

# **Universidad Autónoma Agraria “ Antonio Narro “ Unidad Laguna**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**Determinación de la concentración de cadmio en leche de bovinos en los municipios de Torreón, Coah., Gómez Palacio y Cd. Lerdo, Dgo.**

**POR**

**MARCO TULIO CÉSAR BARRERA REYNA**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE:**

**Médico Veterinario Zootecnista**

**TORREÓN, COAH.**

**ABRIL 2000**

# **Universidad Autónoma Agraria “ Antonio Narro “ Unidad Laguna**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MEDICO VETERINARIAS**

**Determinación de la concentración de cadmio en leche de bovinos en los municipios de Torreón, Coah., Gómez Palacio y Cd. Lerdo, Dgo.**

**TESIS PRESENTADA POR**

**MARCO TULLIO CÉSAR BARRERA REYNA**

**PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE:**

**Médico Veterinario Zootecnista**

**ASESORES:**

**M.V.Z. IVONE ROSAS MACEDO**

**Q.F.B. MARÍA CONCEPCIÓN HERNANDEZ SERRANO**

**Dr. JESÚS VÁZQUEZ ARROYO**

# Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna

Determinación de la concentración de cadmio en leche de bovinos en los municipios de Torreón, Coah., Gómez Palacio y Cd. Lerdo, Dgo.

Aprobado por el Comité de Tesis

Presidente del Jurado



---

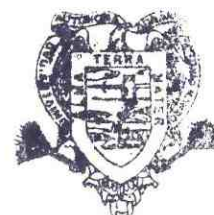
M.V.Z. Ivone Rosas Macedo

Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



---

M.C. Jorge Iturbide Ramírez



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal  
UAAAN - UL

# Universidad Autónoma Agraria “ Antonio Narro “ Unidad Laguna

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

PRESIDENTE:

  
M.V.Z. IVONE ROSAS MACEDO

VOCAL:

  
Dr. JESÚS VÁZQUEZ ARROYO

VOCAL:

  
M.C. SERGIO RÍOS ZAPATA

VOCAL SUPLENTE:

  
M.C. PEDRO ESTRADA ADAME

TORREÓN, COAH.

ABRIL 2000

# INDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. OBJETIVOS .....	4
3. HIPOTESIS .....	5
4. MARCO TEORICO.....	6
4.1 La leche: .....	6
4.2 El cadmio: .....	7
4.3 El cadmio en el aire: .....	8
4.4 El cadmio en el agua: .....	10
4.5 El cadmio en el suelo:.....	10
4.6 El cadmio en los alimentos: .....	12
4.7 Absorción y metabolismo del cadmio: .....	13
4.8 Efectos del cadmio en el organismo: .....	15
5. MATERIAL Y MÉTODOS .....	17
6. RESULTADOS .....	20
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	25
8. BIBLIOGRAFIA .....	26

# 1.- INTRODUCCIÓN

En los últimos siglos conforme avanzaba la civilización, fue aumentando la importancia concedida a la leche y productos lácteos, hasta que en 1956 fueron considerados como uno de los cuatro grupos esenciales para formar la dieta ideal. Aunque en principio jugaron un importante papel en la economía del hombre las leches de casi todas las especies de mamíferos domésticos, la ganadería moderna se interesa principalmente por la leche de vaca. (FIRA, 1994)

Además de las condiciones patológicas de las vacas, que dan lugar a la producción de leche anormal, hay diversos factores que afectan la composición de la misma. En contraste con los residuos que provienen del uso deliberado de los aditivos debido a razones tecnológicas, la presencia de contaminantes o sustancias indeseables en los alimentos se puede deber a la probabilidad de un accidente o una situación generalizada por el modo de almacenamiento y distribución. El conocimiento de sustancias presentes a muy bajas concentraciones se ha acrecentado para establecer el nivel de riesgo resultante de la presencia del contaminante. (FIRA, 1987).

De acuerdo a múltiples estudios se ha comprobado que la concentración de cadmio ambiental en grandes centros urbanos es mayor que la encontrada en áreas rurales (Fleischer, 1974) y que aún dentro de las mismas ciudades, la exposición es mayor en zonas aledañas a industrias o fundidoras, aunque presentando amplias fluctuaciones como resultado de las características de emisión del contaminante y condiciones ambientales. (Muskett, 1979). El análisis del contenido de cadmio en el polvo de tres ciudades industriales de México, arrojó los siguientes resultados: Monterrey 2 ug/g, Chihuahua 10ug/g y Torreón 112 ug/g. (Benin et al. 1999)

Para la población general, las principales rutas de entrada del cadmio son: oral, a través de la ingesta de alimentos contaminados y por inhalación de humo de tabaco, con el riñón como principal órgano de acumulación. (Lauwerys, 1990).

Dentro de las principales preocupaciones humanas, se encuentra la de que los alimentos de origen animal que se consuman, no contengan moléculas que puedan perjudicar su salud. Por este motivo, la vigilancia sanitaria de los alimentos obtenidos a partir de los animales, es un campo de estudio primordial en el quehacer de los médicos veterinarios. La comarca lagunera es considerada por sus niveles de producción, una de las más importantes cuencas lecheras del país, por lo cual se plantea como objetivo de este trabajo, determinar los niveles de cadmio en la leche que se produce en la comarca lagunera.

## 2.- OBJETIVOS

- Medir las concentraciones de cadmio presente en leche de bovinos producida en la Comarca Lagunera.
- Comparar los resultados obtenidos con las normas correspondientes para cadmio, y así determinar si la leche de la Comarca Lagunera representa algún riesgo para la salud de la población.



### **3.- HIPOTESIS**

Los niveles de cadmio que exhibe la leche de la Comarca Lagunera están por debajo de los 0.026  $\mu\text{g}$  Cd/ml permitidos por la norma de los E.U.A. Por lo que no representa un riesgo para la salud pública.

## **4.- MARCO TEORICO**

El municipio de Torreón, es uno de los de mayor importancia por su desarrollo agrícola, comercial, industrial y de servicios, con gran tendencia a concentrar numerosa población. Se encuentra ubicado en el extremo suroeste del estado de Coahuila, con una extensión territorial de 1947 Km<sup>2</sup>, limitándose al norte y al este por el municipio de Matamoros, al este y sur por Viesca, Coah. y al oeste por los ríos Nazas y Aguanaval. Se encuentra a una altura entre 1100 y 1200 m.s.n.m.

Las principales industria de transformación en la ciudad de Torreón se presentan en los siguientes porcentajes: 50% industria metálica básica, 22% manufactura de productos alimenticios, 6% elaboración de bebidas, 5% fabricación de sustancias y productos químicos.(INEGI, 1990)

### **4.1 La leche:**

La "Leche" se ha definido como la secreción, excluyendo el calostro, que se obtiene mediante los métodos de ordeña normales de las glándulas mamarias de vacas saludables y normalmente alimentadas, en la etapa de lactancia. ( Kirk, 1996 ).

La leche posee un elevado contenido calórico y un equilibrio de nutrimentos que satisface las necesidades de los recién nacidos durante su periodo critico de desarrollo y les permite un crecimiento adecuado hasta que son capaces de ingerir alimentos sólidos. Tres son los componentes característicos de la leche: lactosa, caseina y grasa. (Schmidt, 1971).

La leche ha sido considerada como uno de los alimentos naturales más cercanos a la perfección, que provee a la humanidad de energía y nutrimentos esenciales. Además ningún otro alimento puede ser transformado mediante su procesamiento en tantos y tan diferentes productos. (FIRA, 1987).

La leche utilizada como alimento es esencial que llegue al consumidor exenta de sustancias nocivas para la salud, sin adulterar, inalterada y correctamente denominada. (Lerche, 1969).

A medida que se extendió por el mundo la explotación de la vaca lechera y la producción de leche se convirtió en una faceta altamente especializada de la agricultura, se idearon nuevos métodos para concentrar y conservar los principios nutritivos de ella a muy largo plazo, asegurando los consumos nacionales y creando un mercado internacional. Resulta evidente que la leche seguirá siendo por siempre, un alimento insustituible en la dieta del hombre. El producto en si tiene gran importancia a nivel internacional en virtud de los convenios y acuerdos comerciales existentes entre países y en los que los diferentes gobiernos tienen intervención casi absoluta. (FIRA, 1994).

La producción nacional de leche en 1998 fué de 7,924,094 miles de litros, de los cuales la comarca lagunera contribuyó con 569,749 miles de litros (14.78%). (Aguilar, 1999)

La mayoría de los minerales traza se encuentran en complejos orgánicos y la concentración de algunos es mayor en la fracción grasa de la leche. Aunque parece dependiente de la concentración de estos minerales en la sangre que llega a la ubre. (Schmidt, 1971).

#### **4.2 El cadmio:**

El cadmio fue descubierto en 1817, pero rara vez se utilizó, hasta que se descubrieron sus valiosas propiedades metalúrgicas hace alrededor de 50 años. Dado que se recicla menos del 5% del metal, la polución ambiental es una consideración importante. El cadmio se encuentra en la naturaleza en asociación con el zinc y el plomo por lo que la extracción y el procesamiento de estos metales produce con frecuencia la contaminación ambiental con cadmio. Los combustibles de carbón y otros fósiles contienen cadmio y su combustión libera el elemento al medio ambiente. (Goodman, 1996).

El cadmio en su forma natural, no presenta gran importancia como fuente contaminante ambiental, pues se encuentra en bajas concentraciones, pero debido a su amplia utilización en la industria, es uno de los contaminantes más frecuentes, ya sea como materia prima o subproducto en el proceso de purificación de zinc. (Schroeder, 1967). Se ha calculado a nivel industrial que en la producción de zinc, por cada 1,362 ton. se producen 454 kg. de cadmio. (Elinder, 1985).

Entre sus principales usos podemos mencionar los siguientes: galvanizado, pigmento para plásticos, cerámica, pintura, textiles, hule, vidrio, barnices, tinta para imprentas, fertilizantes, baterías y acumuladores, cables eléctricos, celdas fotoeléctricas, cloruro de polivinilo, colorantes, equipo para ruedas, equipos nucleares, fusibles, joyería, laminados a vapor, soldadura, tapones para extinguidores, etc. (Travis, 1982.)

La población general esta expuesta al cadmio mediante la contaminación con éste de aire, agua, suelos, alimentos y tabaco. Se ha demostrado que los habitantes de grandes ciudades industriales se encuentran mas expuestos al cadmio que aquellos de áreas rurales. (Fleischer, 1974).

Los metales pesados se encuentran entre las formas contaminantes más peligrosas por su tendencia a acumularse en tejidos y órganos de animales y humanos. El cadmio es uno de los metales más tóxicos y cada día hay mas datos nuevos sobre su toxicidad. Cuando un individuo no fuma y no esta expuesto al cadmio en su ambiente ocupacional, lo recibe por medio del aire, agua y alimentos de origen vegetal y animal. Los animales, incluyendo el ganado son contaminados de la misma manera. (Antoniou et al, 1989).

El cadmio en el ambiente lo podemos encontrar en las siguientes formas:

#### **4.3 El cadmio en el aire:**

El cadmio en el aire se presenta en forma de compuestos estables (óxido, sulfato, sulfuro, cloruro) no sujetos a reacciones fotoquímicas, su formación es provocada por diversas actividades como son la combustión de carbón,

deshechos caseros, procesos de minería y refinación, su transformación en la atmósfera se debe principalmente a la disolución en agua o ácidos diluidos. (Keits, 1980).

De acuerdo a la guía de calidad para el aire (WHO, 1989) en áreas rurales la concentración de cadmio no deberá sobrepasar niveles de  $1-5 \text{ ng/m}^3$ ; y en áreas urbanas industrializadas sin actividades de agricultura, de  $10-20 \text{ ng/m}^3$ .

El cadmio en el aire eleva su concentración, sobre todo en ciudades con gran actividad industrial. (Ryan, 1982).

La absorción pulmonar por inhalación constituye la principal vía de exposición en trabajadores expuestos, ya que dependiendo de la especie química, tamaño de partícula y solubilidad en fluidos biológicos, puede absorberse hasta un 50%, valor muy superior al calculado por la vía gastrointestinal, que es sólo del 5%, aunque en este caso pueden presentarse valores individuales que varían desde 1 hasta 20%. El cadmio absorbido se acumula principalmente en hígado y riñón. (Kowal, 1979; Travis, 1982).

En algunos procesos industriales, los trabajadores están expuestos principalmente al óxido de cadmio, en forma de polvo o humo. La inhalación prolongada puede dar lugar a una serie de alteraciones y daños al organismo, que desencadenan padecimientos como enfisema pulmonar, daño en túbulos renales, bronquitis obstructiva crónica, fibrosis pulmonar, proteinuria, alteraciones hepáticas y cambio en el metabolismo de minerales. (Hunter, 1974).

La absorción por consumo de tabaco puede igualar a la ingestión de cadmio a partir de los alimentos, por lo que se considera una fuente importante de absorción adicional para fumadores en la población general, pues aproximadamente un 10% del cadmio inhalado en el humo de cada cigarro es absorbido. (IPCS, 1992; Elinder, 1983). Cada cigarro contiene aproximadamente de 1 a 2  $\mu\text{g}$  de Cd. (Friberg, 1974). La exposición al humo de cigarro parece estar fuertemente asociada con el incremento de los niveles de cadmio en leche. Recientes estudios dieron niveles de  $2-3 \text{ ng/g}$  en leche humana. (Dabeka et al, 1986).

#### **4.4 El cadmio en el agua:**

El cadmio en el agua se presenta como un ion  $Cd^{++}$  hidratado, aunque con altas concentraciones de material orgánico, más del 50% puede formar complejos orgánicos. (McComish & Ong, 1988). Existen diversas fuentes de contaminación: a) aguas residuales, que constituyen los mayores focos de contaminación en lo que a volumen se refiere, formadas por las descargas provenientes de las actividades domésticas de las poblaciones en los grandes centros urbanos (desperdicios caseros, desechos humanos y animales), los que son colectados por sistemas hidráulicos de drenaje o alcantarillado; b) aguas de fuentes industriales, son consideradas de gran peligrosidad en la actualidad y a futuro ya que aumentan rápidamente su volumen, provienen de algunas industrias que descargan sus aguas residuales sin tratamiento alguno a los cuerpos naturales de agua o al sistema de alcantarillado de las ciudades; c) las fuentes agrícolas originadas por el riego de campos de cultivo tratados con compuestos químicos para el control de plagas y aumento en la productividad de la tierra. Se ha determinado la concentración de metales pesados (plomo, cadmio y mercurio) en aguas superficiales de una ciudad industrializada y sus alrededores, encontrándose los valores más altos en la vecindad de una fundición. (Klein, 1990).

#### **4.5 El cadmio en el suelo:**

Los procesos de transformación para cadmio en suelo están relacionados con adsorción y desorción del agua, incluyendo precipitación, disolución, complejación e intercambio iónico. Su concentración es muy variable, dependiendo de la presencia de materiales minerales y orgánicos. Los niveles promedio en zonas no contaminadas son de aproximadamente 0.25 ug/g. (E.P.A., 1985).

En Taiwan, el volumen de sedimento originado por las plantas tratadoras de aguas negras residuales e industriales se estimó en 29,000,000 y 73,000,000

m<sup>3</sup>/año respectivamente. Los métodos de eliminación para tan grandes cantidades de sedimento son: la aplicación al suelo, incineración, descarga a los océanos y lagunas de sedimentos. El sedimento digerido o estabilizado en las plantas tratadoras contiene una gran cantidad de nutrimentos necesarios para el crecimiento de las plantas. Cuando se extiende sobre la tierra, el sedimento puede incrementar la fertilidad del suelo, mejorar la ventilación y la retención de humedad, por lo tanto es un mejorador del suelo. Sin embargo, el sedimento siempre contiene sustancias tóxicas o peligrosas, especialmente metales pesados. Cuando se aplica a la tierra en grandes cantidades y por períodos prolongados de tiempo, los metales pesados se pueden acumular en el suelo y producir efectos dañinos en plantas y animales. El origen de los metales pesados en las aguas de plantas tratadoras incluye las descargas de aguas negras industriales y domésticas, drenaje pluvial e infiltración por el suelo. Klein y colaboradores investigaron el origen de metales pesados en aguas negras de la ciudad de Nueva York y encontraron que el 33 % del cadmio proviene de plantas eléctricas, 6 % de otras industrias, 12 % del escurrimiento y el 49 % de los drenajes domésticos. (Lo and Chen, 1990).

La industria y drenajes contaminan con cadmio las áreas agrícolas. Potencialmente el forraje de estas áreas puede retener niveles bajos de cadmio por períodos prolongados. El cadmio se acumula en hígado y riñón de manera proporcional a la concentración de la dieta y duración de la exposición. (Smith et al, 1991).

Con respecto a la vía por la cual el ganado puede ingerir cadmio del ambiente, se demostró una relación entre el cadmio contenido en los órganos y el cadmio contenido en el suelo. Esto demuestra que el forraje proveniente de suelos contaminados con cadmio o campos tratados con fertilizantes que contengan cadmio puede conducir a la acumulación de cadmio en el ganado en cuestión. (Kessels, 1990).

El contenido de cadmio en la corteza terrestre es de 0.1 a 0.2 ug/g, en suelos varía de 0.01 a 0.7 ug/g, aunque se han encontrado en jardines de Pensilvania valores de 0.7 a 270 ug/g (suelos contaminados). (Smith et al, 1991).

#### **4.6 El cadmio en los alimentos:**

Se ha comprobado que la contaminación de productos alimenticios aumenta en áreas con mayor industrialización. (Marzec, 1990).

El cadmio ha sido detectado en casi todos los alimentos (Elinder, 1985), con los niveles más bajos en jugos y bebidas, y las concentraciones más altas en verduras y papas. (Gartrell et al, 1986).

Los vegetales absorben el plomo y el cadmio del suelo, así como del depósito de este en la superficie de las partes vegetales expuestas al aire contaminado. Además, el uso de aguas residuales para la irrigación de estos y la utilización excesiva de fertilizantes fosfatados, en plantas que crecen en el suelo, constituyen la fuente principal de contaminación por cadmio. (Bosque et al, 1990).

Se ha reportado una correlación significativa entre la concentración de cadmio en los terrenos de las huertas y la excreción diaria urinaria. (Scholz, 1990).

En la enfermedad itai-itai, descrita con ocasión de la contaminación de alimentos por cadmio originada en una mina cercana a la ciudad de Toyama, Japón; se presentan dolores severos, disfunción renal y osteomalasia. (Bhattacharyya, 1991).

En el caso de alimentos de origen animal, se ha encontrado que almejas, hígado y riñón presentan mayores concentraciones que cualquier otra variedad de pescado o carnes. (Schmitt and Brumbaugh, 1990).

De gran importancia son los productos lácteos, en especial la leche, ya que es una fuente importante de cadmio para los infantes. En un trabajo realizado por Pinkerton, 1972, basado en la duración promedio de alimentación materna para lactantes hasta los 7 meses, se calculó que el infante ingirió un promedio de 1699 ug de Cd, en comparación con 3700 ug si se alimentó con leche de vaca; se considera que la leche constituye aproximadamente la mitad del cadmio ingerido



durante el primer año de vida en bebés alimentados con biberón, comparado con aproximadamente un cuarto de aquellos alimentados con leche materna.

En un estudio realizado en Cracovia, se determinó el contenido de plomo y cadmio en leche fresca de vaca, procedente de lecherías situadas a diferentes distancias de fabricas de fierro y acero, encontrándose aproximadamente 10 veces mayor contenido de cadmio en esta región que en leche de una zona control, es decir, un área de agricultura lejana de influencias industriales. (Krelowska, 1990)

En un estudio llevado a cabo en leche evaporada, formula RTU y leche de soya se encontraron concentraciones de 0.38, 0.35 y 3.39 ng/g respectivamente. Los elementos traza son importantes tanto nutricional como toxicológicamente. El cadmio se asocia frecuentemente con enfermedades del riñón. (Dabeka, 1986).

En un estudio realizado en bovinos de leche con una dieta a largo plazo (394 días) y un contenido 5  $\mu\text{g/g}$  de cadmio, se obtuvo un promedio de 0,030  $\mu\text{g/ml}$  de cadmio en la leche; estos resultados están de acuerdo con el promedio nacional de 26  $\mu\text{g/L}$  lo que indica que no fueron influenciados por esta concentración, sin embargo, la dieta que contenía 5  $\mu\text{g/g}$  causó una acumulación significativa de cadmio en el hígado y corteza renal. La ingesta máxima de cadmio en humanos recomendada es de 75  $\mu\text{g}$  de cadmio por día para evitar acumulación excesiva en el riñón. (Smith et al, 1991).

#### **4.7 Absorción y metabolismo del cadmio:**

El cadmio se absorbe fácilmente en el tubo gastrointestinal, se distribuye a todo el cuerpo y se fija firmemente en los tejidos, de modo que solo una pequeña cantidad de cadmio se excreta en la orina. En un momento dado la excreción de cadmio por la mucosa intestinal es mucho más grande. (Jones, 1982). El 80% del cadmio ingerido por los bovinos se excreta con las heces. (Humphreys, 1990).

Se ha calculado que un 5 a 10% de cadmio ingerido es absorbido (1-3  $\mu\text{g/día}$  de la dieta) y el resto pasa directamente a las heces, sin embargo, esta absorción se ve aumentada como resultado de dietas bajas en proteínas y calcio. (Washko

and Cousins, 1976), deficiencias en vitamina D, zinc, fierro y cobre (Banis et al, 1969) y ácido ascórbico (Fox and Fry, 1970).

La vida media del cadmio en el organismo es de 10 a 30 años, en consecuencia con la exposición ambiental continua las concentraciones del metal en los tejidos aumentan durante la vida. Después de la absorción, el metal es transportado en la sangre, unido principalmente a los eritrocitos y a la albúmina. Luego de la distribución, el hígado, riñones y bazo contienen alrededor del 50% de la carga corporal total. (Goodman, 1996).

Para poder explicar el mecanismo de acción del cadmio en el organismo es necesario conocer su metabolismo. Se sabe que este metal no sufre ninguna conversión metabólica directa, ya que el  $Cd^{++}$  se une a grupos aniónicos (-SH) en proteínas (especialmente albúmina y metalotioneína) y otras moléculas. (Nordberg, 1985). Tiene una importante interacción con la metalotioneína, rica en cisteína, capaz de unir hasta 7 átomos de cadmio por molécula. Al unirse a ella el cadmio disminuye su toxicidad, es transportado al riñón donde rápidamente se difunde, se filtra en el glomerulo y finalmente es reabsorbido por las células tubulares proximales. (Foulkes, 1978; Goodman, 1996).

En áreas de contaminación industrial, el pelo de ganado vacuno puede contener niveles de cadmio significativamente superiores a los animales de control. La concentración de cadmio en pelo de ganado vacuno que pastorea cerca de fábricas que vierten metales pesados, está influida por la dirección de los vientos dominantes. Existe una correlación positiva entre el contenido de cadmio en el riñón y la edad del bovino. (Humphreys, 1990).

Se analizó el contenido de cadmio en tejidos de bovinos, en relación al área en que fueron criados y a su edad. La concentración media más alta se obtuvo en el tejido renal, ya que el riñón es el órgano específico en el cual se acumulan principalmente los metales pesados tóxicos. Los niveles de cadmio en todos los tejidos de los animales que crecieron en una área metalífera, fueron mucho mayores que aquellos que crecieron en una área rural. Las concentraciones de

cadmio en los tejidos de los bovinos se incrementaron con la edad de los animales. (Antoniou et al, 1989).

#### **4.8 Efectos del cadmio en el organismo:**

En el ganado, la exposición al cadmio puede producir varias anormalidades clínicas, tales como pérdida de apetito, anemia, disminución del crecimiento, abortos y lesiones teratogénicas o puede no presentar signos clínicos. Es considerablemente menor el conocimiento acerca de los efectos crónicos por exposiciones a niveles bajos de cadmio. (Kessels, 1990).

La excesiva acumulación de cadmio en la corteza renal, resultante de la exposición ambiental u ocupacional, puede provocar daño renal. (Bernard, 1980)

El cadmio es relativamente tóxico, es un notable inhibidor de las enzimas sulfhidrúlicas. No se dispone de ningún tratamiento satisfactorio para la intoxicación crónica de cadmio. El dimercaprol (BAL) alivia los síntomas al invertir la inhibición de las enzimas sulfhidrúlicas de los tejidos. El cadmio se combina con el dimercaprol mejor que con el grupo sulfhidrilo de las enzimas. A pesar de la inmediata mejoría clínica, los animales mueren mas tarde por insuficiencia renal. Durante la excreción del complejo cadmio-dimercaprol por los tubos renales, el cadmio se acumula sobre el epitelio tubular hasta alcanzar una concentración nefrotóxica que impide todas las funciones del tubo, el animal muere entonces por intoxicación urémica. (Jones, 1982)

En los bovinos que recibieron diariamente 3 g de cadmio durante dos semanas se produjo un fuerte descenso en la producción de leche, además sufrieron una gran pérdida de peso, inapetencia, debilidad, disminución de la libido, mala queratinización de las pezuñas, cuernos de aspecto seco y quebradizo, palidez de mucosas, pelo áspero, queratinización y descamación de la epidermis y anemia hemolítica. Además en otro estudio que duró 49 semanas, con la administración de 50-100 ppm se presentaron abortos, fetos muertos o de corta vida y anomalías congénitas. (Humphreys, 1990)

La exposición al cadmio produce lesión tubular proximal con proteinuria; con la exposición más intensa se produce lesión glomerular, la filtración disminuye y hay aminoaciduria, glucosuria y proteinuria. La inhalación excesiva de vapores y polvos de cadmio produce pérdida de la capacidad ventilatoria con el correspondiente aumento en el volumen residual pulmonar. La disnea es la manifestación más frecuente. Existe la sugerencia de que el metal desempeña un papel significativo en la hipertensión. Se observó que las personas que morían por hipertensión tenían concentraciones significativamente mayores de cadmio y relaciones cadmio-zinc más elevadas en sus riñones que las personas que morían de otras causas. Puede haber una interacción entre el cadmio, la nutrición y la osteopatía. Se ha encontrado disminución de los depósitos corporales de calcio en los sujetos con exposición ocupacional al cadmio. La necrosis testicular una característica común en la exposición breve al cadmio de los animales de experimentación, es infrecuente en la exposición prolongada de bajo nivel. (Goodman, 1996).

Se ha demostrado que dosis altas de cadmio causan destrucción de placenta, muerte fetal y malformaciones severas. (Daston, 1979).

La asociación entre el cadmio ambiental y cáncer prostático ha registrado una correlación positiva entre las concentraciones de cadmio en el agua de bebida y la incidencia de cáncer prostático. (Waalkes et al, 1991) y de pulmón. (Lyon, 1979).

La dosis letal por ingestión de cadmio es desconocida. En el envenenamiento agudo por ingestión hay náusea, vómito, diarrea, cefalea, dolor muscular, salivación, dolor abdominal, choque, daño hepático e insuficiencia renal. En el envenenamiento crónico por inhalación están presentes hematuria y proteinuria. Las cuentas de eritrocitos y leucocitos se encuentran disminuidas y la velocidad de sedimentación puede estar elevada. (Dreisbach, 1988).

## 5.- MATERIAL Y MÉTODOS

### Ubicación .-

Se recolectaron muestras de leche del tanque refrigerado de 17 establos localizados en los municipios de Torreón, Coah., Gómez Palacio y Cd. Lerdo, Dgo., durante cuatro periodos que corresponden a los siguientes meses: junio y octubre de 1993; enero y marzo de 1994. La distribución de los establos se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1  
**Modelo Experimental de  
La toma de muestras**

Establos Laguna de Coahuila	Áreas
Albia	LC1
El Cuije	LC2
Anna	LC3
La Unión	LC4
Tajito	LC5
La Partida	LC6
Escuadrón 201	LC7
Escuadrón 201	LC8
Establos Laguna de Durango	
San Ignacio	LD1
Bucareli	LD2
13 de Marzo	LD3
Los Angeles	LD4
La Luz	LD5
Torreña	LD6
Bermejillo	LD7
6 de Enero	LD8
El Huarache	LD9

## **Modelo experimental.-**

La recolección de las muestras destinadas al análisis se obtuvieron directamente de los tanques de almacenamiento al final de la línea de ordeño. Para esta toma de muestras se utilizaron frascos esterilizados previamente por autoclave en los que se recogió aproximadamente una cantidad de 20 a 25 ml. Después se etiquetaron las muestras anotando la localización, el nombre del establo y la fecha del muestreo para su posterior identificación.

El siguiente paso después de haber tomado la muestra fue transportarla hasta el laboratorio manteniendo en todo momento las muestras refrigeradas, desde su obtención hasta su almacenamiento para su posterior estudio.

Ya en el laboratorio las muestras fueron congeladas y almacenadas a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de su análisis, el cual se llevo a cabo bajo la supervisión de la Q.F.B. María Concepción Hernández S. en el laboratorio de bioquímica de la Facultad de Medicina de la U.A.C.

El análisis de cadmio en las muestras de leche recolectadas se llevo a cabo por duplicado, es decir, se realizo una repetición de cada muestra estudiada con la finalidad de comparar resultados. El procedimiento que se describe a continuación corresponde a la técnica descrita para el espectrofotometro de absorción atómica y horno de grafito utilizados durante el estudio:

### **Determinación de cadmio en leche:**

Método: espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito.

Equipo: espectrofotómetro de absorción atómica, marca Perkin Elmer mod. 373  
con horno de grafito mod. HGA 2200.

Condiciones de operación:

Longitud de onda = 228.8 nm

Slit (amplitud luminosa)= 0.7 normal

Corrector de fondo: sí (se uso de lámpara de deuterio)

Programa de atomización para el horno de grafito:

Etapa de secado:  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 40 seg

Etapa de cenizas: 300 °C/ 60 seg

Atomización: 1900 °C/ 5 seg

Flujo de Argón: 30 divisiones en el medidor de flujo

Tiempo: 3 seg en posición NORMAL

Posición: normal

Volumen de inyección: 20 ul

## **Preparación de la muestra**

### **Digestión de la muestra**

1 ml de leche + 3 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado, se calentó a 98 °C / 1 h

Añadir 5 ml de mezcla ácida (HNO<sub>3</sub> – HClO<sub>4</sub> 3:2), se calienta a 150 °C casi a sequedad, se llevó a 10 ml con modificador matriz.

Preparación del modificador matriz:

En un matraz volumétrico de 100 ml, se añadió 75 ml de agua desionizada, se adicionó 2 ml de NHO suprapuro y 1 ml de Tritón X-100 al 0.1 %, se disolvió perfectamente y se agregó 0.250 g de fosfato de amonio dibásico, llevándolo a volumen con agua desionizada.

Se tomaron alícuotas de 20 ul para inyección por duplicado.

### **Curva estándar acuosa digerida**

Se prepararon los siguientes estándares: (0.002, 0.005 y 0.01 ug/ml)

- Digestión: los estándares fueron sometidos al mismo proceso de digestión de la muestra.

### **Control de calidad:**

- Se elaboró una serie de curvas de adiciones con leche problema y estándares de 0.005 y 0.01 ug cadmio/ml para obtener porcentajes de recuperación. (pruebas de recuperación 95 %)
- Límite de detección: 0.00034 ug/ml.

## 6.- RESULTADOS

**Cuadro 2**  
**Resultados totales**  
**ug de Cadmio/ml de leche**

Muestras	Junio 93			Octubre 93		
	R1	R2	Pr1	R1	R2	Pr2
	ug Cd/ml	ug Cd/ml	ug Cd/ml	ug Cd/ml	ug Cd7ml	ug Cd/ml
LC1	ND	0.001	0.001	-----	-----	-----
LC2	0.001	ND	0.001	0.004	ND	0.004
LC3	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
LC4	0.003	0.002	0.0025	ND	0.001	0.001
LC5	0.009	0.005	0.007	ND	ND	ND
LC6	0.002	0.002	0.002	ND	ND	ND
LC7	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
LC8	0.001	0.003	0.002	-----	-----	-----
LD1	0.005	ND	0.005	0.001	0.002	0.0015
LD2	ND	ND	ND	0.006	0.003	0.0045
LD3	0.001	0.002	0.0015	ND	0.001	0.001
LD4	0.001	0.002	0.0015	0.002	ND	0.002
LD5	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
LD6	ND	ND	ND	0.002	ND	0.002
LD7	ND	ND	ND	ND	ND	ND
LD8	0.001	ND	0.001	ND	ND	ND
LD9	ND	ND	ND	0.003	0.002	0.0025

LC= Laguna de Coahuila

LD= Laguna de Durango



**Cuadro 2 (Continuación)**

**Resultados totales  
ug de Cadmio/ml de leche**

Muestras	Enero 94			Marzo 94		
	R1	R2	Pr1	R1	R2	Pr2
	ug Cd/ml	ug Cd/ml	ug Cd/ml	ug Cd/ml	ug Cd/ml	ug Cd/ml
LC1	----	----	-----	-----	-----	-----
LC2	0.001	ND	0.001	0.004	0.002	0.003
LC3	ND	ND	ND	-----	-----	-----
LC4	ND	ND	ND	0.001	0.003	0.002
LC5	ND	ND	ND	0.003	0.002	0.0025
LC6	-----	-----	-----	0.003	0.003	0.003
LC7	0.001	ND	0.001	ND	0.001	0.001
LC8	ND	ND	ND	0.002	0.003	0.0025
LD1	-----	-----	-----	-----	-----	-----
LD2	ND	ND	ND	0.001	0.003	0.002
LD3	ND	ND	ND	0.001	0.003	0.002
LD4	ND	ND	ND	0.001	0.001	0.001
LD5	ND	ND	ND	0.001	0.003	0.002
LD6	ND	ND	ND	0.001	0.001	0.001
LD7	0.002	0.001	0.0015	0.002	0.002	0.002
LD8	0.005	ND	0.005	ND	ND	ND
LD9	ND	ND	ND	0.003	0.001	0.002

LC= Laguna de Coahuila

LD= Laguna de Durango

### Cuadro 3

#### Concentraciones promedio en cada área muestreada

Área muestreada	Junio 93 ug Cd/ml	Octubre 93 ug Cd/ml	Enero 94 ug Cd/ml	Marzo 94 ug Cd/ml
LC1	0.001	-----	-----	-----
LC2	0.001	0.004	0.001	0.003
LC3	0.002	0.002	ND	-----
LC4	0.0025	0.001	ND	0.002
LC5	0.007	ND	ND	0.0025
LC6	0.002	ND	-----	0.003
LC7	0.002	-----	ND	0.0025
LC8	0.002	0.001	0.001	0.001
LD1	0.005	0.0015	-----	-----
LD2	ND	0.0045	ND	0.002
LD3	0.0015	0.001	ND	0.002
LD4	0.0015	0.002	ND	0.001
LD5	0.002	0.001	ND	0.002
LD6	ND	0.002	ND	0.001
LD7	ND	ND	0.0015	0.002
LD8	0.001	ND	0.005	ND
LD9	ND	0.0025	ND	0.002

LC= Laguna de Coahuila

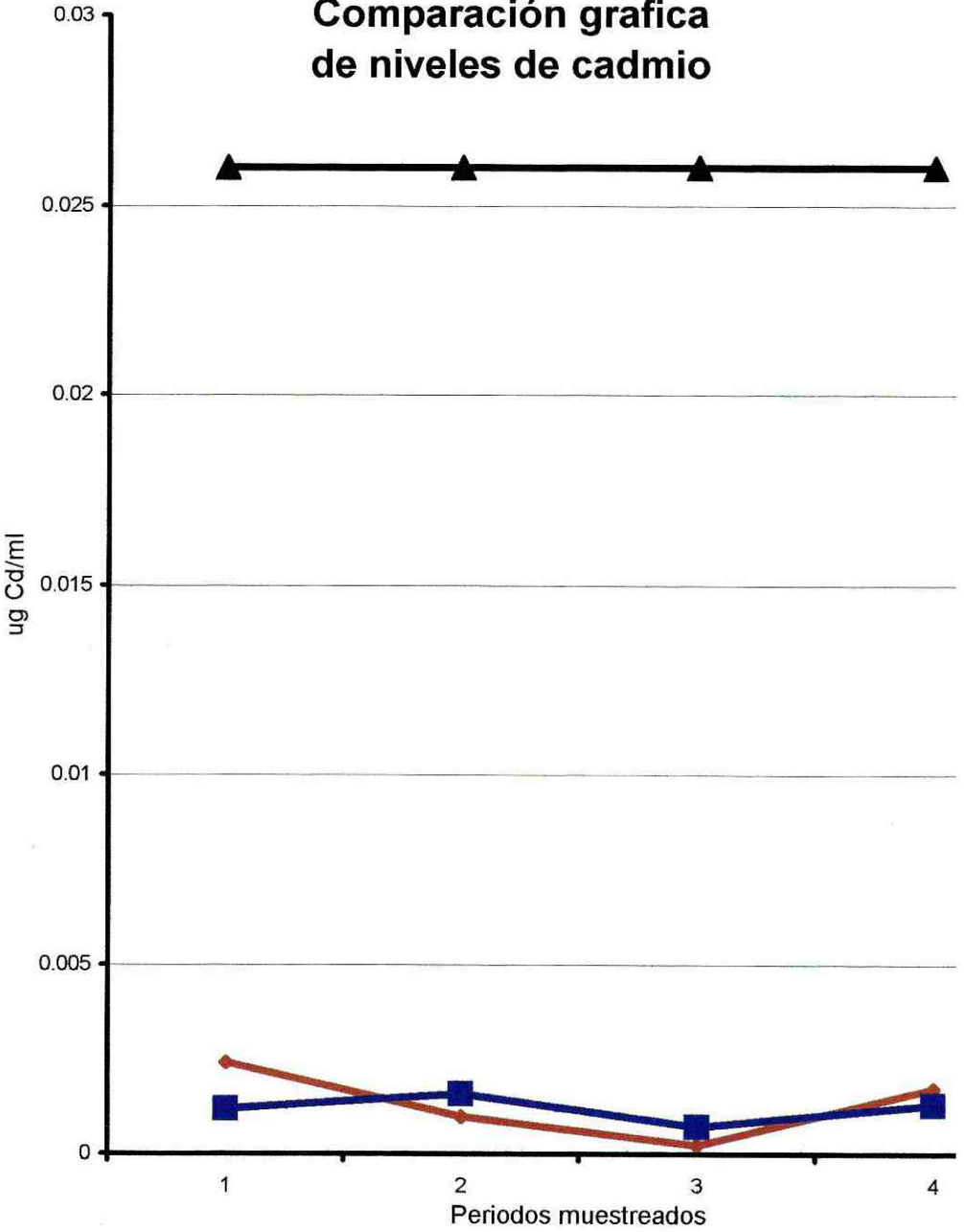
LD= Laguna de Durango

**Cuadro 4**  
**Medias poblacionales**

Áreas Periodo	Establos Laguna de Coahuila	Establos Laguna de Durango
Junio 93	0.00243	0.0012
Octubre 93	0.001	0.0016
Enero 94	0.00025	0.00072
Marzo 94	0.00175	0.0013

Los resultados mostrados en las tablas anteriores corresponden a las muestras obtenidas a lo largo de un año (1993-94), tanto en la Laguna de Coahuila y Durango. Estos resultados muestran concentraciones de cadmio que no representan ningún riesgo para la salud pública, además de no haberse encontrado una tendencia significativa para algún periodo o área determinada, con excepción del mes de enero, el cual presentó las concentraciones más bajas y el mayor número de muestras de leche con valores no detectables (ND) durante el muestreo.

## Comparación grafica de niveles de cadmio



- ◆— Niveles de cadmio en la Laguna de Coahuila
- Niveles de cadmio en la Laguna de Durango
- ▲— Niveles permitidos por la norma EUA

## 7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante este estudio realizado durante el periodo de 1993 a 1994 se concluye que:

El contenido de cadmio en leche que se produce en la Comarca Lagunera se encuentra por debajo de los niveles permitidos por la norma nacional de los E.U.A. (0.026  $\mu\text{g}$  Cd/ml) y dentro de las normas oficiales mexicanas (0.005  $\mu\text{g}$  Cd/ml) por lo que la leche de esta región no representa ningún tipo de riesgo tanto para la salud humana como para la salud animal.

El bajo contenido de cadmio existente en la leche analizada de la Comarca Lagunera podría deberse a que los establos lecheros se encuentran lo suficientemente alejados del área urbana, metalúrgica e industrial. Además de que el alimento que consumen las vacas lecheras no está expuesto o contaminado con niveles elevados de cadmio.

Por lo tanto, está claro que independientemente de las concentraciones de cadmio que existan en el ambiente este elemento no se acumula, ni se excreta en niveles elevados a través de la leche, ni representa algún peligro para la población que consume leche en la Comarca Lagunera, sin embargo, estos resultados nos dan la pauta para realizar estudios subsecuentes ya que las tendencias que sigue la Comarca Lagunera en el índice de crecimiento y desarrollo industrial posiblemente incrementen los niveles de contaminación sobre todo en las áreas más cercanas a la mancha urbana, por lo cual, yo recomiendo se lleve a cabo un nuevo estudio para determinar los niveles actuales; y si otros tejidos son susceptibles de acumular cadmio u otros minerales que pongan en peligro su salud.

## 8.- BIBLIOGRAFIA

Aguilar , V. A.; Luevano, G.A.; Impacto social y económico de la ganadería lechera en la Región Lagunera. 6ª Ed., LALA, Tprreón, Coah. México. 1999.

Antoniou, V.; Tsoukali-papadopoulou, H.; Epivatianos, P.; Nathanael, B. "Cadmium concentrations in beef consumable tissues in relation to age of animals and area of their breeding". *Environ. Contam. Toxicol.* 43: 915-919, 1989.

Benin, A.L.; Sargent, J.D.; Daton, M.; "High concentrations of heavy metals in neighborhoods near ore smeltes in Northern Mexico". *Environ. Health Persp.* 107: 279-284. 1999

Bhattacharyya, M. "Cadmium-induced bone loss: increased susceptibility in females". *Water, Air and Soil Pollution.* 58: 665-673, 1991

Bosque, M.A., Schuhmacher, M., Domingo, J.L., Llobet, J.M.; "Concentrations of lead and cadmium in edible vegetables from Tarragona province, Spain". *Sci. Total Environment.* 95: 61-67, 1990.

Dabeka, R.W.; Karpinski, K.F.; Mckenzie, A.D.; Bajdik, C.D. ; "Survey of lead, cadmium and fluoride in human milk and correlation of levels with environmental and food factors". *Fd. Chem. Toxic.*, vol. 24: pp. 913-921, 1986.

Dabeka, R.W.; " Survey of lead, cadmium, cobalt and nickel in infant formulas and evaporated milks and estimation of dietary intakes of the elements by infants 0-12 months old". *The Science of the Total Environment*, 89: 279-289, 1989.

Daston, G.P.; Casimer, T.G. "Toxic effects of cadmium on the developing rat lung. Altered pulmonary surfactant and the induction of respiratory distress syndrome". J. Tox. Environ Health, 5:973-983, 1979.

Dreisbach, R., et al. "Manual de toxicologia clinica". Edit. Manual Moderno, Sexta Edic., 1988.

Elinder, C.G., Edling, C., Lindberg, E et al "Assessment of renal function in workers previously exposed to cadmium" Br. J. Ind. Med. 42: 754-760, 1985.

E.P.A. "Cadmium contamination of the environment: Assessment of nationwide risk". Washington, D.C.U.S. Enviromental Protection Agency, Office of Water Regulations and standards". E.P.A. 440/ 4-85-023, 1985.

FIRA. "Industrias lacteas". Banco de México, 1987

FIRA. "Elementos de análisis de las cadenas productivas". Banco de México, 1994.

Fleischer, M.; Sarofim, A.F.; Fasset, D.W.; et al "Enviromental impact of cadmium: A review by the panel on hazardous trace substances" Environ. Health Perspect. 7: 253-323, 1974.

Foulkes, C. "Renal tubular Transport of cadmium metallothionein". Toxicol. Appl. Pharmacol. 45:505-512, 1978.

Fox, M.R.S. and Fry, B.E. "Cadmium toxicity decreased by dietary ascorbic supplements" Science 169: 989-991, 1970.

Friberg, L.; Piscator, M.; Nordberg, G.F. and Hjelstrom, T. "Cadmium in the Environment" CRC Press, Cleveland, 2nd. ed., 1974.

Gartrell, M.J.; Craun, J.C.; Podrebarca, D.C.; et al. "Pesticides, selected elements, and other chemicals in adult total diet samplers". October 1980-March 1982. J. Assoc. Off Anal. Chem. 69: 146-161, 1986.

Goodman, A. et al. "Bases farmacologicas de la terapeutica". Edit. McGraw-Hill Interamericana, Novena Edic., 1996.

Humphreys, D.J. "Toxicologia Veterinaria". Edit. Interamericana, Tercera Edic. 1990.

Hunter, D. "The Diseases of occupations". The English Universities, Press Ltd. 5th De. London, 1974.

I.P.C.S. International Programme on Chemical Safety; Environmental Health Criteria 134, Cadmium, W.H.O., Geneva, 1992.

Jones, M. "Farmacologia y terapeutica veterinaria". Edit. UTEHA, 1982.

Keits, E.L. "Atmospheric cycles of cadmium and lead: Emissions, Transport, tranformation and removal". Mclean, VA.: The Mitre Corporation, 1980.

Kessels, B.G.; Wensing, Th.; Wentink, G.H.; Schotman, A.J.; "Clinical, chemical and hematological parameters in cattle kept in a cadmium-contaminated area". Bull. Environ. Contam. Toxicol., vol. 44: 339-344, 1990.

Kirk, R.S.; Sawyer, R.; Egan, H.; "Composición y análisis de alimentos de Pearson". Edit. CECSA, 1996.



Klein, S.; Heinsisch, E.; Lippold, U.; Stottmeister, S. "Distribution pattern of chemicals in surface waters as a reflexion of entry pattern-heavy metals". Z-Gesamte. Hyg, 36(5): 244-247, May, 1990.

Kowal, N.E. "Normal levels of cadmium in diet, urine, blood and tissues of inhabitants of the United States". J. Tox. and Environ. Health, 5: 995-1014, 1979.

Krelowska-Rulas, M. "Lead, cadmium, iron, copper and zinc in fresh milk from the selected areas of the Cracow region", Nahrung. 34: 213-217. 1990.

Lauwerys, R.; Amery, A.; Bernard, A. et al. "Health effects on environmental exposure of cadmium: Objectives, design and organization of the camibel study: A cross-sectional morbidity study carried out in Belgium from 1985-1989". Environ Health Perspect 87: 283-289, 1990.

Lerche, M.; Bartels, H.; Beck, G.; Munchberg, F.; Terplan, G.; Wegener, K.H.; Sinell, J.; "Inspección veterinaria de la leche", Edit. Acribia, 1969.

Lo, K.S.L.; Chen, Y.H. "Extracting heavy metals from municipal and industrial sludges". Sci. Total Environment. Jan. 90: 99-116, 1990.

Lyon, E. Centro Internacional de investigaciones sobre el cancer. "Chemical and industrial processes associated with cancer in humans". ( Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to man". Vol. 1-20, Suppl. 1:27, 1979.

Marzec, Z.; Bulinski, R. "Evaluation of cadmium, mercury and lead intake with daily food rations". Roczn-Patw-Zakl-Hig, 41 ( 1-2 ): 35-38, 1990.

McComish, M.F.; and Ong, J.H. Trace metals: in: Bodek, Y.; Lyman, W.J.; Reehl, W.F.; Rosenblatt, D.H. eds. Environmental inorganic chemistry : properties, processes and estimation methods. New York: Pergamon Press: 7.5-1-7.5-12, 1988.

Muskett, C.J.; Lucas, J.B.; Ryan, J.A. and Dotson, G.K. "Health risk associated with land application of municipal sludge". J. Water Pollut. Control Fed., 51: 2588-2601, 1979.

Nordberg, G.F.; Kjellstrom, T.; Nordberg, M. "Kinetics and metabolism, In: Friberg, L.; Elinder, C.G.; Kjellstrom, T. et al eds. "Cadmium and Health. A toxicological and epidemiological appraisal". Vol. Y Exposure, dose, and metabolism Boca Raton, F.L.: CRC Press, 103-178, 1985.

Pinkerton, C.; Hammer, D.I.; Bridbord, K. Et al. "Human milk as a dietary source of cadmium and lead". In "Trace substances in environmental Health-vi". (D.D. Hemphill Ed.) 39-43. Univ. Missouri, Columbia, 1972.

Ryan J.A.; Pahren, H.R.; Lucas, J.B. "Controlling cadmium in the human food chain: A Review and Rationale Based on Health Effects". Environ Research, 28: 251-302, 1982.

Schmidt, G.H.; "Biología de la lactación". Edit. Acribia, 1971.

Schmitt, C.J.; Brumbaugh, W.G. "National contaminant biomonitoring program: Concentration of arsenic, cadmium, lead, copper, mercury, selenium and zinc in U.S. fresh water fish " Arch. Environ Contam. Toxicol. 1976-1984, 19: 731-747, 1990.

Scholz, R.W.; Schmir, H.J.; Vollmer, W.; Vogen, A.; Neissel, F. "Assessment of health risk due to cadmium contaminated house garden". *Off-Gesundheitswes*, 52(4): 161-167, 1990.

Schroeder, H.A. and Buckman, J. "Cadmium hypertension". *Arch. Environ Health* 14: 693, 1967.

Smith, R.M.; Leach, R.M.; Muller, L.D.; Griel, L.C.; Baker, D.E. "Effects of long-term dietary cadmium chloride on tissue, milk and urine mineral concentrations of lactating dairy cows". *J. Animal Sci.* 69: 4088-4096, 1991.

Smith, R.M.; Leach, R.M.; Griel, L.C.; Muller, L.D.; Baker, D.E. "Effects of dietary cadmium chloride throughout gestation on blood and tissue metabolites of primigravid and neonatal dairy cattle". *J. Animal Sci.* 69: 4078-4087, 1991

Travis, C.C.; Etnier, E.L. "Dietary intake of cadmium in the United States: 1920-1975". *Environ. Res.*, 27: 1-9, 1982.

Waalkes, M.P.; Rehm, S.; Sass, B.; Konishi, N.; Ward, J.M. "Chronic carcinogenic and toxic effects of a single subcutaneous dose of cadmium in the male fischer rat". *Environmental Research*. 55: 40-50, 1991.

W.H.O. "Cadmium in: evaluation of certain food additives and contaminants". Thirty-third Report of the joint FAO/WHO Expert on food additives, Geneva, World-Health Organization pp. 28-31, (Technical report series # 776), 1989.