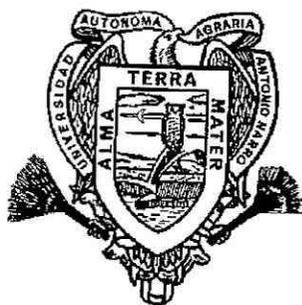


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**Niveles de plomo en leche pasteurizada de marcas  
comerciales de la Comarca Lagunera**

**POR**

**JOSÉ ALVIN SOSA GARCÍA**

**TESIS**

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

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**TESIS QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL  
H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**APROBADA POR**

**DR. RAFAEL RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
PRESIDENTE DEL JURADO**

  
**M.V.Z. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL  
DE CIENCIA ANIMAL**

Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal  
UAAAN - UL

TESIS QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO  
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

**PRESIDENTE DEL JURADO**



---

**DR. RAFAEL RODRÍGUEZ MARTÍNEZ**



**VOCAL**

---

**M.C. GERARDO ARELLANO RODRÍGUEZ**



**VOCAL**

---

**M.V.Z. SILVESTRE MORENO ÁVALOS**



**VOCAL**

---

**M.V.Z. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA**

# AGRADECIMIENTOS

AGRADESCO A DIOS POR DARMER LA FUERZA Y LA VOLUNTAD PARA PODER REALIZARME COMO PROFESIONISTA.

A MI ASESOR EL DOCTOR RAFAEL RODRIGUEZ POR SU AYUDA TAN VALIOSA Y SU ESFUERZO PUESTO EN LA REALIZACIÓN DE ESTA TESIS, ASI COMO SUS CONSEJOS Y SU DISPONIBILIDAD PARA CONMIGO.

AGRADESCO DE IGUAL FORMA A LA QFB MARIA CONCEPCIÓN HERNANDEZ SERRANO POR SU APOYO INCONDICIONAL Y POR DEDICAR PARTE DE SU VALIOSO TIEMPO A LA REALIZACIÓN DE LA PARTE EXPERIMENTAL, TAMBIEN AGRADESCO A TODO EL PERSONAL QUE COLABORO CON ELLA PARA SER POSIBLE LA REALIZACIÓN DE ESTA TESIS.

AGRADESCO AL COECYT DE COAHUILA POR HABERME ACEPTADO EN SU PROGRAMA DE BECAS BECA TESIS.

AGRADESCO AL MVZ SILVESTRE MORENO ÁVALOS POR SU APOYO Y AYUDA YA QUE GRACIAS A EL SE PUDO REALIZAR LA TESIS.

Y TAMBIEN TE AGRADESCO A TI CORAZÓN YA QUE SIN TI NO HUBIERA PODIDO TERMINAR MI TESIS, YA QUE TU AYUDA Y APOYO FUE DE GRAN VALOR PARA REALIZAR MI TESIS, CON TODO MI AMOR GRACIAS FLOR VIVA.

# DEDICATORIAS

ESTO LO DEDICO A MIS PADRES Y HERMANOS POR SU ESFUERZO, SU DEDICACIÓN SU APOYO INCONDICIONAL, SU AMOR Y SU COMPRENSIÓN YA QUE GRACIAS A ELLOS Y POR ELLOS HE LLEGADO HASTA ESTE MOMENTO TAN IMPORTANTE EN MI VIDA.

GRACIAS A MI PADRE ANTONIO SOSA, A MI MADRE ROSA GARCÍA, A MI HERMANA BETY SOSA Y MI HERMANO EDWIN SOSA.

TAMBIEN A TODOS MIS AMIGOS POR BRINDARME SIEMPRE SU AMISTAD EN LO BUENO Y EN LO MALO GRACIAS: VICENTE FRIAS, NAZARIO CANTERO, ANTIOCO CIENFUEGOS, ROSY RODRIGUEZ, FANY, DANIEL ROGEL, LUIS PINEDA, YESENIA IBAÑES, CESAR MEDINA, JAIME, MITXI, VIANEY, CUITI, BALTA, CARMEN, DOÑA CARMEN Y MUCHOS MAS QUE ESTAN PRESENTES SIEMPRE EN MI VIDA .

A NAYELI JEOVANI AGUILAR SEGURA POR SER TAN ESPECIAL CONMIGO Y POR BRINDARME SIEMPRE SU AMOR, CARIÑO Y COMPRENSIÓN, TAMBIEN POR ESTAR CUANDO MAS LO NECESITE COMO MI AMIGA, NOVIA Y CONSEJERA, GRACIAS GORDIS, DE TODO CORAZÓN MUCHAS GRACIAS.

Y TAMBIEN A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE ALGUNA O DE OTRA FORMA ESTUVIERON SIEMPRE CONMIGO DE UNA O DE OTRA FORMA, GRACIAS.

# 1 Índice

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>ÍNDICE</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>RESUMEN</b> .....  | <b>2</b>  |
| <b>3</b> | <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>3</b>  |
| 3.1      | EL PLOMO COMO UN CONTAMINANTE, HISTORIA Y CONOCIMIENTO DE SUS EFECTOS TÓXICOS .....   | 5         |
| 3.2      | DIVERSIDAD DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN POR PLOMO .....  | 5         |
| 3.3      | NIVELES PERMISIBLES DE PLOMO EN LECHE PASTEURIZADA .....  | 7         |
| 3.4      | EFECTOS DEL PLOMO EN EL ORGANISMO.....  | 8         |
| 3.5      | NEUROTOXICOLOGÍA.....   | 10        |
| 3.6      | HEMATOXICOLOGÍA .....   | 10        |
| 3.6.1    | <i>Inhibición de la síntesis del Hem en los eritroblastos</i> .....   | 10        |
| 3.6.2    | <i>Alteración morfológica de los precursores de los glóbulos rojos</i> .....  | 11        |
| 3.6.3    | <i>Efecto sobre los glóbulos rojos circulantes</i> .....  | 11        |
| 3.7      | NEFROTOXICOLOGIA .....  | 11        |
| 3.8      | TOXICOLOGÍA REPRODUCTIVA .....  | 12        |
| 3.9      | CARCINOGENICIDAD .....  | 12        |
| 3.10     | ACUMULACIÓN DE PLOMO EN EL HUESO .....  | 13        |
| 3.11     | CORRELACIÓN DE LOS NIVELES DE PLOMO EN SANGRE Y LECHE .....   | 14        |
| 3.12     | DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PLOMO EN LECHE PASTEURIZADA POR MEDIO DE<br>ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE HORNO DE GRAFITO ..... | 14        |
| 3.13     | IMPORTANCIA DE LA PRESENCIA DE PLOMO EN LA LECHE .....  | 15        |
| 3.14     | TOXICOCINÉTICA DEL PLOMO EN EL ORGANISMO ANIMAL .....   | 17        |
| 3.14.1   | <i>Vías de entrada</i> .....  | 17        |
| 3.15     | DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL PLOMO EN EL ORGANISMO.....  | 18        |
| 3.16     | ABSORCIÓN DEL PLOMO A NIVEL INTESTINAL .....  | 19        |
| 3.17     | VÍAS DE ELIMINACIÓN DEL PLOMO ABSORBIDO .....   | 19        |
| <b>4</b> | <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....   | <b>21</b> |
| <b>5</b> | <b>RESULTADOS</b> .....   | <b>22</b> |
| <b>6</b> | <b>DISCUSIÓN</b> .....  | <b>25</b> |
| <b>7</b> | <b>LITERATURA CITADA</b> .....  | <b>27</b> |

## 2 Resumen

El plomo es un contaminante derivado principalmente de los procesos industriales y que cuando se encuentra a niveles elevados en el organismo provoca problemas de salud de gran repercusión social y económica, por lo que, debido a lo anterior y a que la leche es una de las más importantes fuentes de exposición al plomo en los humanos, se midieron los niveles de plomo en leche pasteurizada de tres diferentes marcas comerciales (Bell, Lala, Lerdo) obtenida de puntos para su venta en las ciudades de Torreón, Coah., y Gómez Palacio y Lerdo, Dgo., a partir de centros de abasto localizados en los cuatro puntos cardinales de cada ciudad. Los niveles de plomo en la leche pasteurizada fueron determinados por medio de espectrofotometría de absorción atómica (AAS) y comparados contra los niveles permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana (NOM) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) y por otras dos organizaciones internacionales (las legislaciones brasileña y la rumana). Tan solo dos muestras (este y oeste) de una marca comercial (Bell) mostraron valores superiores (0.115 y 0.104 mg/kg) a los autorizados por la NOM y la OMS (0.1) mientras que alrededor un 58% de las muestras sobrepasaron el nivel permisible de la legislación brasileña y un 17% el de la legislación rumana. Los resultados permiten establecer que aunque en términos generales, los niveles de plomo en leche pasteurizada para el consumo humano en la Región Lagunera están dentro de los límites permisibles, estos son muy cercanos a los mismos, y en algunos casos, los rebasan, lo que puede constituir un problema de salud pública de importancia y al cual se le debe atender para evitar problemas posteriores.

### 3 Introducción

Los minerales y los elementos traza se encuentran en el organismo en un gran número de formas químicas, como iones y sales orgánicas o como constituyentes de moléculas orgánicas, como por ejemplo las proteínas, las grasas, los carbohidratos y los ácidos nucleicos. Los minerales que son considerados en el organismo como esenciales en la dieta son el sodio, el potasio, el cloro, el calcio, el magnesio, el fósforo, el hierro, el zinc, el magnesio, el selenio, el yodo, el cromo, el cobalto, el molibdeno, el fluor, y el boro. Otra parte de elementos químicos que se encuentran en los alimentos como el aluminio, el estroncio, el plomo, el mercurio, el cadmio y el arsénico, entre otros, son altamente tóxicos, considerándose no esenciales (24).

Los metales tóxicos como el plomo pueden encontrarse en un gran número de alimentos de diversa índole, ya sean vegetales o animales. Debido a que, algunas de las fuentes de plomo son la carne, los alimentos enlatados, los vegetales, el agua, algunos jugos comerciales y la leche, considerándose a esta última como uno de los elementos más importantes dentro de la alimentación humana, la cual constituye en la mayoría de las sociedades y culturas mundiales un alimento esencial en la dieta diaria (36).

En ambas categorías, el incremento de la concentración de alguno de los metales por encima de los límites permitidos puede causar efectos tóxicos. La gravedad del efecto tóxico depende de la naturaleza, la cantidad, la forma química del metal, el alimento, la concentración del elemento, de la sinergia y del antagonismo de sus efectos con otros compuestos o elementos químicos (12).

Las condiciones de ductilidad y maleabilidad del plomo han hecho que este metal haya sido utilizado por el hombre desde la más remota antigüedad. Hipócrates en el siglo V A.C. describe el cólico saturnino como síntoma de la toxicidad del plomo. Hay también referencias a la intoxicación por el plomo en el antiguo Egipto, 4,000 años antes de la era cristiana. De color azul-grisáceo, el plomo se obtiene principalmente a partir de la galena donde se encuentra en forma de sulfuro de plomo. Su punto de fusión es a 327 °C y el punto de ebullición a 1,525 °C. A partir de 500 °C, la emisión de vapores de plomo es ya

importante y por tanto lo es su toxicidad. Actualmente la toxicidad del plomo no sólo se extiende a los ambientes laborales en que se utiliza este metal, sino que llega también a ser un elemento importante de la contaminación ambiental debido, fundamentalmente al empleo del plomo tetraetilo y plomo tetrametilo como antidetonante en los carburantes de los automóviles (11, 24).

En los países más industrializados, en los últimos 10 a 15 años, se han dictado normas cada vez más restrictivas sobre la utilización del plomo en la gasolina, llegando a disminuir su concentración en el aire, en torno al 50% según estudios europeos llevados a cabo en el periodo 1979-89 (13).

La disminución de plomo ambiental junto con los progresos hechos en el campo de la prevención, ha reducido fuertemente la importancia de las exposiciones al metal a causa de la profesión, lo que ha permitido obtener conocimientos más precisos sobre los efectos producidos a dosis bajas, tanto en la población general como en la población laboral. Estos estudios han puesto en evidencia nuevos problemas, lo que ha llevado a algunos autores a proponer una revisión de los actuales modelos de conocimiento y de prevención para el plomo, con el fin de adaptarlos a las nuevas condiciones de exposición y a los conocimientos más recientes sobre los efectos debidos a los actuales niveles de absorción del metal (13, 24, 26, 35).

En México como en muchos otros países de América, la exposición al plomo con efectos deletéreos sobre la salud humana permanece aun como una amenaza. En nuestro país, el contenido de plomo en diversas muestras ambientales y los niveles de plomo en sangre y leche de mujeres, han sido observados en algunos grupos sociales, indicando que la exposición a este metal es aun un problema considerable en la población mexicana. Estudios previos han mostrado que los factores de mayor predicción a los altos niveles de plomo sanguíneo son de carácter sociodemográfico, e incluyen: la exposición al tráfico vehicular, el uso de loza vidriada, el hábito de la pica, el lugar de residencia, las fundidoras de metal, el tabaquismo, el jugo de naranja y la leche, siendo el uso de loza vidriada, el consumo de leche y el consumo de jugo de naranja, los mayores predictores de los niveles de plomo sanguíneo en mujeres residentes de la ciudad de México. Sin embargo, a pesar de su

importancia en la salud pública, hacen falta estudios acerca del papel que la leche de vaca pasteurizada juega como vehículo para el plomo y su consecuente importancia en la intoxicación por este metal, por lo que el objetivo de este trabajo fue medir niveles de plomo de la leche pasteurizada de algunas marcas comerciales que se venden en la Comarca Lagunera y comparar estos con los límites permisibles según la legislación nacional e internacional (26, 35, 42).

### **3.1 El plomo como un contaminante, historia y conocimiento de sus efectos tóxicos**

Desde tiempos muy antiguos se conocen los efectos nocivos del plomo en el organismo humano, sin embargo solo desde hace algunas décadas y utilizando una metodología más avanzada, se han detectado los daños que aún a niveles muy bajos, ocasiona el plomo en el organismo (4, 35).

El plomo es de los tóxicos mas antiguos, conocido desde hace 3,000 años, aunque sus efectos solo se conocen desde hace aproximadamente 100 años, siendo un grave problema de salud principalmente en países de tercer mundo, y más aún en niños (20).

Hipócrates en el siglo V antes de Cristo describe el cólico saturnino como síntoma de la toxicidad del plomo. Hay también referencias a la intoxicación por el plomo en el antiguo Egipto, 4,000 años antes de la era cristiana (3, 38).

En México como en muchos países de América, permanece como una amenaza la exposición ambiental al plomo con efectos deletéreos sobre los sistemas hematopoyético, hepático, renal, reproductivo y gastrointestinal (25).

### **3.2 Diversidad de fuentes de contaminación por plomo**

El agua, el alimento, el medio ambiente, el terreno, las fundidoras, los cultivos, el lugar de residencia y el lugar de exposición, están estrechamente relacionados con los altos niveles de plomo en la sangre y en la leche (7, 8,13, 14, 15,17, 21, 36, 37, 38).

Dentro de las fuentes de plomo ya mencionadas, las pasturas cercanas a carreteras y vías férreas, contienen un promedio de 300 mg/kg de forraje (36). Esto se debe a que el plomo atmosférico se puede adherir a los forrajes y también puede depositarse de forma directa en el suelo (15,36, 37). Por otra parte, las fundidoras de metal producen fuentes significantes de plomo, arriba de los 150 mg/kg dentro de un perímetro de 2 km. Además, también se han encontrado niveles de hasta 45 mg/kg en pastura cerca de tenerías (4, 7, 8, 15,36, 37).

También se han reportado niveles elevados de plomo en sangre de animales que pastan o comen forraje cerca de las fundidoras, o de pasturas que crecen en terrenos o suelos o tierras de cultivo que contienen altos niveles de metales pesados, procedentes de industrias de la fundición, purines o residuos y materias primas como fosfatos, siendo las principales fuentes de contaminación con metales pesados para los animales al ser consumidos por estos (8,23, 27, 36, 38).

Dentro de los animales domésticos las vacas lecheras pueden estar expuestas a altas cantidades de metales tóxicos tales como el cadmio y el plomo en el medio ambiente (7, 8, 13, 16), siendo otra de las posibles causas de plomo la pintura de las instalaciones ganaderas (23), provocándose las intoxicaciones por lamer la pintura (30), reportándose también que las baterías son fuentes de contaminación para el ganado cuando éste las lamer (8, 17).

Además de las fuentes ya mencionadas, también algunos medicamentos usados para tratar la diarrea, pueden contener altos niveles de plomo (38).

Según Naresh et al (25), las vacas con mastitis aguda presentan un nivel más elevado de plomo en sangre y leche, esto es, por que al parecer, al haber un proceso inflamatorio se aumenta la presencia de eritrocitos en la leche provocando el aumento del plomo en la misma. También comenta que el consumo de leche con niveles elevados de plomo puede ser un riesgo para la salud humana.

En las personas, al igual que en los animales, las fuentes de plomo son: el lugar de residencia, la proximidad a fundidoras, a carreteras, a zonas urbanas, la dieta, e

incineradores, lo que provoca altos niveles de plomo en sangre y leche de mujeres residentes de zonas urbanas en la ciudad de México (13, 22).

En niños se ha demostrado que existe un correlación positiva entre la ingestión de plomo procedente de la dieta y la concentración del metal en la sangre (22).

Según Navarrete et al, (26), en un estudio realizado en la ciudad de México en mujeres recién paridas, los predictores de la presencia de plomo en sangre fueron: la loza vidriada, el tráfico vehicular, el lugar de procedencia, el consumo de jugo de naranja y de leche, siendo los mayores predictores de la presencia de plomo en la sangre, el consumo de leche y de jugo de naranja.

### **3.3 Niveles permisibles de plomo en leche pasteurizada**

Los leche y sus subproductos son componentes importantes en la alimentación humana, principalmente para los niños, y muchas de las ocasiones estos productos contienen niveles de plomo relativamente bajos, contribuyendo significativamente al consumo de plomo en la dieta y siendo un riesgo para la salud pública (16, 32).

Por la gran variedad y diversidad de fuentes de contaminación, las vacas lecheras pueden estar expuestas a una gran cantidad de metales tóxicos como el plomo, por lo que se debe de asegurar, por medio de monitoreos y estudios de campo, los niveles de este metal en la leche, para así mantener la integridad de la salud pública (8,16).

La contaminación de la leche puede ocurrir durante la producción de leche en el animal, por la contaminación ambiental o durante el procesamiento de la leche. (32)

Estudios anteriores (Lamm and Rosen 1972 – 1973) demostraron que muchos de los productos lácteos tienen grandes cantidades de plomo, y que los más afectados son principalmente las formulas para infantes, poniendo en riesgo la salud humana. Por lo tanto los gobiernos de diversos países tomaron las medidas correspondientes para evitar los altos niveles este metal, y así poder salvaguardar la salud humana (19).

Según la Federación Internacional de Lechería, la leche en condiciones normales debe contener bajos niveles de plomo (2-10 mcg/kg) por lo que su consumo no supone riesgo para las personas. Según la OMS, el Codex Alimentarius y la Norma Oficial Mexicana (NOM), los niveles permisibles de plomo en leche pasteurizada deben de ser de 0.1 mg/kg (6,21, 28,39,41,42), aunque diversas normas y códigos sanitarios de algunos países europeos y sudamericanos (Rumania y Brasil) marcan que en la leche el nivel de plomo permisible e inocuo para la salud pública es de 0.05 mg/kg a .08mg/kg (24, 30).

Otro de los datos de interés en cuanto al consumo de plomo por las personas es que en 1993 el comité FAO/WHO Expert Committee for Additives and Contaminants (JECFA) redujo el valor del Consumo Semanal Tolerable Provisional (PTWI por sus siglas en inglés Provisional Tolerable Weekly Intake ) en personas adultas de 0.05 mg/kg de peso corporal a 0.025mg/kg. (15).

### **3.4 Efectos del plomo en el organismo**

El plomo es un elemento traza no esencial, cinéticamente lábil (2), es un metal pesado potencialmente tóxico, teniendo -inclusive a muy bajas concentraciones y principalmente para los niños, quienes son los más afectados-, efectos deletéreos en órganos, sistemas y procesos fisiológicos, dentro de los cuales se incluyen el desarrollo de la línea roja hemática, los riñones, el sistema cardiovascular, el aparato reproductor y probablemente, el aspecto de mayor gravedad, el desarrollo del sistema nervioso (13, 23, 35).

En los Estados Unidos el plomo está considerado como uno de los riesgos mas importantes para la salud de los niños (2,15,22), pero también representa graves riesgos en la mujer, en la cual, a mayor peso corporal se incrementan sus niveles y también con el tiempo de exposición, lo que significa que a mayor tiempo de exposición mayor será el nivel de plomo en el organismo (22, 37).

Por su similitud con el calcio, el plomo se almacena en el hueso, donde se deposita hasta un 90% del plomo ingerido (23), de ahí que en condiciones fisiológicas o patológicas en las que

hay una resorción ósea mayor (como el parto, la preñez y la lactación), se elevan las concentraciones del metal en la sangre y por consiguiente también en la leche (23, 26, 35). Por lo tanto, en las mujeres que en su niñez estuvieron expuestas al metal se origina la movilización del plomo durante el embarazo y la lactancia, con efectos tóxicos sobre el producto al atravesar la barrera placentaria o bien al ingerir el recién nacido leche materna con elevadas concentraciones de plomo (26).

Como resultado de un rápido crecimiento, los niños en sus primeros meses de vida son probablemente el grupo poblacional más sensible a los efectos tóxicos del plomo, teniendo como resultado la inmadurez de riñones e hígado y la vulnerabilidad de la mielinización del sistema nervioso central durante los primeros años de vida (13, 22).

Otros factores que resaltan el peligro de las intoxicaciones por plomo en niños, es que en humanos la absorción de plomo en el intestino es de un 50% en niños y de un 10% en adultos (13,21, 23), además de que según Lidisky et al, (2003) en los niños, niveles de 10  $\mu\text{g}/\text{dl}$  de plomo en sangre, tienen efectos nocivos en la mente (retraso mental).

En los animales la absorción de plomo es baja (1.0% aproximadamente), de tal forma que al aumentar la cantidad y la fuente de exposición no se aumenta su retención, de tal modo que en el ganado vacuno, la exposición crónica no causa síntomas de intoxicación, ya a que los huesos secuestran el plomo y lo liberan a la sangre para ser excretado posteriormente por diversas vías, siendo una de ellas la leche (23).

Según Neathery et al (27), las vaquillas de engorda pueden tolerar hasta 1,000 ppm de plomo sin tener efectos adversos en su rendimiento, consumo y ganancia de peso. También mencionan que el selenio es un elemento esencial en la protección del organismo contra los efectos tóxicos no sólo del plomo sino también del cadmio y del mercurio, por lo que, cuando hay presencia de plomo en el organismo animal, el selenio disminuye su concentración, debido a que estos elementos compiten por el sitio de absorción.

También en los animales, cuando el aporte de plomo en el forraje es elevado se provoca una mayor producción de gas, lo que disminuye el crecimiento bacteriano y el consumo de

alimento, debido aparentemente a que el ganado vacuno tiene la capacidad de detectar el metal en el alimento, una vez que ya ha tenido contacto anteriormente con éste (36).

### 3.5 Neurotoxicología

El plomo es un neurotóxico periférico y central. Interfiere en la liberación de la acetilcolina o bien en la reabsorción de colina y en la consecuente síntesis de acetilcolina. La adenilciclase del SNC es inhibida por el plomo. Con niveles de Pb-B inferiores a 60 µg/100 ml puede existir ya un retraso en la velocidad de conducción del impulso nervioso. Algunos autores sugieren el uso de estudios electromiográficos en la evaluación de la exposición crónica. Los efectos sobre el sistema nervioso central han sido descritos de manera diferente: desde no evidentes, hasta limitados a una reducción de los rendimientos globales, o alteraciones de las funciones psíquicas más complejas. (3, 4), existiendo también reportes de que aún a muy bajas concentraciones causa un déficit o retraso mental (11,15,20, 39).

### 3.6 Hematotoxicología

#### 3.6.1 Inhibición de la síntesis del Hem en los eritroblastos

Como resultado de su alta afinidad por las proteínas, el plomo bloquea varias enzimas necesarias para la síntesis del grupo Hem de la hemoglobina: la  $\Delta$ -ALA-deshidratasa (ALA- $\Delta$ ), la coproporfirinógeno III, decarboxilasa y la ferroquelatasa. (3), ligándose a la hemoglobina y a las proteínas plasmáticas de la sangre, con lo que inhibe la síntesis de glóbulos rojos y la disminución en el transporte de oxígeno. (15).

Los efectos sobre las enzimas necesarias para la síntesis del grupo Hem dependen de la dosis y de la absorción, siendo la inhibición más temprana la de la ALA- $\Delta$ . Por otro lado, como consecuencia del déficit de Hem, por un mecanismo de retro alimentación, se estimula la actividad de la enzima ALA-sintetasa, produciéndose también un aumento del ALA. Las consecuencias biológicas de esta inhibición son: aumento de la tasa de ALA en sangre y en orina (ALA-B, ALAU), aumento de la concentración de coproporfirinógeno III en los hematíes y de coproporfirina III en la orina (CPU), aumento de la tasa de protoporfirina IX

en los hematíes y aumento de la tasa de hierro sérico (3).

### 3.6.2 Alteración morfológica de los precursores de los glóbulos rojos

Como consecuencia de la alteración morfológica de los precursores de los hematíes, en una punción esternal pueden ser observados megaloblastos, eritroblastos poliploides y punteado basófilo en los eritroblasatos. La acción inhibitoria del plomo sobre la enzima pirimidin-5-nucleotidasa es responsable de la reducción-degradación del ARN en los reticulocitos en vías de maduración y de la persistencia de las granulaciones basófilas (3).

### 3.6.3 Efecto sobre los glóbulos rojos circulantes

Con la intoxicación por plomo, la fragilidad mecánica de los glóbulos rojos parece aumentar, aunque este factor no es suficiente para explicar la anemia. La vida media de los glóbulos rojos disminuye ligeramente lo que permite clasificar la anemia saturnina entre las anemias hemolíticas. (3, 4, 15)

## 3.7 Nefrotoxicología

Se distinguen tres fases en la respuesta renal a una exposición prolongada al plomo:

Primera fase (de duración inferior a un año): caracterizada por la presencia de inclusiones intranucleares del complejo plomo-proteína en las células tubulares, excreción elevada de plomo; no hay todavía perturbación de la función renal. (3, 11).

Segunda fase: tras algunos años de exposición, las células tubulares han perdido la capacidad de formar inclusiones intranucleares. Los riñones excretan menos plomo y presentan un cierto grado de fibrosis intersticial. La función renal comienza a alterarse. (3, 37).

Tercera fase: se produce una nefritis crónica. La lesión es principalmente tubular si bien

puede afectar también a nivel glomerular. En una revisión de estudios sobre nefropatía plúmbica se aportan datos sobre la utilidad de la N-acetil-beta-D-glucosaminidasa urinaria (NAG) como marcador precoz de daño renal, aunque las relaciones de los niveles de plomo en sangre y NAG sean poco consistentes. La posibilidad de daño renal tardío podrá darse incluso en condiciones de exposición moderada al plomo. (3, 15).

También puede presentarse el síndrome de Fanconi con aminoaciduria, glucosuria, hipofosfaturia e hipofosfatemia provocadas por la lesión tubular renal (4).

### **3.8 Toxicología reproductiva**

A muy altos niveles, el plomo es un potente abortivo. A muy bajos niveles se relaciona con abortos y bajo peso al nacimiento en niños (12). En algunos estudios se ha demostrado que en humanos aumenta la motilidad y disminuye la cuenta espermáticas hasta en un 49%, y que aumenta la morbilidad y mortalidad de niños recién nacidos (3, 11, 15, 39), siendo uno de los datos destacables el que el plomo atraviesa la placenta, conteniendo la sangre fetal entre un 80 a 100% de la plumbemia materna (4, 15).

### **3.9 Carcinogenicidad**

Se ha demostrado repetidamente que la exposición al plomo produce cáncer en animales de laboratorio (Categoría A3 American Conference of Government Industrial Hygienists, ACGIH 1996). En estudios epidemiológicos se ha encontrado un aumento significativo para varios tipos de cáncer (estómago, pulmón y vejiga), por lo que permanece vigente aún la cuestión de una eventual acción mutágena y cancerígena del plomo (11).

Gidlow et al (11) comentan que en algunos trabajos se ha evidenciado una asociación entre la exposición de plomo y la incidencia de cáncer, y que en un estudio realizado en una planta de fabricación de baterías, las personas que ahí laboraron durante el periodo de 1947 a 1995, mostraron un incremento significativo en cuanto a la mortalidad por cáncer de estómago. Sin embargo, otros investigadores reportan que no existe evidencia de que el plomo tenga algún efecto cancerígeno o mutágeno en humanos (15).

### 3.10 Acumulación de plomo en el hueso

El hueso es el tejido que más se afecta bajo condiciones de exposición crónica al plomo ya que el metal se acumula en el hueso (27), considerándose que opera como reservorio del metal, el cual puede ser movilizado en estados fisiológicos y patológicos en los que aumente la resorción ósea como en la preñez o la lactancia (22), además de que se conoce que el depósito de plomo en el hueso está influenciado por todos los procesos que afecten el almacenamiento o movilización de calcio en el mismo (35).

En los últimos años se ha incrementado el interés por descubrir y validar marcadores biológicos que permitan conocer mejor los mecanismos de toxicidad del plomo, En 1972 Needleman y colaboradores utilizaron por primera vez la decidua dental para medir la exposición acumulada al plomo en niños. Sin embargo, ese biomarcador no fue práctico, ya que los dientes no estaban disponibles en todas las poblaciones o en todas las edades, y la acumulación del plomo en los mismos varía a lo largo de la vida. A la fecha el hueso es un biomarcador de exposición tanto en dosis interna como externa (35).

Las acciones tóxicas del plomo se atribuyen a la afinidad por los sitios de acción molecular del calcio, en los que el metal actúa como sustituto del calcio en varios reguladores intracelulares, ya que es capaz de activar las fosfodiesterasas dependientes de la calmodulina y las proteínas cinasas dependientes de la misma, teniendo efectos además sobre los canales de calcio (35).

En las mujeres, mucho del plomo ingerido pasa al hueso y se acumula en él, y cuando hay lactancia o preñez por la resorción ósea, ese plomo pasa a la sangre, al feto y posteriormente a la leche, conteniéndose en muy altos niveles (29,35). También se ha señalado que en niños recién nacidos, el nivel de plomo es más alto que en sus madres debido a lo ya señalado anteriormente (26).

La vida media del plomo en el hueso es de aproximadamente 5 a 19 años. Por otra parte hay evidencia de que el plomo óseo puede regresar a la sangre en proporciones sustanciales (de

un 45% a un 70% del total del plomo en sangre), aún después de cualquier exposición, demostrando que en animales, el plomo óseo es una fuente endógena de exposición y más aun cuando hay resorción ósea. En las personas adultas, cerca del 95% del plomo se acumula en hueso y aproximadamente un 70% en niños (14, 35).

### **3.11 Correlación de los niveles de plomo en sangre y leche**

Aunque existen diferencia notables entre especies, la concentración de plomo en la leche está estrechamente relacionada con los niveles de plomo en la sangre (22), por lo tanto, el nivel al que se encuentre la presencia del plomo en la sangre indica la presencia del metal en la leche de vaca (17), incrementándose los niveles del metal en la leche una vez que se incrementan los niveles del mismo en la sangre (20). En las vacas existe un nivel de biotransferencia para diversos metales, siendo el factor de transferencia del plomo cincuenta veces superior al del cadmio (22).

Teniendo en cuenta que el 99% del plomo en la sangre se encuentra en el interior de los eritrocitos, es probable que el plomo pase a la leche mediante un mecanismo de transporte activo. También por medio de la sangre el plomo puede pasar a través del cordón umbilical al feto, causándole aun a niveles muy bajos, problemas de salud (13, 17, 20, 26, 35).

### **3.12 Determinación de los niveles de plomo en leche pasteurizada por medio de espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito**

Se han usado diferentes métodos para determinar la cantidad de plomo que contiene la leche, teniendo rangos de 2 hasta 400ng/g para el plomo. Esto nos sugiere que al tener rangos tan amplios, probablemente se deba a errores sistémicos de los métodos empleados. Los métodos convencionales son tediosos y son susceptibles de que se contamine la muestra, por lo que en la actualidad se han empleado métodos de vanguardia para la realización de este tipo de pruebas (16,30).

La espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito (EAAHG) ha sido usada para determinar de forma directa las cantidades de plomo en leche (16). Esta técnica se basa

en que cuando una solución de sal metálica se rocía con pequeñas gotas sobre una flama, el solvente en las gotitas se evapora inmediatamente dejando partículas de sal no ionizadas las cuales se vaporizan. Si no ocurren efectos colaterales, la sal gaseosa se disocia parcialmente en los átomos gaseosos del metal. Si los átomos gaseosos reciben suficiente energía, algunos se excitarán a niveles mayores de energía y al llegar a la parte más fría emitirán esta excitación en la forma de radiación a una longitud de onda de los átomos metálicos, sino, los átomos permanecerán en su estado basal no excitado hasta que se contenga la radiación de las longitudes de onda de resonancia característica (excitación) de los átomos que absorben selectivamente estas longitudes de onda (16,18,32)

El haz de luz reducirá su intensidad en proporción al número de átomos en estado basal que se encuentren en la flama, la medición de esta absorción de luz constituye la base de la de espectrofotometría de absorción atómica (18). En resumen, la espectrofotometría de absorción atómica es hasta el momento la técnica más avanzada para la determinación de plomo y otros metales pesados, basándose en una gran cantidad de energía producida por el grafito, la cual al tocar los átomos del metal hacen que se exciten y después estos átomos son absorbidos por la longitud de onda y emiten un espectro el cual es medido, determinándose de esta forma la cantidad del metal en el líquido (18).

### **3.13 Importancia de la presencia de plomo en la leche**

En estudios anteriores se han reportado elevados niveles de plomo en sangre y leche (0.06 a 0.99 ppm) de bovinos que se encuentran cerca de zonas urbanas, del tráfico vehicular y de zonas industriales (7, 8, 25, 32).

En la leche de mujeres se ha reportado un gran número de metales potencialmente tóxicos y en especial el plomo, por lo que es necesario determinar la presencia de éste en leche de vaca, ya que es un producto esencial en la alimentación humana y de cualquier especie (29).

Algunos estudios han demostrado que una porción del plomo que consumen los animales se acumula en el músculo y otra en la leche, siendo un gran riesgo para la salud. En la vaca se

ha observado de forma experimental la existencia de una relación directa entre el plomo ingerido y la concentración del metal en la leche (13, 22).

En cuanto a la distribución del plomo en la leche de vaca se ha observado que el plomo se asocia mayoritariamente a las micelas de caseína, liberándose con ésta al descenso del pH de la leche (22), siendo una fuente de exposición (29). Cuando la concentración de plomo en la sangre es muy alta, una proporción superior del metal se encuentra libre en el plasma, siendo más fácil su transferencia a la leche. (5, 11)

Según Jeng et al (16) el contenido de plomo en la leche cruda es relativamente bajo, reportando que únicamente el 0.0003% del plomo ingerido se transfiere a la leche, pero a pesar de esto, según la CAVP-1997, la leche contribuye con un 7% a un 8% de plomo ingerido en los alimentos (23), sin embargo, en los niños, la leche y los productos lácteos aportan aproximadamente casi una tercera parte del plomo ingerido (22).

En la leche de rata, alrededor del 90% del plomo ingerido se une a la caseína y el resto se reparte entre el suero y la grasa (22).

En 1972 Lamm y Rosen (19) reportaron que los alimentos lácteos comerciales para niños podrían exceder el consumo diario de plomo (0.3mg/gr), además de que se ha determinado por medio de análisis farmacocinéticos, que los alimentos o productos alimenticios que provengan de animales que contienen plomo son una fuente de riesgo para la salud humana (17).

Estudios más recientes en humanos, han demostrado que los niños alimentados con leche o formulas infantiles envasadas en recipientes de hojalata, presentan concentraciones elevadas de plomo en la sangre, mientras que aquellos que consumen este tipo de productos, envasados en recipientes de vidrio o cartón, presentan un nivel de plomo en la sangre similar a los niños alimentados con leche materna (22).

En mujeres de los primeros 60 a 90 días posparto la contribución del plomo en leche varia de un 36% a un 80%, y al parecer la dieta y el tejido óseo de la madre son las mayores

fuentes de plomo en la leche, pudiendo ser excretado en cantidades letales para los niños,(5, 38).

La congelación y pasteurización de la leche no producen grandes cambios en esta, pero podrían afectar la biodisponibilidad del metal, en cuanto a la leche cruda sin haber recibido algún tratamiento térmico. Esto puede deberse a que el plomo en la leche se asocia en una alta proporción a los restos de fosfoserina de la caseína y estos grupos no son afectados por los tratamientos aplicados a la leche (22).

Navarrete et al (26), reportan que una de las grandes ventajas que tiene la leche con respecto a los niveles de plomo que contenga, es que su contenido de calcio ayuda a disminuir la absorción de plomo por la competencia a nivel de receptores gastrointestinales, pero también mencionan que la leche es un predictor directo de los niveles de plomo en las personas.

Markowitz et al (21), reportan que la suplementación con 1,800 mg/día de calcio no es efectiva para el tratamiento de niños de 1 a 6 años de edad, teniendo entre 10 y 44  $\mu\text{g}/\text{dl}$  de plomo en sangre y que están recibiendo dietas ricas en calcio.

Por otra parte Navarrete et al (26) reportó que el consumo de leche (ocho vasos por semana o más) es un predictor del nivel de plomo en la sangre, de tal forma que el conservar la inocuidad de la leche colabora a mantener el bienestar de la población en general.

### **3.14 Toxicocinética del plomo en el organismo animal**

#### **3.14.1 Vías de entrada**

Tanto para los animales como para los humanos, existen tres principales vías de entrada del plomo. Estas son las siguientes; respiratoria, oral y cutánea.

La vía respiratoria.- Es la vía de entrada más importante, penetrando el metal por la inhalación de vapores, humo y partículas de plomo. El 50% de plomo depositado en los

pulmones se encuentra en sangre circulante tras aproximadamente 50 horas, pasando un porcentaje a tejidos o siendo eliminado. El grado de absorción de plomo por esta vía depende de la concentración ambiental del lugar de trabajo, del tiempo de exposición, de la forma física y química del plomo inhalado, de factores personales y de condiciones de trabajo (3, 4).

La vía oral.- Las partículas son ingeridas directamente a través de las manos, bebidas o cigarrillos, contaminados. Constituye la segunda vía de entrada en importancia de plomo en el organismo. Hay también un porcentaje de plomo que después de haber sido inhalado es vertido posteriormente al tubo digestivo por los mecanismos de aclaración del pulmón. Del 5 al 10% del plomo ingerido por esta vía pasa a la sangre y el resto es eliminado por las heces (3, 4).

La vía cutánea.- La absorción por esta vía es débil en el caso del plomo orgánico, siendo contraria en el plomo inorgánico. Se puede adquirir por la exposición al medio ambiente y principalmente a las condiciones higiénicas de trabajo (3, 31).

### **3.15 Distribución y almacenamiento del plomo en el organismo**

Una vez que el plomo pasa a la sangre se establece un intercambio dinámico entre los diferentes tejidos a los que el plomo se dirige. Primeramente se adquiere por medio de la dieta y el medio ambiente, posteriormente pasa a la sangre de donde se dirige al hueso y tejidos blandos donde se acumula, siendo el hueso el tejido de mayor acumulo del metal, posteriormente se elimina por medio de las heces, orina, sudor y leche. Tras la inhalación o ingestión el plomo absorbido pasa al torrente sanguíneo, desde donde se distribuye a los diferentes compartimentos. El 95 % del plomo sanguíneo está unido a los eritrocitos (3, 4, 22) .

La vida media del plomo en el compartimiento sanguíneo es de 35 días, pero pueden existir grandes variaciones individuales. El segundo compartimiento lo constituyen los tejidos blandos (tejido nervioso, riñón, hígado, etc.). La vida media del plomo en este caso es de 20, 30 y hasta de 40 días (3, 4).

De entre todos los compartimentos el esqueleto es el que contiene la gran mayoría (80-90 %) del plomo almacenado en el organismo. La vida media del plomo en el hueso es de 20 a 30 años(3, 4, 12, 14, 35). Una parte del plomo depositado al nivel óseo (tejido óseo trabecular) se encuentra en forma inestable, y por tanto fácilmente movable en determinadas condiciones (acidosis, descalcificación) y en equilibrio con la sangre. El resto queda almacenado (tejido óseo compacto) y va aumentando progresivamente a medida que continúa la exposición. Tanto los tejidos blandos como la sangre constituyen las unidades de intercambio activo, mientras que el esqueleto constituye la unidad de almacenamiento o de intercambio lento (3).

### **3.16 Absorción del plomo a nivel intestinal**

La absorción intestinal de plomo depende de la forma química en la que el metal se ingiera y de las interacciones del metal con otros componentes de la dieta. En el hombre, la absorción media de plomo es de un 10% de la dosis ingerida, en los niños la absorción media de plomo es de un 42% de la cual se retiene el 32% en el organismo, en los animales de laboratorio, en animales recién nacidos la absorción es del 50% y del 1% en animales adultos, de la dosis administrada, y más del 90% del plomo acumulado se encuentra en el hueso. (22, 26, 35).

### **3.17 Vías de eliminación del plomo absorbido**

El plomo absorbido es eliminado principalmente a través de la orina, una pequeña parte es eliminada en la bilis por las heces. La porción de plomo que ha sido ingerida y no absorbida es igualmente eliminada por las heces. Otras fuentes de eliminación y contaminación son la saliva, la faena y la leche. En el caso de la baja exposición al plomo, existe un equilibrio entre el aporte del toxico y su eliminación, pero una vez que se sobrepasa cierto nivel la eliminación del metal no corresponde con el grado de la carga corporal, es ahí donde empieza la acumulación y el organismo lo elimina a más volumen y velocidad para evitar

los altos niveles en la sangre, pero una parte del plomo se acumula en el organismo, siendo el tejido óseo el que mayormente acumula el metal, debido a su similitud con el calcio (3).

En regiones altamente industrializadas y con industrias con un mayor potencial de descargas de plomo a la atmósfera, es probable que, por la capacidad del plomo de permanecer en el agua, la tierra y los forrajes, pueda fácilmente pasar al organismo animal, en este caso de las vacas lecheras, y así presentarse en niveles elevados en la leche que se consume por el humano. Con este fin, se diseñó este experimento para medir los niveles de plomo en leche pasteurizada de tres marcas comerciales que se expenden en la Comarca Lagunera y compararlos con tres normas internacionales: la Norma Oficial Mexicana (NOM), la Norma de la Legislación Brasileña y la Norma de la Legislación Rumana.

## 4 Materiales y métodos

### Área de estudio

Para medir y comparar los niveles de plomo en las tres principales marcas de leche de mayor consumo en esta región (Bell, Lerdo y Lala), para que posteriormente compararlos con los niveles permisibles del metal según la NOM-091-SSA1-1994, OMS-FAO, la Norma de la Legislación Brasileña y la Norma de la Legislación Rumana, se realizó el presente trabajo en los municipios de Torreón, Coahuila, y Gómez Palacio y Lerdo Durango de la Comarca Lagunera (25° LN y 103° LE, a 1,092 msnm y con una media anual de lluvia y temperatura de 186 mm y 21.1°C respectivamente) durante el periodo de enero – mayo del 2004.

### Realización del muestreo

Durante los días 18,19 y 20 de febrero del año 2004, se realizó el muestreo, para lo cual primero se estableció la ruta a seguir, los puntos a muestrear, la ubicación de cada lugar y las marcas en venta, seleccionándose un centro de venta por cada punto cardinal de cada una de las ciudades. En cada una de las tiendas seleccionadas (12) se obtuvo un litro de leche de cada una de las tres marcas comerciales, de los cuales en forma inmediata, se obtuvieron 30 ml por cada litro en tubos de ensaye, identificándolos apropiadamente para reconocer la marca, la ciudad de origen y el punto cardinal, trasladándose a 4°C hasta el Laboratorio de Bioquímica de la Universidad Autónoma de Coahuila, donde se mantuvieron a -18°C hasta su análisis posterior a las 48 h.

### Análisis de laboratorio

Los niveles de plomo en las muestras de leche se midieron por Espectrofotometría de Absorción Atómica, (AAS) y los resultados se expresan en mg/kg de leche.

## 5 Resultados

En el presente trabajo se analizaron un total de 36 muestras de leche pasteurizada de los municipios de Torreón, Coahuila y Gómez Palacio y Lerdo, Durango, que integran gran parte de la Comarca Lagunera. Estas muestras se analizaron en el Laboratorio de Bioquímica de la Universidad Autónoma de Coahuila. Del total de muestras analizadas tan sólo dos tuvieron niveles de plomo más altos de los permitidos por la NOM, y las 34 muestras restantes seis de ellas resultaron con un nivel relativamente por debajo de lo permitido, según la legislación nacional vigente (NOM-091-SSA1-1994, OMS-FAO,) y por debajo de las normas nacionales brasileña y rumana. Ver Cuadro 1.

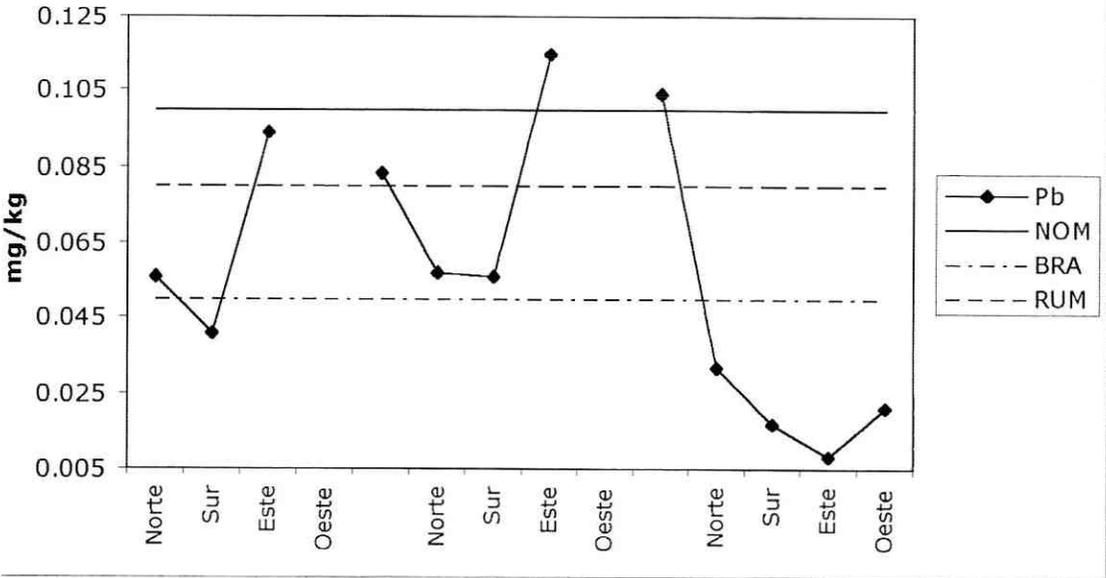
Por otra parte, las Figuras 1, 2 y 3, permiten ver en forma gráficas los niveles de plomo obtenidos en este estudio para cada una de las marcas comerciales, por cada una de las ciudades y en cada uno de los puntos cardinales y compararlos con los niveles permitidos por la NOM y las normas brasileña y rumana.

Cuadro 1.- Niveles de Plomo (mg/g) encontrados en muestras de leche pasteurizada de tres marcas comerciales de la Comarca Lagunera en cuatro puntos cardinales de distribución de Gómez Palacio y Lerdo Durango, y Torreón, Coahuila.

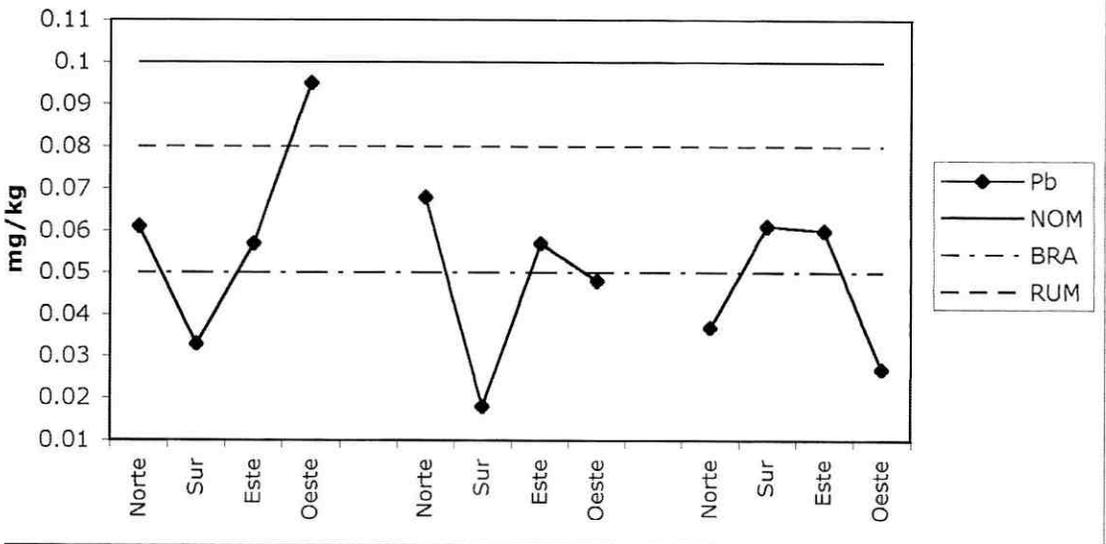
| CIUDAD                            | REGIÓN | MARCA COMERCIAL |       |       |
|-----------------------------------|--------|-----------------|-------|-------|
|                                   |        | BELL            | LALA  | LERDO |
| GÓMEZ PALACIO, DGO.               | NORTE  | 0.056           | 0.062 | 0.024 |
|                                   | SUR    | 0.041           | 0.033 | 0.068 |
|                                   | ESTE   | 0.094           | 0.057 | 0.046 |
|                                   | OESTE  | 0.083           | 0.095 | 0.04  |
| LERDO DGO.                        | NORTE  | 0.057           | 0.068 | 0.076 |
|                                   | SUR    | 0.056           | 0.018 | 0.04  |
|                                   | ESTE   | 0.115*          | 0.057 | 0.024 |
|                                   | OESTE  | 0.104*          | 0.048 | 0.042 |
| TORREÓN COAH.                     | NORTE  | 0.032           | 0.037 | 0.041 |
|                                   | SUR    | 0.017           | 0.061 | 0.062 |
|                                   | ESTE   | 0.008           | 0.06  | 0.038 |
|                                   | OESTE  | 0.021           | 0.027 | 0.053 |
| NORMA OFICIAL MEXICANA (NOM)      |        |                 | 0.1   |       |
| NORMA DE LA LEGISLACIÓN BRASILEÑA |        |                 | 0.05  |       |
| NORMA DE LA LEGISLACIÓN RUMANA    |        |                 | 0.08  |       |

\*Muestras que sobrepasaron los niveles permisibles por la NOM

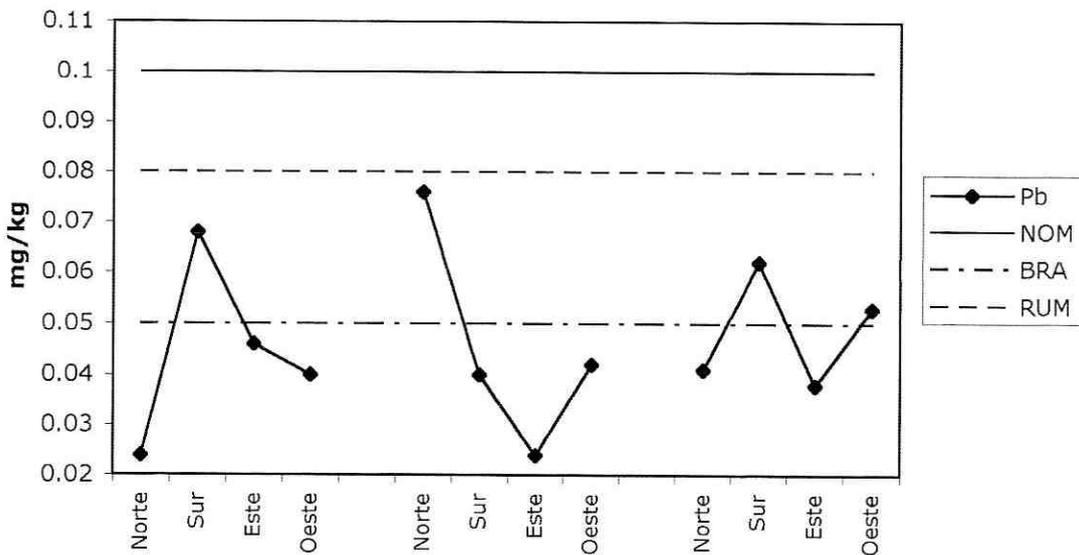
**Figura 1.** Niveles de Pb en leche pasteurizada "Bell" obtenida para su compra en los municipios de Torreón, Gomez Palacio y Lerdo respectivamente en febrero del 2004 y su relación con los niveles permisibles de 3 normas diferentes



**Figura 2.** Niveles de Pb en leche pasteurizada "Lala" obtenida para su compra en los municipios de Torreón, Gomez Palacio y Lerdo respectivamente en febrero del 2004 y su relación con los niveles permisibles de 3 normas diferentes



**Figura 3.** Niveles de Pb en leche pasteurizada "Lerdo" obtenida para su compra en los municipios de Torreón, Gomez Palacio y Lerdo respectivamente en febrero del 2004 y su relación con los niveles permisibles de 3 normas diferentes



## 6 Discusión

Los resultados encontrados en las muestras de leche estudiadas permiten corroborar la presencia de plomo en todas las muestras tomadas de las tres marcas elegidas, variando en cuanto al nivel del metal en cada una de ellas, pero en términos generales no rebasan la NOM.

De las treinta y seis muestras obtenidas y analizadas hubo tan solo dos (Bell, muestras de Lerdo, Dgo, regiones este y oeste) que sobrepasaron los niveles permisibles de plomo 0.115 y 0.104 mg/kg, de acuerdo con la NOM-091-SSA1-1994 y la OMS, las cuales marcan como nivel máximo 0.1 mg/kg. Hubo otras ocho muestras que tuvieron un nivel ligeramente por debajo de lo permisible y el resto de las muestras (26) en general presentaron en promedio un nivel de 0.05 mg/kg o sea que estuvieron a la mitad del nivel máximo.

Estos resultados coinciden con los de otros autores (7,8,25), que reportaban una similitud en cuanto al nivel de plomo en leche, utilizando la misma técnica que se uso en este estudio, sin embargo Dey et al, Dwivedi et al y Narres et al, (7,8,25) utilizaron de flama y Jeng et al, (16) el espectro de grafito, al igual que en este estudio.

Con base en la legislación mexicana vigente, las muestras presentaron en general un nivel permisible, aunque si estas se compararan con lo que marca la legislación brasileña (26) con un nivel máximo permitido de 0.05mg/kg, el 58 % de las muestras sobrepasan el nivel permisible de plomo por esta legislación. Por otra parte, si se comparara con la legislación de Rumania (24) que marca como nivel máximo 0.08 mg/kg el 17 % de las muestras no son adecuadas para el consumo de acuerdo a esta legislación.

Por otra parte de acuerdo con Gonzáles, et al, Navarrete, et al, y Sanín et al, (12,26,35) un aspecto importante que muy pocas ocasiones se toma en cuenta es que, el 95% del plomo absorbido en adultos se acumula en hueso, mientras que en niños tan sólo es de un 70 %, lo que permite suponer que aun a concentraciones bajas del metal en la leche para consumo humano, este puede tener repercusiones sobre la salud a largo plazo, tomando en consideración que hay un acumulación elevada en hueso.

Por otra parte, según Jeffrey et al, (17) se considera que el medio ambiente, el forraje y el agua son las principales causas de los niveles elevados de plomo en sangre y leche de bovinos, situación que debería ser considerada en la Comarca Lagunera, ya que existen fuentes ambientales de contaminación que pueden producir niveles elevados en forrajes y agua de bebida, los cuales pueden explicar los niveles de plomo encontrados en la leche pasteurizada de la región, además de aquellos factores durante el manejo que se le da a la leche para su procesamiento.

Con base en lo anterior, es recomendable realizar otros estudios para tener un monitoreo continuo de los niveles del metal en la leche y realizar a su vez, muestreos en sangre y leche cruda de vacas de la región, para determinar si existe correlación entre los niveles de plomo en sangre y leche y determinar también los porcentajes de plomo que pasan de la sangre a la leche cruda y cuanto de estos niveles permanece en la leche pasteurizada.

Por otra parte es conveniente realizar un estudio en diversas épocas del año, ya que hay algunos reportes que mencionan una diferencia en la absorción de plomo en los bovinos respecto a la época de invierno y verano.

## 7 Literatura citada

- 1.-Alwarthan A.1995. Lead concentration in Breast Milk of nursing mothers living in Riyadh. *Ann Saudi Med.* 15:249-251
- 2.-Arnold GH. 2001. Why is lead toxic? Molecular Mechanism of lead poisoning. Northwestern University, Department of Chemistry, 2145 Sheridan Road, Evanston, IL 60208 – 3113. Disponible en:<http://www.pediatrics.org>. Accesado Febreo 20 de 2004
- 3.-Arrate PM, Nieves RSH y Amaia MC. 1999. PLOMO. Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laboral. Disponible en: <http://www.bridgnorth-dc.gov.uk/static/page653.htm>. Accesado el 20 de febrero de 2004
- 4.- Ascione AI. 2001. Intoxicación por plomo en pediatría. *Arch Pediatr Urug.* 72; 133 – 138
- 5.- Boczkowzki et al.1995. On the need for análisis of the occupational health education system. *Med Pr.* 46: 415-426
- 6.- Centro de Investigación en Nutrición y Salud. Cuernavaca Morelos, México. Disponible:[http://www.insp.mx/cinys/inicio.html?http://www.insp.mx/cinys/centro/infraestructura/rh/art\\_inv.php?id=109](http://www.insp.mx/cinys/inicio.html?http://www.insp.mx/cinys/centro/infraestructura/rh/art_inv.php?id=109) Accesado 6 de Junio de 2004.
- 7.- Dey S, Dwivedi SK y Swarup D. 1996. Lead concentration in blood, milk and feed of lactating buffalo after acute lead poisoning. *Veterinary Record.* 138:336
- 8.- Dwivedi SK, Dey S y Swarup D.1995. Lead in blood and milk from urban cattle and buffalo. *Vet Human Toxicol.* 37: 471- 472
- 9.- EEA - Reports - Europe's Environment - The Dobris Assessment. Disponible en: URL:[www.epa.gov/ttn/nsr/psd2/pdf/p10\\_48.pdf](http://www.epa.gov/ttn/nsr/psd2/pdf/p10_48.pdf) Accesado el 2 de Mayo de 2004
- 10.-FAO/WHO Food Standars Programe Codex limentarius Comisión. Disponible en: [http://www.codexalimentarius.net/download/report/28/AI03\\_12e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/report/28/AI03_12e.pdf) Accesado el 20 de Mayo de 2004
- 11.-Gidlow DA. 2004. Lead Toxicity. *Occupational Medicine.* 54: 76-81
- 12.-Gonzales CT. 1997. Decrease in birth weight in relation to maternal bone – lead burden. *Pediatrics.* 100: 856 – 862
- 13.-Gundacker C, Pietschnig B, Wittmann KJ, Lischka A, Salzer H, Hohenauer L y Schuster E. 2002. Lead and Mercury in breast milk. *Pediatrics.* 110: 873-878
- 14.-Hu H y Hernández AM. 2002. Invited Commentary : Lead, Bones, Women, and Pregnancy – The Poison Within. *Am J Epidemiol.* 156: 1088-1091
- 15.-IOCCC. COBISCO. 1996. Heavy Metals. Disponible en:

- URL:<http://www.internationalconfectionery.com/pdf/Metals.pdf>. Accesado el 25 de Enero de 2004
- 16.-Jeng SL, Lee SJ y Lin SY. 1994. Determination of Cadmium and Lead in Raw Milk by graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer. *J Dairy Sci.* 77:945-949
- 17.-Jeffrey SL, Whitaker SM, Borger DC y Willett LB. 1997. Pharmacokinetics of lead in Cattle: transfer from dam to calf. Department of Animal Sciences, Ohio State University. Disponible en: [http://www.ohioline.osu.edu/sc156/sc156\\_16.html](http://www.ohioline.osu.edu/sc156/sc156_16.html) Accesado Marzo 2 de 2004.
- 18.- Kirk RS, Sawyer R y Egan H. 1996. composición y analisis de los alimentos de Pearson. 2da edición. paginas 47-70. CECSA.
- 19.-Lamm SH y Rosen JF. 1974. Lead contamination in milks fed to infants:1972-1973. *Pediatrics.* 53:137 (Abstrac)
- 20.-Lidsky TI y Schneider JS. 2003. Lead Neurotoxicity in children: basic mechanisms and clinica correlates. *Brain* . 126: 5-19
- 21.-Markowitz ME, Sinnett M, Pharm D y Rosen JF. 2004. A randomized trial of calcium supplemetation for childhood lead poisoning. *Pediatrics.* 113:e34-39
- 22.-Mata VL, Sanchez L y Calvo M. 1996. Plomo en leche y otros alimentos. Tecnología y Bioquímica de los alimentos. Universidad de Zaragoza.
- 23.-Mendez BJ. 1999. Metales pesados en la alimentación animal. COREN SCL. FEDNA. Disponible en:<http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2001CAPIX.pdf>. Accesado el 3 Enero de 2004
- 24.-Mutean N, Laslo R, Ghitulescu R y Mutean E. Heavy metals content in some food products. 1998. Institute of Public health Cluj Napoca, Romania.
- 25.- Naresh R, Dwivedi SK, Swarup D y Dey S. 1999. Lead and Cadmium concentrations in milk and blood of Indian cows whit mastitis. *Vet Human Toxicol.* 41: 392- 393
- 26.-Navarrete EJ, Sanin ALE, Escandon RC, Benitez MG, Olaiz FG Hernández DM. 2000. Niveles de plomo sanguíneo en madres y recién nacidos derechohabientes del Instituto Nacional del Seguro Social. *Salud publica de México.* 42:391-397
- 27.-Neathery MW, Varnadoe JL, Miller WJ, Crowe CT, Fielding AS y Blackmon DM. 1990. Effects of High Dietary on the Metabolism of intravenously dosed Selenium-75 in Dairy Calves. *J Dairy Sci.* 73:1107-1112.

- 28.- Norma Oficial Mexicana NOM-091-SSA1-1994. Bienes y Servicios Leche pasteurizada de vaca. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Disponible en:<http://plazasol.uson.mx/hge/normas/091ssa14.pdf> Accesado el 7 de Enero de 2004.
- 29.-NRDC. 2001. Healthy milk healthy baby, Chemical Pollution and mothers milk. Disponible en :<http://www.nrdc.org/breastmilk/envpoll.asp>. Accesado el 4 de Febrero de 2004
- 30.- Okada AI, Sakuma MA, Maio DF, Dovidauskas S y Zenebon O. 1997. Evaluation of lead and cadmium levels in milk due to environmental contamination in the Paraiba Valley region of southeastern Brazil. *Rev. Saúde Pública*31: 140-143
- 31.-Okarsson, A. 1998. Risk assessment in relation of neonatal Metal Exposure . *Analyst* 123; 19 – 23.
- 32.- Pappas F, Stefanidou M, Athanasis S y Alevisopoulos G. 2001. Lead content of fresh milk samples from different sites in Athens. *Vet Human Toxicol* 43: 290-292
- 33.-Park UD y Paik WN. 2002. Effect on blood lead of Airborne lead particles characterized by size. *Ann occup Hyg.* 46:237-243
- 34.- Public Health Services. Disponible: <http://www.dhfs.state.wi.us/lead/PublicHealth.htm> Accesado el 9 de Junio de 2004.
- 35.-Sanin LH, González CT, Romieu I y Hernández AM. 1998. Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud. *40:359-368*
- 36.-Strojan ST y Phillips CJC. 2002. The detection and avoidance of lead-contaminated herbage by dairy cows. *J Dairy Sci*; 85:3045-3053
- 37.-S/A. 1992. Lead poisoning in cattle. *Agdex.* 663 – 40, Agriculture, Food and Rural development, Alberta Canada.
- 38.- S/A. 1999. Toxicological profiles for lead. Agency for toxic Substances and disease registry. División of Toxicology information branch 1600 Clifton Road NE.  
URL:<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13-C2.pdf>
- 39.-S/A. 2003. Lead toxicity on reproductive health, fetal development, and breast milk. Capitulo 13. Disponible en:<http://www.osha.gov>. Accesado el 12 de Marzo de 2004
- 40.-S/A. 2003. Sources and toxicology of lead exposure capitulo 4. Disponible en :<http://www.dhfs.state.wi.us/lead/doc/chap4toxicologyandsources.pdf>. Accesado el 10 de abril 2004
- 41.-S/A. Aplicación de los Principios Farmacocinéticos y Farmacodinámicos a la Toxicología. Disponible en:

<http://www.drscope.com/privados/pac/generales/onctox/principios.html> Accesado el 3 de Junio de 2004.

42.-Younes B, Al Meshari AA, Al-Hakeem A, Al-Saleh S, Al-Zamel F, Al-Shammari F y Abdulrahman A. 1995. Lead concentration in breast milk of nursing mothers living in Riyadh. Ann Saudi Med. 15:249 – 251