado radicalmente. En los suelos se han acumulado, diversos compuestos de estos elementos, en grandes cantidades y/o en formas solubles, rompiendo el equilibrio natural y causando la contaminación de acuíferos y en ocasiones, se han introducido estos elementos a la red trófica. Particularmente importantes en este sentido son los llamados metales pesados.

“Elemento pesado”, es utilizado por Ferguson (1990) para referirse a elementos tóxicos a humanos, que son ampliamente usados en la industria. Son relativamente abundantes y ocasionan graves perturbaciones a los ciclos biogeoquímicos (Pb, As, Se, Cd, Hg, Sb, Tl, In, Bi y Te).

El plomo, cadmio, arsénico y mercurio están presentes naturalmente en el suelo, pero su concentración local puede elevarse debido a la actividad humana (industria, agricultura).

En la actualidad los problemas de contaminación del suelo han crecido aceleradamente debido al uso de aguas residuales y de desechos sólidos aplicados en forma de riego, fertilizantes y sustancias que mejoran la calidad del suelo (Zúñiga, F. 1994).

La contaminación por el uso de fertilizantes puede elevar las concentraciones de cromo en el suelo, donde las concentraciones medias son de 125 mg/kg.

El cromo es un mineral considerado como recurso no renovable muy útil para el desarrollo de los países, además en su forma trivalente constituye un elemento esencial para los mamíferos superiores. El mal uso de los desechos de cromo en lo que respecta a saber dónde y cómo eliminarlos sin causar daños a los organismos son los que pueden dañar a las personas tanto por exposición ocupacional como ambiental.

El contenido de vanadio en las plantas está determinado por las características geológicas y el pH del suelo. Las plantas acumulan el vanadio principalmente en las hojas, por tanto las plantas con muchas hojas contienen mayor cantidad de este elemento. Las raíces, tallos, que es lo que generalmente se consume, contienen solamente la mitad o

menos vanadio que las plantas con numerosas hojas (lechuga, espinacas, perejil). La semillas y frutas tienen niveles bajos (Anke, 1. Mitteilung).

La cabra como bioindicador de contaminación ambiental.³ La cabra como bioindicador de contaminación ambiental.

El registro y la evaluación cuantitativa de químicos en el ambiente se puede llevar a cabo de dos maneras:

1. Empleo de procedimientos físico-químicos para la medición de emisiones e imisiones.
2. Utilización de indicadores biológicos (Microorganismos, plantas y animales) para la acumulación de materia nociva y para la evaluación de los efectos perjudiciales.

En los estudios de Kallischnigg y Legmann, (1982) se ha discutido sobre la importancia de los instrumentos necesarios de vigilancia de los químicos contaminantes en el ambiente en forma de sistemas de monitoreo.

Los estudios sobre las consecuencias a largo plazo de la contaminación del ambiente deberán tener como objetivo la aclaración de las causas y la eliminación de posible peligros para las futuras generaciones. En la tarea de protección al consumidor se tiene la dificultad en ofrecer un efectivo y económico control de la inclusión de materia nociva en la cadena alimentaria, en cuyo último eslabón se encuentra ubicado el hombre.

La utilización de animales mamíferos para el reconocimiento de contaminación regional, debido a la función acumulativa que éstos poseen, ofrece varias ventajas, (Holm, 1983, 1987b; Arndt, 1987):

- El animal mamífero se encuentra al final de la cadena alimenticia y cubre, en su búsqueda de alimento, mayores superficies en los campos que por ejemplo las correspondientes muestras vegetales o de suelo tomadas en la misma área.
- Con el mamífero se presenta una clase animal, que fisiológicamente, y con esto también en su evaluación toxicológica es más similar al organismo

humano que por ejemplo los indicadores vegetales y seres vivos de composición celular sencilla. Con esto se facilitará la estimación de las conclusiones sobre los posibles grados de contaminación en el humano.

- En el área de producción agrícola, la organización de una forma de biondicación con mamíferos, permite una inspección representativa y a bajo costo de las superficies cubiertas por los indicadores.

La función de la tarea de un bioindicador esta definida, entre otras, con el concepto principal como "Observaciones repetidas, mediciones y evaluaciones para el registro preliminar de la contaminación por residuos en alimentos". Según Holm, (1985) en la realización de trabajos empleando animales como indicadores, deberán ser considerados los siguientes puntos:

1. Declaración de la tendencia. El significado especial de un monitoreo consiste principalmente en la declaración de la tendencia de contaminación, la que se basa a través de las mediciones y evaluaciones repetidas.

En la literatura, la vigilancia de alimentos de origen animal se relaciona principalmente con los mamíferos y se ha comprobado que los factores endógenos, como son edad, sexo y raza y también de los factores exógenos como exposición, clima y cantidad, composición y preparación del alimento, influyen en el contenido de metales pesados en los animales de abasto. Estos parámetros de influencia y las relaciones "carry-over" suelo-planta-animal (Hecht,1984c) influyen en los resultados del análisis y conducen a una gran dispersión de los valores, limitando ésto la fuerza de la declaración de los muestreos al azar.

2. Evaluación estadística. La evaluación estadística de los estudios de monitoreo no considera parámetros fijos de las condiciones de la investigación, sino que casi todos los parámetros de ese modelo de investigación son variables. En general existen pocos resultados con los mismos parámetros de influencia que posibiliten declaraciones más exactas. Para la interpretación de datos comparables, sería recomendable utilizar un sistema de evaluación estadístico reconocido, que asegure suficientemente la función de la declaración.

3. Costos y análisis. El análisis de los residuos es el factor de costo más importante en un sistema de vigilancia de monitoreo. La Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA), por opinión de HOLM, (1985) podría ser complementada con la técnica ICP (Inductively Coupled Plasma). La concentración de metales pesados en hígado y riñón con EAA están, con excepción del mercurio, muy por arriba de los límites de detección de la técnica ICP.

Definición conceptual del bioindicador.

Como bioindicadores se definen los organismos que en un ambiente contaminado con materia nociva, reaccionan con cambios en sus funciones biológicas, por ejemplo, con la acumulación de esa materia nociva (Arndt y Schwizer, 1987). Según Ellenberg (1980) bajo bioindicadores se entiende un grupo de seres vivos cuya existencia o conducta, de fácil reconocimiento, se puede correlacionar estrechamente con determinadas condiciones del ambiente tanto que uno los puede emplear como indicadores o sistemas de prueba cuantitativos. Müller, (1978) y Stöckner, (1980) presentan dos tipos de indicadores biológicos:

1. Bioindicadores sensitivos.
2. Indicadores de acumulación.

Los bioindicadores sensitivos son clasificados como indicadores de reacción y debido a su sensibilidad se pueden estimar los efectos perjudiciales especiales. Los indicadores de acumulación almacenan en sus tejidos de una manera especial materia nociva sin mostrar, la mayoría, perjuicios observables a corto plazo.

Cuando la bioindicación se aplica en superficies, se habla de "Registro de efectos", o sea, monitoreo. El monitoreo se señala como "La determinación sistemática de concentraciones químicas en el ambiente y/o los efectos en función de tiempo y espacio" (Lüpke,1979).

Finalmente, bajo organismos de monitoreo son clasificados los seres vivos que pueden ser utilizados para la vigilancia cualitativa y cuantitativa de material nocivo en el ambiente y conforme a eso también para demostrar los efectos perjudiciales de las imisiones (Arndt, 1987).

Los bioindicadores de reacción y de acumulación se pueden presentar también como monitoreo pasivo o activo. De este modo Müller, (1980) según el grado de estandarización clasifica:

1. Organismos estandarizados, los cuales son expuestos artificialmente con propósito de un monitoreo experimental o activo y,
2. Organismos libres que son incluidos en los sistemas de monitoreo pasivo.

En los sistemas de monitoreo utilizando animales estandarizados como indicadores, han sido empleados prioritariamente animales domésticos, ya que estos juegan un importante papel en la nutrición humana. Conforme a esto ha sido publicada numerosa literatura sobre el análisis de residuos en animales domésticos para abasto (Forschner y Wolf, 1979 y 1981; Hecht, 1979; Holm,, 1980, 1985; Kn"ppler, et al. 1979; Kreuzer y Rosopulo, 1981; Crößmann, 1981). En general se señala la limitante, por ejemplo en la producción bovina, que en su mayoría es intensiva, con la disposición de alimento producido por la empresas agrícolas en la temporada de vegetación. A saber, en ese tiempo se da lugar una importante contaminación del ambiente, pero esta no se detecta completamente a causa de que el manejo es dirigido por los productores. Es decir, con el sistema de manejo estabulado se experimenta una dirección artificial de la producción en los meses de invierno, de este modo, en la temporada de escasés de pastos, los animales son alimentados con mezclas de varios compuestos alimenticios, los que pueden proceder de diferentes regiones. Así se presenta, por medio de esa mezcla, un efecto de dilución de los químicos ambientales (Drescher-Kader, 1979) y además se dificulta la localización de áreas contaminadas.

Por lo contrario, los animales silvestres representan el bioindicador adecuado debido a que sus necesidades de agua y alimento dependen del espacio de vida inmediato en todo el transcurso del año. En un sistema de monitoreo, el animal silvestre puede ser utilizado para detectar contaminaciones adheridas en la superficie de las plantas en su espacio de acción y con esto representa un instrumento para el reconocimiento temprano de contaminaciones con material nocivo (Hecht, 1987).

En la República Federal de Alemania se han realizado numerosos estudios sobre la utilización del corzo (*Capreolus capreolus*) como bioindicador (Kleiminge, 1983; Holm, 1984, 1985, 1986; Hecht, 1984a,b). Aquí se han determinado sus ventajas y desventajas, así como los criterios de evaluación y su aptitud para detectar contaminación del ambiente por materia nociva. En analogía con estos trabajos, ya que existe una amplia información a este respecto, en el presente estudio se propone adaptar en México dicho modelo de bioindicación como un sistema de bajo costo con el que es posible demostrar contaminación por materia nociva en rumiantes y en otros alimentos de origen animal.

En este estudio se eligió emplear a la cabra como bioindicador. Se sabe que de la población caprina mundial, entre el 80 y el 90% se localiza en los países poco desarrollados o en vías de desarrollo y es explotada en sistemas extensivos (Devendra 1981; Malechek, et al. 1983) La existencia de caprinos tiene una especial relevancia en México, sobre todo en la franja norte del país, en una clara vinculación con el predominio de los matorrales en el área (SOTO, et al. 1988) y tienen actualmente en el mercado nacional gran demanda como proveedores de carne.

Existen varias semejanzas entre los caprinos y el corzo. Estas se basan sobre todo en los procesos digestivos comunes en estos rumiantes, en su capacidad de desplazamiento en terrenos abruptos, así como su mantenimiento extensivo. El animal silvestre se escapa del control humano en su ingestión de alimento y esta en exposición directa de los fungicidas e insecticidas utilizados en la agricultura (Sturm, 1979). La mayoría de las cabras en México son mantenidas de manera extensiva. En ésta situación, las influencias externas físicas y bióticas interactúan con el animal directamente. En el transcurso del año éstas están expuestas a la influencia directa de la biósfera y a la oferta de alimento y agua. Es decir, la cabra en situación similar con el corzo, se enfrenta a los factores desfavorables de clima, escasés de pastos y enfermedades parasitarias. Los caprinos y el corzo tienen características más comunes en comparación con los ovinos y los bovinos. Así se tiene que, para estas especies animales en comparación con los ovinos y bovinos el volumen de los preestómagos en relación al peso corporal es más pequeño, el índice de pasaje digestivo es más rápido y que el aprovechamiento de raciones pobres en nutrientes y ricas en lignina es menor. El tipo de vegetación preferido por las cabras y el corzo son las hiervas, arbustos y partes vegetales de

fácil digestión, mientras que para los bovinos y ovinos son los pastos (tomado de la recopilación de literatura de Muñóz 1990).

Criterios de valoración de un bioindicador.

En la evaluación de la aptitud de un bioindicador para el monitoreo pasivo de residuos, se han establecido criterios importantes (Drescher Kaden, 1976; Lüpke; 1979, Müller, 1978). Estos criterios fueron resumidos por KLEINMINGER, (1983) de la manera siguiente:

1. Distribución
2. Densidad
3. Espacio de acción
4. Fidelidad a la región
5. Alimentación
6. Disponibilidad
 - Tamaño y cantidad suficiente de la muestra.
 - Facilidad para la adquisición de material.
 - Posibilidad para obtener una muestra estándar (por edad y sexo).
 - Status social (permiso legal de cacería).
7. Capacidad de bioacumulación de químicos del ambiente.
8. Posibilidad de transferencia de los resultados de una especie a otra (Representatividad).
9. Significado de un bioindicador
 - a) Significado inmediato para el hombre.
 - b) Significado para el ecosistema.

Distribución y densidad. Los animales deben estar presentes en la totalidad de la regiones de una país, para poder llevar a cabo comparaciones de los datos nacional e internacional (Müller, 1980).

Si las especies de interés no se encuentran en todas las regiones pueden ser utilizadas en sustitución otras especies que sean semejantes, o sea, que ecológicamente sean similares.

Bajo el concepto de densidad se entiende, por ejemplo en el corzo, el número de animales que se registra en una superficie de pastoreo por hectárea o km^2 .

Espacio de acción y fidelidad a la localidad. Las especies indicadoras deberían mostrar un espacio de acción adecuado (homogéneo), para lograr una validez espacial y temporal de los resultados. Eibl-Eibesfeld, (1974), definen el espacio de acción como el área visitada regularmente por un animal.

El tamaño del área es definitivo para el cuestionario, ya que para espacios pequeños se tiene el riesgo de sobreestimar la contaminación local, mientras que en un espacio mucho más grande se dificulta la clasificación espacial (Ubicación) de la muestra.

Alimentación. Respecto a la ingestión de metales pesados, las costumbres de alimentación son de especial consideración ya que el contenido de materia nociva en el organismo esta influido definitivamente a través de la toma de alimento y agua (Hapke, 1975).

La ingestión de plomo con el alimento es mucho mayor que la toma de éste a través del agua y el aire. Se estima que en las vacas y toros jóvenes, aproximadamente un 98% proviene del alimento ingerido, un 1,8% del agua y un 0,2% del aire inspirado (Kreuzer y Rosopulo, 1981). Según Hapke, (1977), el animal doméstico ingiere el nocivo en un 90% a través del alimento, en un 5% con el agua y en un 5% por la inhalación de polvo.

En regiones donde la emisiones son mayores, la contaminación causada por el aire de respiración es menor que la transmitida con los alimentos. Esto sucede a pesar de que la cantidad de plomo y cadmio tomado con el aire son mucho mejor absorbidas por los pulmones, que por el tracto gastrointestinal.

Disponibilidad. La adquisición de muestras deberá ser fácil de llevar a cabo en la región investigada. Es decir, sin mucho empleo de tiempo y de personal. Para obtener un muestreo homogéneo, debe darse la posibilidad de estandarizar la muestra (Agrupación por edad y sexo).

Bioacumulación de químicos del ambiente. Bajo el concepto de "Bioacumulación" se entiende la acumulación de elementos y compuestos en compartimientos vivos del ecosistema (Korte, 1980).

Para poder emplear una especie animal como indicador de acumulación, es decir, como acumulador de material nocivo y poder indagar el grado de contaminación por emisiones en sus tejidos, éstos organismos deben caracterizarse por la capacidad de acumular el nocivo investigado.

Representatividad. Bajo el concepto "Representatividad" se entiende la posibilidad de transferencia de los resultados individuales de una especie animal a otra (Arndt, 1982). Discusiones sobre la representatividad en animales silvestres han sido publicadas en varios trabajos así como también sobre la influencia de los factores endógenos y exógenos y el proceso "carry-over" (Hecht, 1984a,b,c).

Significado de un bioindicador.

El bioindicador es un importante instrumento de la tarea de protección del ambiente, la cual, según Mollenhauer, (1978) debe tener como metas:

- Protección del hombre de los peligros del ambiente.
- Protección del ecosistema, ya que éste es de gran significado para la alimentación y economía del hombre.
- Protección de la naturaleza. Esto se refiere a la conservación de la calidad del ambiente, que comprende también los valores de estética y esparcimiento de gran importancia para el ser humano.

Factores endógenos y exógenos de la contaminación ambiental por metales pesados.

EDAD. Knoppler et al (1979) encontraron valores muy altos de cadmio en muestras de riñón, hígado y músculo de borregos viejos en comparación con los borregos jóvenes. En el caso de cerdos, se detectaron en muestras de riñón e hígado de lechones valores de cadmio considerablemente más bajas que en las muestras de cerdos en edad al sacrificio.

Las cantidades de cadmio en riñón e hígado aumentan de acuerdo a la edad, tanto en animales como en el hombre y en los riñones se encuentran concentraciones mayores que en el hígado.

La razón de esta diferencia radica en una vida biológica media más larga del cadmio en los riñones que en el hígado. En los riñones es aproximadamente mayor de 12 años y en el hígado menor de dos años. Por otra parte existe una capacidad de retención del cadmio más fuerte por parte del riñón (Kreuzer et al, 1981).

Forschner et al (1977) encontraron cantidades mayores de plomo en muestras de riñón, hígado y músculo de los bovinos de más edad que en los becerros.

Kreuzer et al, (1978b) encontraron cantidades mayores en el hígado y riñón de bovinos de 18 meses en comparación con los hallazgos en los animales más viejos. Esto podría atribuirse a la mayor capacidad de retención o absorción de los bovinos de 18 meses de edad.

RAZA. En la actualidad aún no ha sido suficientemente constatada una relación entre la raza y las concentraciones de plomo, cadmio, mercurio y arsénico en el riñón, hígado y músculo de los animales.

Esta relación ha sido reportada en el caso de la población humana. Probablemente esto se deba a las diferentes condiciones de vida, sobre todo en cuanto a la nutrición y costumbres de alimentación, es decir al grado de exposición a las sustancias nocivas.

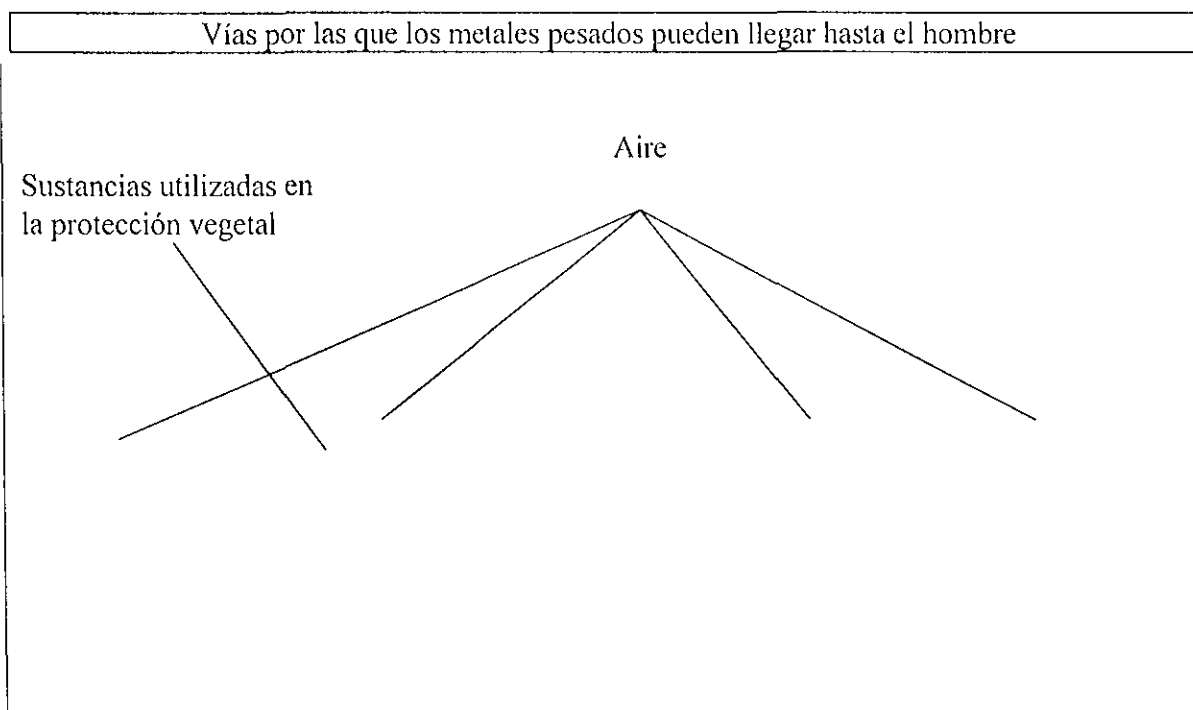
SEXO. Una relación entre el sexo y el contenido de plomo, cadmio, mercurio y arsénico en riñón, hígado y músculo ha sido descrita sólo en el caso del arsénico. En el caso de ovinos hembras se encontraron en sus riñones cantidades significativamente mayores que en los machos.

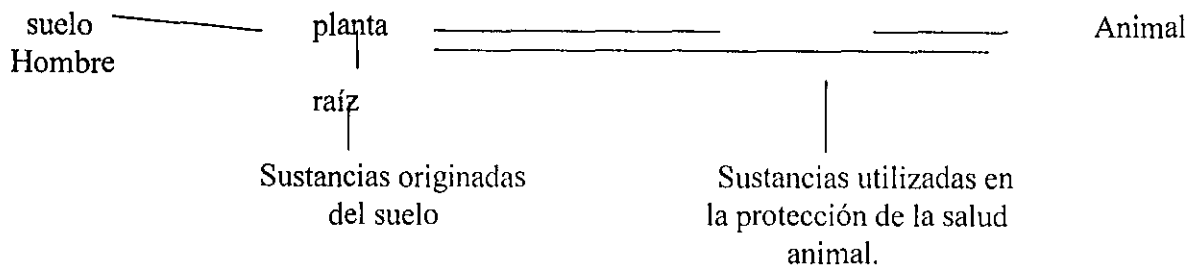
PESO. Kreuzer et al (1977) constataron que el riñón y el hígado de cerdos pesados contenían concentraciones mayores de metales que los animales de menor peso. Esto podría ser el resultado de la diferente cantidad de alimento consumido, a la mejor utilización de los nutrientes o al metabolismo intenso de los animales con más peso. También se ha podido comprobar una interrelación entre el peso y talla y las altas concentraciones de mercurio en el músculo de los peces de agua dulce y de mar (Low, 1974; Wissmath, 1979; Krüger, 1980).

Proceso "CARRY-OVER" en la producción de alimentos de origen animal.

Bajo el concepto "Carry-over" se entiende el traspaso de materia nociva de los diferentes ciclos de vida de la biosfera.

Se pueden considerar diferentes formas de transmisión o traspaso. Las sustancias nocivas pueden transmitirse directamente a través el aire inspirado o el consumo de agua y alimentos. En el cuadro No. 1 se representa las vías por las cuales los metales pesados y los plaguicidas pueden contaminar el hombre que esta situado al final de la cadena alimenticia.





Fuente : Hapke, 1988

El centro de todos esos procesos "Carry-over" es la planta. Esta puede ser contaminada por el aire, a través de los procesos de emisión y depósito y por el suelo a través de la raíz. Además pueden encontrarse en éstas residuos de las sustancias utilizadas como medida de protección vegetal (Hecht 1984).

Las plantas sirven como alimento para el animal, el cual ingiere los contaminantes presentes en ellas, los integra en su organismo, los acumula en sus tejidos que más tarde servirán de alimento al hombre.

En la producción de alimentos de origen animal hay tres importantes vías "Carry-over":

1. La incorporación de sustancias nocivas con el aire inspirado con la consecuente absorción pulmonar.
2. La ingestión de estas con los alimentos de origen vegetal y más tarde su absorción gastrointestinal.
3. La incorporación de estos nocivos con el agua o a través de la piel y la absorción directa en la circulación sanguínea, como en el caso de los animales cuando se les aplica determinados medicamentos y pesticidas. En el caso de los peces ésta vía juega un papel muy importante.

Cuando el organismo animal ingiere sustancias nocivas, ocurre una absorción parcial de éstas en la circulación sanguínea. Una gran parte de ésta, que no fue absorbida, es excretada. Después de pasar por sangre se lleva a cabo una retención y de nuevo una eliminación de la

sustancia. Es decir, ésta seguirá de paso hacia el exterior o se almacenará por largo tiempo en determinados órganos y luego serán eliminada por los riñones, las heces o la respiración. En animales hembras también se elimina por la leche y los huevos.

La acumulación de estos nocivos en los tejidos del animal da lugar a los residuos en sus productos destinados al

consumo humano, carne , vísceras, grasa, etc.

La cadena alimenticia de los animales y el hombre está expuesta principalmente a ciertas sustancias, como por ejemplo : Cadmio, Plomo, Mercurio, Arsénico, Rubidio, Cobre, Zinc, Estroncio, Vanadio, etc. y esto depende de las influencias antropogénicas y geológicas de la región.

La incorporación de esos elementos en la cadena alimenticia suelo - planta - animal - hombre tiene un efecto altamente significativo sobre la ingestión humana de tales sustancias en especial cuando se trata de áreas de exposición y la población consume vegetales y especies cultivadas en sus propios jardines (Anke, et al. 1995).

Validez de diferentes métodos para determinar la ingestión de macro- y microelementos.

Según la WHO (1985) son dos los métodos para determinar ingestión de macro- y microelementos y oytos nutrientes en alimentos. Estos son los siguientes :

1. METODO DE CALCULO O DE LA CANASTA BASICA.

Para llevar a cabo este método son necesarios los siguientes datos :

- a) Datos de consumo representativos para cada alimento en relación al grupo de alimentos de la región en el área de investigación.
- b) El contenido de los elementos de interés en los alimentos seleccionados.

Los datos de consumo pueden ser determinados por medio de :

- Datos estadísticos de consumo y venta de la alimentación individual :
 - a) Protocolo de alimentación durante 24 horas.
 - b) Protocolo de peso y otras técnicas similares
- Menús estándar del tipo de alimentación colectiva.
 - a) En las escuelas
 - b) En restaurantes para estudiantes y trabajadores
 - c) Menús de hospitales
 - d) Menús de cuarteles militares.

Estas dos posibilidades se debe dar preferencia a las costumbres de alimentación individual ya que por medio del método del protocolo se considera la mayoría de los alimentos de consumo y se garantiza mayor calidad de la toma de datos. Adicionalmente se consideran las entrecomidas y los denominados bocadillos.

Las estadísticas de venta y consumo que serán deducidos del consumo por cabeza tienden a sobrestimar el consumo real.

Los menús estándar posibilitan la determinación de la composición de las comidas ingeridas, pero no determinan las comidas principales, los bocadillos y entre comidas.

El contenido de macrominerales, vitaminas y algunos minerales traza se encuentran en tablas de contenido de nutrientes en alimentos.

En el caso de metales pesados y algunos compuestos orgánicos no existen datos suficientes y en consecuencia deben ser investigados por medio de algunos ejemplos comparativos de validación de los métodos de calculo, en base a : las estadísticas de consumo, costumbres de alimentación individual y contenido de elementos traza en tablas.

En resumen los métodos de calculo son relativamente fáciles de aplicar si están a disposición los datos necesarios para la evaluación de la ingestión de macro- y microminerales (datos de consumo y contenido de nutrientes).

Los datos de consumo deberán reflejar las costumbres de alimentación actuales, es decir, información sobre las costumbres de alimentación individual. De esta manera estos deberán

ser representativos de la región a investigar. Los datos de composición de los alimentos puede variar igualmente debido a la diferente procedencia de éstos.

2. METODO DE DUPLICADO O TECNICA DE LA DOBLE PORCION.

Los consumidores investigados deberán recolectar una segunda porción de la alimentación diaria, incluyendo todas los alimentos ingeridos entre comidas y bocadillos.

De acuerdo a las recomendaciones de la WHO (1), para obtener resultados confiables en el estudio se deberán considerar siete hombres y siete mujeres por cada localidad investigada.

Las personas participantes tendrán elección de alimentarse con libertad y sin limitaciones y no deberán cambiar sus costumbres de alimentación en todo el tiempo de duración del experimento. Es muy importante la elección de las personas participantes, Estas deberán ser confiables, estar informadas sobre la importancia del estudio y motivadas.

Para la evaluación de este trabajo es recomendable que los consumidores del experimento escriban en un protocolo las comidas ingeridas durante el día, ya que a través de eso los resultados de valores extremos de los diferentes alimentos consumidos (por ejemplo concentraciones altas de cadmio como consecuencia del consumo de riñón, hígado, hongos silvestres, etc.), podrán ser posteriormente aclarados.

La comparación de varios experimentos de duplicado (en diferentes regiones), hacen posible observar la influencia local sobre el consumo de los alimentos investigados. En resumen, éste método es caro y de difícil organización.

Es posible obtener resultados confiables si se eligen e instruyen adecuadamente los consumidores del experimento.

Para resultados confiables en los estudios de determinación de ingestión de macro- y microelementos se considera que suficiente la participación de siete hombres y siete mujeres sujetos a la investigación en el transcurso de siete días consecutivos.

COMPARACION Y EVALUACION DE LOS METODOS.

Entre los métodos de ingestión calculada y de duplicado existen grandes diferencias :

- 1 . La cantidad de alimento ingerido. Con el método de duplicado

se observa disminución de hasta un 20%.

2. Hay pérdida de minerales macro y micro debido a la preparación de los alimentos (cocción, fermentación, evaporación). Esto no es considerado en el método de cálculo ya que se analizan alimentos crudos.

3. Las oscilaciones en el contenido mineral de los alimentos investigados. Por ejemplo el pan puede contener cantidades considerables de cadmio y el pescado de mercurio.

4. Diferencias en la cantidad de la ingestión de alimentos en materia seca de método de duplicado y el método de cálculo que están entre 119% y 126%.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La moderna producción industrial y agrícola conducen a numerosas posibilidades de contaminación con sustancias nocivas que afecta los animales domésticos. La ingestión de estas sustancias a través de el alimento, agua de bebida o el aire, puede conducir a la formación de residuos y contaminación del alimento de origen animal y con esto perjudicar la salud de los consumidores (Schwarz, et al. 1991, Hecht, 1988).

México es un país con gran potencial productivo y recursos naturales. Uno de los aspectos importantes de su economía esta basado en el sector agrícola, es decir, en la producción de alimentos básicos. En los últimos años, paralela a la tecnificación e intensificación de la agricultura ha tenido lugar un importante desarrollo industrial impulsado tanto por inversiones nacionales como del extranjero. Numerosas empresas maquiladoras extranjeras se han establecido en el país. Esto como es de esperar ha sido hasta cierto punto positivo, pero también ha favorecido la producción de materia tóxica contaminadora del ambiente, que afectan las plantas y animales del ecosistema. Esto representa un riesgo peligroso para la salud humana que se ve afectada con bastante frecuencia por el consumo de alimentos conteniendo tales residuos o por el contacto directo de estos tóxicos.

La zona metropolitana de Guadalajara ha experimentado un acelerado crecimiento poblacional, requiriendo el suministro de grandes cantidades de insumos y energéticos y, a la vez constituyéndose en un polo de intensa actividad industrial, comercial y cultural. Sin embargo, este crecimiento poblacional y económico ha traído consigo también mayores impactos al medio ambiente, y en particular un aumento en la generación de contaminantes atmosféricos. La contaminación atmosférica está íntimamente ligada con las características y procesos que lleva a cabo la industria y el estado que guarda el parque vehicular de la zona, principales generadores de metales pesados.

El aire, el agua y el suelo son contaminados por numerosas sustancias químicas presentes en el ambiente. Entre los químicos ambientales nocivos de prolongada vida biológica media y

marcado efecto de acumulación, adquieren especial significado los metales pesados (Knöppler, et al.,1979).

Las discusiones sobre la contaminación del medio ambiente por los metales pesados plomo, cadmio, cromo y vanadio es un problema de actualidad que ocupa a muchos países industrializados, donde se han realizado numerosas investigaciones al respecto y se han establecido eficientes sistemas de bioindicación. En los sistemas de monitoreo utilizando animales como indicadores han sido empleados prioritariamente animales domésticos, ya que estos juegan un importante papel en la nutrición humana. Conforme ha esto ha sido publicada numerosa literatura sobre el análisis de residuos en animales domésticos para abasto (Holm 1985, Kreuzer y Rosopulo 1981). En nuestro país las investigaciones sobre contaminación por metales pesados utilizando rumiantes como bioindicadores y su determinación en alimentos de origen animal y vegetal son escasos.

Como fuentes de la contaminación ambiental por plomo se encuentran las emisiones de la industria elaboradora de plomo, así como los gases producto de la combustión de los automóviles. Cadmio es emitido a el ambiente debido a las emisiones de la industria elaboradora de plomo y zinc, así como por la producción de los diferentes gases de combustión y también por medio del empleo de fertilizantes de fosfato que contienen impurezas de metales pesados que contaminan los suelos (Agthe y Dickel, 1980). La importancia del cromo como contaminante obedece a la existencia de grandes yacimientos y a su frecuente utilización en un una gran diversidad de industrias tales como en las de vidrio y cemento, entre otras, al uso de fertilizantes y la liberación de gases de combustión de vehículos motorizados. El vanadio como sus compuestos pentóxido, sulfato y vanadato pueden entrar en contacto con los animales de abasto a través de las emisiones industriales. Pueden encontrarse compuestos de vanadio en el alimentos para animales, cuando estos contienen preparados de fosfato de calcio (Hapke, 1988). La presencia de los metales pesados en el ambiente contamina los pastos que consumen los animales criados en esas praderas y que serán destinados para el abasto. En los adultos, más del 60% de estos elementos ingeridos proviene de los alimentos de origen vegetal. Las vísceras de los animales de abasto son también fuente importante en la dieta debido a la capacidad de

estos órganos para acumulación en el animal vivo. Este hecho representa un peligro para la salud del hombre, situado en el último eslabón de la cadena alimenticia y el cual se mantiene por medio del consumo de productos de origen vegetal y animal (Fathi y Lorenz, 1980). En las tareas dirigidas al registro y evaluación de las sustancias nocivas en el ambiente, el empleo de indicadores biológicos ofrece en la actualidad una posibilidad especial. La cabra es un mamífero que se encuentra al final de la cadena alimenticia y cubre, en su búsqueda de alimento, mayores superficies en los campos que por ejemplo las correspondientes muestras vegetales o de suelo tomadas en la misma área. La contaminación por metales pesados en el hombre se da lugar sobre todo a través de la ingestión de alimentos, que por la respiración de aire que contenga tales nocivos. De ahí que la investigación sobre la presencia de éstos en los y alimentos para consumo humano y en tejidos animales sea muy importante.

JUSTIFICACION

Numerosos estudios han revelado la contaminación ambiental por metales pesados en diferentes regiones de México. No obstante son pocas las investigaciones sobre el contenido del plomo, cadmio, cromo y vanadio en los alimentos, tejidos de animales para abasto y utilizando mamíferos como bioindicadores. El presente trabajo proporcionará información sobre la concentración de metales pesados en ocho alimentos básicos de la población mexicana, en cuatro tejidos de cabra y cerdo y sobre la aptitud de la cabra como bioindicador.

HIPOTESIS

El desarrollo de la industria y agricultura, el aumento del número de automóviles, la concentración de la población en varias regiones importantes de México, ha traído como consecuencia un incremento de sustancias nocivas en el ambiente, destacándose entre otras los metales pesados plomo y cadmio, que poseen una vida biológica media muy prolongada y un fuerte efecto de acumulación. La población tiene contacto con tales elementos por la presencia de éstos en su medio ambiente. Estos se concentran en el aire, suelo y agua. La presencia de metales pesados en el ambiente contamina las plantas que consumen los animales que luego serán destinados al abasto. Esto representa un peligro para la salud del hombre, situado en el último eslabón de la cadena alimenticia. Si cultivos, animales y alimentos destinados para el abasto están expuestos a estas sustancias nocivas, se espera una acumulación de éstas en su interior, por tanto, será posible, mediante la determinación directa de metales pesados en alimentos y bioindicación estimar la contaminación ambiental por estos compuestos.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES.

1. Estimar la contaminación ambiental por metales pesados mediante la determinación de su concentración en alimentos de origen vegetal, animal y un bioindicador.

OBJETIVOS PARTICULARES.

1. Estimar los niveles de cadmio, cromo y vanadio en tomate, jitomate, chile, nopales, maíz, frijol, cilantro y leche.
2. Determinar la concentración de cadmio, cromo y vanadio en hígado, riñón, músculo y hueso de cabra y cerdo.
3. Determinar la concentración de plomo, cadmio, cromo y vanadio utilizando a la cabra como bioindicador.

MATERIAL Y METODO

La investigación se organizó en tres etapas cuyas características se describen más adelante (Cuadro No.2). La recolección de muestras de alimentos y tejidos se efectuó en diferentes localidades de Jalisco (Cuadro No. 1) y considerando la presencia de factores contaminantes se denominaron dos regiones como región A y B. La región A correspondió a el área Metropolitana de Guadalajara, capital del estado de Jalisco, importante centro industrial, con fuerte densidad de tráfico y en cuyo perímetro tienen lugar explotaciones de animales domésticos para abasto. Los lugares de donde se recolectaron muestras fueron Huentitán, Tlapexco y Santa Cruz del Valle. Aquí los animales son mantenidos parcialmente en praderas naturales y adicionalmente reciben concentrado especialmente poco antes del sacrificio. También se recolectaron muestras del Municipio de Zapotiltic y Huescalapa. Estas son localidades donde se localiza importantes compañías industriales para la producción de cal y cemento. Las fábricas “Cementos Guadalajara” y “Cementos Tolteca” son las de mayor importancia en la región. La contaminación de origen industrial por plantas de cemento, de asbesto y por gases de vehículos motorizados, pueden elevar las concentraciones de cromo en el aire y agua, hasta valores peligrosos para la salud humana. Entre las industrias que presentan mayor riesgo por la presencia cromo, son las de cemento, construcción, colorantes, cortidurias y galvanoplastia.

La combustión de aceites y carbones y las plantas incineradoras liberan grandes cantidades de cadmio al ambiente. También contribuyen el uso de fertilizantes obtenidos a partir de sedimentos o rocas ricos en cadmio que son ampliamente utilizados en esta zona. Estos contienen 20% de cada uno de los ingredientes benéficos : nitrógeno, potasio y fosfatos pero generalmente se desconoce lo que contiene el otro 40%, el cual frecuentemente incluye metales traza, Ejem. plomo y cadmio. Consecuentemente estos pueden pasar a las plantas y así ingresar a la cadena alimenticia.

La región B se caracterizó por provincias con actividad principalmente agrícola y ausencia de tráfico pesado. Los rebaños caprinos en estos lugares se crían de forma extensiva en praderas naturales. En el estado de Jalisco las regiones muestreadas fueron Ameca, Huejuquilla el Alto, Autlán de Navarro, Cd. Guzmán y Ocotlán.

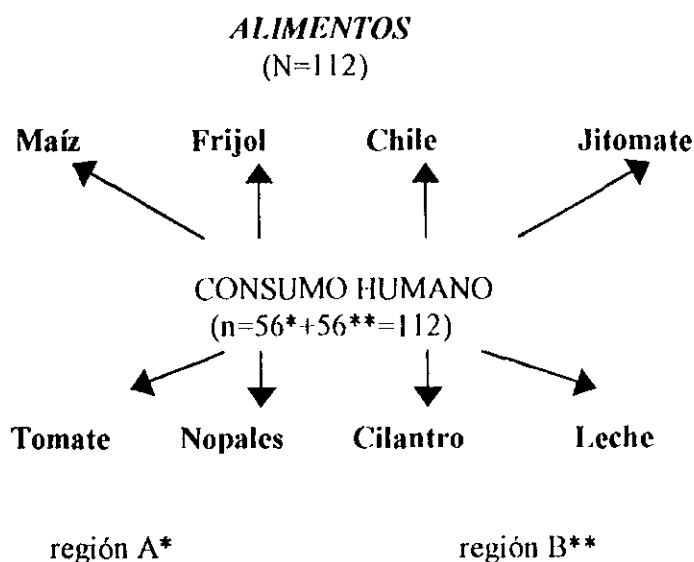
En las localidades de esta zona, los campos son utilizados para la agricultura de diferentes cultivos como por ejemplo, maíz, sorgo, tomate, jitomate, chile, etc. y además para la explotación pecuaria de ganado lechero, ganado de engorda, cabras y cerdos.

En estas regiones se emplea la agricultura mecanizada y de tracción animal y la mayor parte de los cultivos son tratados con fertilizantes y plaguicidas. Los principales cultivos en las diferentes zonas son : maíz, frijol, chile, sorgo alfalfa, jitomate y tomate. La producción esta destinada al comercio nacional, regional y auto consumo. (INEGI). Estas llanuras se utilizan para el pastoreo de ganado caprino sobre la vegetación natural, la cual de ve limitada por le pedregocidad del terreno y por la falta de agua.

MATERIAL INVESTIGADO

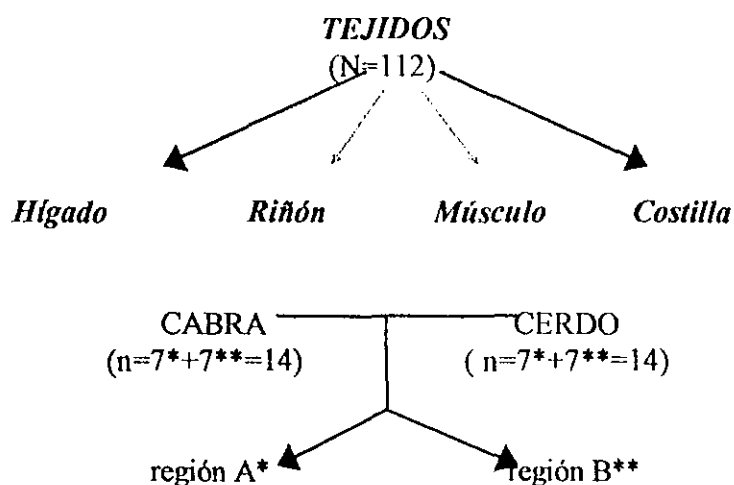
1ra. Etapa :Alimentos básicos en la dieta mexicana.

El análisis de los elementos cadmio, cromo y vanadio se llevó a cabo en ocho alimentos básicos en la dieta de la población mexicana :frijol, maíz, chile, jitomate, tomate, cilantro, nopales, leche. Estos fueron recolectados de diferentes regiones del estado de Jalisco y se recolectaron un total de 112 muestras.



2da. Etapa : Tejidos de cabra y cerdo.

Fueron recolectadas muestras de tejido de siete cabras y siete cerdos de la región A y de la región B procedentes de diferentes localidades. Los tejidos seleccionados fueron : hígado y riñón, músculo y costilla, sumándose un total de 112 muestras.

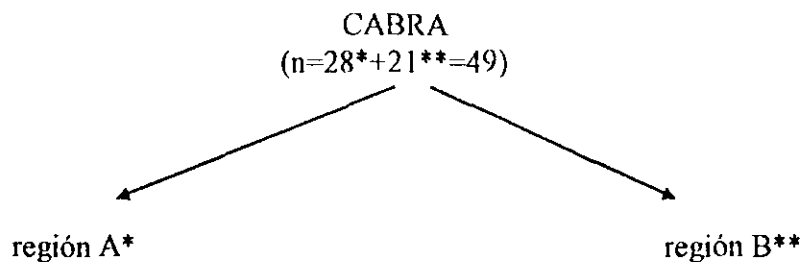


3^{RA}. Etapa : Hígado de cabra

De acuerdo a las recomendaciones para la investigación de residuos nocivos en animales de abasto (Holm 1976, 1981a; Knöppler et al. 1979, Kreuzer et al. 1977b) se seleccionó el hígado como material de muestra, dado que este es uno de los principales órganos que se caracterizan (además del riñón) por acumular fuertemente los metales pesados (Holm 1981b, 1988b). Se investigaron 49 muestras de hígado de cabra procedentes de diferentes localidades del estado de Jalisco.

Hígado
(N=49)





Para cada muestra fue elaborado un "Protocolo de muestra" (Cuadro No.3). Dicho protocolo contiene la información exacta sobre el lugar de origen, fecha de sacrificio, edad, sexo y peso del animal. Además informa sobre las condiciones de clima del lugar, descripción de la vegetación y sobre la presencia de industria y carreteras con tráfico pesado y poblaciones cercanas al ambiente donde se crió el animal (Holm et al. 1990).

Cada muestra fue transportada en bolsas teflón y en refrigerante hasta el laboratorio en el Departamento de Salud Pública de la División de Ciencias Veterinarias de la Universidad Guadalajara donde se llevó a cabo la homogeneización de cada una de ellas. La muestra homogeneizada se guardó en pequeños recipientes de plástico y así se mantuvieron en congelación hasta el momento de su análisis. El ingreso de las muestras en el laboratorio se controló por medio de la "Forma de registro para muestras de laboratorio" (Cuadro No.4).

Geología, suelo y clima de la región investigada.

Las muestras recolectadas en la 1^{ra}. etapa procedieron de diferentes localidades del estado de Jalisco (Ameca, Huejuquilla el Alto, Huentitán el Alto, Santa Cruz del Valle y Tatepoxco) de la República Mexicana, cuyo territorio abarcan 80 137 km² (Jalisco) del territorio nacional (INEGI, 1989). Para la 2da., 3^{ra}. etapa fueron: Autlán de Navarro, Cd. Guzmán, Ocotlán, y Zapotiltic del estado de Jalisco. Estas regiones se encuentran localizadas dentro de las siguientes provincias geológicas:

1. Provincia de la Sierra Madre Occidental.
2. Provincia Mesa del Centro.
3. Provincia del Eje Neovolcánico.

4. Provincia Sierra Madre del Sur.

Estas provincias presentan depósitos del período Terciario, Cuaternario y Cretácico.

Los datos sobre geología, suelos y clima de las regiones investigadas fueron obtenidos de la "Síntesis de Información Geográfica Estatal" editada por la Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística e Informática de México y el Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara (Briseño, et al. 1991; Pedroza 1990).

Hidrología.

El estado de Jalisco queda comprendido en parte de las siguientes regiones hidrológicas:

Región	Extensión (km ²):
JALISCO:	
Lerma-Chapala-Santiago	40,213
Huicila	1,431
Ameca	8,884
Costa de Jalisco	11,590
Armería-Coahuayana	12,336
Alto Río Balsas	4,042

Climatología.

El clima en las regiones investigadas presenta grandes contrastes debido a la conformación variada del relieve y a la influencia de las masas de agua marítimas y lacustres.

Un clima semicálido subhúmedo caracteriza las zonas de Guadalajara, Huentitán el Alto, Tatepoxco, Sta. Cruz del Valle, Tlajomulco de Zúñiga y Ameca con una precipitación media anual entre 800 y 1000 mm y una temperatura media anual entre 18°C y 22°C. El clima semifrío subhúmedo con una precipitación media anual mayor de 1200 mm y una temperatura media anual menor de 16°C se localiza en la entidad de Tuxpan, Jalisco. Clima semiseco semicálido presentan la entidad del norte, Huejuquilla el Alto, Jal. con precipitación media anual menor a 700 mm y una temperatura media entre 18°C y 22°C. Un clima seco y semiseco caracteriza las provincias de Zacatecas (Jerez y Tetillas) con una precipitación media anual entre 400 y 700 mm y una temperatura media anual de 18°C.

Suelo y vegetación.

Subprovincia Guadalajara.

Esta subprovincia ocupa el 3.73% (2 943,172 km²) de la superficie estatal y abarca, entre otras, las localidades de Guadalajara, Huentitán el Alto, Tatepoxco, Sta. Cruz del Valle, Tlajomulco de Zúñiga y Ameca. Esta subprovincia pertenece a la provincia del Eje Neovolcánico Jalisciense. La altitud de las diferentes entidades en esta zona está entre 1250 y 2250 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). Los suelos predominantes de esta región son: Ei Feozem haplico que es el que se presenta en mayor proporción en esta subprovincia. Su fertilidad depende de los tipos de suelos con que se encuentre asociado y de la topografía de la zona. El Regosol eutrítico se encuentra en los sistemas de lomeríos. Estos suelos son utilizados principalmente para el cultivo del maguey tequilero. Los Litosoles son suelos que también, asociados con otros suelos, se encuentran en esta zona.

El bosque de Encino y Pino es el que predomina en la subprovincia y se encuentra distribuido desde 1500 hasta 2000 m.s.n.m., y esta constituido por varias especies de encino (*Quercus sp*) y pino trompillo (*Pinus oocarpa*) en el estrato superior; y tepame (*Acacia pennatula*) y madroño (*Arbutus sp*) en el estrato medio. Los otros tipos de vegetación que existen son: Bosque de Encino, Bosque de Pino-Encino, Matorral subtropical, Selva Baja Caducifolia y Pastizal natural e inducido.

La superficie esta dividida en zonas agrícolas de riego, de riego-temporal, de temporal y de vegetación natural. Las principales especies cultivadas son: Maíz, frijol, sorgo, caña de azúcar, nogal y mango. Debido a que el desarrollo de especies forrajeras y a que la movilidad del ganado se ven restringidos, sólo es posible realizar pastoreo extensivo de ganado caprino y bovino sobre la vegetación natural. Sin embargo es posible el establecimiento de praderas cultivadas para el pastoreo intensivo de cualquier tipo de ganado.

El uso de fertilizantes en la agricultura lo practican la mayoría de los productores. Es también frecuente el uso de plaguicidas. En la temporada de invierno el ganado de explotación extensiva se alimenta con los residuos de las cosechas de los cultivos de maíz, frijol, sorgo y caña de azúcar principalmente.

Provincia de la Sierra Madre Occidental.

Esta provincia abarca parte de los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Zacatecas y Jalisco. Es un gran sistema montañoso que tiene sus orígenes en el terciario inferior y medio. Los suelos de esta región debido a la gran extensión de la zona, así como su topografía, determinan una gran variedad de ellos: Feozem haplico, Litosol crómico, Regosol eutrítico, Luvisol vértico, Luvisol férrico, Xerosol castañoso, Xerosol cálcico. Huejuquilla el Alto, Jal. y Jerez, Zac. son entidades que pertenecen a esta zona. En el área de Zacatecas, un aspecto económico de importancia es la minería. Aquí se extraen sulfuros de plomo y zinc y subproductos de plata, oro y cobre.

Los elementos mas frecuentes de la vegetación son: *Acacia pennulata* (Tepame), *Lemaerocerus sp.* (Pitayo) y *Bursera sp.* (Papelillo), *Muhlenbergia sp.*(Pasto), *Opuntia* (Nopal), que en total son caracterizados como Matorral subtropical. Otro tipo de vegetación

representativa de la región son el Bosque de Encino-Pino, *Pinus michoacana* (pino), Pastizal natural e inducido y Chaparral.

La topografía irregular de esta zona es la limitante más fuerte para actividades agrícolas. De aquí que en una gran parte de la superficie se lleva a cabo una agricultura manual-estacional (De temporal). Los únicos cultivos posibles son: Maíz, frijol, sorgo y garbanzo. Los suelos son de mediana fertilidad y de poca pendiente. La agricultura puede ser mecanizada y de tracción animal. El uso de fertilizantes y pesticidas es generalizado.

Dadas las características de la región sólo se tiene posibilidad de utilizar la vegetación natural para pastoreo extensivo. La oportunidad de establecer praderas cultivadas para explotar el ganado en forma intensiva, sólo existe en una pequeña parte de la zona. En esos pastizales inducidos se llevan a cabo pastoreos principalmente de bovinos. El ganado apto para explotarse es sobre todo el caprino.

Provincia de la Sierra Madre del Sur.

La subprovincia de las Cordilleras Costeras del Sur esta incluida en esta provincia. A esta subprovincia pertenece el municipio de Tuxpan, Jal., entre otros. Las altitudes de esta zona están entre 1200 y 1800 metros sobre el nivel del mar.

Los suelos más frecuentes de esta región son Cambiosoles y Regosoles eutrícos. Existen también el Andosol órtico que es pobre en materia orgánica y fija fuertemente el fósforo. El Rendzina, es otra variedad presente, rica en humus y muy fértil.

Selva baja caudicifolia, bosque de Pino-Encino, bosque de Pino son los tipos de vegetación característicos. La posibilidad de uso agrícola de esta región es limitada debido principalmente a los relieves muy abruptos que forman con frecuencia las barrancas y que a que los suelos son demasiado someros y algunos tienen problemas de acidez y fijación de fósforo, por esta razón hay escasez de las especies forrajeras en la cubierta vegetal. Por lo que el pastoreo de ganado caprino se realiza generalmente sobre vegetación natural.

Los cultivos en esta zona son den orden de importancia : Maiz, sorgo, frijol, y caña de azúcar. La mayoría de los productores emplean fertilizantes y algunos insecticidas y herbicidas a sus cultivos.

ANALISIS QUIMICO.

Preparación de la muestra.

Se utilizaron 50 gr de cada muestra de hígado de cabra. Cada muestra fue homogeneizada en un molino Moulinex. Para el análisis se pesaron en tubos Kjeldahl de 100 ml, 6 gr del homogeneizado por duplicado con el fin de confirmar la exactitud de los resultados de la medición.

Tras la digestión seca en material orgánico, tal como alimentos, plantas verdes, tejido animal, pelo, suero sanguíneo, etc., se requiere tener las cenizas en solución con ácido clorhídrico. Para estas determinaciones se necesita conocer el valor en Materia Seca (MS) de las muestras. Para proceder al secado de las muestras se debe disponer de recipientes de porcelana previamente limpios, lavados con ácido clorhídrico diluido, enjuagadas con agua corriente y por último con agua bidestilada por lo menos tres veces. Enseguida se colocan en estufa de secado a 105 °C durante dos horas, se sacan, se dejan enfriar en desecador y finalmente se pesan en balanza analítica.

Para la determinación de Mercurio, Iodo, Arsénico y Selenio se requiere aproximadamente 10 gr de muestra. Estas muestras deberán secarse solamente a 60 °C.

Las muestras de alimentos como pan, chocolate, granola, café, avena, etc. se necesita de 20 a 25 gr. Estos se pesan en fresco y luego se secan a 105 °C en estufa de secado hasta obtener un peso constante.

Plantas verdes, como pastos, cereales, lechuga, cilantro, verduras deberán lavarse bien y luego enjuagarse con agua bidestilada.

Se envuelven en papel filtro y se secan a 60 °C (ver proceso de secado). Finalmente se pesa de 20 a 25 gr de cada muestra, se corta en pequeños trozos y se colocan en el tazón de porcelana.

El suero sanguíneo se coloca aproximadamente 20 a 25 ml en cada tazón.

El pelo se envuelve en papel filtro y se somete a extracción de grasa con éter etílico.

Todas estas muestras se secan en estufa de secado a 105 °C hasta obtener peso constante, se enfrían en desecador y luego se pesan para obtener el valor de materia seca (MS).

Digestión y medición de las muestras.

La realización del proceso de digestión consistió en lo siguiente:

- a. Una vez pesada la muestra, se agregan 10 ml de ácido nítrico (HNO_3) concentrado y 2 ml de ácido perclórico (HClO_4) concentrado. Adicionalmente se emplearon dos tubos con solamente los ácidos como valores blanco.
- b. Todos los tubos son instalados en el bloque caliente del aparato para el proceso de digestión y se someten a un programa de temperatura cuidadosamente controlado con el aparato regulador de temperatura.

PROGRAMA DE TEMPERATURA.		
PASO:	TEMPERATURA	TIEMPO
	(°C)	Minutos
1	40	30
2	45	90
3	50	120
4	80	180
5	100	120
6	130	120
7	160	120
8	180	180
9	180	60
10	60	60
11	30	60
12	25	60

Al final del proceso de digestión se obtiene un residuo blanco en el fondo del tubo. Este residuo se recupera con 25 ml de ácido nítrico 0,1 N para la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica. Una vez que el residuo se haya disuelto, la solución se guarda en botellas de plástico de 50 ml con cuello de rosca. Estas se mantendrán en un cuarto frío (6°C) y obscuro.

Para la digestión seca las muestras se someten a 450 °C.

En el caso de las muestras que tienen alto contenido de carbohidratos pueden derramarse al momento de su incineración, por eso se someten a una pre-incineración la cual se inicia a 150 °C y se aumenta lentamente hasta 450 °C. El tiempo de incineración es diferente. Depende del contenido de grasa o materia cruda.

Preparación de la solución para análisis.

La elaboración de solución de análisis se utiliza solamente agua bidestilada y reactivos químicamente puros.

Las muestras incineradas se enfrían en desecador y se pesan y luego se cubren con un vidrio de reloj con la identificación de la muestra (tipo de muestra, procedencia, No. de muestra, año de recolección y cantidad utilizada del ácido clorhídrico 25% en mililitros).

La ceniza se humedece cuidadosamente con agua bidestilada (puede utilizarse una pizeta) y enseguida se agrega ácido clorhídrico al 25%. Según el peso de la ceniza se decide la cantidad de ácido clorhídrico que se agregará y el tamaño del matríz volumétrico que se utilizará para disolver la muestra para mantener una solución de Ac. clorhídrico al 2.5%. En el caso de la muestras de hueso se dejan en el ácido 24 horas para que disuelva mejor.

CANTIDAD DE ACIDO CLORHIDRICO A UTILIZAR DE ACUERDO AL PESO DE LA CENIZA.		
PESO CENIZA (gr)	ADICION DE AC. CLORHIDRICO (ml)	MATRAZ VOLUMETRICO (ml)
menos de 5	1	10
5-10	2.5	25
10-20		
más de 20	5	50
	10	100

El contenido del tazón de porcelana (ceniza, agua bidestilada y Ac. clorhídrico) se mezcla con espátula de plástico.

Se coloca un matraz volumétrico (sin cuello esmerilado) abajo de un embudo de vidrio en donde se verterá la ceniza disuelta en el ácido y se afora con agua bidestilada. Este matraz se coloca a baño María a 80 °C durante 10 minutos. Esta solución caliente se filtra a través de un papel de filtración lenta en una matraz volumétrico con cuello esmerilado, seco e identificado con los datos de la muestra. Es muy importante recordar que este matraz no deberá aforarse ya que el filtrado tiene la misma concentración de la ceniza disuelta en ácido clorhídrico. Todas las muestras deberán ser registradas en la bitácora, en la cual se podrá verificar en cualquier momento los datos de materia seca y cenizas. La solución así obtenida es la que se utilizará para su análisis.

MÉTODO DE ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA (EAA).

La determinación de Plomo se llevó a cabo por Espectrofotometría de Absorción Atómica (Holm 1978).

Para la medición de plomo se seleccionó una longitud de onda de 283.3 nm. Para cada serie de mediciones se determinó una curva estándar de referencia con soluciones de plomo con concentraciones conocidas, así como también el valor de la solución blanco. Las concentraciones de la curva estándar de referencia fueron: 0.0125 mcg/ml y 0.05 mcg/ml. Al valor de extinción de cada solución de la curva de referencia se le resta el valor de extinción de la solución blanco.

El contenido de plomo de cada muestra fue calculada en mg/kg (ppm). Los datos para el cálculo se muestran en el cuadro No5.

Los límites de detección para el plomo, considerando el peso inicial de la muestra, fue el siguiente : 0,004 mg/kg. Los índices de recuperación oscilaron entre: 87 y 107%

MÉTODO DE ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN ATÓMICA ACOPLADA INDUCTIVAMENTE ("INDUCTIVELY COUPLED PLASMA" o *ICP*).

La determinación de los elementos cadmio, cromo y vanadio fue realizada por medio de espectrometría de Emisión Atómica Acoplada inductivamente (Holm-Müller. 1987a).

Para el análisis se pesaron 6 gr de la muestra homogeneizada de hígado en tubos Kjeldahl de 100 ml. En el caso de las muestras sometidas a digestión seca se disolvieron en ácido clorhídrico al 2.5%.

Para las muestras de hígado de cabra realizó el mismo procedimiento de digestión que para la determinación de plomo y cadmio por medio de Espectrofotometría de Absorción atómica, sólo que en este caso para recuperar el residuo se emplearon 20 ml de ácido nítrico (HNO_3) 1.0 N. La solución se filtró a través de un papel filtro de banda negra 589 Schleicher & Schuell y se guardó en botellas de plástico de 50 ml con cuello de rosca que se mantuvieron en un cuarto frío y oscuro. De esta solución se utilizaron aproximadamente 5 ml para la medición.

Las muestras de alimentos, sometidas a la digestión seca fueron disueltas en ácido clorhídrico 2.5% en matríz volumétrico. La cantidad de ácido utilizada fue determinada por el peso de la muestra.

Los resultados fueron obtenidos por medio de una computadoras para ICP y expresados en concentraciones en solución en el protocolo de mediciones (Cuadro 6).

La referencia fue tomada de los estándares previamente elaborados. Estos fueron colocados después de cada diez evaluaciones en la serie de mediciones. Las muestras son pesadas por duplicado pero se miden y se evalúan por separado.

Paralela a cada medición, se valora la calidad de la medición de cada elemento por medio del coeficiente de variación. Para coeficientes de variación de 30% o mayores la medición de considera dudosa. Para el elemento aluminio se toleran variaciones altas.

Como los pesos de las muestras es variado, la concentración de la solución es multiplicada por su factor

correspondiente y se calcula el valor medio de las dos mediciones realizadas (Cuadro 7).

Los límites de detección para los diferentes elementos por medio de la técnica ICP son los siguientes:

Elemento:	Concentración (mg/kg):	
	Solución	Sust. fresca
Cadmio	0,005	0,013
Cromo, vanadi	0,010	0,025

La técnica fue verificada con material de prueba certificado de riñón de caballo (H8) de la Agencia Internacional de Energía Atómica (International Atomic Energy Agency).

METODO ESTADISTICO.

Para la evaluación estadística de los resultados de la investigación se utilizó la prueba "t" y el Análisis de Varianza.

El registro de los resultados se llevó a cabo con el software del banco de datos Fox Pro (Versión 2.6 para Windows, Microsoft GmbH). Para la preparación de datos y evaluación estadística se dispuso del Programa SPSS / PS⁺ (Versión 6.01 para Windows, SPSS Inc.).

RESULTADOS

1ra. Etapa: Alimentos básicos en la dieta mexicana.

Las concentraciones de los elementos analizados en las muestras de tomate, jitomate, nopales, maíz, sorgo, frijol, chile, cilantro y leche están expresados en las gráficas No. 1 a la No. 3.

Cadmio.

Los valores mas altos se detectaron en muestras de jitomate con $\bar{x}=0.25$ mg/kg seguido por las muestras de chile $\bar{x}=0.18$ mg/kg, cilantro $\bar{x}=0.14$ mg/kg y tomate 0.10 mg/kg. La diferencia entre los valores de las regiones en las muestras de jitomate fue estadísticamente significativa ($p = <0.05$).

Los valores promedio más bajos se registraron en las muestras de frijol, maíz y leche con 0.001, 0.004 y 0.004 mg/kg. (Gráfica No. 1)

Cromo.

Se encontró alta concentración de cromo en las muestras de cilantro con $\bar{x}= 3.9$ y 3.6 mg/kg seguido por las muestras de chile con $\bar{x}= 0.85$ y 0.51 mg/kg y en leche con $\bar{x}=0.43$ y 0.41 mg/kg de la región . En las muestras de nopales, maíz, sorgo y planta de maíz el cromo no fue detectado. (Gráfica No. 2).

Vanadio.

Las muestras de cilantro mostraron las concentraciones más altas de este elemento con $\bar{x}= 5.68$ mg/kg y 2.57 mg/kg perteneciendo. En general, después de las muestras de cilantro, las concentraciones más altas se observaron en el chile y los nopales con $\bar{x}=0.18$ y $\bar{x}=0.10$ mg/kg respectivamente. (Gráfica No. 3).

2da. Etapa: Tejidos de cabra y cerdo.

Los resultados sobre el contenido de elementos en el hígado, riñón, músculo y costilla de cabra y cerdo procedentes de diferentes regiones están resumidos en las gráficas No. 4 a la 9.

Cadmio.

Como puede observarse en la tabla No.4 y 7, los riñones mostraron mayores concentraciones que el hígado tanto en cerdos : \bar{x} = 2.49 y 2.25 mg/kg como en cabras: \bar{x} = 0.72 y 0.14 mg/kg. En esos tejidos los cerdos tuvieron concentraciones claramente mayores que las cabras. En hígado los valores fueron más altos en cerdos con \bar{x} = 0.89 mientras que las cabras registraron 0.12 mg/kg. Los datos en cabra difieren estadísticamente en hígado (p = < 0.01) y en riñón (p = < 0.05). Las muestras de costilla presentaron los valores más bajos (0.02 y 0.01 mg/kg). En músculo la concentración de este elemento fue mayor en cabras (0.1 mg/kg) que en cerdos (0.02mg/kg). En las muestras de cerdo la diferencias entre ambas regiones no fueron estadísticamente significativas (>0.05).

Cromo.

El tejido de cabra y cerdo que presentó los valores promedio más altos fue el de las muestras de costilla con 4.1 mg/kg y 4.4 mg/kg respectivamente. Después de estos estuvieron las concentraciones en el hígado de cerdo con \bar{x} =0.94mg/kg y \bar{x} =0.69 mg/kg y en seguida las de riñón en cabras con un valor promedio de 1.0 mg/kg y en los cerdos de \bar{x} =0.69 mg/kg. Las concentraciones promedio más bajas fueron en músculo con 0.3 mg/kg en cerdos y 0.6 mg/kg en cabras. Las diferencia entre las regiones, a excepción del hígado de cerdo, no fueron significativas (p = >0.05). (Gráfica No. 5)

Vanadio.

Las muestras de riñón de cabra presentaron las concentraciones mayores en las diferentes localidades con \bar{x} = 0.14 y 0.18 mg/kg, mientras que en los cerdos estas fueron : \bar{x} = 0.6 y 0.05 mg/kg siendo estos similares en las muestras de hígado (0.07 y 0.06 mg/kg) pero en cabras estos fueron mas bajos (\bar{x} = 0.03 mg/kg). En las dos especies los valores mas bajos se obtuvieron en el músculo con \bar{x} =0.01 y 0.03 mg/kg y los niveles encontrados en costilla fueron similares \bar{x} =0.03 mg/kg. No se determino diferencia significativa (p = >0.05) entre las regiones.

3ra. Etapa: Hígado de cabra

Los resultados obtenidos sobre el contenido de elementos en el hígado de cabras investigadas en las diferentes regiones están resumidos en las gráficas No. 10 a la No. 13. Los contenidos son valores promedio y están expresados en mg/kg (ppm).

Plomo.

Los valores promedio de las acumulaciones de plomo en el hígado de la cabra bioindicador de las diferentes localidades de las dos regiones muestran en general escasa diferencia regional de este elemento.

Los valores promedio de plomo varían entre $\bar{x}=0.003$ mg/kg y 0.028 mg/kg y el rango de variación del total de los valores están entre 0.002 mg/kg y 0.089 mg/kg. (Gráfica No.10)

Cadmio.

En la observación regional, la localidad de Huejuquilla el Alto, Jal. presentó una concentración especialmente alta en cadmio con un valor promedio de $\bar{x}=0.405$ mg/kg. Este valor expresa hasta cinco veces más de la concentración más baja registrada en Tlajomulco de Zúñiga, Jal. con $\bar{x}=0.077$ mg/kg representada por ocho muestras en la misma región. Huentitán el Alto, Jal. con $\bar{x}=0.337$ mg/kg y Tatepoxco, Jal. con $\bar{x}=0.245$ mg/kg mostraron, después de Huejuquilla el Alto, Jal. las acumulaciones mayores de cadmio. (Gráfica No. 11)

Cromo.

No fueron detectadas acumulaciones particularmente altas de este elemento en las diferentes localidades. Sin embargo es notoria, una vez más, la elevada concentración de cromo encontrada en la localidad de Huejuquilla el Alto, Jal. con un valor promedio $\bar{x}=0.333$ mg/kg. Los valores promedio de las demás entidades varía entre $\bar{x}=0.201$ mg/ml y $\bar{x}=0.292$ mg/kg. (Gráfica No. 12)

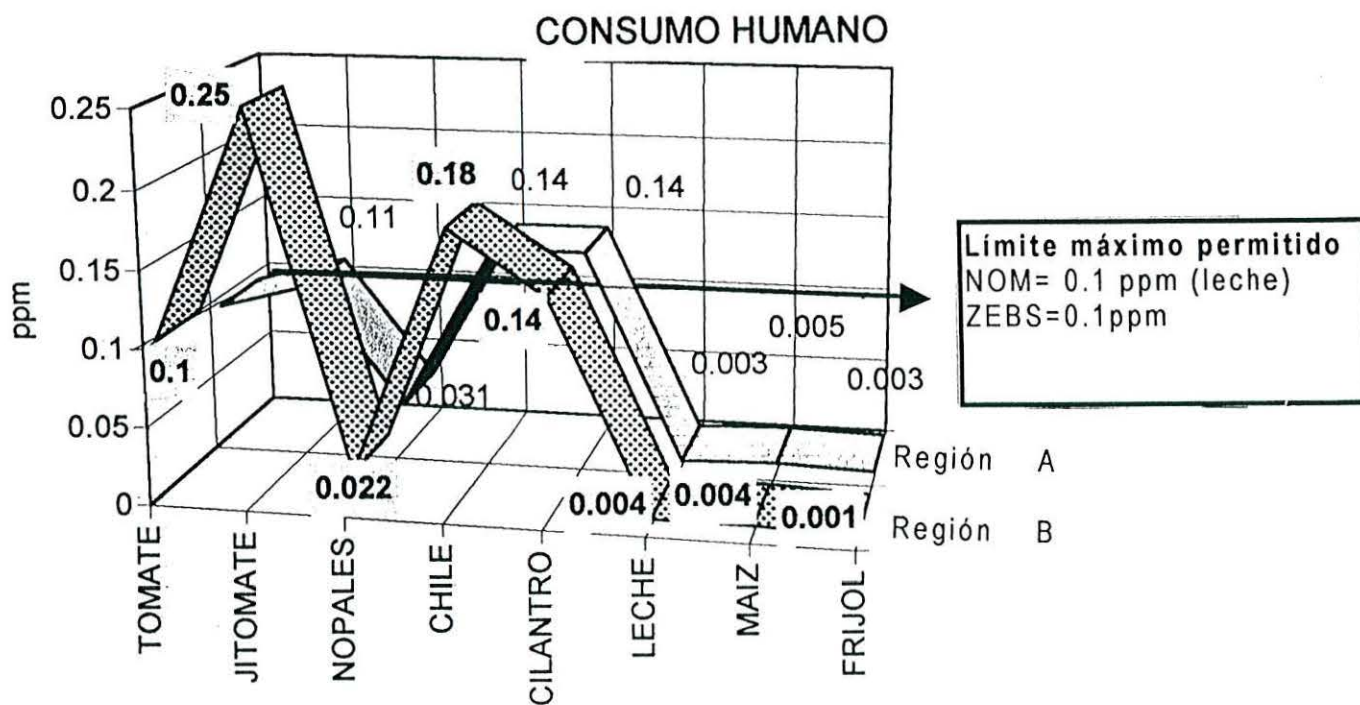
Vanadio.

El elemento vanadio se detectó en pocas localidades. El valore más alto se detectó en: Huentitán el Alto, Jal., con 0.119 mg/kg . Los valores de las demás entidades fueron Tatepoxco 0.087 y el menor se registró en Ameca, Jal con 0.045 mg/kg..

GRAFICA No. 1 CONTENIDO DE **CADMIO** EN ALIMENTOS DE CONSUMO HUMANO mg/kg

ALIMENTO	(n)	Región B		Región A		P
		s	\bar{x}	\bar{x}	s	
Tomate	7 ; 7	0.083	0.1	0.093	0.095	>0.05
Jitomate	5 ; 7	0.13	0.25	0.11	0.07	<0.05
Nopales	7 ; 7	0.021	0.022	0.031	0.02	>0.05
Maíz	7 ; 7	0.003	0.004	0.005	0.003	>0.05
Frijol	7 ; 7	0.002	0.001	0.003	0.004	>0.05
Chile	7 ; 7	0.19	0.18	0.14	0.15	>0.05
Cilantro	7 ; 7	0.05	0.14	0.14	0.03	>0.05
Leche	7 ; 7	0.002	0.004	0.003	0.002	>0.05

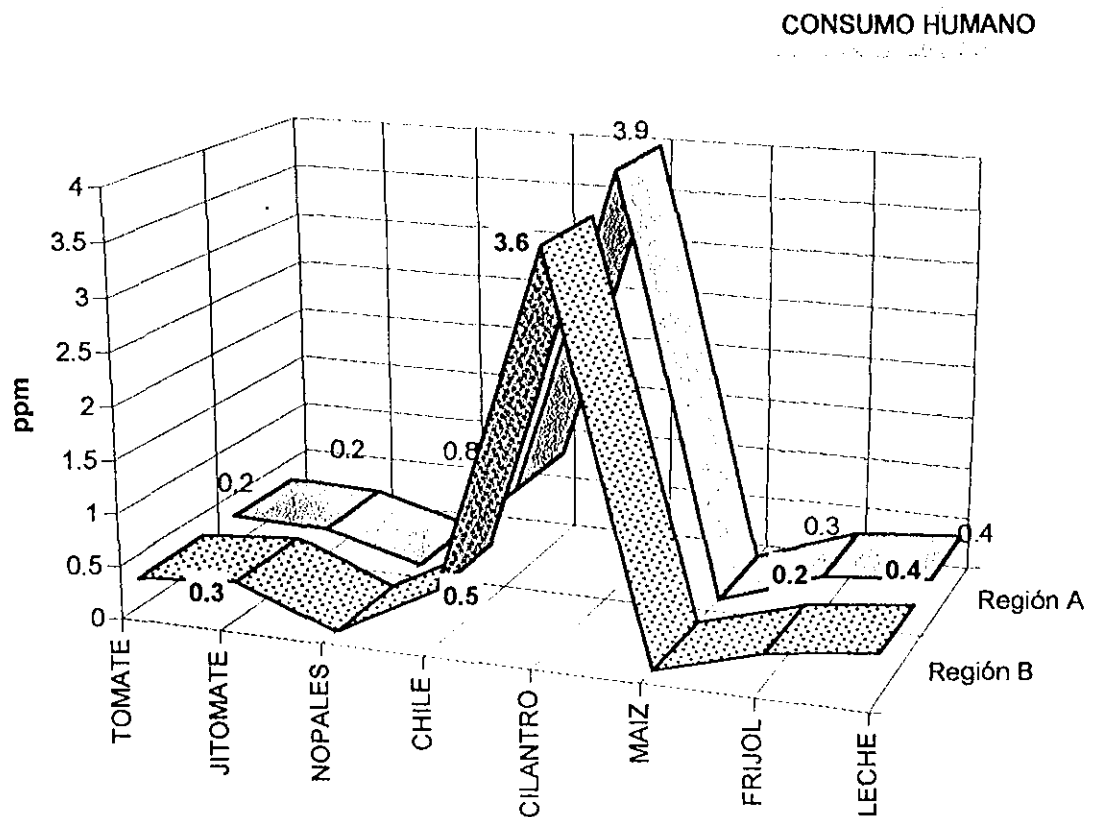
n = número de casos s = desviación estándar \bar{x} = promedio p = probabilidad



GRAFICA No. 2: CONTENIDO DE **CROMO** EN ALIMENTOS DE CONSUMO HUMANO (mg/kg)

ALIMENTO	(n)	Región B		Región A		p
		s	\bar{x}	\bar{x}	s	
Tomate	7;7	0.51	0.278	0.275	0.101	>0.05
Jitomate	5;7	0.65	0.362	0.251	0.76	<0.05
Nopales	7;7	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Maíz	7;7	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Frijol	7;7	0.69	0.289	0.338	149	>0.05
Chile	7;7	0.88	0.518	0.853	0.841	>0.05
Cilantro	7;6	4.141	3.694	3.995	2.272	>0.05
Leche	7;7	0.8	0.413	0.432	0.57	>0.05

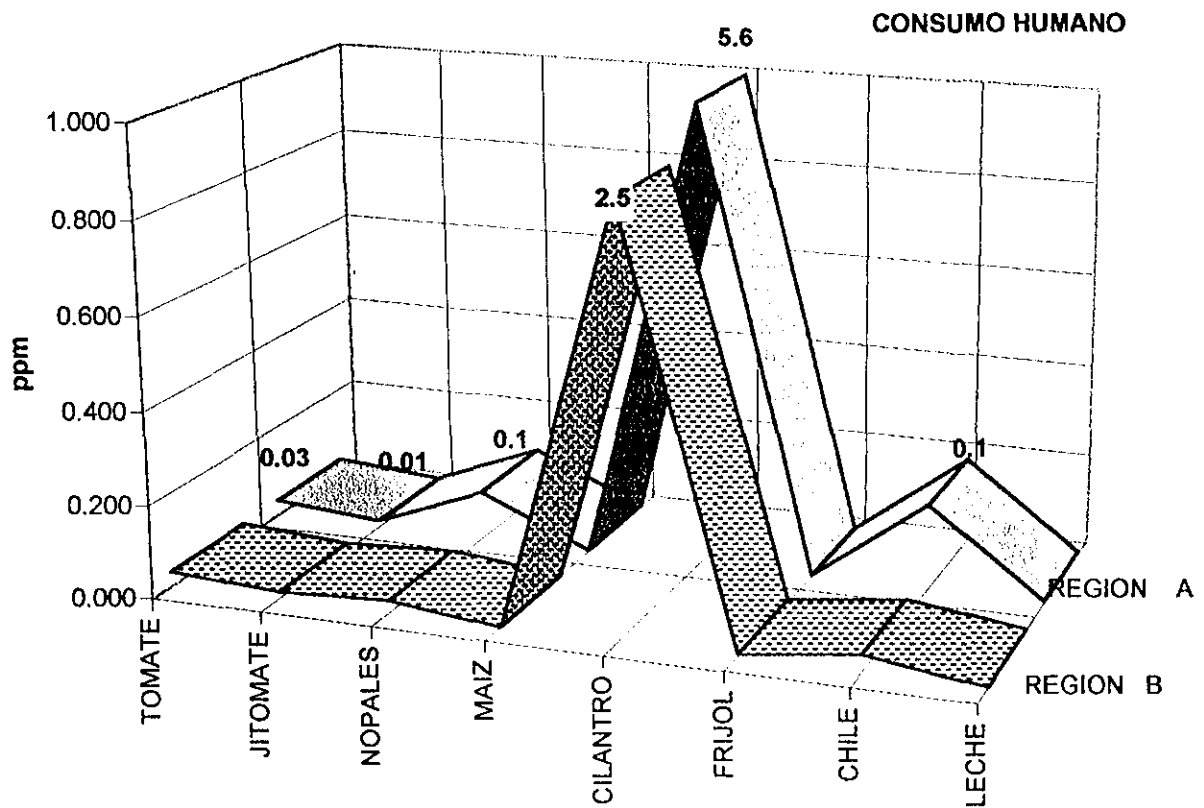
n=número de casos s=desviación estándar \bar{x} =promedio p=probabilidad



GRAFICA No.3: CONTENIDO DE *VANADIO* EN ALIMENTOS
CONSUMO HUMANO (mg/kg)

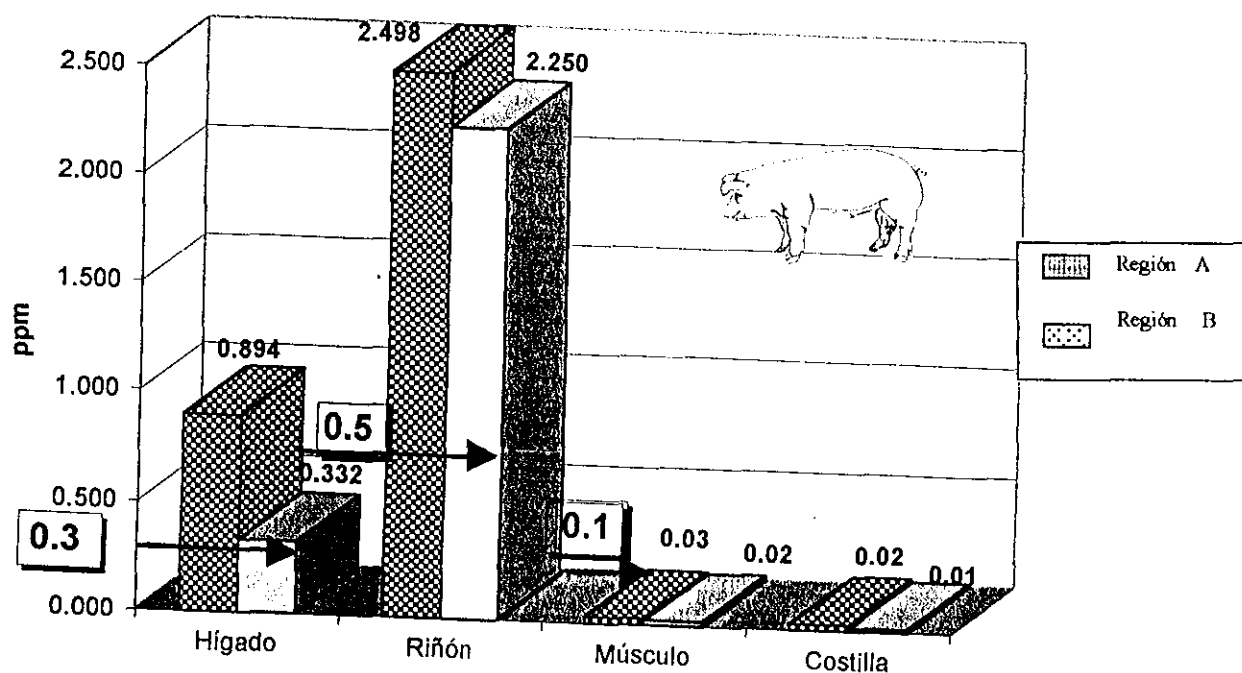
ALIMENTO	(n)	Región B		Región A		p
		s	\bar{x}	\bar{x}	s	
Tomate	7 ; 7	0.015	0.032	0.034	0.011	>0.05
Jitomate	5 ; 7	0.008	0.016	0.015	0.008	>0.05
Nopales	7 ; 7	0.069	0.028	0.107	0.090	>0.05
Maíz	7 ; 7	0.0008	0.00029	0.00343	0.0043	>0.05
Frijol	7 ; 7	0.007	0.006	0.004	0.005	>0.05
Chile	7 ; 7	0.031	0.038	0.188	0.334	>0.05
Cilantro	7 ; 7	2.18	2.57	5.68	3.01	<0.05
Leche	7 ; 7	0.005	0.003	0.007	0.002	>0.05

n= número de casos s=desviación estándar \bar{x} =promedio p=probabilidad



GRAFICA No. 4: CONTENIDO DE CADMIO EN DIFERENTES TEJIDOS DE CERDO (mg/kg)

TEJIDO	(n)	REGION				p
		Región B	\bar{x}	Región A	s	
Hígado	(6; 7)	1.023	0.894	0.332	0.300	>0.05
Riñón	(7; 7)	1.290	2.498	2.250	2.482	>0.05
Músculo	(6; 8)	0.018	0.030	0.022	0.026	>0.05
Costilla	(5; 6)	0.016	0.027	0.013	0.01	>0.05



Límite máximo permitido:			
	Hígado	Riñón	Músculo
—▶ ZEBs=	0.3	0.5	0.1
—▶ NOM=	2.0	2.0	0.5

GRAFICA No. 5: CONTENIDO DE CROMO EN DIFERENTES TEJIDOS DE CERDO (mg/kg)

TEJIDO	(n)	REGION B		REGION A		p
		s	\bar{x}	\bar{x}	s	
Hígado	(6, 7)	0.212	0.945	0.691	0.136	<0.05
Riñón	(6, 7)	0.147	0.699	0.685	0.112	>0.05
Músculo	(6, 7)	0.393	0.393	0.35	0.164	>0.05
Costilla	(6, 7)	3.512	3.512	4.473	1.367	>0.05

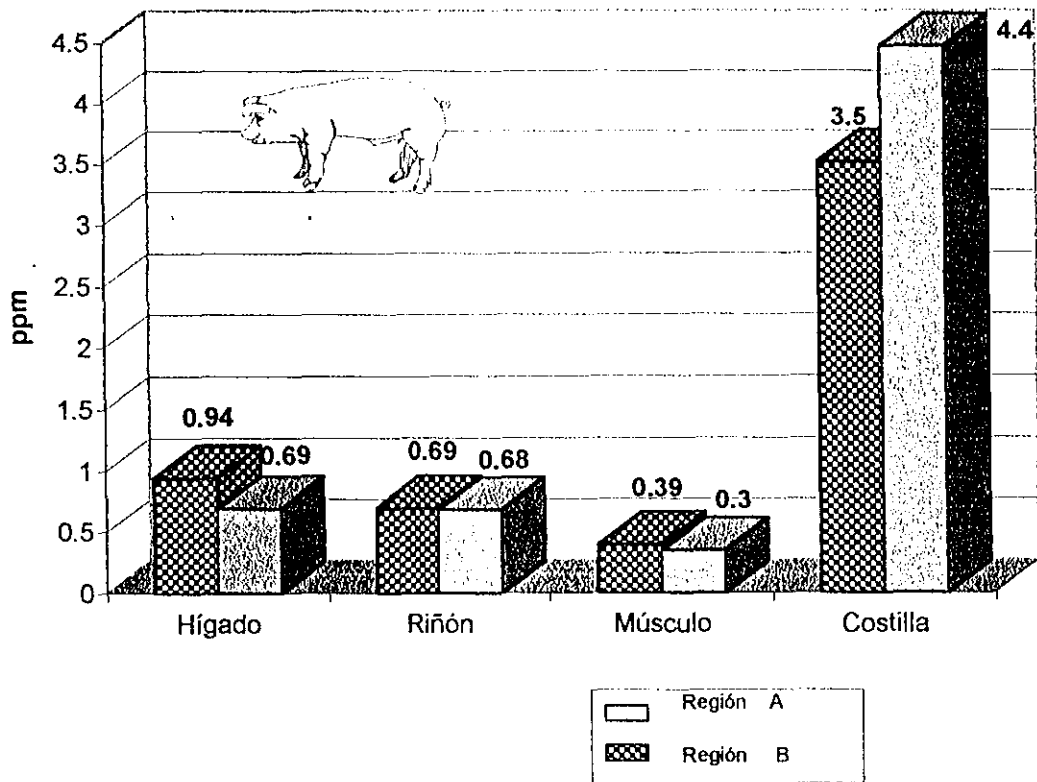
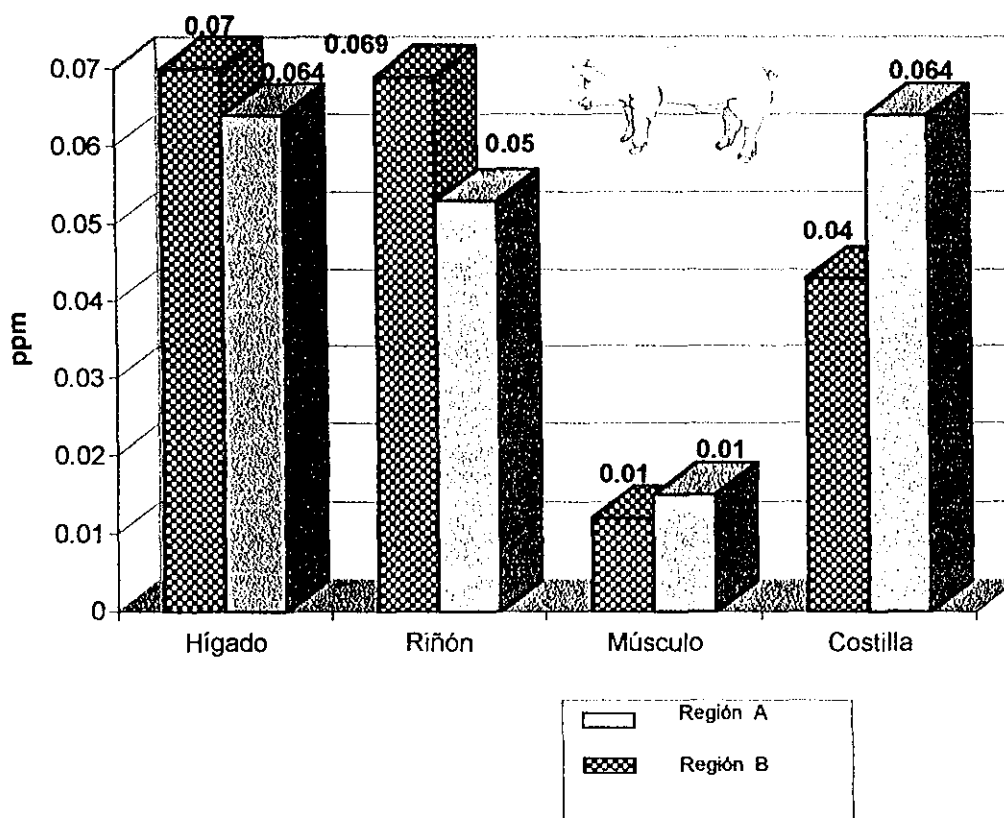


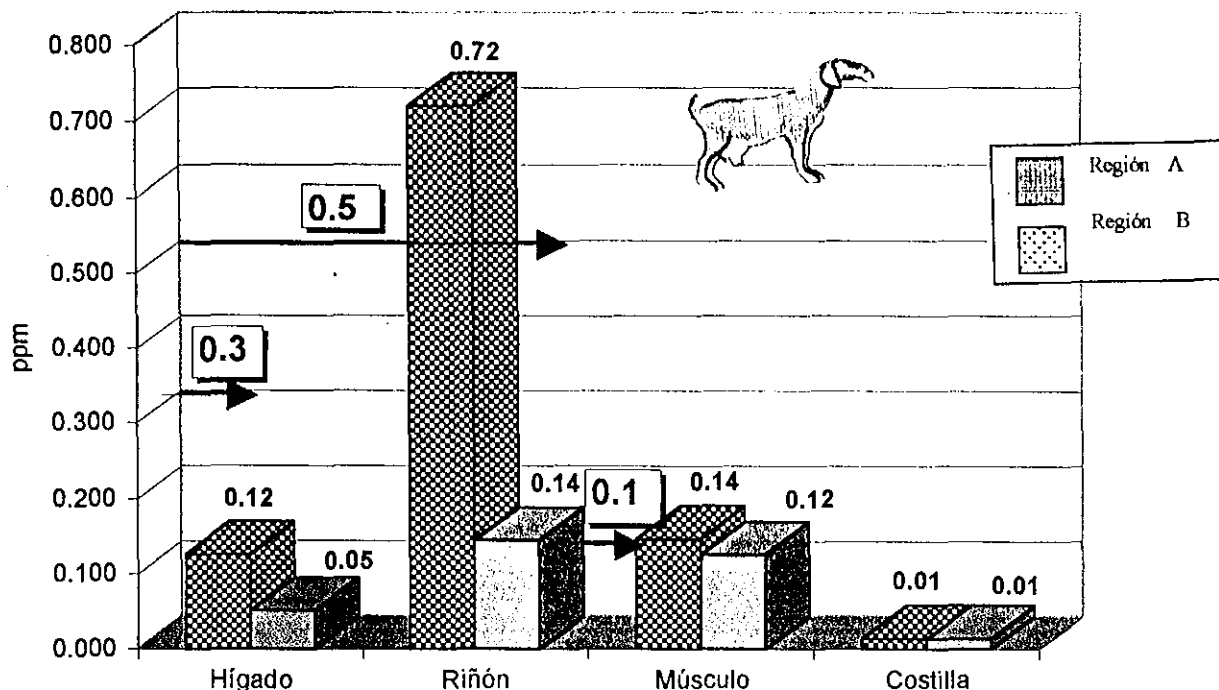
GRAFICO No.6: CONTENIDO DE VANADIO EN DIFERENTES TEJIDOS DE CERDO (mg/kg)

TEJIDO	(n)	REGION B		REGION A		p
		s	\bar{x}	\bar{x}	s	
Hígado	(6; 7)	0.028	0.07	0.064	0.085	>0.05
Riñón	(7; 7)	0.029	0.069	0.053	0.033	>0.05
Músculo	(6; 8)	0.005	0.012	0.015	0.011	>0.05
Costilla	(5; 6)	0.036	0.043	0.064	0.057	>0.05



GRAFICA No.7: CONTENIDO DE CADMIO EN DIFERENTES TEJIDOS DE CABRA (mg/kg)

TEJIDO	(n)	REGION				p
		Región B		Región A		
		s	\bar{x}	\bar{x}	s	
Hígado	(6; 8)	0.032	0.126	0.051	0.049	<0.01
Riñón	(7; 7)	0.666	0.72	0.145	0.144	<0.05
Músculo	(6; 8)	0.054	0.147	0.126	0.007	>0.05
Costilla	(6; 8)	0.016	0.014	0.014	0.012	>0.05

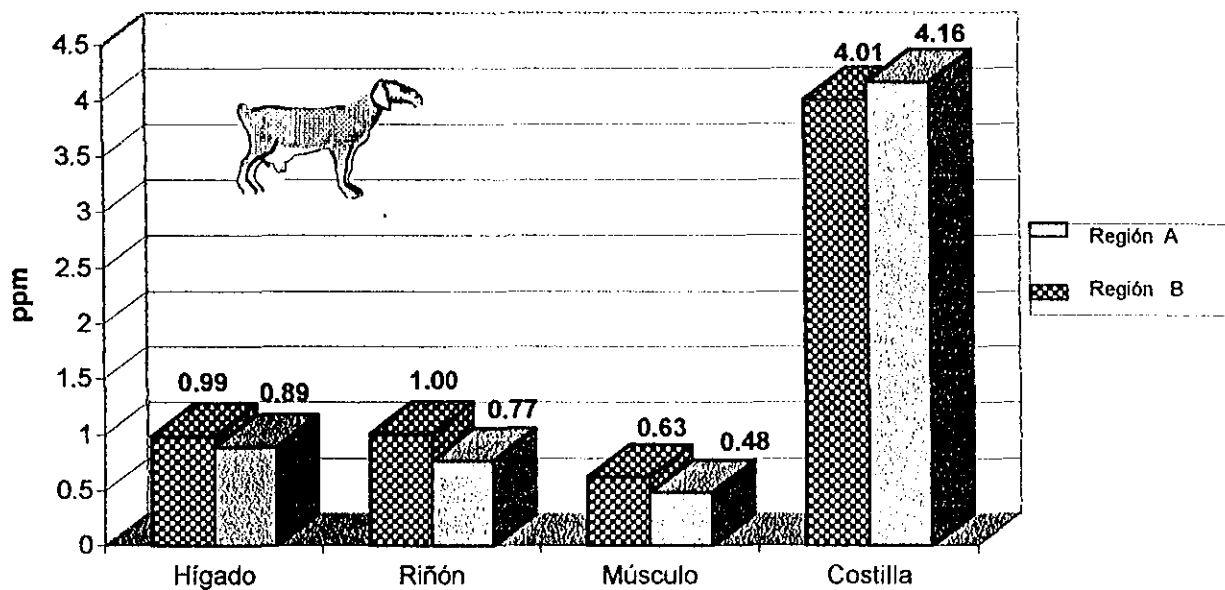


Límite máximo permitido:

	Hígado	Riñón	Músculo
→ ZEBs=	0.3	0.5	0.1
→ NOM=	2.0	2.0	0.5

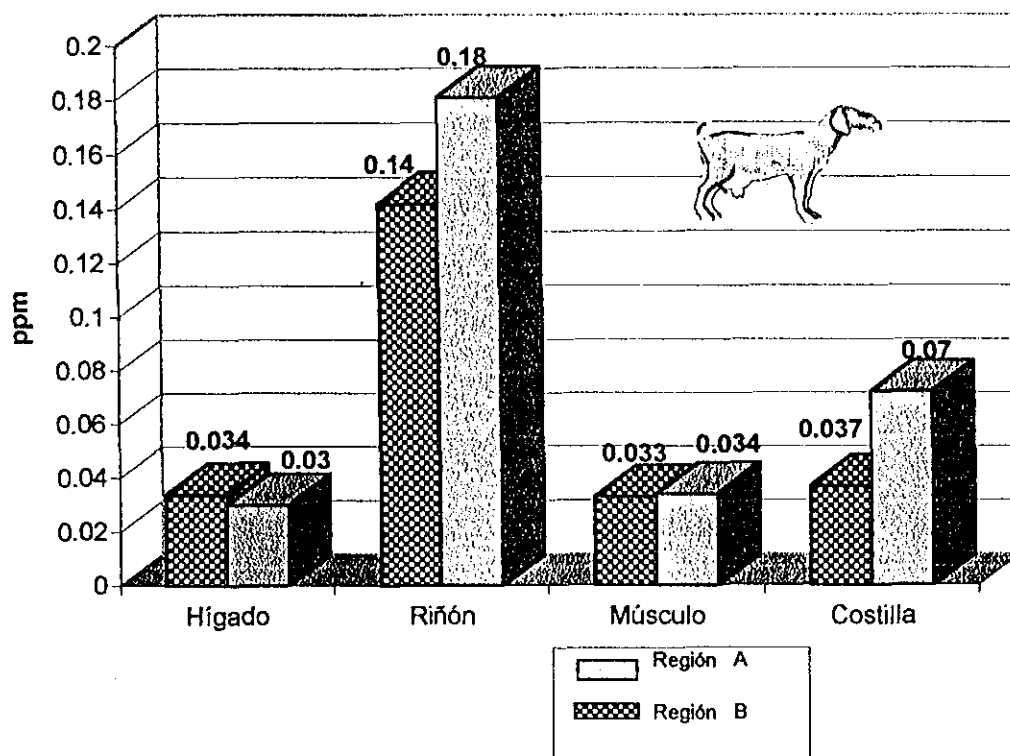
GRAFICA No. 8 CONTENIDO DE **CROMO** EN DIFERENTES TEJIDOS DE CABRA (mg/kg)

TEJIDO	(n)	REGION B		REGION A		p
		s	\bar{x}	\bar{x}	s	
Hígado	(6; 8)	0.471	0.991	0.891	0.367	>0.05
Riñón	(6; 7)	0.483	1.008	0.771	0.222	>0.05
Músculo	(6; 7)	0.273	0.631	0.485	0.391	>0.05
Costilla	(6; 8)	1.11	4.01	4.167	1.665	>0.05



GRAFICA No. 9: CONTENIDO DE VANADIO EN DIFERENTES TEJIDOS DE CABRA (mg/kg)

TEJIDO	(n)	REGION B		REGION A		p
		s	\bar{x}	\bar{x}	s	
Hígado	(6; 8)	0.016	0.034	0.03	0.012	>0.05
Riñón	(7; 7)	0.132	0.142	0.181	0.125	>0.05
Músculo	(6; 8)	0.019	0.033	0.034	0.019	>0.05
Costilla	(6; 8)	0.079	0.037	0.072	0.041	>0.05



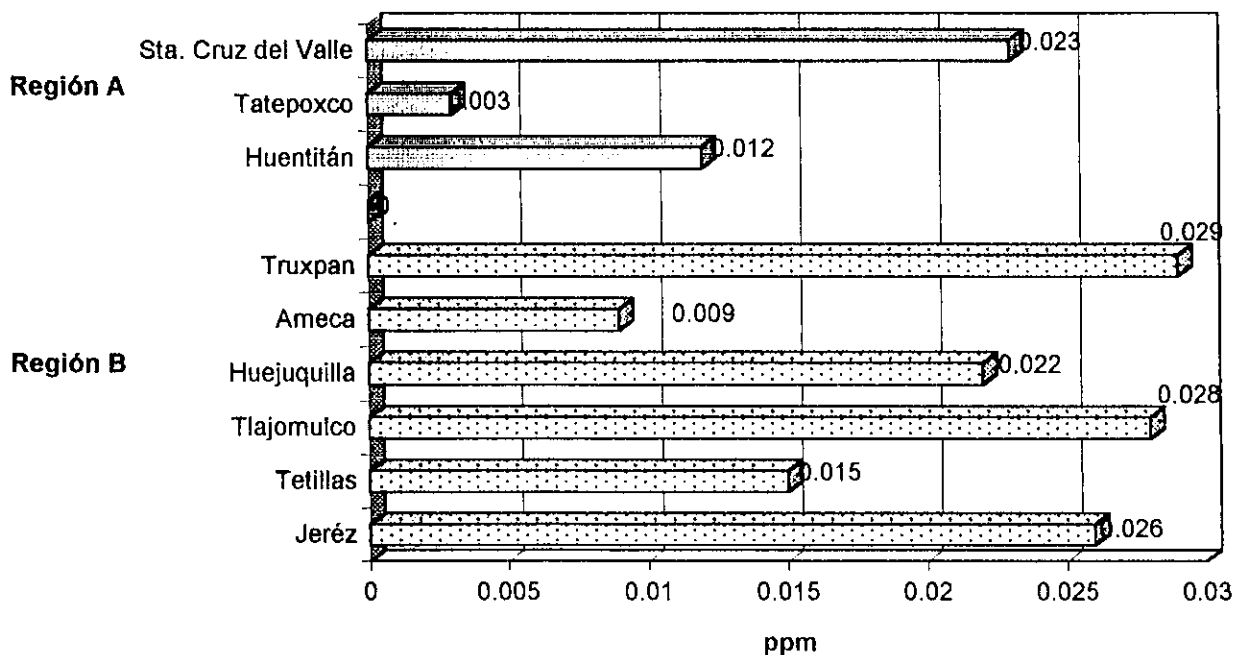
GRAFICA No. 10: CONTENIDO DE **PLOMO** EN HIGADO DE CABRA BIOINDICADOR

Región	n	\bar{x}	Rango de variación	CV %
Región B				
Ameca	2	0.009	0.007 - 0.012	-
Huejuquilla el A.	8	0.022	0.005 - 0.057	77
Jeréz	5	0.026	0.017 - 0.040	34
Tetillas	3	0.015	0.007 - 0.023	53
Tlajomulco de Z.	9	0.028	0.008 - 0.089	96
Tuxpan	1	0.029	-	-
Región A				
Huentitán el A.	7	0.012	0.004 - 0.023	50
Tatepoxco	4	0.003	0.002 - 0.007	66
Sta. Cruz del Valle	10	0.023	0.006 - 0.041	43

n = Número de muestras

 \bar{x} = Promedio (mg/kg)

CV = Coeficiente de variación



Límite máximo permitido:
 Norma Oficial Mexicana= 2.0 ppm
 Oficina Federal de Salud de
 Alemania = 0.5 ppm

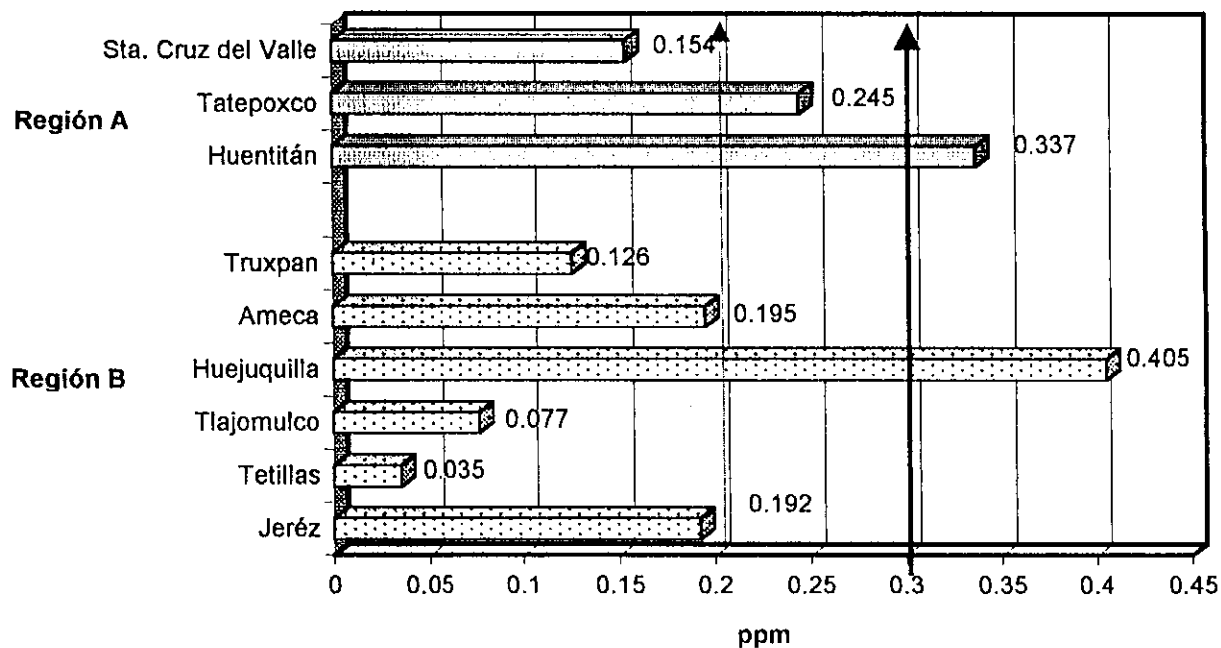
GRAFICA No. 11: CONTENIDO DE CADMIO EN HIGADO DE CABRA BIOINDICADOR

Región	n	\bar{x}	Rango de variación	CV %
Región B				
Ameca	2	0.195	0.181 - 0.209	-
Huejuquilla el A.	7	0.405	0.034 - 0.946	75
Jerez	5	0.192	0.046 - 0.735	15
Tetillas	2	0.035	0.029 - 0.042	-
Tlajomulco de Z.	8	0.077	0.020 - 0.121	45
Tuxpan	1	0.126	-	-
Región A				
Huentitán el A.	7	0.337	0.021 - 0.871	80
Tatepoxco	4	0.245	0.091 - 0.414	56
Sta. Cruz del Valle	7	0.154	0.044 - 0.271	47

n = Número de muestras

 \bar{x} = Promedio (mg/kg)

CV = Coeficiente de variación

**Límite máximo permitido:**

- > Norma Oficial Mexicana=2.0 ppm
- > Oficina Fed. de Salud Alemana =0.3 ppm

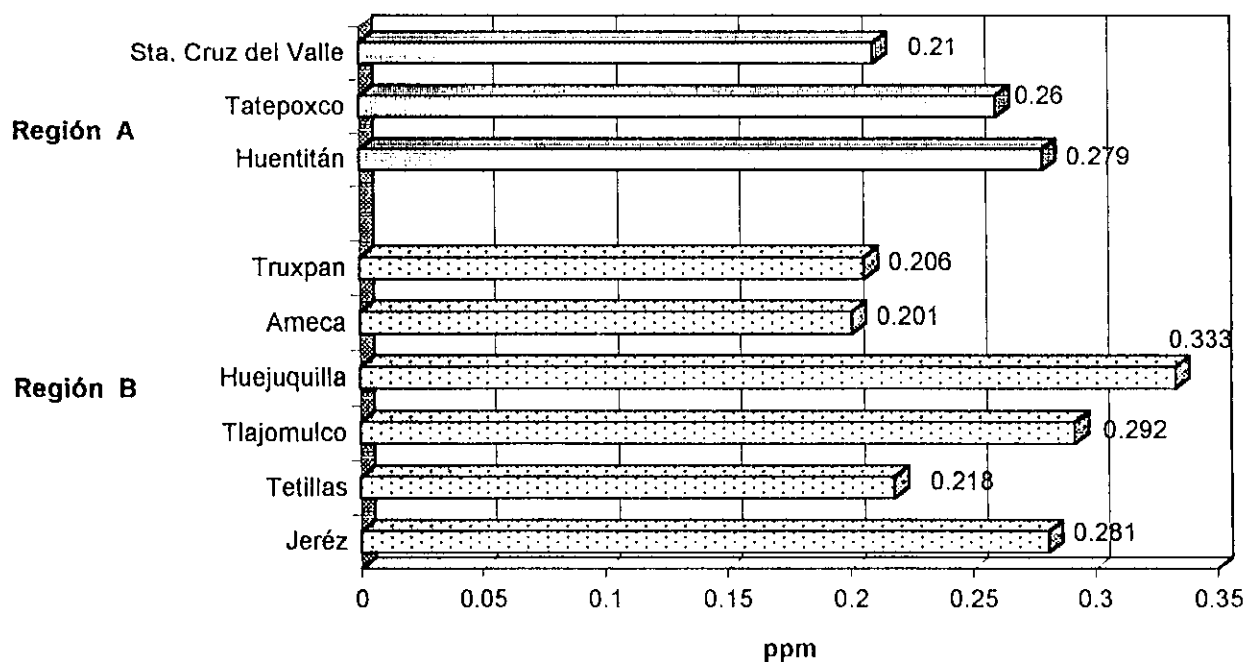
GRAFICA No. 12: CONTENIDO DE **CROMO** EN HIGADO DE CABRA BIOINDICADOR

Región	n	x	Rango de variación	CV %
Región B				
Ameca	1	0.201	-	-
Huejuquilla el A.	8	0.333	0.178 - 0.712	52
Jerez	5	0.281	0.239 - 0.367	20
Tetillas	3	0.218	0.164 - 0.268	23
Tlajomulco de Z.	9	0.292	0.184 - 0.463	36
Tuxpan	1	0.206	-	-
Región A				
Huentitán el A.	7	0.279	0.204 - 0.328	15
Tatepoxco	4	0.260	0.246 - 0.278	6
Sta. Cruz del Valle	10	0.210	0.158 - 0.338	26

n = Número de muestras

x = Promedio (mg/kg)

CV = Coeficiente de variación



GRAFICA No. 13: CONTENIDO DE VANADIO EN HIGADO DE CABRA BIOINDICADOR

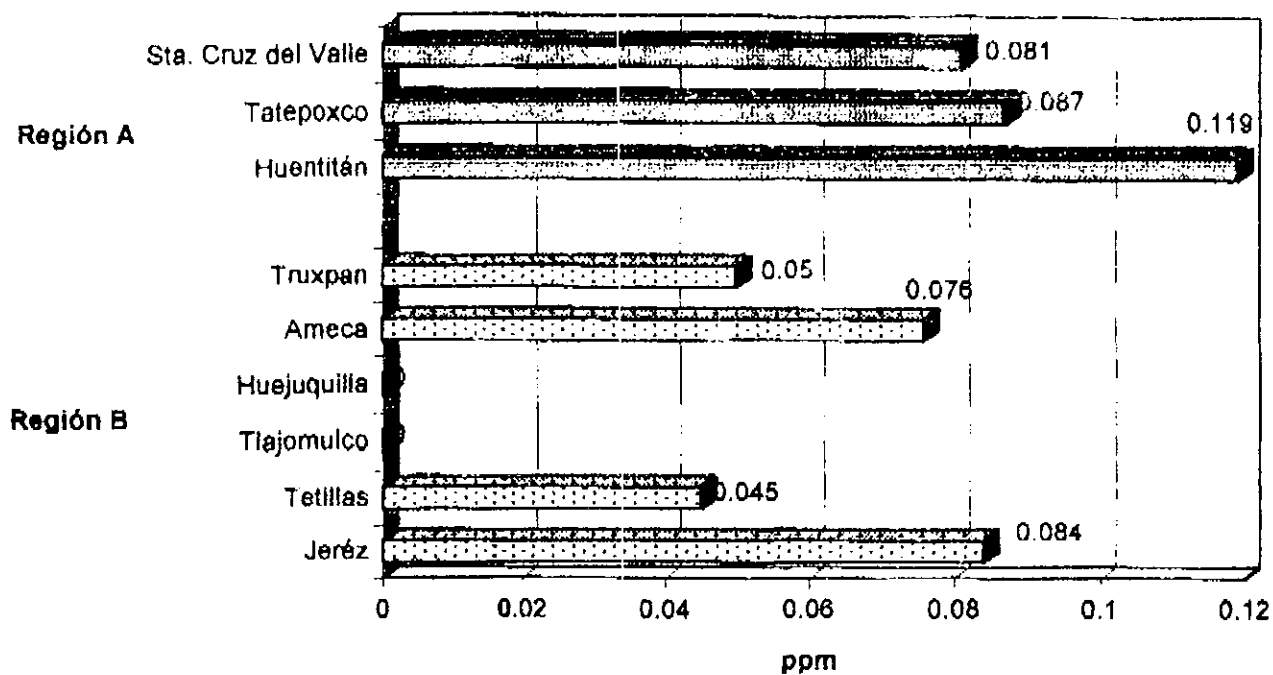
Región B	n	\bar{x}	Rango de variación	CV %
Ameca	2	0.076	0.055 - 0.096	-
Huejuquilla el A.	8	nd	-	-
Jerez	2	0.084	0.081 - 0.087	-
Tetillas	1	0.045	-	-
Tlajomulco de Z.	9	nd	-	-
Tuxpan	1	0.050	-	-
Región A				
Huentitán el A.	1	0.119	-	-
Tatepoxco	2	0.087	0.071 - 0.099	-
Sta. Cruz del Valle	1	0.081	-	-

n = Número de muestras

 \bar{x} = Promedio (mg/kg)

CV = Coeficiente de variación

nd= no se detectó



DISCUSION

Existe un marco legal que regula la presencia de residuos de metales pesados en los alimentos. Actualmente la Norma Oficial Mexicana publica datos sobre los límites máximos permitidos para tejidos de bovino, cerdo, equino, ave, caprino y ovino (NOM-004-ZOO-1994). En Alemania, la Oficina Central de Salud de Registro y Valoración de Químicos en el Ambiente publica datos para bovino y cerdo (Zentrale- Erfassungs- und Bewertungstelle für Umweltchemikalien am Bundesgesundheitsamt -ZEBS- Bundesgesundhbl.1996). En esta no se han especificado los límites de tolerancia en órganos de cabras y ovinos. En nuestro estudio para la estimación sobre la situación de la contaminación en los tejidos y alimentos investigados se consideraron los límites de tolerancia recomendados por la Norma Oficial Mexicana y por la ZEBS para los valores para bovino, cerdo y alimentos (Cuadro No. 9 y 10).

Ira Fase: Alimentos

Cadmio.

De los alimentos seleccionados para este trabajo los que rebasaron los límites tolerables para este elemento (0.1 mg/kg) especificado para vegetales con hojas y sin hojas por la ZEBS fueron las muestras de jitomate (0.25 y 0.11 mg/kg), chile (0.18 y 0.14 mg/kg) y cilantro (0.14 mg/kg). Nuestros resultados coinciden con los datos publicados por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Protección al Ambiente de la República Federal de Alemania (SenStadtUm. 96), que en el marco del programa de investigación sobre metales pesados, investigaron varios alimentos procedentes de áreas agrícolas y registraron concentraciones violatorias de cadmio en aproximadamente el 13% de las localidades y detectaron valores 2.5 veces más arriba del valor límite permitidos en el 4% de todas las regiones investigadas. El gran número de contaminaciones se presentaron en áreas agrícolas. En este estudio se encontraron sobre todo violaciones del valor límite permitido para cadmio. En ocho de 59 localidades muestreadas se detectaron valores violatorios en perejil. En el presente trabajo los resultados de cadmio en cilantro también fueron altos.

Valores mas bajos que los nuestros reportó el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentos

de Inglaterra (MAFF, No. 146, 1997) con concentraciones de 0.02 mg/kg en salsa de jitomate y 0.08 mg/kg en sopas de jitomate. Investigaciones realizadas en Hungría los valores más altos fueron registrados en diferentes vegetales con concentraciones de entre 5 y 30 mg/kg, encontrando que el 10% de las muestras de papa rebasó el límite máximo permitido (Nat. Environ. Health 1997).

Los valores más altos de cadmio en muestras de jitomate y cilantro investigadas en nuestro estudio podría explicarse como sigue. Las plantas incorporan el cadmio a través de la raíz. El factor determinante para que esto suceda es la concentración de cadmio en el suelo que será metabolizado por la planta. Un parámetro para medir el paso del cadmio presente en el suelo a la planta es el Factor de Transferencia (que es igual a la cantidad de cadmio en la planta mg/kg MS / cantidad de cadmio en el suelo mg/kg MS). Un Factor de Transferencia mayor a 1 caracteriza las plantas como acumuladoras de cadmio. Los alimentos que se caracterizan por su capacidad de acumular el cadmio son los diferentes tipos de col y lechuga, las espinacas. El perejil y el jitomate está entre los primeros 10 alimentos acumuladores de cadmio. El Factor de Transferencia de algunos alimentos para consumo humano se muestran en el cuadro No.10 (Müller, 1993).

Se ha comprobado que el plomo y el cadmio perduran en las capas superficiales del suelo por largos periodos de tiempo y que éstos son absorbidos por varias estaciones de cosecha. La Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (1997) considera que los alimentos representan más del 90% de la exposición humana al cadmio, excepto para la población vecina a industria con emisiones de cadmio (Iyioke, 1998). El cadmio ingresa a la planta a través de la raíz y alcanza niveles considerablemente altos en las frutas y semillas.

Alimentos que no son considerados por acumular cadmio, cuando son cultivados en suelos contaminados con cadmio, tendrán alto contenido de este elemento. La enorme cantidad que incorporan las verduras procedentes de suelos contaminados, sobre todo las que tienen muchas hojas, representa, desde el punto de vista de toxicología de alimentos, el mayor riesgo de exposición para la población en general.

Países como Estados Unidos de Norteamérica (EPA 1984), Canadá (Agric. 1991) y Alemania (Fed.Res.1980a,b, Klärchl., 1992) han tomado decisiones en torno a la regulación

y aplicación de fertilizantes reciclados en la agricultura debido a que estos contienen impurezas de metales pesados como plomo y cadmio y otros tóxicos que contaminan las plantas. Para los fertilizantes elaborados de biosólidos los niveles de estos metales pesados son estrictamente regulados por el gobierno federal. Se sabe que tales sustancias químicas tóxicas presentes en los fertilizantes son traspasados a las plantas.

La etiqueta del producto que informa sobre la composición del fertilizante no incluye esas sustancias tóxicas. Aproximadamente el 60% del contenido del fertilizante lo representan los ingredientes benéficos como sodio, potasio y fosfato. Sin embargo, el fabricante no señala qué contiene el otro 40%. Frecuentemente éste contiene metales pesados (Duff,1997a,b).

La Agencia para la Protección del Ambiente (EPA) señala que contienen nueve metales de riesgo potencial para la salud humana. Entre ellos plomo, cadmio y arsénico que han sido identificados como posibles causantes de problemas de salud. Por ello, especialistas del medio ambiente y fertilizantes han realizado estudios para evaluar los riesgos implicados por el uso de desechos reciclados. Se ha investigado mucho sobre la aplicación de biosólidos pero aún no hay suficientes estudios sobre el uso de otro tipo de fertilizantes (desechos reciclados, lodos residuales, etc.). (Lombardu, 1998, Willow, 1998).

En México el uso de este tipo de fertilizantes se presenta como una buena alternativa debido a su bajo costo. El estado de Jalisco es considerado el consumidor número uno en fertilizantes. Generalmente la aplicación de éstos se lleva a cabo sin determinar en éstos la presencia de metales pesados u otras sustancias tóxicas. Por lo tanto, es posible, que esto, aunado con la capacidad de acumulación de cadmio de la planta (Ej. jitomate, cilantro y probablemente chile), explique los valores altos de cadmio encontrados en los cultivos investigados en el presente trabajo.

Cromo.

La presencia de cromo en alimentos es muy variable. Se han registrado valores en un rango entre 0.02 y 0.6 mg/kg (Galvao, 1987b, MAFF 1994b). En nuestro estudio las concentraciones promedio detectadas en los diferentes alimentos estuvieron en un rango de entre 0.2 y 3.9 mg/kg. El valor más alto se registró en la muestras de cilantro (3.9 mg/kg). Lo cual concuerda

con estudios realizados sobre el contenido de cromo en plantas, que han encontrado que la lechuga, el perejil y las espinacas son especialmente acumuladoras de cromo. Nuestros resultados coinciden con las investigaciones publicadas por Anke y colaboradores (1997), quienes reportan en las muestras de perejil las concentraciones más altas, como en nuestro caso el cilantro.

El elemento cromo es esencial para el hombre y se recomienda una ingestión diaria para adultos de 0.05-0.2 mg (Committee on Dietary Allowances, 1980).

La exposición de la población en general se debe a la contaminación de los alimentos por diversos componentes del ambiente. La mayoría de las veces ésta contaminación tiene su origen en una actividad humana, que puede ser la extracción del cromo, la evacuación de desechos industriales de plantas que lo utilizan en su proceso de producción o la utilización de fertilizantes con residuos de cromo. Las industrias que presentan mayor riesgo por la presencia de cromo son las de: cemento, colorantes, curtidurías, galvanoplastia y fotografía.

En el suelo el cromo se puede encontrar en concentraciones de hasta 250 mg/kg, pero la contaminación por el uso de fertilizantes puede elevarlas, lo cual repercute en la concentración de este elemento en las plantas (Galvao 1987b).

Vanadio.

En nuestro estudio el valor mas alto encontrado fue en las muestras de cilantro con 5.6 mg/kg . Este es mayor que el reportado por Anke y colaboradores (1998d) en muestras de mejorana con 2.3 mg/kg, pero es similar al registrado en la región caracterizada como libre de emisiones con 2.5 mg/kg. El alto contenido de vanadio en el cilantro podría explicarse como sigue. Los métodos de cultivo y elaboración de alimentos representan un factor muy importante en la presencia de vanadio. El contenido de vanadio en las plantas esta determinado principalmente por las características geológicas y el pH del suelo. Las plantas acumulan el vanadio principalmente en las hojas, por tanto las plantas con muchas hojas contienen mayor cantidad de éste elemento. Las raíces, tallos, que es lo que generalmente se consume, contienen solamente la mitad o menos vanadio que las plantas con numerosas hojas (lechuga, espinacas, perejil). La semillas y frutas tienen niveles bajos (Anke, 1998a). Los condimentos de

muchas hojas, especialmente la mejorana, pueden contener cantidades altas de este mineral (Anke, 1998b,e). De aquí que probablemente por esto el cilantro registró la mayor cantidad de vanadio detectado en nuestra investigación.

Los alimentos elaborados a partir de cereales libres de aditivos, tienen por lo general, cantidades bajas de vanadio.

La carne contiene aproximadamente de 0.2 a 0.4 mg/kg de vanadio. Menor cantidad acumula la leche y el queso con valores entre 0.002 y 0.015 mg/kg. Esto coincidió también con nuestros resultados pues la leche fue uno de los alimentos que obtuvo la concentración más baja en vanadio (0.003 mg/kg).

2da. Fase : Tejidos de cabra y cerdo.

Cadmio.

En el presente trabajo se pudo constatar, como cita la literatura, que las acumulaciones de cadmio son mayores en los riñones, lo cual se observó tanto en cabras como en cerdos. En nuestro estudio las muestras de riñón de cerdo registraron las cantidades más altas en cadmio con 2.49 mg/kg, valor que rebasa el límite máximo permitido de cadmio en riñón de cerdo por la Norma Oficial Mexicana (2.0 mg/kg) y por la Oficina Federal de Salud en Alemania (ZEBS) que es 0.5 mg/kg. La concentración de las muestras de riñón de cabra (0.7 mg/kg) también rebasaron esta norma.

En el hígado el valor promedio fue 0.89 mg/kg y solo está por arriba de el límite máximo permitido por la ZEBS que es 0.3 ppm, pero no el de la Norma Oficial Mexicana de 2.0 mg/kg. Similares resultados reportó Holm (1984) cuyas muestras de riñón de cerdo rebasaron los límites permitidos con 1.62 y 3.07 mg/kg, siendo estos valores mayores que las correspondientes concentraciones detectadas en hígado con 0.2 a 0.62 mg/kg. Del mismo modo la Sociedad Alemana de Nutrición registró concentraciones altas de cadmio en riñón de cerdo (0.69 mg/kg). Este fue uno de los valores más altos entre varios alimentos de origen animal investigados tales como leche, queso, huevo y embutidos. Por su parte Hecht (1985) también detectó las concentraciones más altas de cadmio en riñón de cerdo con un rango entre

0.43 y 5.9 y en hígado estos valores fueron de 0.01 y 0.53 mg/kg.

Nuestros valores fueron mayores en los tejidos de cerdo que en los de las cabras, lo que también coincide con otros estudios que registraron con más frecuencia cantidades más altas en cerdos que en bovinos (Forschner-Wolf/79, Holm/79, Knöppler/79, Kreuzer/79 y Ostertag-Kreuzer/80). Es posible que los valores altos de cadmio encontrados en el grupo de cerdos investigados hayan sido causados por la alimentación adicional. Oelschläger et al. (1974) han reportado concentraciones más altas de cadmio en alimentos pecuarios que en pastos forrajeros.

Diversas investigaciones han reportado que no encontraron ninguna diferencia en los contenidos de cadmio en forrajes verdes de áreas de alto tráfico y los de áreas con ausencia de éste (Schmid et al 1975). Knöppler (1979) encontró cantidades más altas de cadmio en borregos y terneros procedentes de regiones agrícolas. La absorción de cadmio por las plantas de cultivo depende de la concentración de éste en el suelo (Iyioke, 1998, Imming 1998a). El empleo frecuente de fertilizantes de fosfatos que contienen residuos de cadmio en las superficies de cultivo agrícola conducen a una acumulación de cadmio en las plantas. En el presente trabajo podría suponerse que las concentraciones encontradas en los dos grupos de animales investigados no se debieron a las emisiones de la industria, las aglomeraciones urbanas o al cadmio liberado por el tráfico que pudieron haber contaminado las plantas que ingirieron los animales, sino que el cadmio llegó a las plantas por influencia de las reacciones del suelo (Rundschau, 1989). En el presente trabajo no se detectaron concentraciones altas por cadmio en cabras procedentes de regiones con emisiones industriales y de automóviles. El cadmio es sobre todo tomado del suelo por las raíces de las plantas. De esta manera cantidades importantes de esta sustancia ingresa a la cadena alimenticia. Los órganos primeramente afectados son los riñones e hígado, en donde el elemento se acumula y es hasta después de una década que puede ser eliminado.

En nuestro estudio la concentración de cadmio en el músculo fue baja y se pudo observar una situación similar en los resultados de otros investigadores (Schulz/Schroeder, 1991). Sólo en el caso de la cabra, el músculo registró valores promedio de 0.14 y 0.12 mg/kg. Estos valores no rebasaron el límite máximo permitido por la Norma Oficial Mexicana y sí el de la

ZEBS (0.1 mg/kg).

Diversos autores han informado que en la concentración de metales hay gran variación entre los valores individuales de los animales. Se considera que la causa de esta variabilidad radica en las diferencias individuales de los animales en cuanto a la absorción, distribución, actividad metabólica y retención (Petterson, 1991).

Cromo.

La importancia de este metal en los países de América Latina obedece a la existencia de grandes yacimientos y a su frecuente utilización en una gran diversidad de industrias en estos países, tales como en las de vidrio y cemento, entre otras. Los gases liberados al medio ambiente por la combustión de vehículos motorizados, puede elevar las concentraciones del cromo en el aire hasta niveles peligrosos para la salud.

Nuestros resultados en los animales estudiados mostraron que en general los niveles de cromo en el hígado, riñón y músculo están dentro del rango de las concentraciones normalmente encontradas en tejidos (0.1-1.0 mg/kg) y son similares a los reportados por Holm y colaboradores (1988) y Anke (1997) cuyos valores en hígado variaron entre 0.4 mg/kg y 0.8 mg/kg. Se trata de valores promedio de análisis por duplicado que tuvieron una buena repetibilidad. Jorherm et al. (1989) reportan valores menores que los nuestros en músculo, hígado y riñón con 0.01 mg/kg. Tras la ingestión oral de los compuestos de cromo, éste es absorbido rápidamente por el intestino. También la absorción de estos compuestos a través de piel de juegan un importante papel toxicológico. El hígado, riñón y glándulas endócrinas contienen concentraciones de cromo sólo temporalmente. La mayor parte del cromo se acumula en los huesos. La segregación del cromo reabsorbido se da lugar principalmente a través de los riñones (Hapke, 1977). Es probable, sin embargo, que los valores altos sean originados por contaminaciones ocurridas durante el muestreo o la homogeneización durante la preparación de las muestras.

En nuestro estudio las concentraciones mas altas se registraron en el hueso tanto en cabras (4.16 mg/kg) como en cerdos (4.4 mg /kg). El cromo de la sangre es removido rápidamente hacia los tejidos, lo que hace que las mediciones en sangre no sean útiles como indicadores de

exposición. El cromo absorbido pasa a la corriente sanguínea, en donde adquiere la forma trivalente y se distribuye por varios órganos, principalmente al sistema retículo endotelial, el hígado y los huesos (Galvao y Corey, 1987). La mayor parte del cromo incorporado se acumula en el esqueleto animal (Anke, 1999). De ahí que a esto se deba probablemente la alta concentración de cromo detectado en hueso en nuestro estudio.

En la literatura se puede encontrar que los datos para cromo en material biológico pueden estar sobrestimados. La alimentación de animales con dietas enriquecidas con cromo pueden conducir a incrementar los niveles en tejido muscular u otros órganos, dependiendo de la absorción renal en el animal. En pavos alimentados con dietas suplementadas con 200 mg/kg de cromo, no se encontraron niveles de este elemento en tejido muscular, pero los valores en riñón en hígado ascendieron de 0.01 mg/kg, en los animales con la dieta basal, a más de 0.5 y 0.3 mg/kg respectivamente (Ellen, 1989).

Vanadio

Este metal como sus compuestos pentóxido, sulfato y vanadato pueden entrar en contacto con los animales de abasto a través de las emisiones industriales.

Existe una amplia utilización del vanadio en la industria del acero, de pinturas y fotografía y pueden encontrarse compuestos de vanadio en el alimento para animales, cuando éstos contienen preparados de fosfato de calcio (Hapke, 1988). En la presente investigación el vanadio fue detectado en pocas entidades y las concentraciones promedio en ambas especies oscilaron entre 0.01 y 0.18 mg/kg.

Las cabras mostraron valores mayores y registraron niveles altos en el riñón de 0.14 y 0.18 mg/kg. En cerdos en el hígado y el riñón se obtuvieron valores similares. 0.07 y 0.06 mg/kg en hígado y 0.06 y 0.5 mg/kg en riñón. Todos los demás valores estuvieron dentro de las concentraciones normalmente detectadas de vanadio en tejidos (0.01 a 0.1 mg/kg). Nuestros resultados de vanadio coincidieron con los publicados por Anke y colaboradores (1998e) que mostraron, primero, que el hígado y riñón acumularon más vanadio que otros tejidos con 0.12 y 0.10 mg/kg respectivamente y segundo, que los animales herbívoros acumulan mayor cantidad de vanadio. Nuestros resultados coinciden también con los publicados por

investigaciones realizadas por Holm y Wester (1988b), Holm, (1988a) e Illing (1997).

3ra. Fase: hígado de cabra

Plomo.

El plomo no es un elemento esencial para el ser vivo, por tanto su presencia en el organismo esta determinado por las condiciones del ambiente. El plomo es difundido a través del aire y es así como condicionado principalmente por la presencia de intenso tráfico automotriz y la industria. Las partículas de plomo suspendidas en el aire, contaminan los suelos y plantas de las áreas aledañas, quedando el elemento de esta manera incluido en la cadena alimenticia. En primer lugar son afectados los lugares inmediatos a las carreteras y empresas emisoras de plomo. Las crías de animales mantenidos en esa región son afectados sobre todo por la ingestión de esos pastos contaminados que por la respiración del elemento contenido en el aire. Así, el grado de acumulación de plomo en el hígado y riñón de los animales, dependerá de la distancia de las emisiones de plomo al lugar de pastoreo (Nriagu,1989; 1975; Horak, 1976).

Como muestran los resultados del presente trabajo, no se encontraron niveles de contaminación por plomo en los hígados de las cabras procedentes de las diferentes localidades. El valor promedio de plomo 0.02 mg/kg encontrado en los hígados de los animales investigados, esta por abajo del límite de tolerancia establecido por la Norma Oficial Mexicana (2.0mg/kg) y por la ZEBS (0.5 mg/kg). Numerosas investigaciones sobre la contaminación del ambiente con metales pesados en tejidos indican que las diferencias de las acumulaciones de cadmio en los animales esta determinada principalmente por las condiciones de contaminación de la región y la edad (Anke et al., 1991, 1980; Hecht, 1985; Müller,1985). En el caso de plomo no ha podido ser ampliamente comprobada la dependencia del grado de acumulación de éste en el organismo en relación con la edad (Tataruch, 1984; Hecht, 1984a,b). Por otra parte los niveles de contaminación en el organismo son también influidos, junto con los factores endógenos y exógenos, por la variación de las estaciones del año (Pfeiffer et al. 1987).

En el presente estudio no se observaron diferencias regionales en el contenido de plomo en el hígado del total de cabras bioindicador investigadas cuyos valores promedio oscilaron entre 0.003 y 0.029 mg/kg. En general estas concentraciones fueron menores en comparación a los valores reportados en el corzo silvestre que fueron de entre 0.05 y 0.43 mg/kg (Holm 1987a ,Knöppler et al. 1979, Holm/ Elsarnagawy, 1980, Hecht, 1983, Schulz Schroeder, 1991). En bovinos se han detectado también valores mayores a los nuestros con 0.36 y 1.46 mg/kg (Holm, 1976, Kreuzer 1979a).

El comportamiento del plomo y del cadmio en el organismo es diferente. Por lo general los niveles de plomo en hígado son más altos que en riñón y en el caso de cadmio sucede lo contrario. Hay casos aislados en los que el contenido de plomo es mayor en riñón que en hígado. Esto se debe sobre todo a intoxicaciones agudas, debido a que el plomo se elimina en grandes cantidades por riñón. Este caso se puede observar también debido a la influencia del estrés (causado por ejemplo al destete) en los animales anteriormente expuestos, en los que el plomo almacenado en huesos se moviliza y llega a torrente sanguíneo (Hecht 1983).

Los valores elevados de plomo pueden ser explicados con los diferentes grados de exposición del animal al metal nocivo. Debido al intenso tráfico y las fuertes emisiones industriales, las cabras del área metropolitana de Guadalajara (Huentitán el Alto., Tatepoxco, Sta. Cruz del Valle.) deberían consumir más plomo que las cabras procedentes de regiones libres de emisines.

En este caso cabe considerar el papel que podrían jugar las influencias condicionadas por la alimentación de las cabras de esta región y el efecto de las estaciones del año sobre los pastos, especialmente en la época de secas e invierno, temporada que la fue llevada a cabo la toma de muestras. Este hecho pudo haber influido en la composición y calidad de la vegetación de la zona y por tanto en los niveles de plomo en el organismo del animal (Hecht, 1984a,b).

Cadmio.

Las acumulaciones de cadmio registradas en el hígado de las cabras mostraron importantes diferencias regionales. Huentitán el Alto y Tlapoxco registraron concentraciones de entre 0.33 y 0.24 mg/kg y estas son similares a los valores encontrados en ovinos y bovinos por Schulz Schroeder (1991) y por Forschner et al. (1979) con 0.36 y 0.22mg/kg respectivamente. Pero en la localidad de Huejuquilla el Alto, Jal. la concentración de cadmio fue mayor a las indicadas por Schulz Schroeder, (1991) en ovinos y por Forschner et al. (1979) y Hecht, (1983) en bovinos en diferentes zonas de la República Federal de Alemania.

Nuestros resultados estuvieron por arriba de los valores reportados por Holm, 1987a en el corzo (0.18 mg/kg), por Hecht, 1983 (0.12 mg/kg) en bovinos. Huentitán el Alto, Jal., del área metropolitana de Guadalajara, presentó un valor por arriba del permisible. Estos valores ratifican que la contaminación por cadmio es principalmente un indicador de la presencia de la industria moderna (Schulz-Schroeder, 1991, Lawerys 1991), cosa que caracteriza a la zona metropolitana de Guadalajara. Las concentraciones más altas de cadmio en hígado se registraron en Huejuquilla el Alto (0.40 mg/kg) y en Huentitán el Alto (0.33 mg/kg) no excedieron los límites de tolerancia especificados por la Norma Oficial Mexicana que es 2.0 mg/kg pero sí los de la ZEBS de 0.3 mg/kg.

La alta concentración detectada en Huejuquilla el Alto, localizada en la región agrícola podría explicarse como sigue. Por lo contrario a plomo, cadmio produce una muy baja contaminación de las plantas por medio de las emisiones del tráfico pero es capaz de llegar a las plantas en concentraciones altas a través del suelo (Förstner, 1983), es decir el cadmio, dependiendo de las reacciones del suelo, es absorbido en grandes cantidades por las plantas de cultivo donde fueron utilizados fertilizantes conteniendo impurezas de cadmio o que están cercanos a lugares donde se realiza quema de basura (Elmadfa, 1988, Galvao/Corey 1987a). Así, en estos lugares son posibles las deducciones sobre una contaminación terrestre de plantas y animales sin los factores de influencia adicionales de una sociedad industrial.

Cromo.

Tras la ingestión oral de los compuestos de cromo, este es absorbido rápidamente por el intestino. También la absorción percutánea de estos compuestos juegan un importante papel toxicológico. El hígado, el riñón y las glándulas endócrinas contienen temporalmente concentraciones de cromo. Los huesos acumulan la mayor cantidad de cromo incorporado en

animales.

La segregación del cromo reabsorbido se da lugar principalmente a través de los riñones. Se considera que la concentración normal de cromo en los tejidos es de 0.1 a 1.0 mg/kg (Hapke, 1988). Los valores promedio encontrados en nuestros resultados estuvieron de este rango.

La concentración promedio de cromo más alta fue registrada en Huejuquilla el Alto, Jal. (0.33 mg/kg) y es similar a los valores publicados por Holm et al. 1988a en donde los animales reportados con concentraciones elevadas con este elemento alcanzaron valores entre 0.4 y 0.6 mg/kg. En otras investigaciones las acumulaciones de cromo reportadas de 0.01 mg/kg (Jorhem et al.1989).fueron menores que las de nuestro estudio. Cantidades mayores a las nuestras detectaron en el Estado de México donde se realizó una investigación sobre la contaminación por cromo utilizando como bioindicadores aves acuáticas y encontraron niveles de 1.0 a 5.0 mg/kg (Montes de Oca 1998). En el Distrito Federal se utilizaron palomas y detectaron cantidades de 1.7 mg/kg (Delgado, et al 1994). Estos valores demuestran que los animales de un ambiente urbano contaminado pueden acumular temporalmente concentraciones elevadas de este metal.

Vanadio.

Los valores promedio de vanadio encontrados en las muestras de hígado de nuestro grupo investigado oscilaron entre 0.04 mg/kg y 0.11 mg/kg. La concentración mayor que fue detectada fue similar a los valores reportados por Holm, 1988a en ovinos y el corzo con 0.05 y 0.1 mg/kg. Los valores de vanadio encontrados en el hígado de cabra estuvieron dentro del rango de la concentración considerada como normal de este elemento que es 0.01 a 0.1 mg/kg (Hapke 1988)

En general el vanadio se detectó en pocas entidades y los valores coincidieron con los publicados por Holm y Wester (1988b) y Holm (1988a) Illing (1997).

CONCLUSIONES

1. En las muestras de riñón de cerdo y jitomate se detectaron las concentraciones más altas de cadmio, rebasando las muestras de riñón de cerdo el límite de tolerancia establecido por la Norma Oficial Mexicana.
2. En las muestras de cilantro se detectaron los valores más altos de cromo y vanadio y en las de costilla, el cromo.
3. Las concentraciones de plomo en el hígado de las cabras bioindicador no excedieron el límite de tolerancia establecido por la Norma Oficial Mexicana.
4. La cabra puede ser utilizada como indicador biológico para la detección de contaminación por metales pesados.
5. En general podría estimarse que de acuerdo los niveles de metales pesados encontrados en nuestro estudio la exposición por metales pesados del consumidor no es grave, sin embargo, debido a las concentraciones de cadmio detectadas, este elemento debería ser investigado regularmente, principalmente en las regiones donde son de esperar altas contaminaciones.

BIBLIOGRAFIA

- ADRIANO, D. C. (1991): Environmental contamination by trace elements -nature and solutions to the problem :a global perspective. In: Pais, I. (De), Cycling of nutritive elements in geo- and biosphere, Univ. of Horticulture and Food Industry Budapest, 79-112
- AGTHE, O., DICKE, H. (1980):Über den Blei- und Cadmiumgehalt in Rindernieren in Abhängigkeit von zwei verschiedenen Standorten sowie von Lebensalter. *Archiv. für Lebensmittelhyg.* **31**, 153-188
- ALBERT, L. (1988) *Curso Básico de Toxicología ambiental*. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Ed. Limusa México, D.F.
- ALTMANN, H. (1978):Toxicologische Bedeutung der Metallothioneine. *Bundesgesundhbl.* **21**, 317-324
- ANKE, M., MÜLLER, R., TRÜPSCHUCH, A., SEIFERT, M. (1999): The intake of chromium and nickel in central Europe – Risk or normality?. *Industrial Toxicology '99. International Simposium*. República de Eslovaquia.
- ANKE, M., DORN, W., ILLING-GÜNTHER, H., HOLZINGER, S., JARITZ, M. (1998a) Vanadiumverzehr, Vanadiumausscheidung und Vanadiumbilanz Erwachsener in Abhängigkeit von Geschlecht, Zeit, Alter, Gewicht, Jahreszeit, Lebensraum und Leistung. *Mengen- und Spurenelemente* **18** 1028-1039
- ANKE, M., GLEI, M., JARITZ, M., MÜLLER, M., SCHÄFER, U. (1998 b):Der Einfluss der geologischen Herkunft des Pflanzenstandorts, anthropogener Vanadiumemissionen, des Pflanzenalters, der Pflanzengattung und Pflanzenteiles auf den Vanadiumgehalt der Flora. *Mengen und Spurenelemente* **18** 985-995
- ANKE, M., ILLING-GÜNTHER, H., DORN, W., MÜLLER, M. (1998c):Der Vanadiumgehalt tierischer Lebensmittel und verschiedener Getränke” *Mengen- und Spurenelemente* **18** 1018-1027
- ANKE, M., ILLING-GÜNTHER, H., RÖHRING, B. (1998d): Der Vanadiumgehalt pflanzlicher Lebensmittel *Mengen- und Spurenelemente* **18** 996-1006
- ANKE, M., KNORRE, D., SCHÄLLER, G., BÄHRMANN, R. (1998e): “Der Vanadiumgehalt der Fauna und des Menschen in Abhängigkeit von Art, Körperteil und Lebensraum” *Mengen- und Spurenelemente* **18** 1007-1017
- ANKE, M., ILLING-GÜNTHER, S., HOLZINGER, S., GLEI, M. (1997):Der Chromtransfer in der Nahrungskette. 2. Mitteilung: Der Chromgehalt pflanzlicher Lebensmittel. *Mengen und Spurenelemente*, 894-911

- ANKE, M., GROPPPEL, B., GRÜN, M. (1991) : Relations between the cadmium content of soil, plants, animals and humans. En : Trace Elements in Man and Animals 7. Editorial Momeilovie Univ. of Zagreb 26
- ANKE, M., GRÜN, M.,PARTSCHEFELD, M., GROPPPEL, B. (1980):Die Mangan-, Zink-, Kupfer- und Cadmiumversorgung bzw. belastung des Rotwildes, Damwildes, Rehwildes und Muffelwildes.Beiträge zu Jagd- und Wildforschung, XI, 47.
- ANKE, M., GRÜN, M., BRIEDERMANN, L., MISSBACH, K., HENNIG, A., KRONEMANN, H.(1979):Die Mengen- und Spurenelementversorgung der Wildwiederkäuer.Ach. Tierernährung **29**, 829-844
- ANKE, M., HENNIG, A., GRÜN, M., GTOPE, B. (1977) : Cadmium and its influence on plants, animals and man with regard to geological an industrial conditions. In : Hemphill, D.D. (De.), Trace Substances in Environmental Health-XI. Univ. of Missouri, Columbia, 105-111
- ANONIMO (1972):Verzeichnis der Wirkstoffe der zugelassenen Pflanzenschutzmittel. Biol. Bundesamt. Braunschweig. Merkbl. Nr. 20 (3. Aufl).
- ANONIMO (1995):Intoxicación por plomo: de la detección a la prevención primaria. Salud Pública de México **37**, (3) 264-275
- ARNDT, N. y SCHWEIZER (1987):Bioindikatoren. Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse. Verlag Ulmer, Stuttgart.
- ARNOLD, G. (1960):The effect of the quantity and quality of pastur available to sheep on their grazing behaviour.Aust. J. agric. Res., **11**, 1034-1043
- BRISEÑO, J. (1991):Contaminación en Guadalajara. 1a. y 2a. parte. Instituto de Astronomía y Metereología. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal.
- BRISEÑO, J., PEDROSA, R., ESCOTO, S. (1991):Datos de climatología de Guadalajara. Instituo de Astronomía y Metereologia. Universidad de Guadalajara.
- BUNTERKÖTTER (1974):Blei, ubiquitärer Schadstoff. Dtsch. Tierärztl. Wschr. **81**, 341
- BUNDESGESUNDHEITSAMTES (1996): Richtwerte für Schadstoffe in Lebensmitteln **5**, 193 - 194
- CHAO, S., SUZUKI, Y., ZYSK, J., CHEUNG,W. (1984):Activation of Calmodulin by various Metal Cations as a Function of Ionic Radius. Mol. Pharmacol., **26**, 75-82
- CLARKE, E., CLARKE, M. (1975):Veterinary Toxicology. Baillieres Tindall, London.

COMMITTEE ON DIETARY ALLOWANCES (1980): Food and Nutrition Board. Recommended dietary allowances National Academy of Sciences, Washington D.C.

CRÖßMANN, G. (1981): Ein Beitrag zur Aufnahme und Rückstandsbildung von Cadmium bei Mastschweinen. Arch. für Lebensmittelhyg. **32**, 57

DELGADO, R., FORTOUL, T., ROSILES, R. (1994): Concentraciones de plomo, cadmio y cromo y su relación con algunas modificaciones morfológicas en tejidos de palomas *Columba livia* de la ciudad de México e Ixtlahuaca, Estado de México. Vét. Mex., **25** (2) 109-115

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG e. V. (1976): Ernährungsbericht, 1976, Frankfurt/Main

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG (1985): Material zum Ernährungsbericht. Frankfurt 111-113

DEVENDRA, C. (1981): Potential of sheep and goats in less developed countries. J. Anim. Sci., **51**, 541-463.

DIAZ, B. (1991): Principios de la toxicidad del Cadmio. Ciencia y desarrollo **98**, 61-68

DIAZ, B., CARRIZALEZ, F., YAÑEZ, L., DOMINGUEZ, M., PALMAR, E. y SABORIO, S. (1989): Interaction of Cd with Actin Microfilaments in vitro. Toxic. in vitro. **3**, 277-284.

DIEZ, T., KRAUSS, M. (1992): Schwermetallgehalte und Schwermetallanreicherung in landwirtschaftlich genutzten Böden Bayerns. Landw. Jahrbuch **69**, 343-355

DRESCHER-KADEN, U. (1976): Nationale und internationale Forschungsaktivitäten und Ergebnisse auf dem Gebiet der Nutzung freilebender Tierarten als Bioindikatoren für Belastung der Umwelt - insbesondere des Menschen - durch Umweltschadstoffe. Bundesministerium für Jugend, Familie und Gesundheit.

DRESCHER-KADEN, U. (1979): Advantage and problems of using wildliving animals as indicators for environmental pollution. en: Lüpke, N.P. (1979): Monitoring environmental materials and specimen banking. Martinus Nijhoff Publishers, The Hague, Boston, London.

DUFF, W. (1997): Here what's known, and not known, about toxics, plants and soil. Seattle Times Co. Copyright © 1997.

DUFF, W. (1997): How hazardous wastes become fertilizer. Seattle Times Co. Part 1 and 2. Copyright © 1997.

- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1984): Total Cadmium. Report to Congress and the Conservation Foundation, State of the Environment. Págs.1-2
<http://www-prca.nos.noaa.gov/projects/gomaine/cd.html>
- EIBL-EIBESFELD, I. (1974): Grundriß der vergleichenden Verhaltensforschung. Ethologie. Verlag Piper, München, Zürich
- ELLEN, G., J. van LOON, TOLSMA, K. (1989): Copper, chromium, manganese, nickel and zinc in kidneys of cattle, pigs, sheep and in shicken livers in The Netherlands. Z. Lebensm. Unters. Forsch. **199**, 534-537
- ELLENBERG, H. (1980): Über Bioindikatoren und Bioindikation. Nationalpark, Grafenau, **29**, 10-11
- ELDMADFA, I. (1988) : Cadmium. AID-Verbraucherdienst **33** :12 248-253
- FAßBENDER, C. (1973): Versuche zur Enzymdiagnostik der subklinischen Bleivergiftung bei Schafen. Diss. Tierärztl. Hochschule, Hannover.
- FATHI, M., LORENZ, H. (1980): Bindungsformen von Quecksilber, Cadmium und Blei in Biotopen, Verhalten in der Nahrungskette und Vorkommen in Nahrungsmitteln. Metabolismus in Pflanze, Tier und Mensch. Eine. Literaturstudie. Verlag Reimer, Berlin.
- FEDERAL RESEARCH CENTRE FOR AGRICULTURE (1980a) : Cadmium contamination of mineral fertilizers. Jahrsbericht des Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig. Pág. 60
- FEDERAL RESEARCH CENTRE FOR AGRICULTURE (1980b) : Der Cadmiumgehalt von Weizen und Roggen. Jahrsbericht des Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig. Pág. 14
- FORSCHNER, E., WOLF, W. (1979): Fremdstoffuntersuchung an gezielten Proben-Monitoring im Rahmen des Verbraucherschutzes. Fleischwirtsch. **57**, 6, 872-878.
- FORSCHNER, E., WOLF, W. (1981): Umweltkontaminantesn in Fleisch und Fleischerzeugnissen. Ein auf die Urproduktion abgestellter Überwachungsansatz als Maß für das Verbraucherrisiko und die Umweltsituation. Arch. Lebensmittelhy. **32**, 4, 97-140
- FÖRSTNER, U. (1983): Bindungsformen von Schwermetallen in Sedimenten und Schlämmen : Sorption/Mobilisierung, chemische Extraktion und Bioferfügbarkeit. Fresenius Z. Anal. Chem. **316**, 604-611
- FRENCH, M.H. (1970): Observaciones sobre las cabras. Estudios agropecuarios, No. 180, FAO, Roma.

FRIBERG, L. (1979):Cadmium.Handbook on the toxicologie of metals. Edited by Friberg, L., Nordberg, G. and Vouk, V.B., Elsevier/North-Holland.Biomedical Press, Amsterdam-New York-Oxford

GALVAO, L., COREY, G. (1989) : Plomo. Serie de vigilancia No. 5. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. Metepec, México

GALVAO, L., COREY, G. (1987a): Cadmio. Serie de vigilancia No. 5. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. Metepec, México

GALVAO, L., COREY, G. (1987b): Cromo. Serie de vigilancia No. 5. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. Metepec, México

GARNER, (1968):Garners Veterinärmedizinisches Toxicologie.VEB Gustav-Fischer Verlag, Jena.

GRÖSSMANN y EGELS (1975):Untersuchungen über Schwermetallgehalte in Einzelfüttermitteln. 1. Mitteilung Blei.Dtsch. Tierärztl. Wschr.**82**, 273

GRÜN, M., MACHELETT, B., PODLESACK, W. (1989) : Ökotoxikologische Bedeutung der Schwermetalle. In : 30 Jahre Mikronährstoff- und Spurenelementforschung in Jena. Univ. Leipzig, 110-123

HAMM, R., HECHT, H. (1983):Untersuchung der Kontamination des Fleisches von freiweidenden Schafen und von Wild aus originär "metallhaltigen" und "metallfreien" Gebieten an toxischen Elementen: Abschlußbericht Teil I, DFG Forschungsvorhaben Ha 517/20 y 517/24

HAPKE, H. (1995) :Chemische Gifte in der Nahrung.Ernährungs-Umschau **42**, 12-17

HAPKE, H. (1988):Toxicologie für Veterinärmediziner. 2. neu bearb. Aufl. Enke-Verlag, Stuttgart

HAPKE, H. (1976):Immissionswirkungen auf Tiere. Forum Umwelt Hygiene **2**, 187-190

HAPKE, H. (1977):Immissionswirkungen bei Tieren. Umschau **77**, 517

HECHT, H. (1979):Zum Carry over von toxischen Elementen in das Fleisch von Nutztieren.Fleischwirtsch. **59**, 1621-1629

HECHT, H. (1983):Toxische Schwermetalle in Fleisch und Innerein verschiedener Tierarten.Fleischwirtsch. **63**, 4, 544-558

- HECHT, H.: (1984a):Endogene und exogene Einflüsse auf die Gehalte an Blei und Cadmium in Muskel- und Organoproben von Rehwild. Einfluß von Alter und Versuchsort; 1. Teil.Fleischwirtsch. **64**, 7, 838-845
- HECHT, H. :(1984b):Endogene und exogene Einflüsse auf die Gehalte an Blei und Cadmium in Muskel- und Organoproben von Rehwild. Einfluß von Alter und Versuchsort; 2. Teil.Fleischwirtsch. **64**, 8, 967-969
- HECHT, H. (1984c):"Carry-over-Vorgänge" bei der Erzeugung vom Tier stammender Lebensmittel.Fleischwirtsch. **64**, 10, 1204-1209
- HECHT, H. (1985):Einfluß des Tialters auf die Schwermetallgehalte in Lebern un Nieren von Zuchtsauen. Untersuchungsmaterial und Ergebnisse; 1. Teil. Der Bundesamtblat für Fleischforschung **89**, 6532-6541
- HECHT, H. (1987):Rückstände in Fleisch und ihre Problematik. Fleischwirtsch. **67**, 797-805
- HECHT, H.(1988):Residues in meat and associated problems. Fleischwirtsch. **68**. 7, 873-877
- HOLM, J. (1976):Untersuchungen auf den Gehalt an Blei und Cadmium in Fleisch- und Organoproben bei Schlachtieren. Fleischwirtsch. **56**, 3, 413-416
- HOLM, J. (1978):Vereinfachte Aufschlußmethode und Meßtechnik zur Bestimmung von Blei, Cadmium und Arsen in tierischen Geweben mittels Atomabsorptionsspektrometrie. Fleischwirtsch. **58**, 864-867
- HOLM, J. (1979):Blei-, Cadmium- und Arsengehalte in Fleisch und Organoproben von Wild aus unterschiedlich schadmetallbelasteten Regionen.Fleischwirtsch. **59**, 9, 1345-1349
- HOLM, J. (1980):Grundbelastung von Lebensmitteln tierischer Herkunft mit Schadmetallen.Fleischwirtsch. **60**, 12, 2227-2229
- HOLM, J. (1981b):Beurteilung der Blei- und Cadmiumverteilung in der Rinderleber unter dem Gesichtspunkt einer geeigneten Probenentnahme.Fleischwirtsch. **61**, 7, 1-3
- HOLM, J.(1981a):Möglichkeiten zur Früherkennung von Schadmetallbelastungen am Lebenden Tier.Fleischwirtsch. **61**, 5, 801-803
- HOLM, J. (1983):Aufbau einer ursachenorientierten Monitoring Systems für Scadstoffbelastungen beim Wild. 1. Problemstellung un Aubau des Monitorin-Systems. Fleischwirtsch. **63**, 1764-1766

- HOLM, J. (1984): Aufbau eines ursachorientierten Monitoring- Systems für Schadstoffbelastungen beim Wild; 2. Belastungen vom Wild mit Schwermetallen aus unterschiedlich strukturierten Herkunftsregionen. *Fleischwirtsch.* **64**, 5, 1-7
- HOLM, J. (1984a) :Contaminación de alimentos de origen animal por metales nocivos. *Fleischwirtsch. español* **1**, 41-43
- HOLM, J. (1985): Überwachungsmodelle für Umweltkontaminanten in Form von Monitoringsystemen. *Fleischwirtsch.* **65**, 11, 1-3
- HOLM, J.(1986): Zukünftige Bedeutung eines Indikators für Monitorinaufgabe im Rahmen der Umweltprobenbank. *Fleischwirtsch.* **66**, 4, 592-593
- HOLM, J., BREHMET, MÜLLER, WESTER (1987b): Bioindikatoren von Schadstoffen am Beispiel von Rehwild und Stockenten. *Fleischwirtsch.* **67**, 1145-1149
- HOLM, J., ELSARNAWY, D. (1980): Blei-, Cadmium- und Arsengehalte in Organoprobe von Schafen aus einer ariden Klimazone am Beispiel Algerien. *Fleischwirtsch.* **60**, 1387-1388
- HOLM, J., MÜLLER, S. (1987a): Multielementanalyse mit Hilfe der ICP in Lebensmitteln tierischer Herkunft. *Fleischwirtsch.* **67**, 466-468
- HOLM, J., WOLFSTELLER, B., ZSIVANOVITS, H. (1988a): Vergleichende Untersuchungen von Elementgehalten in tierischen Lebensmitteln. *Fleischwirtsch.* **68**, 1472-1475
- HOLM, J., WESTER, D. (1988b): Problems in choosing the organs of roe deer (*Capreolus capreolus*) as reference material. *Fresenius Z Anal Chem.*, **322**, 561-564
- HOLM, J., WESTER, D., WOLFSTELLER, B. (1990): Wild als Indikator für den Umweltprobenbank. Abschlußbericht vom Forschungsvorhaben Nr. 10808035, Staat. Veterinäruntersuchungsamt Braunschweig.
- HORAK, O. (1976): Bestimmung von Blei und Cadmium in Getreide und Grassproben aus verschiedenen Entfernungen von Autostraßen mit Hilfe der flammenlosen Atomabsorptionsspektrometrie. *Ladnwirtsch. Forsch.* **29**, 289
- ILGE, D. (1983): Untersuchungen über den Einfluß chronischer oraler Cadmiumzufuhr auf den Organismus der Ratte bei unterschiedlicher Protein- und Energieversorgung. Diss., Justus-Liebig- Universität, Gießen

ILLING H., M. ANKE, MÜLLER, M., TRÜPSCHUCH, A., ANKE, S. (1997) :Biological importance, analysis and supply of vanadium. In :Trace elements in man and animals. NRC Research Press, Ottawa, Canada. Pág. 179-180

ILLING-GÜNTHER, H., ANKE, M., MÜLLER, M. "Biological importance, analysis and supply of vanadium.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA (INEGI), (1989):Jalisco. Cuaderno de información para la planeación. 1a. edición, México, 3-17

IMMING, J. (1998): Camium Toxic chemicals in your environment. Enviroment Centre. Sidney, Australia- <http://nccnsw.org.au/member/tec/projects/tcye/tox/Cadmium.html>

IMMING, J. (1998): Cadmium: industrial sources and dietary exposure" Toxic chemicals in your environment. Enviroment Centre. Sidney, Australia.
[ttp://nccnsw.org.au/member/tec/projects/tcye/tox/Cadmium.html](http://nccnsw.org.au/member/tec/projects/tcye/tox/Cadmium.html)

IYIOKE, I. (1998): Cadmium. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry. Division of Toxikology. Atlanta, GA. USA <http://iet.msu.edu/journal/cadmium.htm> Págs. 1-2.

JOHRHEM, L., SUNDSTRÖM, B., ÄSTRAND, C., HAEGGLUND, G. (1989):
The levels of zinc, copper, manganese, selenium, chromium, nickel, cobalt and aluminium in the meat, liver and kidney of swedish pigs and cattle. Z. Lebensm. Unters. Forsch., **188**, 39-44

JOHRHEM, L., SLORACH, S., MATTSSON, P. (1984): Vå Föda 36, Suppl. 3

KALLISCHNIGG, G., LEGEMANN, P. (1992): Studie zum Aufbau eines Monitoring-Systems. Umweltchemikalien in Lebensmitteln, ZEBS-Berichte 1. Dietrich Reimer Verlag, Berlin

KAMPE, W. (1980) :Die pflanzenbauliche Bedeutung von Schwermetallen.
AID Verbraucherdienst **25** (12) 267-272

KLÄRSCHLAMMVERORDNUNG (AbfklärV) 1992 : Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1992, Teil I 912-934

KLEIMINGER, J. (1983): Untersuchungen über die Eignung von feilebenden w3ildarten als bioindikatoren zur erfassung von flächenhaften Schwermetallkontaminationen in Niedersachsen. Diss. Tierärztliche Hochschule Hannover.

KLEIMINGER, J., HOLM, J. (1985): Aufbau eines ursachenorientierten Monitoring-Systems für Schadstoffbelastungen beim Wild; 4. Wahl eines geeigneten Bioindikators für die Anzeige von Schadstoffen. Fleischwirtsch. **65**, 3, 1-6

- KLOKE, A. (1971): Cadmium in Boden und Pflanze. Ein Beitrag zum Thema "Umweltschutz" Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. **23**, 164-167
- KLOKE, A. (1973): Schwermetalle in Nahrungs- und Futterpflanzen. Deutsche Lebensmittel-Rundschau. **69**, 1, 45-49
- KLOKE, A., SAUERBEEK, D., VETTER, H. (1984): The contamination of plants and soils with heavy metals and the transport of metals in terrestrial food chains. In: Nriagu, J.O. (De.), Changing Metal Cycles and human Health, Dahlem Konferenzen. Berlin 113-142
- KNÖPPLER, H., GRAUNKE, H., MÜCKE, W., SCHULZE, H., GEDEK, W. (1979): Blei-, Cadmium- und Quecksilbergehalte in Fleisch und Organproben von Lämmern und Schafen. Fleischwirtsch. **59**, 2, 241-247
- KORTE (1980): Ökologische Chemie. Verlag Thieme, Stuttgart-New York
- KREIS, I., WIJGA, A. (1992): Assessment of the lifetime accumulated cadmium intake from food. Sci. Total Environm. **127**, 281-292
- KREUZER, W. (1979a): Zum Bleigehalt in Fleisch und Fleisch-Erzeugnissen. in: Daten und Dokumente zum Umweltschutz. Dokumentationstelle der Universität Hohenheim. Sonderreihe Umwelttagung **23**, 61
- KREUZER, W., BUNZEL, K., DIETL, K., KRACKE, W. (1986): Untersuchungen über die Auswirkungen der Emission eines mittelgroßen Kohlekraftwerkes auf die Blei- und Cadmiumgehalte in Boden, Futterpflanzen und Schlachtrindern seiner Umgebung. Arch. Lebensmittelhyg. **37**, 35-45
- KREUZER, W., BUNZEL, K., KRACKE, W. (1979b): Untersuchungen über den Blei- und Cadmiumgehalt in Fleisch und Organproben von Schlachtrindern. Fleischwirtsch. **59**, 1529-1542
- KREUZER, W., GABRICH, W., LÜCHER, E., KOBERSTEIN, S., ROSOPULO, A. (1990): Untersuchungen über Blei und Cadmiumgehalte in Muskulatur, Leber und Nieren von Schlachtkälbern. Fleischwirtsch. **70**: 834-843
- KREUZER, W., KRACKE, W. (1978a): Untersuchungen zum Übergang von Blei auf Fleisch und Organe von Rindern unter natürlichen Haltungs- und Fütterungsverhältnissen. AID-Sonderheit "Simposium über den Carry-over von Schadstoffen in der Landwirtschaftlichen und tierischen Produktion". 19/ 20.6.1978
- KREUZER, W., KRACKE, W., SANSONI, B., WIBMATH, P. (1978b): Untersuchungen über den Blei- und Cadmiumgehalt in Fleisch und Organen von Schlachtrindern. 1. Rindern aus einem wenig umweltbelasteten Gebiet. Fleischwirtsch. **58**, 1022

- KREUZER, W., LOGDESER, E. (1980):Arsengehalte in Nieren, Lebern und Muskulatur von Schafen und ihre Abhängigkeit von bestimmten endogenen und exogenen Faktoren.Fleischwirtsch. **60**, 12, 2217-2224
- KREUZER, W., LÜCKER, E., GABRIEL, W., ZERZAWAY, H., ROSOPULO, A. (1991): Untersuchungen zur gegenwärtigen Cadmium- und Bleibelastung in Lebern und Nieren von Schlachtrindern.Fleischwirtsch. **71**, 5, 600-604
- KREUZER, W., ROSOPULO, A. (1981):Zur gegenwärtigen Rückstandssituation bei Cadmium, Blei, Quecksilber und Arsen bei Schlachtrindern. Arch. Lebensmittelhyg. **32**, 173-220
- KREUZER, W., SANSONI, B., KRACKE, W., WISSMATH, P. (1977b):Blei in Fleisch und Organen von Schlachtrindern.Fleischwirtsch. **57**, 422-452
- KREUZER, W., WISSMATH, W., HOLLWICH, W. (1977a):Cadmiumgehalte in Fleisch, Leber und Nieren von Schlachtschweinen.Fleischwirtsch. **57**, 267
- LAUWERYS, R., BERNARD, A. (1991): Does environmental exposure to cadmium represent a health risk ?. Acta Clinica Belgica **46**, 219-222
- LOMBARDU, J. (1998): "Fertilizer, metals and food safety". CFA Press Release, (916) 441- 1584 . <http://www.calfertilizer.org/foodsafe.htm>
- LOPEZ, C. (1991):Datos climatológicos de Jalisco. 2a. Parte.Instituto de Astronomía y Meteorología. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco.
- LÜPKE, N. (1979):Monitoring and Environmental Materials and Specimen Banking Proceedings of the International Workshop Berlin, 23-28 Oktober. Martinus Nijhoff Publishers, The Hague, Boston, London
- MALECHEK, J., PROVENZA, F. (1983):Feeding behaviour and nutrition of goats in rangeland.Wld. Anim. Rev. **47**, 38-48
- MATA, L., SÁNCHEZ, L. CALVO, M.(1996a): "Cadmio en leche otros alimentos" Tecnología y Bioquímica de los Alimentos. Págs. 1-7 <http://milksci.unizar.es/metal/cadmium.HTm1>
- MATA, L., SÁNCHEZ, L. CALVO, M (1996b): "Plomo en leche y otros alimentos" Tecnología y Bioquímica de los Alimentos. Págs. 1-7 <http://milksci.unizar.es/metal/LEAD.HTm1>
- MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD (1998a) :Metals and other elements in cows' milk and vegetables produced near industrial sites.Joint Food Safety and

Standards Group. Food surveillance. Information sheet No. 150.
<http://www.maff.gov.uk/food/infosheet/1998/No.150/150milk.htm>

MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD (1998b): Concentrations of metals and other elements in selected snack and convenience foods. Food surveillance information sheet No. 146 England.

MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD (1997): Survey of lead and cadmium in foods. Food surveillance information sheet No. 113 England.

MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD (1994a): A survey of cadmium, arsenic, mercury and lead concentrations in individual foods. Joint Food Safety and Standards Group. Food surveillance. Information sheet No. 33
<http://www.maff.gov.uk/food/infosheet/1994/no33/33cad..htm#fsis33>

MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD (1994b): Multi-element survey of various food types. Food surveillance information sheet No. 32 England.
 (1994): Multi-element survey of various food types. Food surveillance information sheet No. 32 England.

MOLLENHAUER, H.P.(1978): Internationale Bemühungen zur Verbesserung der Kontrolle von Umweltchemikalien in Lebensmitteln.
 Teil 2: Umweltkriterien für die Beurteilung der Wirkung von Stoffen auf Biota.
 Fleischwirtsch. 10, 1697-1701

MONTES DE OCA, R., VELAZQUEZ, V., ROSILES, R., LOPEZ, R.(1997): Niveles de varios metales en hígado de aves acuáticas migratorias capturadas en la Laguna del Valle de Lerma, Estado de México. Veterin.unam.mx/fmvzunam/v3ra11.htm

MÜCKE, W. (1978): Cadmium in der Umwelt- ein Gesundheitsrisiko. Chemische Rundschau, 31, 1

MÜLLER, P. (1978): Ökosystemforschung im Hinblick auf Umweltpolitik und Entwicklungsplanung. Anhang Teil 3: Urbane Ökosysteme, Bericht Nr. 7810104005 des Bundesministerium des Inneren, Bonn.

MÜLLER, P. (1980): Ökosystemare Standardisierung ökologischer Informationen für die Bewertung von Städten. en: Schubert, R. y J. Schuh: Bioindikation. Teil 4. Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg. Wissenschaftliche Beiträge 27, 95-106

MÜLLER, P. (1985): Cadmium-Konzentrationen bei Rehpflanzen und deren Futterpflanzen. Z. Jagdwiss. 31, 146.

- MÜLLER, P., KRÜGER (1985): Cadmium concentrations within roe deer populations (*Capreolus capreolus*) and their food plants. *Mitteilungen 14. Fachrichtung Biogeochemie der Universität des Saarlandes.* 1-19
- MÜLLER, M., ANKE, M., MACHELETT, B. (1993): Transport von Cadmium in der Nahrungskette. In: *Mechanismen des Transports von Mineralstoffen und Spurenelementen.* Editorial Cientifica. Stuttgart. 94-108
- MUÑOZ, A. (1990): Untersuchungen zu Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von *Leucanea leucocephala* als Ergänzungsfutter für Ziegen im Nord-Osten Mexikos. Diss. Universität-Göttingen. Göttingen
- NATIONAL ENVIRONMENTAL HEALTH ACTIONS PLANS (1997): Food Safety. WHO Regional Office for Europa. www.who.dk
- NORBERG, G., GERHARDSSON, L. (1990): Cadmium accumulation in human tissues: relationship to development of toxic effects. In: Tomita, H. (Ed.), *Trace Elements in Clinical Medicine.* Springer, Tokyo, 487-492
- NORMA OFICIAL MEXICANA (1996): Proyecto de modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-004-200-1994 Control de residuos tóxicos en carne, grasa, hígado y riñón de bovino, equino, porcino y ovinos. *Diario Oficial* 2 de Febrero. 16-24
- NRIAGU, J.O. (1989): Heavy metals in the atmosphere. *Nature* 338 : 47
- ÖLSCHLÄGER, W. 1974. Über die Kontamination von Futtermitteln mit Cadmium. *Landwirt. Forsch.* 27, 247-250
- OSTERTAG, I., KREUZER, W. (1980): Cadmium-Gehalte in Nieren, Lebern, Muskulatur und Futtermitteln von Schlachtswein verschiedener Fütterungsregime. *Arch. Lebensmittelhyg.* 31, 57
- PARKER, S.P. (1980): *Encyclopedia of Environmental Science.* Mc. Graw-Hill Book Company, 2da. Ed., New York.
- PEDROZA, J.R. (1990): *Climatología en México.* Instituto de Astr. y Meteorología, Univ. Guadalajara, Guadalajara, Jal./Mex.
- PETERSON, D., MASTERS, H., SPEIJERS, E. (1991): Accumulation of cadmium in the sheep. In: Momeilovic (DE.) *Trace Elements in Man and Animals* 7. Univ. of Zagreb. 126-131
- PFEIFFER, G., SACHER, F., WALTER, W. (1987): Bioindikator Rehwild: Blei- und Cadmium-Belastung einer oberbayerischen Bergjagd und einer klimatisch benachbarten Jagd in Tallage. *Arch. für Lebensmittelhyg.* 38, 93-120

- PISCATOR, M. (1983):Renale Wirkungen von Cadmium. In: Zumkley, H.(Hg):Spurenelemente.Editorial Thieme, Stuttgart, New York, 81-97
- ROBLEDO, O., BASURTO, R., SHIMADA, A. (1990):Hábitos de pastoreo de cabras en un agostadero tropical (Aw1), al final de la época de secas". Vet. Méx. **21**, 99-104
- RFL-RUNDSCHAU FÜR FLEISCHHYGINE UND LEBENSMITTELÜBERWACHUNG (1989) :Schadstoffbelastung der Böden in Straßennähe. RFL 41, Heft 7, 121-152
- SCHENKEL, H. (1990): Zum Stoffwechselverhalten vom Cadmium bei landwirtschaftlichen Nutztieren. II. Mitteilung : kleine Wiederkäuer und Schweine. Übers. Teilerernährg. **18** : 39-76
- SCHINNER, W. (1981):Untersuchungen über endogene und exogen Einflüsse auf den Blei- und Cadmium-Gehalt in Muskeln und Organen von Rehwild (*Capreolus capreolus* L.) und Wildkaninchen (*Lepus cuniculus* L.).Diss. Univ., Fachber. Veterinärmedizin u. Tierzucht, Gießen
- SCHROEDER, H., BALASSA, J. (1963):Cadmium: uptake by vegetables from superphosphates in soil. Science **140**, 189
- SCHULZ-SCHROEDER, G. (1991):Blei- und Cadmiumgehalte in Fleisch-, Leber- und Nierenproben von Lämmern und Schafen.Fleischwirtsch. **71**, 12, 1435-1438
- SCHWARZ, T., BUSCH, LENK (1991):Erste Untersuchungen zur Belastung von Futtermitteln, Rindern und Lebensmitteln tierischer Herkunft aus unterschiedlichen Produktionsgebieten Sachsens mit Blei, Cadmium und Arsen.Dtsch. Tierärztl. Wschr. **98**, 10, 365-404
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO (1981):Síntesis Geográfica de Jalisco.Coordinación Gral. de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.
- SENATVERWALTUNG FÜR STADTENWICKLUNG, UMWELTSCHUTZ UND TECHNOLOGIE (1996) : Blei und Cadmium in Pflanzen.
<http://www.icf.de/UIOnline/dua96/html/d1033-01.htm>
- STÖCKER, G. (1980):Zu einigen theoretischen und methodischen Aspekten der Bioindikation. International workshop on problems of bioindikation to recognize ecological changes occuring in terrestrial ecosystems due to anthropogenic influence -der Sektion Biowissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

STURM, H. (1979): Rückstansuntersuchungen auf chlorierte Kohlenwasserstoffe an freilebenden Säugetieren im Hinblick auf ihre Indikatorfunktion für Umweltbelastung. Vet. Med. Diss., München

TATARUCH, F. (1984): Die Belastung der Feldhasen mit Blei, Cadmium und Quecksilber. Habilitationsschrift zur Erlangung der Venia legendi an der Vet.-Med. Universität Wien.

TATARUCH, F., JARK, H., ONDERSCHEKA, K. (1979): Belastung freilebender Tiere in Österreich mit Umweltschadstoffen Gehalt an Blei, Quecksilber und Cadmium in Organen von Gemsen. Z. Jagdwiss., **25**, 159-166

TATARUCH, F., ONDERSCHEKA, K. (1981): Belastung freilebender Tiere in Österreich mit Umweltschadstoffen (II). Gehalt an Blei und Cadmium in Organen von Feldhasen. Z. Jagdwiss., **27**, 153-160

TSUCHIYA, K. (1979): Lead in Handbook on the toxicology of metals. Edited by Friberg, L., Nordberg, G. and Vouk, V.B., Elsevier/North-Holland. Biomedical Press, Amsterdam-New York-Oxford.

VALLE, P. (1991): Toxicología de los alimentos. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Metepec, Edo. de México.

VEMMER, H., OSSLAG, H. (1976): Der Übergang von Blei und Cadmium aus Futtermitteln in tierische Produkte: I Mitteilung: Blei; II Mitteilung: Cadmium. Landbauforschung Völkenrode **26**, 17 y 71

VETTER, H., SCHULTE, W., im WALDE und H.H.MEYER (1979): Schadstoffe in der Nahrungskette in der Nachbarschaft einer Blei- und Zinkhütte. in Sonderreihe Umweltagung **23**, 35-59

VETTER, H., MEYER, H. (1978): Vergleich der Schadstoffbelastung durch Atemluft und Nahrung in der Nachbarschaft einer Zink- und Bleihütte. AID-Sonderheft "Kulmbach, Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten e. V. (AID) Bonn.

VETTER, H., MÜHLHOP, R. (1971): Untersuchungen über Blei-, Zink und Fluor-Immissionen und dadurch verursachte Schäden an Pflanzen und Tieren. Landw. Forsch. **24**, 294-315

VILLALOBOS, J., MARQUEZ, J., CHAVEZ, A., GONZALE, F. (1984): Hábitos de comportamientos de ovinos y caprinos en un matorral inermeparvifolio de gobernadora. Memorias de la Reunión de Invest. Pecuaria en México. Méx. D.F.

Sec. Rec. Hidr. Univ. Nal. Aut. de Mex.

WASHINGTON DEPARTMENT OF AGRICULTURE (1997): Heavy Metals in Fertilizers. dwil-new@searimes.com.

WHO, GEMS (1985): Global Environment Monitoring System, Guidelines for the study of dietary intakes of chemical contaminants. WHO Offset Publication No. 87, Geneva

WHO REGIONAL OFFICE FOR EUROPE (1997): National Environment Health Actions Plans. Chapter 8.9 Food Safety. Publication No. 430 Hungary

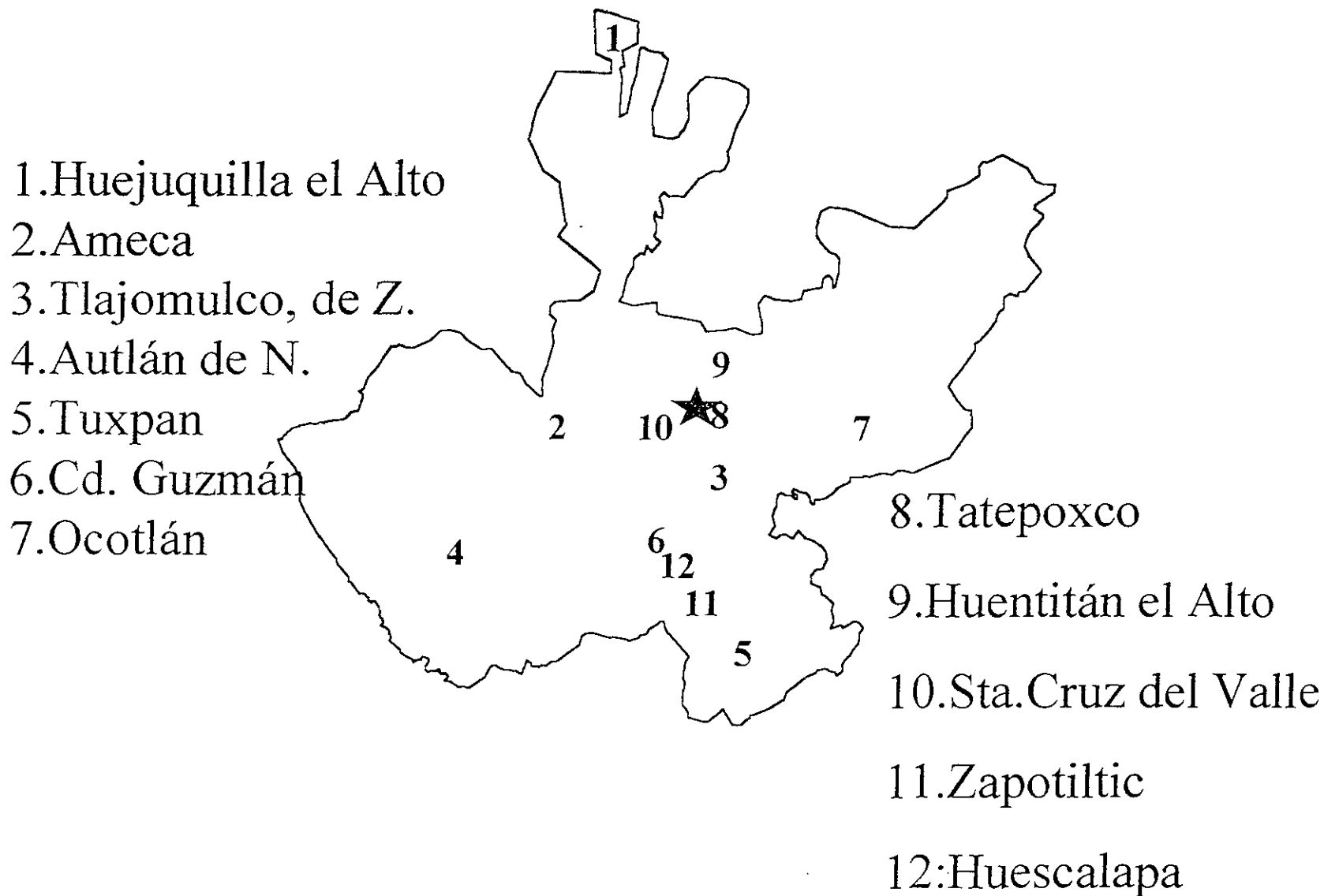
WILSON, D. (1997): Toxic sludge as fertilizer. The Seattle Times. Minnesota, US.
[http://www.purefood.org/Toxic/toxic Sludge.html](http://www.purefood.org/Toxic/toxic%20Sludge.html)

WILLOW (1998): Waste Management and restoration of waste land". Willow Cultivation-Waste Management. <http://gis.joensuu.fi/research/paju/waste.html>

ZUBER, R., BOVAY, E., TSCHANNEN, W. (1971): Das Blei aus Motorfahrzeugabgasen. Seine Akkumulation auf Pflanzen und die damit Verbundenen Gefahren. Schw. Landw. Mh. 49, 249-261

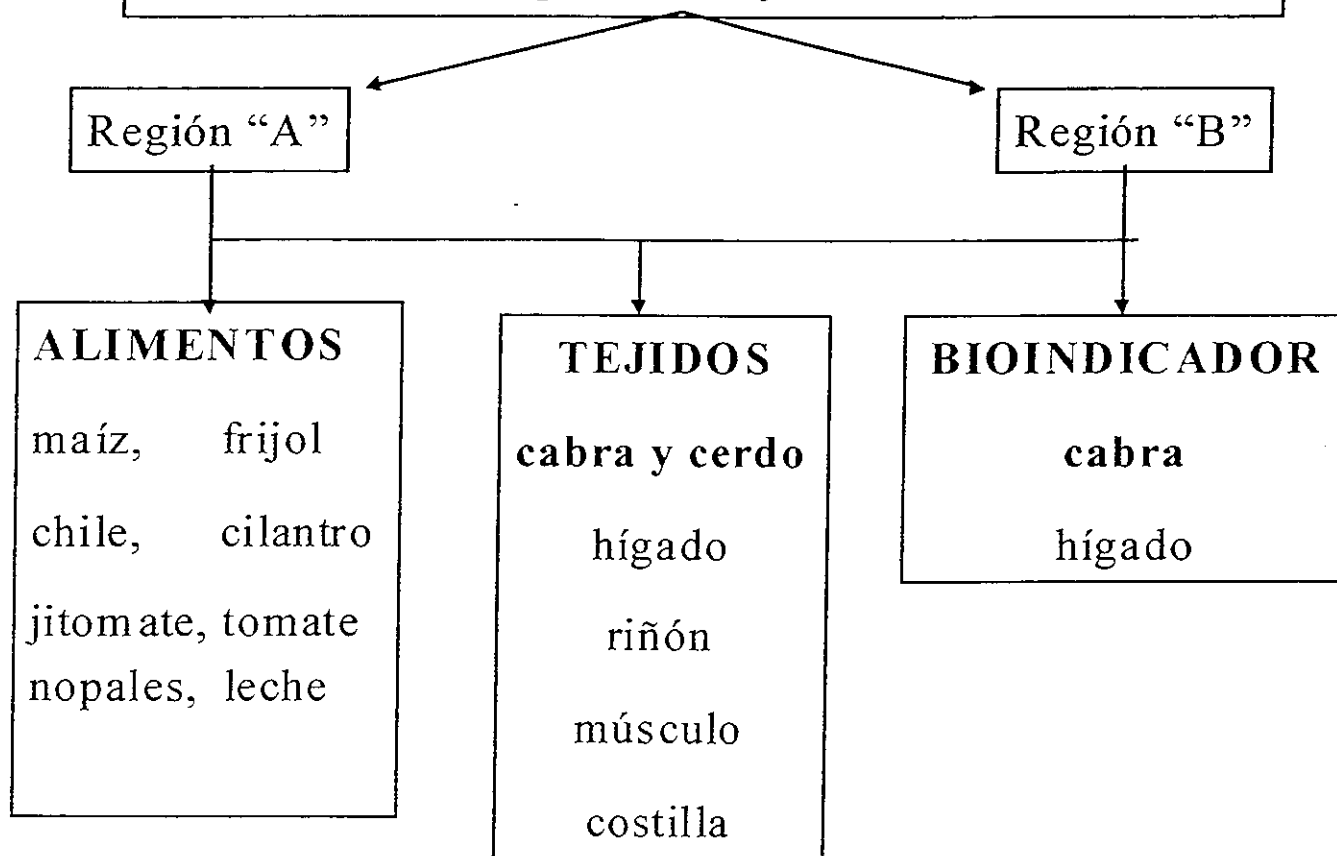
ANEXOS

Cuadro No. 1: REGIONES DE MUESTREO



CUADRO No. 1

Cuadro No. 2: Etapas del Proyecto Metales Pesados



CUADRO No. 2

CUADRO No. 3

PROTOCOLO DE LA TOMA DE MUESTRAS DE TEJIDOS

1.	Tipo de animal No. _____ Fecha de sacrificio _____
2.	Lugar de origen Coordenadas _____ Dirección del propietario _____ Observaciones _____
3.	Sexo : masculino _____ femenino _____ Edad en meses _____ Peso vivo Kg _____
4.	Clima del lugar de origen (4-6 semanas anterior al sacrificio) Dirección del viento _____ Fuerza del viento _____ Temporada : lluvias _____ secas _____ Temperatura °C _____ Precipitación pluvial _____
5.	Descripción de la región. Superficie de pastores _____ Altitud sobre el NN _____ composición animal (bovinos, cabras, ovejas) _____ Grado de vegetación de la superficie de pastoreo _____ Tipo de suelo _____ Vegetación/hectárea(%) _____ Area verde _____ Area de cultivo _____ Desierto _____ Bosque _____
6.	Parámetros de influencia Carretera No. _____ Industria _____ Colonia _____ Otros _____
7.	Análisis de laboratorio Peso del hígado _____ Hallazgos anatomopatológicos _____ Hallazgos histológicos _____ Congelación en el laboratorio (°C) _____ Fecha _____ Elaboró _____ Instituto _____
8.	Observaciones :

CUADRO No. 6

PROTOCOLO PARA CALCULO DE RESULTADOS CON "INDUCTIVELY COUPLED PLASMA" (ICP).

ANALISIS: S1		13-FEB-92		SA. STD. CORR.		AVERAGE		13-FEB-92		SA. STD. CORR.		AVERAGE	
ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.
LA	2.4674	PN	13.275X	V	14.135X	SB	21.27X	TU	25.375X				
LG	0.0000	Q	76.522X	NA	21.165X	K	-11.532X						
<p>ANALISIS: S1 13-FEB-92 SA. STD. CORR. AVERAGE</p>													
ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.
RB	35.2000	CD	-0.0057	ZN	0.6817	CU	9.4470	CR	6.8210				
NI	5.1500	CA	-0.3450	MS	-0.3420	FE	-1.1210						
TU	25.3750	PN	2.7520	V	0.5100	SB	-0.0820						
Q	0.0000	S	54.1100	AS	-2.445X	Y	-30.112X						
<p>VARIACIONES: S1 13-FEB-92 SA. STD. CORR. AVERAGE</p>													
ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.
RB	35.2000	CD	-0.0057	ZN	0.6817	CU	9.4470	CR	6.8210				
NI	5.1500	CA	-0.3450	MS	-0.3420	FE	-1.1210						
TU	25.3750	PN	2.7520	V	0.5100	SB	-0.0820						
Q	0.0000	S	54.1100	AS	-2.445X	Y	-30.112X						
<p>ANALISIS: S2 13-FEB-92 SA. STD. CORR. AVERAGE</p>													
ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.
RB	40.1700	CD	-0.0230	ZN	0.9850	CU	10.0550	CR	7.0050				
NI	70.0200	CA	-1.2550	MS	-0.3850	FE	-1.1210						
TU	25.3750	PN	2.7520	V	0.5100	SB	-0.0820						
Q	0.0000	S	54.1100	AS	-2.445X	Y	-30.112X						
<p>VARIACIONES: S2 13-FEB-92 SA. STD. CORR. AVERAGE</p>													
ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.
RB	40.1700	CD	-0.0230	ZN	0.9850	CU	10.0550	CR	7.0050				
NI	70.0200	CA	-1.2550	MS	-0.3850	FE	-1.1210						
TU	25.3750	PN	2.7520	V	0.5100	SB	-0.0820						
Q	0.0000	S	54.1100	AS	-2.445X	Y	-30.112X						
<p>ANALISIS: S3 13-FEB-92 SA. STD. CORR. AVERAGE</p>													
ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.
RB	37.5700	CD	-0.0027	ZN	0.6817	CU	9.4470	CR	6.8210				
NI	5.1500	CA	-0.3450	MS	-0.3420	FE	-1.1210						
TU	25.3750	PN	2.7520	V	0.5100	SB	-0.0820						
Q	0.0000	S	54.1100	AS	-2.445X	Y	-30.112X						
<p>VARIACIONES: S3 13-FEB-92 SA. STD. CORR. AVERAGE</p>													
ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.
RB	37.5700	CD	-0.0027	ZN	0.6817	CU	9.4470	CR	6.8210				
NI	5.1500	CA	-0.3450	MS	-0.3420	FE	-1.1210						
TU	25.3750	PN	2.7520	V	0.5100	SB	-0.0820						
Q	0.0000	S	54.1100	AS	-2.445X	Y	-30.112X						
<p>ANALISIS: S4 13-FEB-92 SA. STD. CORR. AVERAGE</p>													
ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.
RB	42.727X	CD	-0.0010	ZN	0.9850	CU	10.0550	CR	7.0050				
NI	70.0200	CA	-1.2550	MS	-0.3850	FE	-1.1210						
TU	25.3750	PN	2.7520	V	0.5100	SB	-0.0820						
Q	0.0000	S	54.1100	AS	-2.445X	Y	-30.112X						
<p>VARIACIONES: S4 13-FEB-92 SA. STD. CORR. AVERAGE</p>													
ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.	ELE	CONC.
RB	42.727X	CD	-0.0010	ZN	0.9850	CU	10.0550	CR	7.0050				
NI	70.0200	CA	-1.2550	MS	-0.3850	FE	-1.1210						
TU	25.3750	PN	2.7520	V	0.5100	SB	-0.0820						
Q	0.0000	S	54.1100	AS	-2.445X	Y	-30.112X						

CUADRO No.7

PROCOLO DE MEDICIONES CON "INDUCTIVELY COUPLED PLASMA" (ICP).

Abswertung von Elementarergebnissen (salvación de resultados de elementos)

Proben Nr. 51 Tier 21000
 Datum 17.3.02 Organ hígado
 Herkunft laboratorio, Tol.

Abswertung von Elementarergebnissen (salvación de resultados de elementos)

Proben Nr. 51 Tier 21000
 Datum 17.3.02 Organ hígado
 Herkunft laboratorio, Tol.

ICP	Conc. in $\mu\text{g/g}$ (salvación de resultados)	Angaben in mg/kg	ICP	Conc. in $\mu\text{g/g}$ (salvación de resultados)	Angaben in mg/kg
Pb	0.266	0.166	Pb	0.053	0.205
Cd	0.091	0.091	Cd	0.032	0.187
Zn	22.417	21.4	Zn	7.741	22.256
Cu	49.665	49.7	Cu	3.365	26.072
Ce	0.236	0.232	Ce	0.030	0.247
Ni	n.h.	n.h.	Ni	n.h.	n.h.
Ca	36.892	37.0	Ca	10.01	37.21
Mg	196.555	197	Mg	51.93	132.736
Fe	61.634	61.7	Fe	11.18	34.532
Mn	0.809	0.809	Mn	0.272	1.019
Al	n.h.	n.h.	Al	n.h.	n.h.
Na	1.623	1.62	Na	0.572	1.692
V	0.099	0.099	V	0.025	0.092
Sb	0.199	0.199	Sb	0.044	0.173
Li	n.h.	n.h.	Li	n.h.	n.h.
Einwaage: 600g F: 397			Einwaage: 706g F: 354		

AAS	Angaben in mg/kg	AAS	Angaben in mg/kg
Pb	0.007	Pb	0.002
Cd	0.062	Cd	0.135
Hg	—	Hg	—
As	—	As	—

CUADRO No. 8

Valores Límite Permitidos para plomo y cadmio en
alimentos de consumo humano y animal (mg/kg Materia Fresca)

ALIMENTO	PLOMO	CADMIO
Trigo	0.30	0.10
Centeno	0.40	0.10
Papa	0.25	0.10
Legumbres c/ hojas	0.80	0.10
Col	2.00	0.10
Hierbas culinarias	2.00	0.10
Espinacas	0.80	0.50
Vegetales c/tallo	0.50	0.10
Frutas	0.25	0.10
Apio	0.25	0.20
Fresas, frutas c/hueso	0.50	0.05
Cultivos verdes, silo de maíz	40	1.0
Forraje verde, paja	40	1.0
Cereales, remolacha	10	1.0

Cuadro No. 9: Límites máximos permitidos para plomo y cadmio en alimentos.
Norma Oficial Mexicana (mg/kg, mg/l)

COMPUESTO	ESPECIFICACION	ESPECIE		
		BOVINO	PORCINO	CABRA
CADMIO	HIGADO	2.00	2.00	2.00
	RIÑON	2.00	2.00	2.00
	MUSCULO	0.50	0.50	0.50
PLOMO	HIGADO	2.00	2.00	2.00
	RIÑON	2.00	2.00	2.00
	MUSCULO	0.50	0.50	0.50
PLOMO	LECHE	0.10	-	-

Fuente: Diario oficial, Feb. 1996. Proyecto de modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-004-Z00-1994, Control de residuos tóxicos en carne, grasa, hígado y riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos. Norma Oficial Mexicana NOM-091-SSA1-1994, Bienes y servicios. Leche pasteurizada de vaca. Disposiciones y especificaciones sanitarias.

Cuadro No. 10 : Límites máximos permitidos para plomo y cadmio en alimentos
(mg/kg, mg/l)

ALIMENTO	PLOMO	CADMIO
Leche	0.03	0.005
Queso	0.25	0.05
Huevo	0.25	0.05
Carne de bovino	0.25	0.10
Carne de cerdo	0.25	0.10
Carne de gallina	0.25	0.10
Hígado de bovino	0.50	0.30
Hígado de cerdo	0.50	0.30
Riñón de bovino	0.50	0.50
Riñón de cerdo	0.50	0.50

Fuente: Oficina Federal de Salud Alemana. Límites máximos permitidos para plomo y cadmio.
Bundesgesundhbl. 5/96