

CUANTIFICACION DEL CONTENIDO DE CADMIO, PLOMO Y COBRE
EN MUSCULO Y VISCERAS DE GANADO BOVINO
DE LA REGION DEL RIO SONORA

Por

LETICIA GARCIA RICO

Tesis Aprobada por el
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y ALIMENTOS
Como Requisito Parcial Para Obtener

El Grado de

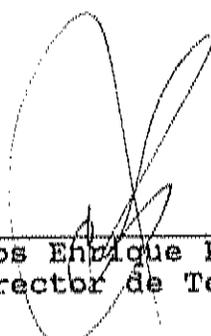
MAESTRO EN CIENCIAS
EN NUTRICION Y ALIMENTOS

CENTRO DE INVESTIGACION EN ALIMENTACION
Y DESARROLLO, A. C.

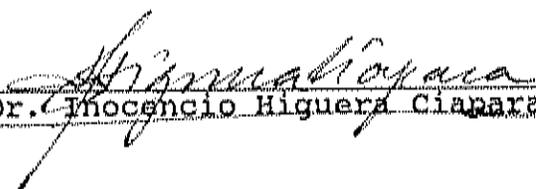
1986

APROBACION

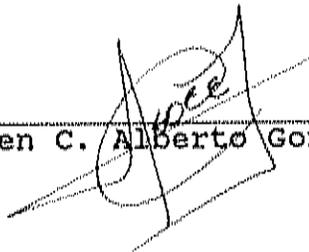
Los miembros del Comité designado para revisar la tesis de LETICIA GARCIA RICO la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Nutrición y Alimentos.



Dr. Carlos Enrique Peña Limón
Director de Tesis



Dr. Inocencio Higuera Ciapara



M. en C. Alberto González León

Hermosillo, Son., a 22 de Mayo de 1986.

DECLARACION

Se permiten citas breves del material contenido en este trabajo sin permiso especial del autor siempre y cuando se dé el crédito correspondiente. Se podrá solicitar permiso para consultas más amplias o de la reproducción íntegra del documento para fines académicos, al Jefe del Departamento de Nutrición y Alimentos del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Apdo. Postal 1735. Hermosillo, Sonora. México. Bajo cualquier otra circunstancia, se deberá solicitar permiso del autor.

AGRADECIMIENTOS

El Proyecto "Cuantificación del Contenido de Cadmio, Plomo y Cobre en Músculo y Vísceras del Ganado Bovino de la Región del Río Sonora" se realizó gracias al apoyo y patrocinio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C..

Mi más sincero agradecimiento a la M. en C. Natalia F. González Méndez, a la Dra. Jane Wyatt, al Dr. J. J. Ibarra León y al Lic. Ernesto Velarde Godínez por la ayuda recibida en la estructuración de este trabajo.

De igual manera a la Secretaría de Fomento Ganadero, a la Dirección de Minería, Geología y Energéticos del Estado de Sonora, a la Comisión de Fomento Minero, al Laboratorio de Metalurgia de la Universidad de Sonora así como al Colegio de Sonora por su valiosa colaboración durante el desarrollo de esta investigación.

Un reconocimiento especial para el Dr. Carlos E. Peña Limón, al Dr. Inocencio Higuera Ciapara y al M. en C. Alberto González León por su apoyo, así como por sus valiosas aportaciones, las cuales permitieron la culminación de este manuscrito.

Gracias al personal de los rastros municipales de las zonas de estudio. Al Q.B. José Luis Atondo A., a la Q.B. Dina Nubes O., a la Q.B. Ma. Lourdes Gutiérrez C., a la Q.B. Herlinda Soto V., a la M. en C. Armida Rodríguez F., a la Q.B. Alejandra Tapia O., y a Luis I. Ruiz German por su entusiasmo y participación en la obtención del material experimental. Así como al M. en C. José Lozano T., al I.Q. Francisco Trahín J., al I.I.E. Alfonso Aguilar V., al Lic. Sergio Salazar A. y al Lic. José Manuel Guillen R., por el asesoramiento recibido para el análisis de datos y resultados. Y muy especialmente a mis amigos por su afecto.

La vida
nos da muchas razones
para agradecerle a
Dios
todos los días

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
INTRODUCCION.....	1
REVISION BIBLIOGRAFICA.....	5
Control del Contenido de Metales Tóxicos en Alimentos.....	5
Elementos Metálicos Tóxicos.....	7
Cadmio.....	8
Plomo.....	9
Cobre.....	12
MATERIALES Y METODOS.....	14
Material.....	14
Muestreo.....	16
Preparación de la Muestra.....	21
Método de Análisis Cuantitativo.....	21
Equipo Instrumental.....	22
Determinación de la Validez del Método.....	22
Análisis Estadístico.....	23
RESULTADOS Y DISCUSION.....	25
CONCLUSIONES.....	38
APENDICE A.....	40
APENDICE B.....	53
APENDICE C.....	54
APENDICE D.....	57
BIBLIOGRAFIA.....	62

LISTA DE CUADROS

CUADRO		Página
1	Ganado Muestreado en los Municipios del Río Sonora y Caborca.....	17
2	Número de Ganado Sacrificado por Mes Durante el Período de Estudio.....	19
3	Condiciones Instrumentales Empleadas en la Determinación de Cadmio, Plomo y Cobre.....	24
4	Análisis de la Muestra Certificada de Hígado de Bovino (NRM SRM 1577).....	26
5a	Concentración Media de Cadmio del Total de Organos Muestreados en el Río Sonora (ppm).....	27
5b	Concentración Media de Plomo del Total de Organos Muestreados en el Río Sonora.....	28
5c	Concentración Media de Cobre del Total de Organos Muestreados en el Río Sonora.....	29
6	Contenido Promedio de Cadmio, Plomo y Cobre en Músculo y Vísceras de Ganado Bovino de la Cuenca del Río Sonora.....	30

7	Contenido de Cadmio, Plomo y Cobre en el Total de Organos Muestreados en los Municipios de la Cuenca del Río Altar.....	32
8	Contenido Promedio de Cadmio, Plomo y Cobre en Músculo y Visceras de Ganado Bovino de la Cuenca del Río Altar.....	33
9	Valores Máximos Permitidos en Alimentos por el Gobierno de Australia.....	59
10	Valores Máximos Permitidos en Alimentos por el Gobierno de Canadá.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Municipios Muestreados.....	15
2	Principales Zonas Ganaderas del Estado de Sonora.....	43

RESUMEN

El propósito de este estudio fué iniciar investigación científica que pueda conducir al establecimiento de valores estándar de cadmio, plomo y cobre en alimentos en México ya que se carece de un código normativo a este respecto. Por otro lado se buscó determinar si la actividad minera en la región del Río Sonora produce incrementos significativos en el contenido de dichos metales en el ganado bovino de producción de carne de campo crecido en esa zona.

En el noreste del Estado de Sonora se localiza el nacimiento del Río Sonora, en cuya cabecera (Cananea) se encuentra una de las minas de mayor producción de cobre del país, la que arroja desechos de alto contenido mineral en cadmio, plomo y cobre, al río.

A lo largo del Río Sonora también se acostumbra la siembra de cultivos forrajeros, de hortalizas y la preengorda de ganado. Parte del ganado pasa posteriormente a los corrales de engorda de Hermosillo mientras que el resto es exportado a E.U.A. En esta zona también coexiste ganado adulto, la mayoría del cual tiene como destino final los rastros de esta región.

El presente estudio muestra que los niveles de cobre y cadmio detectados se encuentran en rangos normales, mientras que los de plomo superan a los que se presentan en la Norma de Australia con una diferencia mínima de 1 ppm. Sin embar-

go los valores se encontraron por abajo del nivel máximo permitido por el Gobierno de Canadá.

Estos resultados pueden ser útiles para el establecimiento de un Código a nivel regional y nacional que pueda ser utilizado en el control toxicológico de alimentos.

INTRODUCCION

En México se carece de Normas que indiquen cuales son los valores máximos de muchos contaminantes tolerados en los alimentos; tal es el caso de los metales. Por esta razón al realizar estudios sobre el contenido de elementos metálicos en algún tipo de alimento es necesario recurrir a Códigos de otros países para establecer si éste se encuentra contaminado o no. Esta comparación viene a ser cuestionable ya que la situación varía mucho entre países y aún entre regiones de un mismo país.

Por lo anterior, es evidente la necesidad de hacer estudios que permitan el establecimiento en México, de los valores máximos permitidos de metales y así hacer posible la comparación con las Normas de otros países (CEC, 1978; Catalá et al., 1983).

Por otro lado, en Sonora se ha especulado sobre la posible contaminación de alimentos con metales pesados provenientes de las descargas de las operaciones mineras. En la parte noreste del estado de Sonora nace el Río Sonora; en Ojo de Arvallo, municipio de Cananea, en cuya cabecera se localiza una de las minas de mayor producción de cobre del país. El proceso de obtención del cobre en la Compañía Minera de Cananea consiste básicamente en la extracción del material rocoso, seguida de la concentración del material de

más alta ley para recuperar una pulpa que contiene aproximadamente 27% de cobre. Esta pulpa se funde para obtener un concentrado denominado "mata" con un contenido de cobre del 45% y un contenido bajo de hierro y azufre. Además se obtiene también escoria de reverbero la cual se desecha. Finalmente la "mata" se introduce en hornos convertidores donde se separa el hierro y azufre para obtener el cobre Blister con una pureza del 99%. El material de baja ley se deposita en terrenos que se riegan con licores acuosos de lixiviación con el fin de solubilizar y recuperar los valores remanentes (Galavíz, 1984; García et al., 1985).

Durante el proceso de extracción del cobre se generan desechos de agua que contienen altas concentraciones de metales pesados y otras sustancias químicas; dichos desechos son almacenados en represas llamados "jales". Estos estanques se ven afectados por las lluvias, mismas que provocan derrames que acarrean las sustancias de desecho de la mina hacia la Cuenca del Río Sonora. Los desechos contienen plomo, zinc, cadmio, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y otros minerales. Por otro lado, a lo largo de la cuenca del río se acostumbra la siembra de cultivos forrajeros, y en menor escala cultivos de hortalizas. En la región también se practica la crianza de ganado, parte del cual se exporta a E.U.A., y otra se preengorda y pasa a los corrales de engorda de Hermosillo, en donde se sacrifica para el posterior consumo nacional. También se ha observado

que coexiste ganado adulto (ganado de campo), la mayoría del cual tiene como destino final los rastros de esta región (García et al., 1985; INEGI, 1984; Sexto Informe de Gobierno, 1985; Galavíz, 1984).

La minería, la agricultura y la ganadería son actividades económicas muy importantes tanto en la Cuenca del Río Sonora como en el Estado de Sonora en general, ya que contribuyen con el 7.4, 9.6 y 4.6% del Producto Interno Bruto (PIB) del Estado, respectivamente. La agricultura, ganadería y minería representan, si se excluye del análisis a los servicios, casi el 50% del valor de la producción de Sonora. En el Apéndice A, se da una pequeña reseña sobre estas tres importantes actividades económicas en el Estado.

Este estudio plantea dar la pauta para el establecimiento de valores estándar respecto a elementos metálicos en el ganado bovino y además determinar si la minería en la región del Río Sonora, produce incrementos significativos en el contenido de metales en el ganado bovino de producción de carne de campo. Es de esperarse que de existir dicha contaminación, se detecte más fácilmente en este tipo de animales, puesto que permanecen en la misma zona hasta su sacrificio.

Por otra parte de acuerdo a la Dirección de Minería Geología y Energéticos del Estado de Sonora, las zonas con menor número de yacimientos mineros corresponden a la parte norte y noroeste de Caborca y a la franja fronteriza con

Chihuahua. Por esta razón se escogió el ganado sacrificado en la ciudad de Caborca como referencia, para que los resultados obtenidos en el presente estudio sirvan de base para la elaboración del Código de Valores Estándar de metales en ganado bovino en México, al igual que para detectar una posible contaminación en el ganado del Río Sonora, provocada por la mina de Cananea.

Por todo lo antes expuesto, se realizó el presente trabajo con los siguientes objetivos:

- Proporcionar información que sirva de base para iniciar el conocimiento de la calidad de la carne de bovino producida en el Estado de Sonora, en función de la presencia de metales como cadmio, plomo y cobre.

- Determinar si existe contaminación en la carne de bovino producida en la región del Río Sonora, ocasionada por los desechos provenientes de la actividad minera en Cananea.

REVISION BIBLIOGRAFICA

Control del Contenido de Metales Tóxicos en Alimentos

Ante el peligro que representan algunos metales para la salud, varios países han realizado estudios con el fin de conocer sus niveles de concentración en los productos alimenticios y así establecer una legislación más adecuada.

Actualmente la mayoría de los países industrializados cuentan con Códigos que establecen los valores máximos permitidos para algunos elementos metálicos en alimentos. Estos datos son lo suficientemente numerosos como para estimar un rango de concentración con cierto grado de representatividad. Sin embargo no todos tienen la misma significancia. Algunos resultados están dados en base a varias determinaciones y otros han sido obtenidos de muestras recolectadas en áreas contaminadas que no son representativas de la situación general del país. Algunos otros se reportan sin indicar la técnica de muestreo (CEC, 1978; González et al., 1982).

Es difícil hacer comparaciones entre los valores establecidos por otros países y los obtenidos en México ya que como se mencionó anteriormente, además de que cada uno de ellos ha establecido su Código de forma diferente, en algunos casos estos valores se dan para los alimentos en

general y no para grupos o subgrupos de productos alimenticios. Este problema se presenta en la Norma de Australia, la cual, para el caso del plomo, menciona principalmente a productos enlatados, pero no es específica para alimentos como la carne fresca y vísceras. En este caso se debe tener presente que los elementos metálicos se acumulan y concentran preferentemente en el hígado y riñón, por lo que éste valor difiere mucho del acumulado en el músculo. Para el resto de los alimentos, se utiliza el término "para todos los demás alimentos" en los cuales la concentración no debe exceder de 1.5 ppm. Este valor está muy por debajo del establecido por la Norma de Canadá, el cual es de 10 ppm (Apéndice D). Esta diferencia tan marcada entre los dos valores, al parecer se debe a que Australia no tiene establecido un valor específico para carne y vísceras, dado que agrupa a varios alimentos en un solo valor, en cambio Canadá se refiere a las vísceras específicamente. Esta observación reafirma la necesidad de establecer una Norma sobre el contenido de metales a nivel nacional.

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 1984), no ha establecido los valores máximos permitidos sobre el contenido de plomo, cadmio y cobre, en carne y vísceras; únicamente menciona que se está elaborando la normalización de estos metales. Sin embargo, a los países exportadores de ganado, periódicamente se les exige

un monitoreo sobre el contenido de elementos metálicos en el ganado que es introducido a los E.U.A. (Ibarra, L., 1981).

Elementos Metálicos Tóxicos

Como se ha mencionado antes, a lo largo de la Cuenca del Río Sonora existen grandes yacimientos de minerales; algunos explotados en forma organizada y otros en forma aislada (Apéndice A).

También se dice que los repesos de la Compañía Minera de Cananea, a menudo se ven afectados por las precipitaciones pluviales que provocan el derrame de los "jales" a la Cuenca del Río Sonora. Estas aguas contienen elementos minerales como hierro, molibdeno, manganeso, zinc, cobre, cadmio, plomo, tungsteno y otros minerales, productos del proceso de extracción del cobre (Galavíz, 1984).

En el caso del hierro, molibdeno, zinc, manganeso y cobre, estos elementos son indispensables para el organismo humano, pero en concentraciones elevadas pueden llegar a producir alteraciones en el mismo (Noller et al., 1978; Kirkpatrick et al., 1975).

El plomo y el cadmio, sin embargo no tienen ninguna función biológica en el organismo, siendo además altamente tóxicos para los seres vivos ya que tienen la capacidad de acumularse en diversos órganos y provocar trastornos metabólicos (Kramer et al., 1983).

Cadmio

El cadmio es considerado el más peligroso de todos los metales no sólo por su toxicidad sino también, por su gran distribución y su uso en un gran número de aplicaciones industriales en la tecnología moderna, aumentando con esto el riesgo de contaminación (Reilly, 1980; Ybáñez et al., 1982; Whanger, 1979).

Al parecer, el cadmio interfiere en diversas reacciones enzimáticas del organismo: es un inhibidor de las enzimas que contienen radicales sulfhidrilos, tiene afinidad por otros radicales en las células como los grupos hidroxilos, carboxilos, fosfatilos y parte de la cadena de proteínas, purinas y porfirinas y por sustitución del zinc y otros metales (Berman, E., 1980; Montoro et al., 1982; Catalá et al., 1983).

El cadmio se encuentra presente en el organismo en pequeñas cantidades en el nacimiento (aproximadamente 1 ppm) y se incrementa con la edad a razón de 40 microgramos por día, debido a la ingesta en los alimentos, el agua y el medio ambiente y a otros factores. Por ejemplo, el hábito de fumar aumenta los niveles de este metal (CEC, 1979; Whanger, 1979).

Metabolismo del Cadmio: El organismo sólo absorbe el 6% del cadmio contenido en los alimentos, sin embargo, existen evidencias de que muchos factores pueden afectar los

niveles de absorción. Por ejemplo los niveles bajos de otros minerales como calcio, hierro y el tipo de proteína en la dieta pueden incrementar su absorción (Agarwal et al., 1979).

El cadmio en la sangre se enlaza a moléculas de proteínas de bajo peso molecular, probablemente metalotioneínas. Estas son moléculas de peso molecular de 6000 daltons, ricas en grupos sulfhidrilos y capaces de enlazar un 11% del cadmio y zinc. Esta afinidad común por los dos metales probablemente explica la importante relación entre el cadmio y zinc (Combs et al., 1983; CEC, 1978; Monroy, 1983).

Los niveles de cadmio en sangre reflejan una exposición reciente al metal, pero no la acumulación de cadmio en el riñón. Puede ser que el cadmio en orina sirva como un indicador de la acumulación del metal en el cuerpo pero es necesario realizar más estudios para establecer esta relación (Montoro et al., 1980; Andersson et al., 1984).

Plomo

El plomo es el elemento metálico más estudiado debido a la multiplicidad de vías de entrada al organismo, a su elevada toxicidad y por el número de órganos y sistemas afectados en los seres vivos (Catalá et al., 1983).

El plomo en la sangre se enlaza a los eritrocitos, donde su concentración es de aproximadamente 16 veces mayor que en el plasma. Algo del plomo absorbido es transportado al cerebro. Sin embargo, el plomo metálico no se acumula ahí. Al parecer el tetraetilo de plomo se retiene en el tejido cerebral, donde es desdoblado parcialmente para formar derivados de trietil (Pérez, Z., 1983; Monroy, 1983).

El plomo se elimina del cuerpo a través de la orina, heces fecales y el sudor. El 90% del plomo absorbido se excreta vía heces fecales; del 10% restante, las 3/4 partes son excretadas en la orina (Reilly, 1980; Berman, 1980).

Los síntomas de envenenamiento por plomo son muy conocidos, sin embargo es poco lo que se conoce acerca del efecto crónico que ocurre en el organismo. El mayor efecto está relacionado a cuatro órganos o sistemas: hematopoyético, nervioso, gastro-intestinal y renal (Monroy, 1983).

Muchos de los pasos en la síntesis de hemoglobina son inhibidos por el plomo. Las enzimas más afectadas son: la ácido- delta-aminolevulínico- deshidrogenasa (ALA-D) y la hemosintetasa (hemo-S) aunque otras etapas pueden ser bloqueadas (Reilly, 1980; Berman, 1980).

Durante el proceso de elaboración de los alimentos, éstos pueden ser contaminados por la maquinaria utilizada, los aditivos químicos, el agua de lavado y de preparación y particularmente por los envases metálicos utilizados para su

conservación. Este fenómeno ha recibido mucha atención en fechas recientes y ha dado lugar al desarrollo de tecnologías nuevas para la fabricación de envases metálicos tales como la lata de dos piezas, latas de plástico esterilizables, etc. (Catalá et al., 1983; Ybáñez et al., 1982; Simms, 1983; Velasco et al., 1985).

Metabolismo del Plomo: Es muy probable que durante la gestación haya transferencia de una pequeña cantidad de plomo de la madre al feto. Después del nacimiento, el cuerpo absorbe plomo de los alimentos y del medio ambiente; cerca del 10% del plomo ingerido es absorbido por el tracto gastro-intestinal del adulto. Cantidades mayores, aproximadamente el 35% son absorbidas por niños de 3 a 8 años (Reilly, 1980).

Existen diferentes factores que pueden aumentar la absorción de plomo: bajos niveles de calcio, deficiencia de hierro y dietas altas en carbohidratos pero bajas en proteínas (Catalá et al., 1983).

También se ha observado que el plomo interfiere en los movimientos musculares al reaccionar con el ácido láctico, para formar lactato de plomo, el cual se combina con el fosfato produciendo anomalías en el tejido muscular (Committee of Food Protection, Food and Nutrition Board, 1973)

La medición de la actividad de la enzima (ALA-D) en sangre, proporciona una prueba sensible de la contaminación con plomo, ya que al ser bloqueada baja su actividad (Whanger, 1979).

Cobre

A diferencia del cadmio y plomo, el cobre, es un elemento indispensable para el organismo humano ya que interviene en la síntesis de la hemoglobina y en el sistema de citocromos. Ahora bien, también los elementos indispensables pueden provocar efectos nocivos para el organismo cuando se ingieren en dosis excesivas o se rompe el equilibrio con otros elementos causando una acumulación en los tejidos y órganos. En casos extremos pueden liberarse en la sangre y provocar problemas de hemodiálisis, inhibición de la riboflavinasa, inducción de una deficiencia de hierro, etc., (Noller et al., 1978; Catalá et al., 1982).

Algunas de las anormalidades que se presentan por la acumulación de cobre en el hígado son la enfermedad de Wilson o degradación hepatolenticular; la talassia o anemia mediterránea, hemocromatosis, cirrosis, atrofia amarilla del hígado, tuberculosis y carcinomas (Berman, E., 1980).

Las concentraciones elevadas de cobre en el suero se manifiestan por medio de infecciones, leucemia, hipertiroidismo, hemocromatosis y arteriosclerosis (Reilly, 1980).

Por todo lo anteriormente expuesto es necesario, que en México se establezca un Código que regule el contenido de metales tóxicos en los alimentos, que además de servir como marco de referencia, sea un indicador de los posibles riesgos que representen estos elementos metálicos en la salud pública. El establecimiento de éste Código conlleva la realización de investigaciones relacionadas con los niveles de metales pesados en alimentos de diverso origen, por lo que este estudio pretende hacer una aportación en el caso de la carne de campo producida en la Cuenca del Río Sonora y del Río Altar.

MATERIALES Y METODOS

Material

Las muestras de músculo y vísceras a analizar se tomaron inmediatamente después del sacrificio obteniéndose de cada animal las siguientes porciones:

A.- La muestra de músculo estaba formada por parte del músculo del Diafragma (arrechera) y el músculo Obliquus abdominis internus (gallo).

B.- Un trozo del lóbulo caudal del hígado.

C.- Un riñón entero.

La selección de la parte de los órganos empleados fué en base a la necesidad de maltratar lo menos posible las canales y por comodidad al momento de la toma de la muestra (Lawrie, R, 1979; Sisson, 1979).

Todo el material cárnico muestreado, correspondió a ganado procedente de los rastros municipales de Ures, Baviácora, Aconchi, Banámichi, Arizpe, y Cananea, municipios todos de la Cuenca del Río Sonora (Figura 1).

De la Cuenca del Río de Altar se muestreó ganado sacrificado en Caborca procedente de los municipios de Tubutama, Saric y Oquitoa.

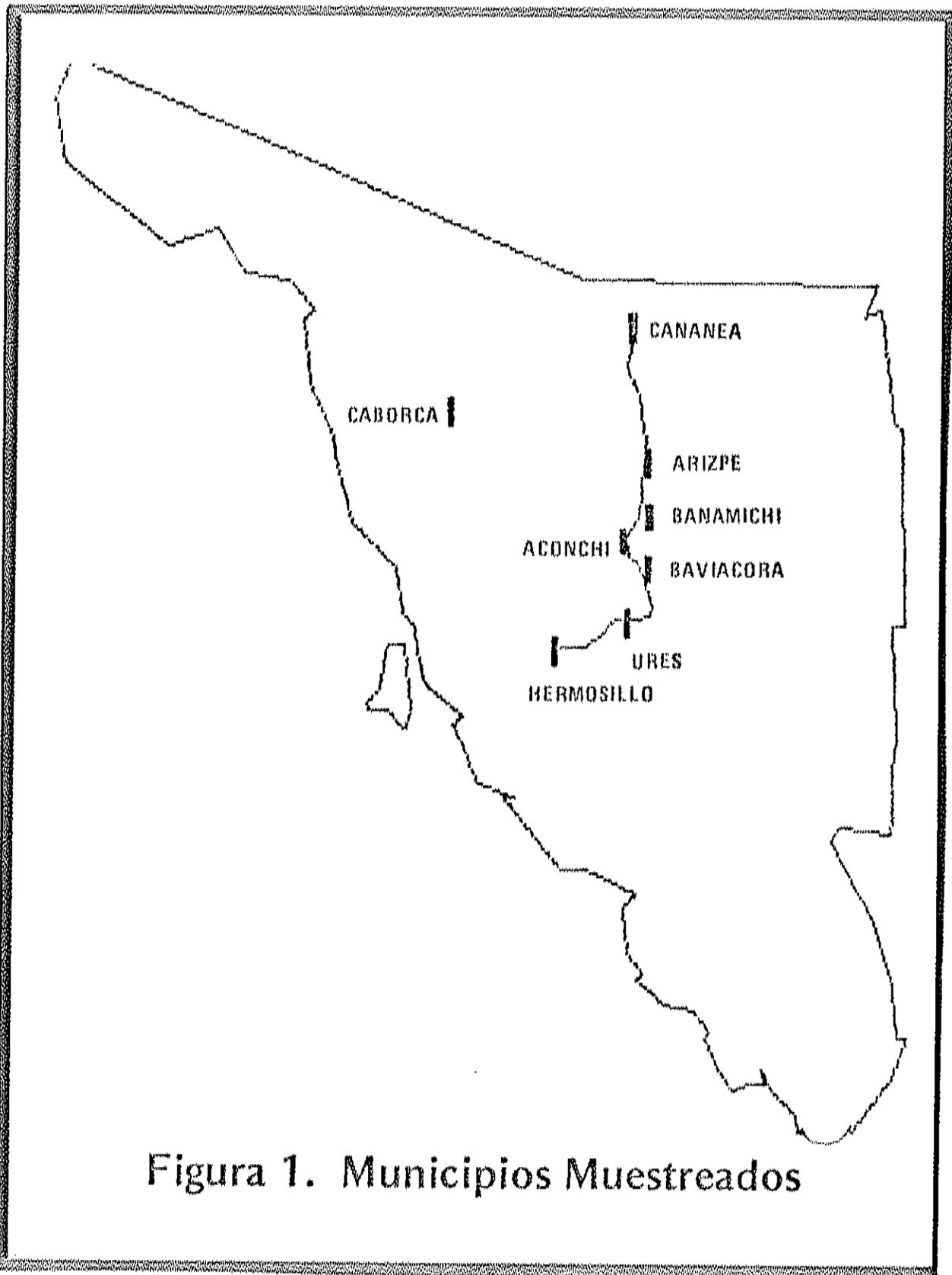


Figura 1. Municipios Muestreados

Muestreo

El trabajo de campo en la cuenca del Río Sonora se realizó durante los meses de Diciembre a Febrero de 1984-85 y de Mayo a Julio de 1985, muestreando un total de 31 reses, recolectando muestras de hígado, riñón y músculo de cada una de las reses y analizando cada uno de los órganos por triplicado, para obtener así un número total de 279 mediciones (Cuadro 1).

Se tomó como marco de referencia la Cuenca del Río Altar, zona de menor actividad minera que la del Río Sonora. Esta zona se muestreó en el mes de septiembre de 1985, recolectando 24 muestras procedentes de 8 reses.

El muestreo se trató de llevarse a cabo siguiendo la Norma establecida por la Dirección General de Sanidad Animal de México. Sin embargo en todos los casos los lotes de animales a sacrificar en un lugar determinado siempre fueron menores de 50 cabezas. De cada res seleccionada se tomaron tres muestras de 450 g. cada una, tanto de músculo como de vísceras. Las muestras se guardaron en bolsas de polietileno debidamente etiquetadas y mantenidas en refrigeración hasta llegar al lugar de trabajo donde se congelaron hasta el momento de ser analizada.

Es importante aclarar que no fué posible mantener continuidad en el muestreo durante el trabajo de campo en la Cuenca del Río Sonora, debido a la variabilidad natural en

Cuadro 1. Ganado Muestreado en los Municipios del Río Sonora y Caborca.

Municipio	Procedencia	Fecha de Sacrificio
<u>Río Sonora</u>	Banámichi	7-Dic-84
	Bacoachi	6-Dic-84
Cananea	Bacanuchi	6-Dic-84
	Bacoachi	6-Dic-84
	Bacoachi	6-Dic-84
	Cananea	7-Dic-84
	Arizpe	23-Enero-85
Cananea	Arizpe	23-Enero-85
	Arizpe	23-Enero-85
Ures	Ures	22-Feb-85
Baviácora	Baviácora	22-Feb-85
Baviácora	Mazocahui	22-Feb-85
Cananea	Banámichi	24-Feb-85
Cananea	Banámichi	24-Feb-85
Cananea	Bacoachi	24-Feb-85
Cananea	Bacoachi	24-Feb-85
Baviácora	Mazocahui	4-Mayo-85
Baviácora	Aconchi	4-Mayo-85
Baviácora	Baviácora	4-Mayo-85
Banámichi	Banámichi	4-Mayo-85
Baviácora	Baviácora	4-Mayo-85
Arizpe	Arizpe	23-Mayo-85
Banámichi	Baviácora	22-Junio-85
Aconchi	Aconchi	22-Junio-85
Cananea	Bacoachi	23-Junio-85
Cananea	Bacanuchi	23-Junio-85
Baviácora	Mazocahui	27-Julio-85
Baviácora	Baviácora	27-Julio-85
Aconchi	Aconchi	27-Julio-85
Cananea	Cananea	31-Julio-85
Cananea	Bacoachi	31-Julio-85
<u>Río Altar</u>	Oquitoa	6-Sep-85
	Tubutama	6-Sep-85
	Saric	6-Sep-85
	Tubutama	7-Sep-85
Caborca	Saric	7-Sep-85
	Tubutama	9-Sep-85
	Saric	9-Sep-85
	Saric	9-Sep-85

la cantidad de ganado sacrificado en los diferentes municipios día con día. Es decir el total de sacrificios en cada uno de los municipios durante el período de estudio, fué diferente.

El sacrificio de ganado depende, entre otras cosas, de la demanda de la carne, de la estación del año (en tiempos de lluvia disminuye y en ocasiones se detiene) y también de los días festivos de cada uno de los municipios. Para el propósito del presente estudio, el tamaño de la muestra no se determinó en función de un diseño estadístico, ya que no era estrictamente necesario. Esto en razón de que el carácter del mismo fué fundamentalmente comparativo, realizado con muestras obtenidas al azar, de ganado proveniente de dos regiones geográficas con distinta actividad minera. Además debe aclararse que el criterio fundamental de muestreo lo constituyó el historial de crianza del ganado sacrificado (Cuadro 2). Es decir, se aseguró por medio de documentos oficiales y de comunicación directa con los introductores de ganado de que se trataba de animales que habían pasado la mayor parte de su vida en la Cuenca de estudio.

Los municipios de la zona de estudio tuvieron características muy diferentes en cuanto al número de animales sacrificados por día y las fechas en que se hacía la matanza. En los municipios del Río Sonora se observó preferencia por los Sábados y Domingos para el sacrificio,

Cuadro 2. Número de Ganado Sacrificado por Mes Durante el Período de Estudio.

Mes	Municipio	No. de Ganado		
		Campo	Muestreado	Total
Diciembre-84	Cananea	320*	6	320
	Arizpe	3*	0	3
	Aconchi	9*	0	9
	Banámichi	3*	0	3
	Baviácora	50*	0	50
	Ures	46*	0	46
Enero-85	Cananea	320*	3	320
	Arizpe	12*	0	12
	Aconchi	3*	0	3
	Banámichi	5*	0	5
	Baviácora	39*	0	39
	Ures	31*	0	31
Febrero-85	Cananea	268*	4	268
	Arizpe	4*	0	4
	Aconchi	6*	0	6
	Banámichi	3*	0	3
	Baviácora	29*	2	29
	Ures	34*	1	34
Mayo-85	Cananea	254*	0	254
	Arizpe	15*	1	15
	Aconchi	8*	0	8
	Banámichi	5*	1	5
	Baviácora	58*	4	58
	Ures	43*	0	43
Junio-85	Cananea	260*	2	260
	Arizpe	14*	0	14
	Aconchi	8*	1	8
	Banámichi	2*	1	2
	Baviácora	39*	0	39
	Ures	42*	0	42
Julio-85	Cananea	276*	2	276
	Arizpe	10*	0	10
	Aconchi	16*	1	16
	Banámichi	9*	0	9
	Baviácora	46*	2	46
	Ures	40*	0	40
Septiembre-85	Caborca	33	8	478
	Tubutama	3	3	3
	Oquitoa	2	1	2
	Saric	4	4	4

*Incluye Ganado Lechero y Ganado Procedente de otros Municipios.

con un horario de 3 a 7 de la mañana. Sin embargo esto no fué constante, ya que se observó que en algunos municipios se llegó a sacrificar cuando se dispuso de ganado independientemente de la hora del día. En Cananea la matanza de ganado se realizó de Domingo a Viernes, iniciando el sacrificio aproximadamente a las 5 de la tarde.

También se observó que por lo general el número de ganado que se sacrificó por día, no fué superior a 5 reses por municipio, con excepción de Cananea y Baviácora en donde se mató ganado de engorda y lechero, proveniente de diferentes partes del estado y en donde el número fué mayor (Cuadro 2). Esta información no se tomó en consideración para la realización del estudio, ya que se muestreó únicamente ganado de campo, criado en la zona estudiada. En Caborca la matanza de ganado se realizó de Lunes a Sábado, de 3 a 7 de la mañana aproximadamente. También aquí se observó, que gran número de animales era ganado de engorda y lechero procedente del sur y del este de Caborca. Por supuesto que tampoco se consideraron para el estudio.

Otro factor importante, que no fué posible controlar, fué la edad del ganado que se sacrificó en cada uno de los municipios durante el período de muestreo. Esto se debió a que, como se mencionó anteriormente el número de reses fué poco numeroso como para hacer un muestreo en base a la edad del ganado. Se observó que la edad del ganado de la Cuenca

del Río Altar fué de 7 a 12 años y el del Río Sonora varió de 2 a 12 años.

Preparación de la Muestra

A las muestras de hígado, riñón y músculo se les eliminó el tejido conectivo y adiposo y se homogenizaron en una picadora eléctrica marca Osterizer (USDA, 1984).

Del homogenizado se tomaron aproximadamente 6 g. de muestra a la que se añadió 2.5 ml de nitrato de magnesio al 50%, aplicando posteriormente una precalcinción con luz de infrarrojo hasta el momento en que las muestras se tornaban grises (aproximadamente 1 hora). Esta operación se realizó con precaución, ya que las muestras estallaban y se proyectaban fácilmente. Esta preparación se realizó por triplicado para cada uno de los órganos muestreados.

Todo el material empleado para la preparación de la muestra, así como para su análisis se lavó previamente con ácido nítrico al 20% y se enjuagó con agua desionizada.

Método de Análisis Cuantitativo

Para la cuantificación de minerales se utilizó la técnica de Noller y colaboradores (1978). Esta técnica consiste básicamente en la destrucción por calor de la mayor parte de la materia orgánica, seguida de una oxidación del material restante, para terminar con una hidrólisis y

solubilización de los minerales, los cuales son posteriormente cuantificados por medio de espectroscopia de absorción atómica.

Esta técnica se modificó adicionando 1 ml de ácido nítrico concentrado durante la predigestión para acelerar la destrucción del material orgánico (Apéndice C).

Equipo Instrumental

Se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica VARIAN AA-1475. El tipo de lámpara y flama utilizados en este estudio fueron: cátodo hueco y aire-acetileno respectivamente. Los parámetros adicionales utilizados se presentan en el Cuadro 3.

Determinación de la Validez del Método

La validez del método fué determinada por medio de la precisión y exactitud, así como por la habilidad repetitiva del operador.

Precisión del Método

Se hicieron varias lecturas sobre una misma muestra y los valores se analizaron estadísticamente.

Exactitud del Método

Se empleó una muestra certificada de hígado de bovino, procedente del Departamento Nacional de Estándares de los Estados Unidos, a la cual se le determinó el contenido de cadmio, plomo y cobre de acuerdo a la técnica establecida.

Análisis Estadístico

En el análisis de los resultados se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov descrita por Wayne (1980), con la cual se determinó la normalidad de los resultados obtenidos y se usó la prueba t-student para hacer la comparación de medias.

Cuadro 3. Condiciones Instrumentales Empleadas en la Determinación de Cadmio, Plomo y Cobre.

Parámetros	Elemento		
	Cadmio	Plomo	Cobre
Rendija (nm)	0.5	1.0	0.5
Corriente de la lámpara (mA)	3.5	1.0	3.5
Longitud de onda (nm)	228.8	217.0	324.7

Fuente: VARIAN, 1979.

RESULTADOS Y DISCUSION

La determinación de la precisión y exactitud del método se efectuó analizando una muestra certificada de hígado de bovino (Bovine liver, National Bureau of Standards, Washington, D. C., Ref., 1577).

Los valores obtenidos respecto al contenido de cadmio, plomo y cobre de la muestra certificada de hígado de bovino (Cuadro 4) se encontraron dentro del rango establecido (Apéndice B). Esto indica que tanto la técnica utilizada, así como la habilidad repetitiva del operador fueron buenas.

Al aplicar la prueba de Kolmogorov-Smirnov en los grupos de datos procedentes de la Cuenca del Río Sonora y de la Cuenca del Río Altar se observó, que estos provienen de una población normal ($p < 0.05$), siendo la D calculada menor a la D tabular.

Los valores de la concentración de cadmio, plomo y cobre en el ganado del Río Sonora se presentan en el Cuadro 5 y 6. En él se observa que la acumulación de minerales fué mayor en el hígado y riñón y menor en el músculo, lo cual concuerda con lo reportado por otros investigadores. Se observó lo mismo en los análisis efectuados en las muestras provenientes de la Cuenca del Río Altar, estos resultados se presentan en los Cuadros 7 y 8.

Cuadro 4. Análisis de la Muestra Certificada
de Hígado de Bovino (NBS SRM 1577).*

	Concentración Establecida** ($\bar{X} \pm SD$)	Número de Determinaciones	Valores Encontrados ($\bar{X} \pm S$)
Cadmio	0.27 \pm 0.04	10	0.25 \pm 0.03
Plomo	0.34 \pm 0.08	10	0.30 \pm 0.04
Cobre	193.0 \pm 10	10	189 \pm 8

* Expresado en ppm con un nivel de significancia del 95%.

** De acuerdo al Departamento Nacional de Estándares de E.U.A.

Cuadro 5a. Concentración Media de Cadmio del Total de Organos Muestreados en el Río Sonora (ppm).**

Origen	Organos		
	Hígado	Riñón	Músculo
Cananea	0.36	2.36	0.19
Cananea	1.10	0.94	0.94
Bacoachi	0.39	8.42*	0.33
Bacoachi	1.00	3.04*	0.18
Bacoachi	0.17	0.98	0.00
Bacoachi	1.10	2.89*	2.38
Bacoachi	0.39	0.93	0.16
Bacoachi	0.44	0.97	0.30
Bacoachi	0.56	1.10	0.32
Bacanuchi	0.56	3.11*	0.32
Bacanuchi	0.17	2.98*	0.00
Arizpe	0.46	4.18*	0.27
Arizpe	1.04	1.01	0.00
Arizpe	0.45	3.82*	0.16
Arizpe	0.33	2.39	0.48
Banámichi	0.51	1.04	0.29
Banámichi	0.17	2.01	0.30
Banámichi	0.55	1.74	0.50
Banámichi	0.61	2.09	0.20
Aconchi	0.51	0.52	0.49
Aconchi	0.00	1.13	0.00
Aconchi	1.03	2.64*	0.96
Baviácora	0.41	0.99	0.20
Baviácora	1.02	4.30*	0.00
Baviácora	0.00	0.50	0.00
Baviácora	0.96	1.05	1.06
Baviácora	0.00	1.05	0.00
Mazocahui	0.34	5.77*	0.00
Mazocahui	0.00	0.00	0.00
Mazocahui	1.06	1.00	0.97
Ures	0.42	3.34*	0.00

Cada Valor Representa el Promedio de tres Repeticiones
 *Valores que se Encuentran por Arriba del Límite Máximo Permitido por Australia.
 **Datos Expresados en Base Húmeda.

Cuadro 5b. Concentración Media de Plomo del Total de Organos Muestreados en el Río Sonora (ppm).**

Origen	Organos		
	Hígado	Riñón	Músculo
Cananea	4.10*	3.48*	3.12*
Cananea	4.56*	4.68*	4.08*
Bacoachi	3.61*	4.90*	4.97*
Bacoachi	1.66*	0.77	1.85*
Bacoachi	1.97*	3.18*	1.01
Bacoachi	5.70*	3.90*	4.36*
Bacoachi	1.83*	2.31*	0.33
Bacoachi	1.54*	1.27	1.17
Bacoachi	2.57*	2.24*	4.53*
Bacanuchi	4.56*	3.81*	4.59*
Bacanuchi	1.97*	2.06*	1.01
Arizpe	1.56*	2.45*	1.92*
Arizpe	3.44*	3.39*	0.00
Arizpe	0.98	2.05*	1.82*
Arizpe	0.83	2.54*	1.64*
Banámichi	6.33*	1.93*	4.27*
Banámichi	2.51*	4.19*	3.51*
Banámichi	1.21	2.32*	1.81*
Banámichi	1.00	2.52*	1.01
Aconchi	1.10	2.26*	0.64
Aconchi	1.30	1.93*	0.70
Aconchi	4.30*	3.00*	4.30*
Baviácora	1.87*	2.62*	2.60*
Baviácora	0.84	1.40	0.50
Baviácora	3.16*	2.77*	3.87*
Baviácora	3.84*	4.39*	4.47*
Baviácora	1.15	0.00	0.48
Mazocahui	2.11*	1.32	0.84
Mazocahui	0.54	0.00	0.00
Mazocahui	4.93*	3.95*	4.08*
Ures	3.54*	1.19	1.18

Cada Valor Representa el Promedio de tres Repeticiones
 *Valores que se Encuentran por Arriba del Límite Máximo Permitido por Australia.

**Datos Expresados en Base Húmeda.

Cuadro 5c. Concentración Media de Cobre del Total de Organos Muestreados en el Río Sonora (ppm).**

Origen	Organos		
	Hígado	Riñón	Músculo
Cananea	13.79	1.57	0.82
Cananea	43.62	2.78	2.66
Bacoachi	3.25	1.21	1.09
Bacoachi	49.27	4.65	2.50
Bacoachi	22.26	4.64	2.77
Bacoachi	24.47	3.52	2.02
Bacoachi	24.60	3.27	1.85
Bacoachi	21.14	2.63	1.34
Bacoachi	62.44	5.08	0.50
Bacanuchi	10.96	2.54	0.86
Bacanuchi	22.26	4.12	2.77
Arizpe	18.79	6.05	3.56
Arizpe	24.41	4.66	0.00
Arizpe	16.28	4.98	2.99
Arizpe	6.61	5.39	4.27
Banámichi	25.86	2.80	1.55
Banámichi	15.28	5.71	5.27
Banámichi	21.05	4.02	2.33
Banámichi	23.28	3.08	2.20
Aconchi	12.51	4.48	2.47
Aconchi	11.00	2.08	1.37
Aconchi	7.18	2.94	1.91
Baviácora	21.76	4.34	2.92
Baviácora	26.83	3.07	3.32
Baviácora	34.59	3.50	1.67
Baviácora	13.22	3.15	1.06
Baviácora	46.37	6.04	2.97
Mazocahui	130.17*	4.11	3.00
Mazocahui	19.28	4.08	3.80
Mazocahui	34.38	2.86	1.95
Ures	18.95	2.67	3.22

Cada Valor Representa el Promedio de tres Repeticiones
 *Valores que se Encuentran por Arriba del Límite Máximo Permitido por Australia.

**Datos Expresados en Base Húmeda.

Cuadro 6. Contenido Promedio de Cadmio, Plomo y Cobre en Músculo y Vísceras de Ganado Bovino de la Cuenca del Río Sonora.*

Elemento	Organo	Rango	X+SD
Cadmio	Hígado	0.00 - 1.10	0.54 _± 0.35
	Riñón	0.00 - 8.42	2.36 _± 1.71
	Músculo	0.00 - 2.38	0.42 _± 0.48
Plomo	Hígado	0.54 - 6.33	2.63 _± 1.51
	Riñón	0.00 - 4.90	2.64 _± 1.21
	Músculo	0.00 - 4.97	2.43 _± 1.58
Cobre	Hígado	3.25 - 130.17	27.39 _± 23.73
	Riñón	1.21 - 6.05	3.79 _± 1.23
	Músculo	0.50 - 5.27	2.41 _± 1.06

* Expresados en ppm (Base Húmeda).

Los resultados obtenidos en el estudio, fueron comparados con las Normas establecidas por el Gobierno de Australia y Canadá.

Si se analizan los resultados individuales, para la región del Río Sonora (Cuadro 5), utilizando la Norma australiana como referencia, se observa que solo una determinación del contenido de cobre en hígado dió resultados mayores al límite establecido. En el caso del cadmio, 11 determinaciones en riñón (11.83%) dieron resultados altos. Los valores obtenidos en plomo excedieron con mayor frecuencia (68.82%) el límite. Ninguno de estos valores rebasó la Norma establecida por Canadá para la concentración de plomo (10 ppm).

En el caso de los resultados obtenidos en la Cuenca del Río Altar (Cuadro 7), ninguna determinación de cobre fué mayor a la Norma de Australia. Para el cadmio solo 2 valores fueron superiores (8.33%) al límite máximo permitido por Australia y para el plomo, el 100% de los valores se encontraron por arriba del estándar. Sin embargo, al igual que en el Río Sonora, en la región del Río Altar los valores obtenidos para el plomo, siempre estuvieron por debajo de la Norma de Canadá.

En el cuadro 6 se puede observar que los promedios del contenido de cadmio y cobre en músculo y vísceras, de las muestras de la Cuenca del Río Sonora, se encuentran

Cuadro 7. Contenido de Cadmio, Plomo y Cobre en el Total de Organos Muestreados en los Municipios de la Cuenca del Río Altar (ppm).**

	Organo	Cd	Pb	Cu
Oquitoa	Hígado	1.00	3.79*	8.56
	Riñón	1.98	3.11*	4.85
	Músculo	0.90	3.96*	2.87
Tubutama	Hígado	1.02	3.22*	57.48
	Riñón	1.65	3.58*	4.29
	Músculo	1.38	3.04*	1.95
Saric	Hígado	0.86	2.93*	43.57
	Riñón	1.01	3.76*	1.85
	Músculo	0.71	5.24*	2.01
Tubutama	Hígado	1.35	3.61*	45.58
	Riñón	1.76	3.45*	14.25
	Músculo	0.72	2.68*	1.97
Saric	Hígado	0.86	4.85*	21.82
	Riñón	3.47*	3.13*	1.82
	Músculo	0.74	2.95*	2.28
Tubutama	Hígado	0.81	3.63*	15.99
	Riñón	1.15	3.38*	3.99
	Músculo	0.55	2.26*	1.96
Saric	Hígado	0.88	3.48*	12.09
	Riñón	2.20	3.92*	3.88
	Músculo	0.68	3.50*	2.96
Saric	Hígado	0.99	3.98*	17.08
	Riñón	3.26*	3.39*	4.84
	Músculo	0.65	2.97*	2.18

Cada Valor Representa el Promedio de Tres Repeticiones.
*Valores que se Encuentran por Arriba del Límite Máximo Permitido por Australia.

**Datos Expresados en Base Húmeda.

Cuadro 8. Contenido Promedio de Cadmio, Plomo y Cobre en Músculo y Visceras de Ganado Bovino de la Cuenca del Río Altar.*

Elemento	Organo	Rango	X±SD
Cadmio	Hígado	0.81-1.35	0.96±0.15
	Riñón	1.01-3.47	2.12±0.84
	Músculo	0.55-1.38	0.78±0.22
Plomo	Hígado	2.94-4.85	3.71±0.54
	Riñón	3.13-3.92	3.47±0.25
	Músculo	2.26-5.24	3.33±0.78
Cobre	Hígado	8.56-57.48	29.20±17.41
	Riñón	1.82-14.25	5.12±3.80
	Músculo	1.95-2.96	2.29±0.39

* Expresado en ppm (Base Húmeda).

Cuadro 8. Contenido Promedio de Cadmio, Plomo y Cobre en Músculo y Vísceras de Ganado Bovino de la Cuenca del Río Altar.*

Elemento	Organo	Rango	X \pm SD
Cadmio	Hígado	0.81-1.35	0.96 \pm 0.15
	Riñón	1.01-3.47	2.12 \pm 0.84
	Músculo	0.55-1.38	0.78 \pm 0.22
Plomo	Hígado	2.94-4.85	3.71 \pm 0.54
	Riñón	3.13-3.92	3.47 \pm 0.25
	Músculo	2.26-5.24	3.33 \pm 0.78
Cobre	Hígado	8.56-57.48	29.20 \pm 17.41
	Riñón	1.82-14.25	5.12 \pm 3.80
	Músculo	1.95-2.96	2.29 \pm 0.39

* Expresado en ppm (Base Húmeda).

dentro de los valores permitidos por el Gobierno de Australia (2.5 ppm para el cadmio y 100 ppm para el cobre).

En la Región del Río Sonora la concentración promedio de plomo tanto en músculo como en las vísceras fué de 2.4 y de 2.6 ppm, respectivamente. Estos resultados fueron superiores a los límites permitidos por el Gobierno de Australia (1.5 ppm).

Respecto a la concentración promedio de minerales en las muestras provenientes de la Región de Altar (Cuadro 8), se presentó un comportamiento similar al observado en el Río Sonora. Esto es, los niveles de cadmio y cobre en músculo y vísceras fueron menores a 2.5 y 100 ppm respectivamente y el plomo fué mayor a 1.5 ppm. Es importante hacer notar, que las muestras de la Cuenca del Río Altar aparecen con una concentración ligeramente mayor, aproximadamente 1 ppm, respecto a la región del Río Sonora en cuanto al contenido de cadmio, plomo y cobre.

Analizando la significancia estadística de las diferencias de promedios se puede decir lo siguiente:

A.- Al comparar los valores obtenidos en cuanto al contenido de cadmio, plomo y cobre en músculo y vísceras, entre la Cuenca de Altar y el Río Sonora, se encontró que la concentración media de cadmio (0.96 ppm) en hígado del ganado de la región del Río Altar fué significativamente mayor ($p < 0.05$) respecto a los valores obtenidos en la región del Río Sonora (0.54 ppm).

B.- Para el caso de las muestras de riñón y músculo no se presentaron diferencias significativas entre ambas regiones ($p < 0.05$).

C.- En cuanto a los niveles de plomo en hígado y riñón (3.71 y 3.47 ppm respectivamente), éstos fueron mayores en la región del Río Altar que en la zona del Río Sonora (2.63 y 2.64 ppm). Sin embargo, al realizar la prueba t-student no se presentó una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las dos regiones, por lo que se puede decir que la concentración de plomo en hígado y riñón es similar en ambas zonas.

D.- La concentración media de plomo en músculo (3.33 ppm) del ganado proveniente de la Cuenca del Río Altar fué significativamente diferente ($p < 0.05$) respecto al de la región del Río Sonora (2.43 ppm).

E.- En lo referente a la concentración promedio de cobre, no se presentó una diferencia significativa ($p < 0.05$) para ninguno de los tres órganos analizados del ganado bovino de ambas regiones.

De acuerdo a estos resultados, no se puede establecer la existencia de una contaminación por cadmio plomo y cobre en el ganado de campo criado en el Río Sonora, originada por los desechos de la mina de Cananea, ya que los valores obtenidos en ambas regiones son muy similares e inclusive mayores en la Cuenca del Río Altar, zona con menor explotación minera. Aunque es posible, que los niveles

obtenidos en esta región sean mayores debido a que el ganado sacrificado en Caborca, por lo general, fué de mayor edad que el ganado sacrificado en la Cuenca del Río Sonora. Puesto que como lo mencionan diferentes autores, la concentración de elementos metálicos en los seres vivos aumenta conforme aumenta la edad, mientras que la capacidad para eliminarlos disminuye. Desafortunadamente, esta hipótesis no fué posible comprobarla ya que en la mayoría de los municipios no se llevó un control sobre la edad del ganado sacrificado.

Sin embargo, como ya se indicó, no se puede asegurar que exista contaminación en la Cuenca del Río Sonora, primero porque son mayores los valores obtenidos en la zona del Río Altar y segundo porque aunque se presenta una diferencia significativa en cuanto al contenido de cadmio, este valor está por debajo de los niveles permitidos por Australia. Con relación al plomo, éste presentó una diferencia significativa entre ambas regiones y los valores para la región del Río Sonora resultaron ser superiores a la Norma de Australia, con una diferencia mínima de 1 ppm y menores a los valores establecidos en la Norma de Canadá (10 ppm).

El contenido de Plomo normado por el código de Australia se da para todos los alimentos en general, a diferencia de los del cobre y cadmio que están especificados para vísceras, lo cual hace cuestionable esta comparación.

Además de esto, ninguno de los datos obtenidos rebasó al valor máximo permitido por el Gobierno de Canadá (10 ppm).

Por el rango que existe (1.5-10 ppm) entre estas dos Normas, al parecer una concentración de 1.5 ppm es demasiado baja para considerarla como el valor máximo que pueda existir en el músculo y vísceras del ganado de esta región de estudio.

Del análisis de estos resultados, también se desprende el hecho de que, aunque por la naturaleza del estudio, no es posible conocer el grado de representatividad del muestreo, la información generada sí puede servir como marco de referencia, en cuanto a la concentración promedio de metales pesados esperados bajo este tipo de condiciones y en alimentos de origen animal.

Aún cuando la finalidad de la investigación, fué la de proporcionar información por medio de un estudio comparativo sobre la calidad de la carne, se espera que los resultados obtenidos en este estudio, sirvan de base para continuar la investigación sobre la presencia de metales pesados en carne y en otros productos por medio de estudios semejantes a éste, en otras regiones del estado y del país. En conjunto, estos estudios pueden llegar a ser lo suficientemente representativos como para integrar sus resultados en una Norma que establezca rangos normativos de concentración de metales en los productos alimenticios.

CONCLUSIONES

En base a la cuantificación del contenido de cadmio, plomo y cobre, en muestras de hígado, riñón y músculo del ganado bovino, procedente del Río Altar así como de la Cuenca del Río Sonora, se llegó a las siguientes conclusiones:

-El contenido de cadmio y cobre en cada uno de los órganos analizados se encontró dentro de los límites establecidos por el Gobierno de Australia.

-La concentración promedio de plomo detectada fué mayor a los límites máximos permitidos en el Código de Australia; sin embargo, para la Norma de otros países como Canadá este valor se encontró dentro de los límites permitidos.

-La concentración de cadmio, plomo y cobre en hígado, riñón y músculo del ganado bovino de la Región del Río Altar, fué ligeramente mayor a los valores determinados para el Río Sonora. No obstante, sólo se observó diferencia significativa ($p < 0.05$) para el cadmio en hígado y plomo en músculo. En el caso del cadmio, los valores observados aunque diferentes, fueron menores a los límites de tolerancia.

- Con este estudio no se demostró que la actividad minera de la Región del Río Sonora, incrementa los niveles de cobre y otros metales tóxicos en el músculo y vísceras del ganado de campo criado en esta zona.

-Por medio de las Normas disponibles para el estudio, como la del Gobierno de Canadá y Australia, se observó la necesidad de establecer un código a nivel nacional que fije las tolerancias de contenido de minerales, en todo tipo de alimentos.

-Se recomienda ampliar tanto el período de muestreo así como las zonas de estudio, analizando por ejemplo , el ganado sacrificado en municipios como Hermosillo, ya que aquí se concentra ganado de todas partes del Estado con menos variación de edad.

-Es necesario continuar la investigación para establecer las posibles fuentes de contaminación del ganado de la Región del Río Sonora, analizando a fondo el medio ambiente en que se desarrolla como el suelo de pastoreo, agua, alimentación, etc..

APENDICE A

Generalidades del Estado de Sonora

Localización

El Estado de Sonora está situado al noroeste de la República Mexicana. Limita al norte con los Estados Unidos, al sureste con el Estado de Sinaloa, al este con Chihuahua y al suroeste con el mar de Cortés. Cuenta con una superficie de 184,932 kilómetros cuadrados. Políticamente se encuentra dividido en 69 municipios (Contreras, 1985).

Clima

En base a las temperaturas imperantes, el Estado se divide según su clima de la siguiente manera: zona cálida desértica, zona subtropical, zona templada y zona fría (Contreras, 1985).

Orografía

Existe un contraste notorio en la topografía del Estado. Por un lado, se encuentran regiones que llegan hasta 2000 metros sobre el nivel del mar en los límites del Estado de Chihuahua, en la parte del fuerte macizo rocoso de la Sierra Madre Occidental. Por otro lado, se alcanza el nivel del mar en los litorales. Las serranías tienen una

orientación sur-sureste y nor-noroeste. Son cadenas de montañas que corren paralelas, de las que se desprenden ramificaciones en distintas direcciones (Contreras, 1985)

Hidrografía

Los principales ríos del Estado son: El Colorado, El Sonora, Mátape, el Yaqui y el Mayo (Campuzano Rivera, 1968).

Actividades Económicas del Estado de Sonora

Las principales actividades económicas en el estado dentro del sector agropecuario, son: la agricultura y ganadería, las cuales contribuyeron en 1980 con el 9.6 y 4.6 % del Producto Interno Bruto (PIB) en el Estado (Camberos et al., 1983).

Las principales funciones de la agricultura son: lograr un adecuado abastecimiento del mercado interno, tanto de los productos para consumo de la población como de los insumos para el sector industrial; y además, el de mantener volúmenes para la exportación (SPP, 1980).

Durante los últimos años se logró incrementar la producción agrícola en el Estado a 3 millones 772 mil toneladas. Esto significó un incremento del 52% con respecto a 1977. Sobresale la producción de trigo, la cual fué de 1 millón 669 mil toneladas en el presente año. Esta

producción representó el 40% de la producción nacional (Camberos et al.,1983; Sexto Informe de Gobierno, 1985).

En cuanto a su infraestructura, las tierras se dividen en cultivos de riego que comprenden 825 mil hectáreas y en cultivos de temporal con un total de 140 886 hectáreas, lo cual representa el 18.6% de las tierras de labor (Camberos et al.,1983).

La importancia de la ganadería radica en que es una actividad clave en la generación de productos alimenticios básicos, así como de productos para uso industrial y no tanto por su aporte al Producto Interno Bruto (SPP,1980).

La actividad ganadera presenta diversos patrones de desarrollo, debido tanto a factores ecológicos como a influencias del mercado (SPP,1980).

La ganadería la desarrollan 18,368 rancheros sobre una superficie de 16 millones de hectáreas de las 18.5 millones que conforman el Estado. En la explotación predomina el tipo de ganadería extensiva (Sexto Informe de Gobierno, 1985).

En 1984 la población de ganado fué de 1,730,233 millones, de la cual 104,886 se exportó a E.U.A., y 82,001 a otros Estados de la República (Sexto Informe de Gobierno, 1985).

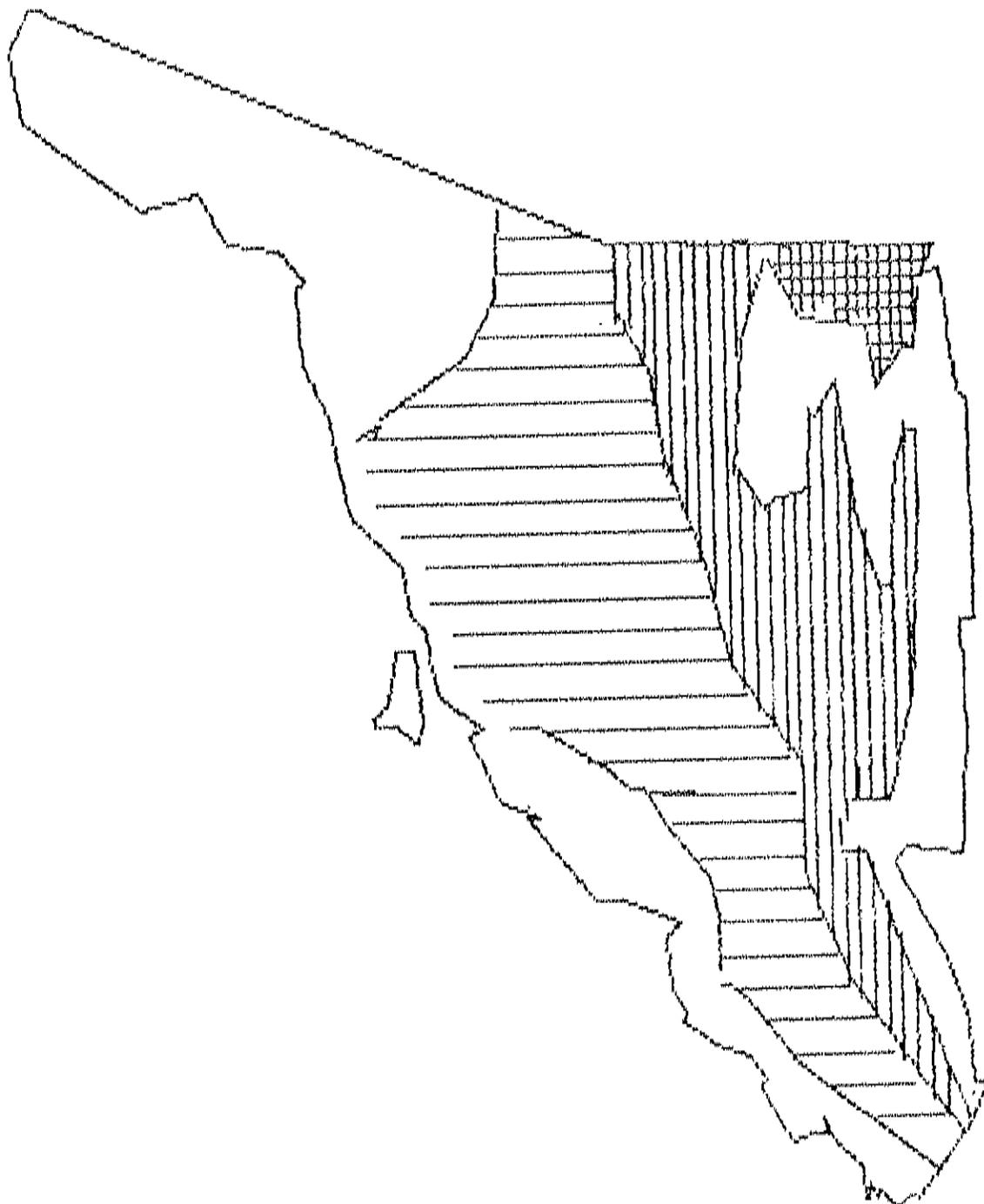


Figura 2. Principales Zonas Ganaderas
del Estado de Sonora.

Además, se sacrificaron 211,306 cabezas de ganado, de las cuales 102,045 fué ganado de campo y 109,261 ganado de engorda, produciéndose 66,500 toneladas de carne (Sexto Informe de Gobierno, 1985).

En el consumo de carne de bovino por persona se ha observado una disminución, debido a la pérdida del poder de compra de grandes núcleos familiares y este fenómeno está repercutiendo en el proceso productivo de la carne (Sexto Informe de Gobierno, 1985).

Por otra parte, en las zonas rurales mas densamente pobladas, la agricultura ha competido con la ganadería por el uso de los recursos. Esta última ha sido desplazada poco a poco hacia áreas de mayor capacidad forrajera, sobre todo en lo que se refiere a la ganadería productora de carne (SPP,1980).

Otra de las actividades económicas dentro del sector industrial es la minería, la cual contribuye con el 7.4% del Producto Interno Bruto (PIB) (Sexto Informe de Gobierno, 1985).

La minería es una actividad muy importante en la economía del Estado. Proporciona materias primas básicas para el desarrollo industrial, genera ingresos fiscales, empleos y es fuente de divisas para el país (Sexto Informe de Gobierno, 1985).

En el Estado se han reconocido cerca de unas 30 manifestaciones de mineralización de estilo pórfido

cuprífero. La concentración de los yacimientos existe en dos zonas bien definidas: en el norte del Estado siguiendo una franja sensiblemente orientada N 50W que agrupa 9 yacimientos y en el centro del Estado, en el cuadrante que comprende los paralelos 28 grados y 28 grados 30 segundos de latitud norte y los meridianos 109 grados y 110 grados de longitud Oeste con un total de 14 yacimientos. El resto de los depósitos están esparcidos de diferentes maneras: entre Huépac y Moctezuma están las brechas Washington, Cobre Rico, La Verde y San Judas; en Opodepe está El Crestón; muy al Oeste del Estado se ubica Fortuna del Cobre y cerca de Alamos, en el sur, se localiza el depósito de Piedras Verdes (Pérez Segura, 1985).

La minería abarca 3 aspectos importantes en el Estado, como son: la explotación de minerales metálicos, la explotación de rocas y minerales no metálicos y la explotación de agua subterránea (INEGI, 1984).

De los minerales metálicos que se explotan, el cobre y el molibdeno, ocupan el primer lugar, sus principales yacimientos se localizan en las áreas de Cananea, Nacozari y Cumpas. En cuanto al zinc, plomo, tungsteno, plata y oro, aunque importantes, su explotación es en menor escala. De los no metálicos, el grafito hace que el Estado sea una de las regiones con mayor producción en el Continente Americano. Asociados a este mineral, se encuentran mantos de carbón antracítico y sus principales yacimientos se

localizan en las proximidades de San Marcial, San Javier, Tónichi y Tecoripa. Entre las rocas existentes, la caliza es la que representa una mayor utilidad económica para la industria, por ser ésta la materia prima en la fabricación de cemento y cal (INEGI, 1984).

Dadas las características hidrográficas de la región, el agua subterránea desempeña un papel primordial en el desarrollo agrícola, industrial, urbano y ganadero. Por lo que es de vital importancia racionalizar su consumo y evitar dentro de lo posible su contaminación y agotamiento (INEGI, 1984).

La industria minera sonorenses observó en estos últimos seis años un crecimiento sin precedentes (actualmente existen 238 minas registradas y 19 plantas de beneficio). Existen dos grandes complejos mineros cupríferos: Mexicana del Cobre en Nacozari y Compañía Minera de Cananea. El primero produce, por día, 72,000 toneladas de cobre metálico y el segundo, 38,000. Ambos colocan a nuestro país en el quinto lugar de producción mundial de cobre (Sexto Informe de Gobierno, 1985; Pérez Segura, 1985; Dirección de Minería y Energéticos, 1985).

Cuenca del Río Sonora

Las cuencas de mayor importancia en el Estado son el Mayo, Yaqui, Río Sonora, Altar y Magdalena.

La cuenca del Río Sonora la conforman los siguientes municipios: Hermosillo, Ures, Baviácora, Aconchi, Huépac, Banámichi, Arizpe, Bacoachi y Cananea hasta llegar al Ojo de Arvallo (Figura 1).

El Colegio de Sonora divide la cuenca del Río Sonora en 3 zonas de acuerdo a las prácticas agropecuarias y a la altitud de esta región de estudio.

La primera zona abarca de Hermosillo a Puerta del Sol, la altitud varía de los 200 a 420 metros sobre el nivel del mar, respectivamente. Las poblaciones comprendidas son: Hermosillo, San Pedro El Saucito, El Tronconal, San Francisco de Batuc, Guadalupe, Ures, San Pedro y Puerta del Sol (García et al., 1985).

En esta área se tiene la particularidad de que crece zacate buffel y en menor medida, praderas de rye-grass y siembra de sorgo (García et al., 1985).

Es notable la existencia de becerros cebú, hereford y otros provenientes de cruces con criollo. También se observan algunos sementales cebú, sin embargo predominan los becerros (García et al., 1985).

En esta zona se realiza la preengorda y engorda de becerros y novillos. Existe una buena cantidad de casos en los cuales se aprecia la coexistencia de animales adultos con becerros (García et al., 1985).

La actividad minera en esta región se realiza principalmente a los alrededores de Hermosillo, existiendo 7

minas de importancia: tres de tungsteno, una de plata (con productos secundarios de plomo, zinc y cobre) y otra mina de fierro. También se encuentra instalada una planta de beneficio la cual concentra oro, plata y plomo (Dirección de Minería y Energéticos, 1985; Pérez Segura, 1985).

El segundo espacio se encuentra entre Puerta del Sol y Tetuachi, la altitud varía de 420 a 750 metros sobre el nivel del mar, respectivamente. Las poblaciones que pertenecen a esta área son: Mazocahui, Baviácora, Aconchi, Huépac, Banámichi y Tetuachi (García et al., 1985).

Esta área tiene la peculiaridad de tener una agricultura de vega altamente intensiva. Es una agricultura orientada hacia la producción de cultivos forrajeros. Sobresalen las praderas de rye-grass y la combinación de cebada, trébol, alfalfa y sorgo. En estas praderas pastorea directamente el ganado bovino (García et al., 1985).

En esta zona se practica una ganadería dual, pero no de doble propósito, es decir coexisten dos tipos de hato: el de carne y el lechero, separadamente (García et al., 1985).

El primero se encuentra compuesto por animales finos como hereford, charolais, brangus y cruza de criollos con los anteriores. Pero siempre predominan las características del animal de raza (García et al., 1985).

En cuanto a la composición del hato, predominan novillos y becerros. Aquí se presenta una modalidad distinta en el proceso de preengorda. En algunos casos se puede

observar que coexisten vacas adultas de desecho y con destino a los rastros de la región (García et al., 1985).

Por lo que respecta al ganado lechero se aprecia que se trata de una cuenca lechera de reciente creación (García et al., 1985).

Además en esta zona se encuentran 13 minas registradas y se practica el gambuseo, de donde se extrae plomo, oro, plata, zinc y cobre principalmente. En este lugar están instaladas 2 plantas de beneficio; una en Tetuachi y la otra en San Felipe (Pérez Segura, 1985; Dirección de Minería y Energéticos, 1985).

Por lo que respecta a la tercera zona, ésta queda comprendida entre los poblados de Arizpe y Cananea, su altitud varía de los 750 a los 1400 metros sobre el nivel del mar, respectivamente. En ella persiste, aunque en menor escala, la siembra de cultivos forrajeros en vega, como alfalfa y rye-grass, pero aquí hay mayor equilibrio con cultivos de hortaliza. También en esta parte se encuentran razas exclusivas de carne y se observa mayor pureza en los hatos, hereford, charolais y brangus. Nuevamente predominan los becerros y novillos (García et al., 1985).

En esta parte de la cuenca del Río Sonora se localizan las minas más grandes de la región, están registradas 8 minas y 1 planta de beneficio. Los principales minerales

que se extraen son el cobre, oro, plata, zinc y molibdeno (Pérez Segura, 1985; Dirección de Minería y Energéticos de Sonora, 1985).

Cuenca del Río Altar

En el Estado de Sonora existen algunas regiones que por diversas circunstancias no han tenido el mismo desarrollo que otras. Una de ellas es la Cuenca del Río Altar localizada en el noroeste del Estado, cuenta con una superficie de 8,009.7 kilómetros cuadrados que comprende los municipios de Altar, Oquitoa, Atil, Tubutama y Saric. El clima es extremoso, con un territorio en gran parte desértico o montañoso (IIESNO, 1980).

La vegetación consiste en mezquites, huizachis, cactáceas y ágaves. Su suelo es del tipo chernozem, con poca materia orgánica, alcalino y salitroso. En la parte desértica se encuentran los Valles de San Luis Río Colorado y de Caborca (IIESNO, 1980).

La altitud de la región varía de los 390 metros en Altar, hasta los 683 metros sobre el nivel del mar en Tubutama, siendo la altura promedio de 549.4 metros sobre el nivel del mar (IIESNO, 1980).

Las actividades económicas de esta región no están muy diversificadas. El sector agropecuario constituye la actividad productiva más importante de la Cuenca del Río

Altar, teniendo como limitante el recurso del agua (IIESNO, 1980).

Por lo que respecta a la agricultura, ésta se lleva a cabo sobre una superficie de 10,987 hectáreas de las cuales 8,279 hectáreas son de riego y 2,708 hectáreas corresponden a tierras de temporal. Los principales cultivos de la región son de trigo, sorgo, maíz, algodón, frijol y cártamo (IIESNO, 1980).

La ganadería se practica sobre una superficie de 740,029.8 hectáreas, el sistema de explotación es de tipo extensivo, siendo la cría de ganado bovino bajo pastoreo libre (IIESNO, 1980).

Respecto a la composición del hato predomina el ganado criollo cruzado, criollo corriente y hereford, pero sobresalen los dos primeros. En esta región se practica la preengorda de becerros (IIESNO, 1980).

Esta actividad es la más importante para los pobladores de la región, ya que se efectúa con el objeto de vender becerros al destete para exportación a los Estados Unidos (IIESNO, 1980).

Sin embargo, esta actividad ha tenido un estancamiento en los últimos años debido principalmente al sobrepastoreo, lo cual ha provocado la erosión de los terrenos. Además se tienen dificultades en su comercialización, lo que hace más grave la situación, puesto que no se cuenta con las condiciones necesarias para mantener el ganado en esta región por

períodos indeterminados, siendo necesario que en la mayoría de los casos tengan que salir para su venta a otras regiones del Estado (IIESNO, 1980).

El sector industrial de la región es de condiciones limitadas ya que no existe una diversificación de productos industriales (de tipo extractivo, transformación y otros). La mayoría de ellas se realizan en muy baja escala (IIESNO, 1980).

La región cuenta con un importante potencial de recursos mineros (existen 5 minas importantes) en los cinco municipios. Los principales minerales que se han localizado son los siguientes: oro, plata, cobre, plomo, manganeso, tungsteno y yeso. Además se encuentran grandes yacimientos de caliza y arcilla (IIESNO, 1980; Pérez Segura, 1985).

Existen 108 concesiones para explotación en la región, sobre una superficie de 10,536 hectáreas. No obstante que se tiene una gran cantidad de recursos mineros, su explotación se encuentra muy poco desarrollada y a niveles muy deficientes, únicamente se explotan 18 concesiones: 6 en Altar, 2 en Atil, 2 en Oquitoa y 8 en Saric (IIESNO, 1980).

APENDICE B

TECNICA PARA LA CUANTIFICACION DE CADMIO, PLOMO Y COBRE EN LA MUESTRA CERTIFICADA (SRM 1577).

El hígado de bovino se debe mantener en un desecador protegido de la luz y a temperatura de 10 a 30 grados centígrados.

El estándar se seca en una estufa de vacío a una temperatura que no exceda de los 50 grados centígrados y a una presión de 0.2 milímetros de mercurio durante 12 horas.

Para el análisis de la muestra certificada se pesa una cantidad mínima de 250 miligramos del material seco y se procede a la cuantificación de cadmio, plomo y cobre según la técnica establecida (National Bureau of Standards Certificate of Analysis, 1977).

APENDICE C

TECNICA ANALITICA MODIFICADA PARA CUANTIFICAR CADMIO, PLOMO Y COBRE (NOLLER ET AL, 1978)

En esta técnica se utilizan crisoles los cuales deben ser lavados previamente con ácido nítrico al 20%, y enjuagados con agua desionizada. Posteriormente se colocan dentro de una estufa a 110 grados centígrados e inmediatamente después son transferidos a una mufla a 750 grados centígrados por toda la noche, y finalmente se dejan enfriar y se pasan a un desecador.

Una vez tratados previamente los crisoles, se añade la cantidad de muestra necesaria para la determinación de minerales, la cual se somete a un pretratamiento térmico especificado en Materiales y Métodos (Perkin-Elmer, 1973).

Al residuo seco se le añade 1 ml de ácido nítrico concentrado; se evapora a sequedad y se pasa a una mufla donde se incrementa la temperatura gradualmente hasta llegar a 450 grados centígrados (se recomienda incrementos de 50 grados centígrados) manteniendo esta temperatura durante 18 horas (toda la noche). A las cenizas obtenidas se les adiciona 5 ml de agua desionizada y 1 ml de ácido sulfúrico concentrado. Posteriormente la solución se transfiere a un vaso de precipitado 250 ml lavando el recipiente con 1 ml de

ácido sulfúrico concentrado y después con agua desionizada. A la solución obtenida se le adiciona de 2-3 ml de agua oxigenada al 50% y se lleva a la parrilla para evaporar el agua. Cuando aparecen los vapores de ácido sulfúrico se deja enfriar e inmediatamente después, se añaden porciones separadas de 5 ml de agua oxigenada al 50% (calentando y enfriando cuando aparecen los vapores de ácido sulfúrico) hasta consumir un total de 50 ml.

La solución se calienta hasta que se eliminen los vapores de ácido sulfúrico, se enfría y se añade 10 ml de ácido clorhídrico concentrado. Posteriormente se evapora casi a sequedad y se añade 10 ml de ácido clorhídrico 2M se calienta por 2 minutos, se filtra (papel whatman No 44) y el residuo se lava 3 veces con ácido clorhídrico 2M caliente, se enfría y se afora a 50 ml con ácido clorhídrico 2M.

Esta solución se guarda en un recipiente de plástico para posteriormente leer su concentración en el espectrofotómetro de absorción atómica.

Adicionalmente se prepara un blanco reactivo siguiendo la misma técnica.

Preparación de Soluciones Patrón

Como la cuantificación de minerales se llevó a cabo por medio de espectroscopía de absorción atómica, fué necesario preparar soluciones patrón de cadmio, plomo y cobre de 1000

ppm para cada una. La forma en que se preparó cada una de ellas fué de la siguiente manera:

-La solución contenida en la ampolleta se disuelve en un matraz volumétrico de 1 Lt con agua desionizada. A partir de esta solución se preparan diferentes diluciones en ácido clorhídrico 2M. El número de diluciones que se haga de cada una de las 3 diferentes soluciones va a depender de la concentración que tenga la muestra y de la curva típica del elemento (VARIAN, 1979).

APENDICE D

CONSEJO NACIONAL DE SALUD E INVESTIGACION MEDICA

COMITE DE ESTANDARES EN ALIMENTOS

AUSTRALIA, Abril 1980

1- Los alimentos que están especificados en la columna II del Cuadro 9, no deberán contener ningún metal o compuesto que no esté especificado en la columna I. La concentración máxima permitida se encuentra en la columna III.

2- Cuando los alimentos se encuentran enlatados, la concentración máxima permitida se refiere al contenido total tanto del recipiente como del alimento. Para propósito de análisis se deberá tomar una muestra representativa.

3- La concentración de metales especificados en esta Norma se refiere a la porción del alimento tal como es normalmente consumido.

4- Para el propósito de esta Norma antimonio, arsénico y selenio son considerados como metales.

5- Los alimentos sólidos enlistados en esta Norma comprenden alimentos tipo gel y semi-sólido, pero excluye bebidas y alimentos líquidos.

6- Los alimentos líquidos comprenden alimentos líquidos congelados.

7- El término bebidas y alimentos líquidos comprende: jugos de frutas, bebidas de frutas, leche y bebidas alcohólicas.

8- Las concentraciones máximas de metales en alimentos que se especifican en esta Norma, se aplican también a alimentos secos, deshidratados o concentrados, siempre y que estos hayan sido reconstituidos de acuerdo a las instrucciones de la etiqueta.

Cuadro 9. Valores Máximos Permitidos en Alimentos por el Gobierno de Australia*.

Columna I	Columna II	Columna III
Metal	Alimentos	Concentración Máxima Permitida en Alimentos (mg/Kg)
Antimonio	Bebidas y alimentos líquidos.	0.15
	Todos los demás alimentos.	1.5
Arsénico	Bebidas y alimentos líquidos.	0.1
	Hígado de pollo.	2.0
	Todos los demás alimentos.	1.0
	A menos que los niveles de arsénico inorgánico en pescado, crustáceos y moluscos no exceda de 1.0 mg/kg. No se requiere de un límite para el arsénico ligado orgánicamente a estos alimentos.	
Cadmio	Bebidas y alimentos líquidos.	0.05
	Fibra.	0.2
	Pescado y productos de pescado.	0.2
	Desechos comestibles; vísceras, etc.	2.5
	Moluscos y productos de moluscos.	1.0
	Germen de trigo.	0.2
	Todos los demás alimentos.	0.05
Cobre	Bebidas y alimentos líquidos.	5.0
	Desechos comestibles, diferentes al hígado de bobino.	100.0
	Cocoa y productos de cocoa.	50.0
	Hígado de bovino.	200.0
	Moluscos.	70.0
	Todos los demás alimentos.	10.0
Plomo	Bebidas y alimentos líquidos.	0.2
	Fibra.	2.5
	Pescado en recipientes estañados.	2.5
	Jugo de frutas y bebidas de frutas.	2.5

Cuadro 9. (Continuación).

Columna I	Columna II	Columna III
Metal	Alimentos	Concentración Máxima Permitida en Alimentos (mg/Kg)
	Alimentos infantiles en recipientes diferentes a los estañados.	0.3
	Alimentos infantiles en recipientes estañados (excepto leche, leche condensada y productos lácteos líquidos).	0.8
	Carne en recipientes estañados.	2.5
	Leche, leche condensada y productos lácteos en recipientes estañados.	0.3
	Moluscos.	2.5
	Productos del tomate en recipientes estañados.	2.5
	Vegetales.	2.0
	Germen de trigo.	2.5
	Todos los demás alimentos.	1.5
Mercurio	Pescado, crustáceos, moluscos y productos de pescado fresco y enlatados.	0.5
	Todos los demás alimentos.	0.03
Selenio	Bebidas y alimentos líquidos.	0.2
	Desechos comestibles; vísceras.	2.0
	Todos los demás alimentos.	1.0
Estaño	Espárragos enlatados.	250.0
	Frutas enlatadas.	250.0
	Jugo de frutas enlatadas.	250.0
	Ejotes enlatados.	250.0
	Productos de tomate enlatados.	250.0
	Cualquier otro alimento empacado en recipientes estañados.	150.0
	Alimentos empacados en recipientes no estañados.	50.0
Zinc	Bebidas y alimentos líquidos.	5.0
	Ostiones.	1000.0
	Todos los demás alimentos.	150.0

* De acuerdo al Comité de Estándares en Alimentos, Australia, 1980.

Cuadro 10. Valores Máximos Permitidos en Alimentos por el Gobierno de Canadá*.

Elemento	Alimento	Límite Máximo Permitido (mg/Kg)
Arsénico	Jugo de manzana, sidra, vino.	0.2
	Bebidas consumidas como agua, agua mineral.	0.1
	Desechos de carne.	1.0
	Proteína de pescado.	3.5
	Jugos de frutas.	0.1
Fluor	Desechos de carne.	650.0
	Proteína de pescado.	150.0
Plomo	Jugo de manzana, sidra y vino.	0.5
	Agua y agua mineral.	0.2
	Desechos de carne.	10.0
	Leche evaporada, condensada y fórmulas infantiles concentradas.	0.15
	Proteína de pescado.	0.5
	Jugo de frutas.	0.2
	Comidas infantiles preparadas.	0.08

* De acuerdo al Comité de Estándares en Alimentos, Canadá 1980.

BIBLIOGRAFIA

- Agarwal, L., Seth, T., Satiga, N., Hsan, M. (1979). Combined Effect of Lead and Cadmium on Liver, Kidney and Brain Levels of Copper, Manganese and Zinc in Mice. Industrial Toxicology Research Center, Lucknow, India. p. 717-724.
- Andersson, K., Elinder, G., Hogstedt, C., Kjellstrom, T., Spang, G. (1984). Mortality Among Cadmium and Nickel-Exposed Workers in a Swedish Battery Factory. Toxicological and Environmental Chemistry. Vol. 9:53-62.
- Ayala, F. (1973). Extracción de Cobre por Solventes a Partir de Soluciones Procedentes de Lixiviación de Minerales de Baja Ley en la Compañía Minera de Cananea, S.A. Tesis. UNISON, México. p. 2-9.
- Berman, E. (1980). Toxic Metals and Their Analysis. Heyden and Son Ltd. Londres, Inglaterra. p. 65-68, 88-94.
- Camberos, C., Aguilar, M., Valenzuela, J. y Sandoval, S. (1983). La Fuerza de Trabajo en una Región, Sonora y el Municipio de Hermosillo, tomo 1. Reporte Técnico, CIAD, A.C. Hermosillo, Sonora. p. 69-79.
- Campuzano Rivera, A. (1968). Historia Económica de Sonora, su Problemática. Tesis. UNAM, México. p. 18-21, 34-35, 81-105.
- Catalá, R., Montoro, R. y Ybáñez, N. (1982). Contaminación por Metales Pesados de los Productos Cárnicos. Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment. 23(2):202-216, Valencia, España.
- CEC: Commission of the European Communities (1979). Criteria (Dose/Effect Relationships) for Cadmium. CEC pergamon press. p. 32-36.
- Combs, D., Goodrich, R., Meiske, J. (1983). And Tissue Mineral Concentrations in Rats and Goats. J. of Animal Science. 56(1):184-193.
- Committee of Food Protection, Food and Nutrition Board. (1973). Toxicant Occurring Naturally in Food. Editor National Academy of Science, 2da ed. E.U.

- Contreras Astiazarán, B. (1985). El Efecto de los Precios Sobre el Cambio del Patrón de Cultivos en el Estado de Sonora. tesis. ITAM, México. p. 36-39.
- Dirección General de Sanidad Animal. Boletín: Programa de Control de Residuos Tóxicos, Biológicos y Contaminantes.
- Galavíz, S. (1984). Evaluación de la Concentración de Metales Pesados en Agua y Muestras Biológicas en la Población del Río Sonora. CIAD, A. C. Reporte Interno.
- García, G. y Chávez, T. (1985). Río Sonora I. Reporte Interno. Colegio de Sonora. p. 15, 21-25.
- González, A., Esquivel, H. (1982). Evaluación del Contenido Metálico en Vinos Mexicanos por Espectrofotometría de Absorción Atómica. Rev. Tecnol. Aliment. XVII(5):18-21. México.
- DIMIGEE: Dirección de Minería y Energéticos. (1985). Principales Plantas de Beneficio Instaladas en Sonora. Reporte Interno.
- Ibarra, L. (1891). Elaboración de un Programa para la Cuantificación de Metales Pesados en Ganado de Engorda. CIAD, A. C. Reporte Interno.
- IIESNO: Instituto de Investigación y Estudios Superiores del Noroeste, A.C. (1980). Plan de Desarrollo Integral de la Región Cuenca del Río Altar. Reporte Técnico. Hermosillo, Sonora. p. 2, 4, 110-126, 173-183, 205-219.
- INEGI: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (1984). Anuario Estadístico de Sonora, 1984, Tomo I.
- INEGI: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (1984). Anuario Estadístico de Sonora, 1984, Tomo II.
- Kirkpatrick, C., Coffin, E. (1975). Trace Metal Content of Various Cured Meats. J. Sci. Fd. Agric. Vol. 26. p. 43-46.
- Kramer, H. L., Steiner, J. W., and Vallely, P. J. (1983). Trace Element Concentration in the Liver, Kidney, and Muscle of Queensland Cattle. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 30:588-594. Australia.

- Lawrie, R., A. (1979). Meat Science. Pergamon Press. 3ra ed. p. 42-44.
- López Gasson, E. (1985). Comunicación Directa.
- Monroy, J. (1983). Toxicología Ambiental: Algunos Contaminantes de las Aguas. (Cuadernos Universitarios, 7). México, Universidad Autónoma de Baja California Sur. p. 8-18.
- Montoro, R., Ybáñez, N. y Catalá, R. (1982). Contenido en Cadmio de Conservas Vegetales. Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment. 22(2): 265-270, Valencia, España.
- National Bureau of Standards Certificate of Analysis. (1977). Standard Reference Material 1577. Bovine Liver. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C.
- National Health and Medical Research Council: Food Standards Committee. Appendix XV (Abril 1980), Australia.
- Noller, B. N., and Bloom, H. (1978). Methods of Analysis for Major and Minor Elements in Foods. J. of Food Technology in Australia. January. p. 11-23.
- Pérez Segura, E. (1985). Carta Metalogenética de Sonora 1:250,000. Publicación #7. Gobierno del Estado de Sonora, Hermosillo, Sonora. p. 1,14,16, H12-2, H12-3, H12-4, H12-5, H12-6, H12-8, H12-9, H12-10, H12-11, H12-12, G12-3, G12-6, I12-10.
- Pérez Zapata. (1983). La Contaminación por Plomo en Coatzacoalcos. Rev. Ciencia y Desarrollo. Sep-Oct. IX(52): 80-86. CONACyT, México.
- Perkin-Elmer. (1973). Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry: Analysis of Meat and Meat Products. p. FP2,3. Connecticut, U. S. A.
- Reilly, Conor. (1980). Metal Contamination of Food; The Individual Metals Applied Science Publishers. p. 85-103, 116-122, 123-130. Londres, Inglaterra.
- Sexto Informe de Gobierno. (1985). Sonora 1979-1985. Publicación del Gobierno del Estado de Sonora. p. 61-66, 55-60.
- Sexto Informe de Gobierno. (1985). Anexo Estadístico Histórico de Sonora 1979-1985. p. 61-66, 55-60, 48-51.

- Simms, W. C. (1983). The Packaging Encyclopedia, Cahners Publishing Co. Denver, Co. USA.
- Sisson, S. (1977). Anatomía de los Animales Domesticos. ed. Salvat, cuarta edición, Barcelona, España. p. 452-456.
- SPP: Secretaría de Programación y Presupuesto (1980). Las Actividades Económicas en México, Tomo III.
- Smith, B. L. (1984). Food Standards and Controls-A Necessity for Export Canada's Role in International Food Trade. Presented at IFT 84 June 13, 1984- Anaheim, California.
- USDA: U.S. Department of Agriculture (1984). Determination of Trace Elements in Animal Tissue by Atomic Absorption Spectrophotometry. San Francisco, CA.
- USDA: U.S. Department of Agriculture. Domestic Species Monitoring Program. p. attachment C, B.1, B.2.
- VARIAN. (1979). Analytical Methods for Flame Spectroscopy. Publication No. 85-100009-00, Australia. p. 10, 14, 39.
- Valle, V. y López, C. (1982). Determinación de Plomo en Cebolla y Lechuga Consumida en el Distrito Federal, Rev. Tecnol. Alimentos. XVII(4):4-10. México.
- Velasco, G., Echavarría, A. (1985). Influencia de la Vida de Anaquel en el Contenido de Plomo en Chiles Jalapeños. Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica, México.
- Velasco, G., Vargas, L., Echavarría, A. (1985). Contenido de Plomo en Chiles Jalapeños. Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica, México.
- Wayne, W. D. (1980). Bioestadística. Base para el Análisis de las Ciencias de la Salud. México, Ed. Limusa. p.374-377, 464.
- Whanger. (1979). Cadmium Effects in Rats on Tissue Iron, Selenium, and Blood Pressure; Blood and Hair Cadmium in Some Oregon Residents. Environmental Health Perspectives. vol. 28:115-121.
- Ybáñez, N., Montoro, R., Catalá, R., y Flores, J. (1982). Contenido en Cadmio, Plomo y Cobre de Productos Cárnicos. Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment. 22 (3): 419-425. Valencia, España.

- Simms, W. C. (1983). The Packaging Encyclopedia, Cahners Publishing Co. Denver, Co. USA.
- Sisson, S. (1977). Anatomía de los Animales Domesticos. ed. Salvat, cuarta edición, Barcelona, España. p. 452-456.
- SFP: Secretaría de Programación y Presupuesto (1980). Las Actividades Económicas en México, Tomo III.
- Smith, B. L. (1984). Food Standards and Controls-A Necessity for Export Canada's Role in International Food Trade. Presented at IFT 84 June 13, 1984- Anaheim, California.
- USDA: U.S. Department of Agriculture (1984). Determination of Trace Elements in Animal Tissue by Atomic Absorption Spectrophotometry. San Francisco, CA.
- USDA: U.S. Department of Agriculture. Domestic Species Monitoring Program. p. attachment C, B.1, B.2.
- VARIAN. (1979). Analytical Methods for Flame Spectroscopy. Publication No. 85-100009-00, Australia. p. 10, 14, 39.
- Valle, V. y López, C. (1982). Determinación de Plomo en Cebolla y Lechuga Consumida en el Distrito Federal, Rev. Tecnol. Alimentos. XVII(4):4-10. México.
- Velasco, G., Echavarría, A. (1985). Influencia de la Vida de Anaquel en el Contenido de Plomo en Chiles Jalapeños. Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica, México.
- Velasco, G., Vargas, L., Echavarría, A. (1985). Contenido de Plomo en Chiles Jalapeños. Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica, México.
- Wayne, W. D. (1980). Bioestadística. Base para el Análisis de las Ciencias de la Salud. México, Ed. Limusa. p.374-377, 464.
- Whanger. (1979). Cadmium Effects in Rats on Tissue Iron, Selenium, and Blood Pressure; Blood and Hair Cadmium in Some Oregon Residents. Environmental Health Perspectives. vol. 28:115-121.
- Ybáñez, N., Montoro, R., Catalá, R., y Flores, J. (1982). Contenido en Cadmio, Plomo y Cobre de Productos Cárnicos. Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment. 22 (3): 419-425. Valencia, España.