

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**“CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO EN LECHE CRUDA DE ESTABLOS
LECHEROS DE LA COMARCA LAGUNERA”**

TESIS QUE PRESENTA:

LEONELA BAUTISTA TOMAS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México

Septiembre de 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO UNIDAD
LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

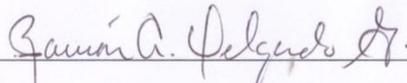
"Concentraciones de arsénico en leche cruda de establos lecheros de la Comarca
Lagunera"

POR

Leonela Bautista Tomas

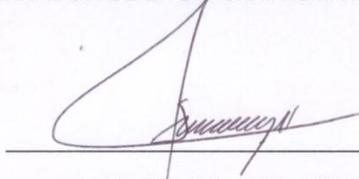
Aprobado por el comité de tesis

PRESIDENTE DEL JURADO



M.C.V. Ramón Alfredo Delgado González

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



M.V.Z. Rodrigo Isidro Simón Alonso
Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

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

"Concentraciones de arsénico en leche cruda de establos lecheros de la Comarca
Lagunera"

Tesis

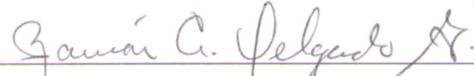
Leonela Bautista Tomas

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada
como requisito parcial para obtener el grado de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

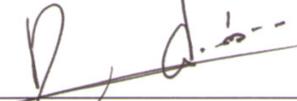
Comité particular

Presidente:



M.C.V. Ramón Alfredo Delgado González

Vocal:



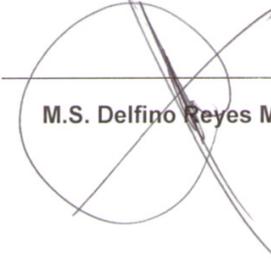
M.V.Z. J. Guadalupe Rodríguez Martínez

Vocal:



M.V.Z. Eric Alejandro Reyes Ramírez

Vocal suplente:



M.S. Delfino Reyes Macías

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por bendecir mi vida, por darme a los padres que tengo y a mis queridos hermanos, por darme la oportunidad de vivir experiencias que me fortalecieron y de conocer a personas muy lindas que se volvieron parte de mi vida, gracias.

A MI ALMA TERRA MATER:

Por ser la Universidad que permitió que culminara con mis estudios profesionales, así como también por ser una de las grandes universidades que ha tenido la sencillez por la gran cantidad de alumnos de casi todos los estados de la Republica Mexicana.

A MI FAMILIA:

Por el apoyo incondicional que me brindaron en cada momento de mi vida, por fortalecerme plenamente con sus palabras por sabiduría, por aceptar y confiar en mi cuando me dejaron ser libre, por la paciencia, el cariño y amor que me han tenido y que gracias a ustedes pude salir adelante y cumplir con este sueño muy deseado se los agradezco de todo corazón, ustedes fueron mi motivación los quiero a todos.

A MIS ASESORES UNIVERSITARIOS:

Por todo el apoyo que me brindaron durante el transcurso de mi carrera, por la paciencia, el respeto, por los conocimientos transmitidos que crearon en mí una motivación más para mi formación como Médico Veterinario Zootecnista

así como también agradezco a cada uno de ellos por el apoyo incondicional para concluir con mi trabajo de tesis en especial al M.C.V. Ramón Alfredo Delgado González, M.V.Z. J. Guadalupe Rodríguez Martínez, M.V.Z. Eric Alejandro Reyes Ramírez, M.Sc. Delfino Reyes Macías, M.V.Z. Delmar Aguilar Meléndez, Ing. Leticia Gaitán Alemán, Q.F.B. Norma Lydia Rangel Carrillo, gracias.

A MIS AMIGOS:

A ustedes por darme la confianza, la seguridad, por formar parte de mi familia universitaria, por apoyarme siempre en los buenos y malos momentos de mi vida, por la alegría que formaban en mí, por el respeto y por sus palabras de motivación muchas gracias a todos ustedes en especial a: M.V.Z. M. Carmen González, L. Maribel Cedillo, Rosalinda Borunda., Delmar Aguilar y Carlo Saldaña.

A MIS ASESORES DE TRABAJO:

Por la paciencia que han tenido en el ámbito laboral, la enseñanza transmitida dentro del campo laboral, sus palabras de motivación que hicieron que tuviera una visión diferente y que tuviera mucha seguridad en mí, muchísimas gracias, en especial a la Dra. Cecilia Segura, Ing. Carlos Díaz e Ing. Vicente Hernández.

DEDICATORIAS

A MI HERMANO ERIK:

Por apoyarme siempre, por estar al pendiente de mí, por darme la motivación de seguir adelante sin importar los obstáculos, por ser como un padre, por darme lindos consejos y que hasta ahora soy su orgullo gracias querido hermano te amo.

A MI HERMANA YANETH:

Porque ella fue una de mis principales motivaciones de seguir con mis estudios, por fortalecerme como mujer, por ser como una madre, por apoyarme en buenas y malas decisiones, por darme dos lindos sobrinos, te amo.

A MI PADRE LUCAS:

Por ser quien me dio la vida, por ser parte de mi, por aprender a respetar mis decisiones, por darme la enseñanza que hasta ahora tengo y por plantarme esa palabra “se sencilla hija mía” gracias padre lo adoro y lo respeto y gracias por darme a tres personas maravillosas Lourdes, Citlaly y Elvis, los amo.

A MI MADRE CARMEN:

Por darme la vida, por quererme como a nadie, y que a pesar de que no esta conmigo, nunca se olvido de mi, gracias por sus lindos consejos la amo madre, gracias por apoyarme al igual que mí querida hermanita Odalis Bautista y el Sr. Rigoberto los quiero mucho.

A MIS ABUELOS:

Aurelia Vásquez, Hermenegildo Guzmán y Regina Aguilar, queridos abuelos gracias por estar al pendiente de mí desde pequeña, gracias por enseñarme cosas que me formaron como mujer, por enseñarme a no olvidar a la familia y que como familia siempre estar unidos y sobre todo apoyarnos mutuamente, gracias por confiar en mi y apoyarme en todo momento, los adoro queridos abuelos.

A MIS TIOS:

Gracias por el apoyo y por las porras que me ayudaron a no detenerme y seguir adelante y realizarme como mujer y profesionista, gracias por todo el cariño que me han brindado y por formar parte de mi vida y familia y también por darme esa alegría cuando nos reunimos para convivir, a todos mis tíos muchas gracias.

A MIS AMIGOS DE SAN MIGUEL:

Gracias por animarme y hacerme ver las cosas diferentes, ustedes fueron al igual que mi hermana mi motivación para seguir con mis estudios y realizarme como profesionista, gracias por ser mi inspiración y por los bonitos recuerdos que me dejaron, lo logré, especialmente a G. Simón Reyes, C. Reye, Y. Avendaño, Y. Martínez, L. C. Miguel y L. Tapia Mariano.

RESUMEN

Los metales pesados son de gran interés para los científicos debido a que la presencia de estos en el medio ambiente tiene efectos negativos sobre la salud del hombre, de los animales y de los cultivos agrícolas. El arsénico (As) es un metal pesado, este se ha utilizado por el hombre desde hace más de mil años con fines terapéuticos, criminales, entre otros. En la actualidad, la presencia de arsénico en el agua de bebida se ha convertido en un tema actual para muchos países e inclusive para México, afectando al campo ambiental como en el de salud pública, causando daños asintomáticos y en ocasiones severos. Por lo que, en este trabajo se determinaron las concentraciones de arsénico en leche cruda de establos lecheros de la Comarca Lagunera.

Los resultados se obtuvieron analizando las muestras de leche mediante el Kit de As Merckoquant obteniendo resultados superiores a 10 ng/g lo que marca la Federación Internacional de Lechería.

Palabras claves: Arsénico, leche bovina, agua, Comarca Lagunera.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	iii
RESUMEN	V
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA	4
2.1 Antecedentes	4
2.1.1 Antecedentes ambientales	4
2.1.2 Antecedentes sanitarios	5
2.2 Límites máximo de As en agua de bebida establecido por la OMS	6
2.2.1 Importancia del As en la producción agropecuaria	6
2.2.2 Importancia de la calidad del agua para el consumo de los bovinos en la producción láctea	7
2.3 Patogenia	9
2.3.1 Absorción	9
2.3.2 Absorción a nivel celular	10
2.4 Intoxicación por arsénico	11
2.4.1 Manifestaciones de intoxicación aguda	11
2.4.2 Manifestaciones de intoxicación crónica	12
2.5 Diagnóstico	15
2.5.1 Antecedentes de exposición aguda y crónica a las sales arsenicales y manifestaciones clínicas	15
2.6 Datos de laboratorio	15
2.6.1 Envenenamiento agudo	15
2.6.2 Envenenamiento crónico	16
2.7 Tratamiento	17

2.7.1 Medidas no específicas	17
2.7.2 Medidas específicas	17
2.8 Control	18
2.8.1 Medidas sanitarias para la salud pública	20
III. JUSTIFICACIÓN	21
IV. OBJETIVO	23
V. HIPÓTESIS	24
VI. MATERIAL Y MÉTODOS	25
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
VIII. CONCLUSIONES	30
IX. LITERATURA CITADA	31

I. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados son componentes naturales del medio ambiente. Se encuentran en cantidades variables en toda geosfera y están sometidos en un ciclo continuamente a través de diferentes componentes de la ecosfera. Las cantidades de los diferentes metales pesados en el ambiente atmosférico han ido en aumento con los avances de la civilización humana y es probable que aumente aún más con la creciente explotación de los recursos geológicos, tales como la minería y el desarrollo de combustibles fósiles. Una preocupación adicional con los metales, es su concentración en los residuos de productos domésticos e industriales, debido a la naturaleza indestructible de los elementos (Sharma, *et al.*, 1982).

Los metales pesados son de gran interés debido a que la presencia de estos en el ambiente tiene efectos negativos sobre la salud del hombre, de los animales y de los cultivos agrícolas. Los metales pesados están en los alimentos y provienen de diversas fuentes, las más importantes son: el suelo contaminado en el que se producen los alimentos para el hombre y los animales; lodos residuales, fertilizantes químicos y plaguicidas empleados en la agricultura, el uso de materiales durante el ordeño, almacenamiento y transporte de la leche, así como la contaminación por metales pesados en los alimentos y el agua que ingieren los bovinos afectan la calidad de la leche (Armienta y Rodríguez, 2005).

Los metales pesados, se han convertido en un tema actual tanto en el campo ambiental como en el de salud pública. Los daños que causan van desde asintomáticos a severos, la peligrosidad de estos, es mayor al no ser química ni biológicamente degradables. Una vez emitidos, pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Además, su concentración en los seres

vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación (Valdés y Cabrera, 1999).

El As, ha sido uno de los elementos tristemente más mencionados durante la edad media e incluso moderna, fue cronológicamente el tercer elemento químico empleado como veneno desde el punto de vista histórico, después del mercurio y del plomo (Sánchez y Rodríguez, 2000).

El As aparece en la mayoría de las aguas, aunque usualmente en pequeñas cantidades. La presencia de este metal pesado en las aguas, es un tema de gran interés para nuestro México, ya que se han reportado casos de concentraciones altas de As en agua de consumo, causando efectos tóxicos sobre el organismo vivo (Bocanegra, *et al*, 2002).

Debido al impacto sobre la salud, los países desarrollados desde hace algún tiempo se han dedicado a las investigaciones para detectar y cuantificar esta sustancia. En cambio, en México, este tipo de estudios es incipiente (Alcocer, *et al*, 2007).

La Comarca Lagunera, está considerada como una de las regiones más contaminadas por arsénico a nivel mundial, debido a la ubicación geológica de la región, siendo esto un grave problema para la salud humana. Esta contaminación afecta al humano y a los animales domésticos y silvestres, siendo estos de interés económico y social debido a la industrialización de productos lácteos y cárnicos de diferentes especies como los rumiantes, aves y cerdos (Ortega, 2009).

Los derivados de productos animales, son una parte vital de la dieta humana como carne y leche que constituyen los principales alimentos. Los huesos y otros órganos generalmente no se usan como alimento humano, a menudo se utilizan en dietas para animales como fuente de nutrientes. Los metales pesados, son acumulados en distintos tejidos, principalmente en piel, huesos, hígado y riñones, por lo tanto, es importante la información sobre la distribución de este metaloide en los animales que son para consumo humano (Sharma, *et al*, 1982).

La leche y los productos lácteos son importantes para la alimentación humana, sin embargo, las vacas lactantes pueden estar expuestas a altas cantidades de metales tóxicos, tales como As y otros presentes en el medio ambiente. Sin embargo, para la seguridad de la salud pública, las concentraciones de As en la leche necesitan ser monitoreados para mayor seguridad (Jeng, 1994). En muchos países, la leche es consumida tanto en crudo como en productos pasteurizados en grandes cantidades y es importante que los niveles de contaminantes sigan siendo bajos para minimizar la exposición (Yutsever y Türker, 2007).

La Comarca Lagunera es la cuenca lechera más importante de México, en esta región, se han realizado muy pocas investigaciones en relación al contenido de As en alimentos para consumo humano, por lo que, en esta investigación se determinaron las concentraciones de As en leche cruda de bovino de diferentes establos lecheros de esta área.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

El término de As deriva del griego “*arsenikós*” que significa “masculino” en contraposición a lo femenino. Es un metal pesado cuyo símbolo químico es el As, tiene un número atómico de 33 y un peso molecular de 74.91, es un miembro del grupo V de la tabla periódica de los elementos, compartiendo las características con el nitrógeno, el fósforo, el antimonio y el bismuto (Sánchez y Rodríguez, 2000).

2.1.1 Antecedentes ambientales

El As se encuentra en la naturaleza, en minerales comunes como la arsenopirita, realgar, oropimente y el trióxido de arsénico, como elemento puro se le encuentra ocasionalmente. El As sublimado, es un metal pesado, pulverizado que se empleó a partir de la edad media. Pese a su uso como medicamento en el desarrollo de la iatroquímica, el As fue cronológicamente el tercer elemento químico empleado como veneno desde el punto de vista histórico, después del mercurio y del plomo. Tanto se popularizó que entre 1600 y 1700, el 80% de los envenenamientos en Francia lo fueron por arsénico o sus combinaciones químicas (Bocanegra, *et al*, 2002).

En la actualidad, numerosas intoxicaciones arsenicales se deben al consumo de agua con alto contenido de este elemento. La contaminación de los acuíferos con As, puede ser provocada no solo por la incorporación de contaminantes desde la superficie relacionada con actividades humanas, sino también, por los procesos naturales de interacción agua-roca, ocasionado por

ambientes geológicos específicos. Las especies químicas más importantes en aguas naturales son: ácido arsenioso (H_3AsO_3), ácido arsénico (H_2AsO_4^-), ácido arsénico (HAsO_4^{2-}) altamente solubles y estables (Bocanegra, *et al*, 2002).

La presencia de As como contaminante natural en agua subterránea y utilizada para consumo humano, es ahora un problema epidémico en el mundo, afectando a distintos países, como Canadá, Estados Unidos, México, El Salvador, Nicaragua, Regiones de América como; Perú, Brasil, Chile, Argentina, Bolivia, así como también al país de Italia, Pakistán y Vietnam, estos han reportado la severidad de la ingesta de agua con As (Pérez y Fernández, 2004).

En México, la presencia de As en agua subterránea, es uno de los problemas sanitarios más importantes por su elevada toxicidad para los seres vivos. La presencia de arsénico en los mantos acuíferos de México está registrada y documentada principalmente en cuatro estados de la República: Coahuila, Chihuahua, Durango e Hidalgo (Pérez y Fernández, 2004).

2.1.2 Antecedentes sanitarios

Los primeros casos de afectaciones a la salud por consumir agua contaminada por As en México, se registraron en la Comarca Lagunera, en los estados de Durango y Coahuila (Armienta y Rodríguez, 2005).

Vega, (1999) menciona que en el estado de Coahuila, se han registrado casos de elevada concentración de As en el agua desde los años 80, superiores a 0.01 mg/L de agua establecida por la OMS (Organización Mundial de la Salud).

En 1958 en la Comarca Lagunera se registraron casos en los municipios de Francisco I. Madero, San Pedro de las Colonias en Coahuila y Tlahualilo en Durango, de Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE) en los humanos esto por el consumo prolongado de agua con elevada presencia de As (Vega, 1999., Ortega-Guerrero, 2009).

En el año de 1986, la Universidad Autónoma de Coahuila evaluó el estado de salud de una muestra de 5,903 habitantes de la Comarca Lagunera, de los cuales 204 (3.4%) presentaron lesiones relacionadas con el As y 15 (0.2%) presentaron lesiones cancerosas, todos ellos del municipio de Francisco I. Madero (Vega, 1999).

2.2 Límite máximo de As en agua de bebida establecido por la Organización Mundial de la Salud.

Basándose en diferentes estudios y evidencias de afectaciones a la salud por el consumo de agua con altas concentraciones de arsénico, la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1958 propuso como límite máximo permisible una concentración de 0.01 mg de As/L en el agua potable (Álvarez y Uribe, 2006).

En México, se encuentra especificado en la norma de salud ambiental que implanta la calidad del agua potable, NOM-127-SSA1-1994 Salud ambiental-Agua para uso y consumo humano, en el año 2005 establece el límite máximo permisible de 0.025 mg/L de agua (Vega, 1999, Fuentes, 2005).

2.2.1 Importancia del As en la producción agropecuaria.

El As tiene un impacto en la producción agropecuaria, tanto para la salud

animal como por la posible transferencia del contaminante hacia productos de consumo humano (Pérez y Fernández, 2004).

La presencia de este metaloide en los alimentos y particularmente en leche bovina, constituye un tema de actualidad a nivel mundial debido a la contaminación de la cadena trófica involucrada y a los daños que ocasionan a la salud pública, sin embargo, este tema es relevante para la seguridad alimentaria y ha sido escasamente analizado en nuestro país (Pérez y Fernández, 2004).

En estudios realizados en la Comarca Lagunera en 1992, se encontró que 10% de las muestras de la leche colectadas en vacas, presentaron concentraciones de arsénico mayores a 10 ng/g, que es el nivel máximo en la leche sugerido por la Federación Internacional de Lechería (Armienta y Rodríguez, 2005., Pérez y Fernández, 2007).

2.2.2 Importancia de la calidad del agua para el consumo de los bovinos en producción láctea

La región Lagunera se encuentra dentro de un área donde los niveles de As en el agua son muy elevados y nocivos para la salud de los humanos y animales, además causa problemas a la maquinaria y equipo de la industria, este contaminantes se han ido incrementando año con año al estar disminuyendo el nivel del manto freático. Actualmente la disponibilidad de agua de bebida abundante y limpia se esta convirtiendo en un desafío. La determinación de la calidad de agua y la disponibilidad de esta para los procesos diarios en las actividades agropecuarias e industriales son críticas para la existencia de estas empresas así como para sus planes de expansión o de construcción (Ortega- Guerrero, 2009).

El agua es el segundo nutriente más importante para la vida, solo después del oxígeno, influye de una manera importante en la salud, producción y reproducción del ganado, esta se utiliza principalmente en la digestión, absorción, metabolismo, transporte de los nutrientes y en la excreción de productos de desecho (heces, orina y respiración). Es común que algunos técnicos encargados en la alimentación y manejo del ganado no le den la importancia debida al agua y esta sea una de las causas de la baja productividad y la mala calidad láctea (Herrero, *et al*, 2000).

A continuación se menciona algunos puntos importantes de cómo influye el agua en la productividad.

- Se necesita entre 4 y 5 litros de agua para producir un litro de leche.
 - La leche está compuesta de un 87% de agua.
 - Entre el 55-81% del peso de las vacas es agua.
 - Del 26 al 34% del agua consumida es la producción de leche.
 - Del 70% al 90% del agua ingerida por los animales proviene de los bebederos.
 - La sangre está compuesta por un 90% de agua.
- (Álvarez y Uribe, 2006, Pérez y Fernández, 2007)

Tomando en cuenta los siguientes datos se puede observar que el agua es indispensable para el equilibrio del organismo animal y la productividad, si esta es proporcionada de mala calidad en consecuencia afectará a la salud y a la productividad del ganado.

2.3 Patogenia

El As contenido en el agua y los alimentos ingresan al organismo por vía oral cumpliendo los siguientes pasos:

2.3.1 Absorción

La absorción depende de la liposolubilidad del compuesto, los arsenitos inorgánicos trivalentes (As III), tales como los concentrados en el agua, penetran a través de las membranas biológicas con mayor dificultad que los arsenitos orgánicos, lo que explicaría el largo período de incubación de la enfermedad (Bocanegra, *et al.*, 2002).

El As después de ser absorbido por el intestino delgado, pasa al torrente sanguíneo y es distribuido en los diferentes órganos; se deposita principalmente en el hígado, riñón, corazón, pulmón y piel. Existen altas concentraciones en el pelo y las uñas debido a que el arsénico trivalente inorgánico se combina con los grupos sulfídricos de la queratina de estos anexos cutáneos, el depósito en le pelo comienza a las dos semanas posteriores de su administración y permanece en ese lugar durante años (García, *et al.*, 1991, Bocanegra, *et al.*, 2002).

Se deposita además en huesos y dientes por su semejanza química con el fósforo, atraviesa con facilidad la barrera placentaria y por su potencial teratogénico produce daño fetal (Bocanegra, *et al.*, 2002).

El As es metabolizado a nivel hepático a ácido metilarsenico y a ácido dimetilarsenico, posteriormente es eliminado a través de la orina, otras vías de eliminación son en heces, sudor, leche, piel y sus anexos; pelos y uñas (García, *et al.*, 1991, Bocanegra, *et al.*, 2002).

2.3.2 Absorción a nivel celular

El As es un veneno porque actúa en el organismo de la misma forma que lo hace el plomo y el mercurio esto es, uniéndose a los grupos sulfhidrilos de las proteínas, deformando su estructura y alterando en muchos casos las membranas celulares hasta modificar su permeabilidad. A consecuencia de ello se produce una fuerte variación de las concentraciones iónicas de sodio y potasio, alterando el estímulo nervioso. Por eso algunos síntomas de su intoxicación son muy parecidos a los de ciertas enfermedades que desacoplan las concentraciones iónicas. Otras veces se asemejan a los estados carenciales de vitamina B1 (tiamina) (Sánchez y Rodríguez, 2000).

El As III se une al ácido lipoíco que contiene un ciclo pentagonal de carbonos con dos azufres, transformándolo en un ciclo hexagonal, puenteando los dos azufres y bloqueando de esta forma la acción de los grupos sulfhidrilos que deberían formarse en dicho ácido, a través de su acción junto con acetil coenzima A. No termina aquí la acción del arsénico ya que al ser de la misma familia que el fósforo, es capaz de suplantarle en los fosfatos, como arsénico pentavalente (As V), formando enlaces As-O, menos energéticos, inhibiendo las enzimas oxidativas y desacoplando la síntesis del ATP, base energética de la actividad humana. Como antídoto se han empleado históricamente la leche fresca y el zumo de limón porque tanto el ácido láctico como el cítrico pueden acomplejar y aislar al As formando un quelato, aunque con más dificultades que con metales como el plomo y el mercurio (García, *et al.*, 1991, Sánchez y Rodríguez, 2000).

Los compuestos de arsénico inorgánico reaccionan con los grupos sulfidril de las proteínas celulares e inhiben los procesos oxidativos celulares (García, *et al.*, 1991).

2.4 Intoxicación por arsénico

El As es muy tóxico y causa daños al sistema neurológico, al sistema cardiovascular y está ligado a diversos tipos de cáncer como el de la piel. La intoxicación crónica por arsénico puede manifestarse por la aparición de llagas y un aspecto leproso (Valdés y Cabrera, 1999).

Los síntomas de la intoxicación por arsénico incluyen la fatiga, dolores musculares, pérdida del cabello, zumbido de los oídos, cicatrización difícil, depresión, laxitud, alucinaciones visuales y la disminución de la producción de glóbulos rojos y blancos. La intoxicación crónica puede causar la muerte (Valdés y Cabrera, 1999).

El As generalmente no produce alteraciones manifiestas en los animales, pero deben considerarse las patologías subclínicas con un importante impacto negativo en la producción de leche. Además, el As, o los metabolitos producidos por el organismo, pueden aparecer o acumularse en distintos tejidos, incluyendo los de consumo humano lo que significa un riesgo para el consumidor (Pérez y Fernández, 2004).

2.4.1 Manifestaciones de intoxicación aguda

Esta se debe a menudo por envenenamientos accidentales, propósitos suicidas u homicidas, al ingerir alimentos o productos contaminados. La dosis fatal es de entre 200-300 mg, sin embargo, dosis de 20 mg puede ser de riesgo para la vida (Sánchez y Rodríguez, 2000).

El mineral en la forma de trióxido de arsénico (As_2O_3) era una causa común de intoxicación aguda, porque se le podía conseguir fácilmente, es

prácticamente insípido y tiene el aspecto de azúcar (Sánchez y Rodríguez, 2000).

Los síntomas aparecen desde 30 minutos después de la ingesta, pudiendo retrasarse hasta 12 horas, inicialmente el paciente tiene sabor metálico en la boca, con un olor a ajo en la respiración asociado con disfagia y xerostomía, le sigue dolor gástrico muy intenso, vómito en proyectil y diarrea profusa, el individuo se queja de sed profusa y calambres, al surgir la pérdida de líquidos aparecen los datos de choque, aparecen cianosis, vasodilatación generalizada, encefalopatía hipóxica, convulsiones y necrosis tubular aguda (H. Dreisbach, 1984., Sánchez y Rodríguez. 2000., Montoya, 2002).

Sánchez y Rodríguez (2000) mencionan que en la intoxicación grave el individuo puede morir en el término de una hora, pero el intervalo usual es de 24 horas. Dosis pequeñas producen vasodilatación leve y edema oculto, en especial en cara, esto ha sido considerado erróneamente como un incremento ponderal sano y un supuesto efecto tóxico. Menos frecuentes son las arritmias cardíacas, la atrofia óptica y la depresión del Sistema Nervioso Central (SNC).

2.4.2 Manifestaciones de intoxicación crónica

La exposición crónica a concentraciones de As en agua significativamente mayores a 0.05 mg/L, resulta en serios problemas de salud epidérmicos, cardiovasculares, renales, hematológicos y respiratorios. Puede manifestarse como un fenómeno de intolerancia o de susceptibilidad individual durante el curso de un tratamiento arsenical orgánico o ser la etapa siguiente a la intoxicación aguda (Ortega, 2009).

También, se ha manifestado por el uso de cosméticos que contienen As, por la ingestión continua de frutas contaminadas con este metaloide, por los

empleos en las industrias, por habitar en regiones donde la atmósfera, aguas y tierras estén contaminadas (Sánchez y Rodríguez, 2000).

Para contraer la enfermedad es preciso haber estado expuesto, durante meses o años a la ingesta de agua contaminada con altos niveles de As (Sanmiguel, *et al.*, 2000, Bocanegra, *et al.*, 2002).

La ingesta crónica de As a través de agua para beber está asociada a graves padecimientos, entre los que se encuentran daños en el sistema cardiovascular, neuropatías, abortos espontáneos, hiperpigmentación cutánea y cáncer (García, *et al.*, 1991, Álvarez y Uribe, 2006).

Las lesiones en la piel son los efectos clásicos de este tipo de intoxicación, afectando al 96% de los enfermos, las manifestaciones clínicas aparecen entre uno y quince años de ingestión de agua arsenical (Vega, 1999, Bocanegra, *et al.*, 2002).

La exposición continua a través del agua para consumo humano ocasiona lesiones cutáneas características, empieza con un eritema causado por la vasodilatación cutánea, posteriormente hay hiperpigmentación en las zonas no expuestas e hiperqueratosis plantar y palmar, así como la presencia de carcinomas en la piel (Sánchez y Rodríguez, 2000., Fuentes, 2005).

La queratodermia palmo-plantar suele estar precedida de hiperhidrosis y ardor local, puede ser localizada o difusa, el aspecto verrugoso es el más frecuente, puede dificultarse el cierre de la mano y se aprecia un aumento del espesor cutáneo de color amarillo grisáceo o gris negruzco, seco y áspero al tacto (Sanmiguel, *et al.*, 2000).

Los tumores cutáneos son el segundo síntoma en orden de frecuencia. El número de carcinomas es variable, generalmente son múltiples, están ubicados en el tronco, particularmente en el dorso, la parte interior del tórax, en miembros y el cuero cabelludo. La aparición de tumores malignos depende del tiempo de exposición al arsénico (Vega, 1999, Bocanegra, *et al*, 2002).

Puede haber trastornos de la personalidad, convulsiones y coma; la encefalopatía puede ser similar al Síndrome de Wernicke Korsakoff debido al bloqueo de las reacciones metabólicas (Sánchez y Rodríguez, 2000).

El arsenicismo crónico causa también neuritis periférica que afecta principalmente a las extremidades inferiores, anemia, leucopenia, trombocitopenia y disminución en la maduración de los eritrocitos, conjuntivitis, traqueítis, desviaciones del electrocardiograma normal, miocarditis, trastornos relacionados con la circulación periférica como la gangrena de extremidades o enfermedad de pies negros (Armienta y Rodríguez, 2005) puede haber hipertensión portal no cirrótica, estomatitis, sialorrea, daño renal, trastornos de la conducción miocárdica, daño en los vasos sanguíneos (Sánchez y Rodríguez, 2000).

Por otro lado, la carcinogenicidad y toxicidad de este elemento resultan principalmente de la exposición a arsénico trivalente más que a arsénico pentavalente o a compuestos orgánicos de arsénico (Vega, 1999).

Los cánceres viscerales, es decir, en órganos internos: el 30% de los pacientes con HACRE, mueren por neoplasias internas y de éstos un 33% lo hacen por cáncer de pulmón. Los órganos afectados en orden de frecuencia son: pulmón, estómago, laringe, esófago, faringe, tráquea, hígado (Bocanegra, *et al*, 2002).

El As y sus compuestos se introducen al organismo por inhalación (con una eficiencia de absorción de 50%) ingestión (con una eficiencia de absorción de 80%) y vía dérmica (Armienta y Rodríguez, 2005).

2.5 Diagnóstico

2.5.1 Antecedentes de exposición aguda y crónica a las sales arsenicales y manifestaciones clínicas.

H. Dreisbach (1984) menciona que la cuantificación de As en la sangre y orina es de utilidad en la intoxicación aguda. En la crónica, las determinaciones en uñas y pelos se consideran adecuadas para confirmar la exposición al metal y se aplican a estudios epidemiológicos o con fines médicos-legales. El diagnóstico de la intoxicación crónica se confirma con el análisis de As en orina. Los valores de referencia son: sangre; 1 a 4 $\mu\text{g}/\text{dL}$; pelo y uñas; < 1 $\mu\text{g}/\text{g}$ de pelo; orina: < 50 $\mu\text{g}/\text{L}$ (recordar que estos valores se pueden modificar con la dieta particularmente con la ingestión de productos marinos).

2.6 Datos de laboratorio

2.6.1 Envenenamiento agudo

- La orina puede mostrar eritrocitos, proteína y cilindros.
- Los compuestos del As pueden aparecer como materiales radiopacos semejantes al bario después de la ingestión.
- En intoxicaciones por As, la cifra sanguínea ha variado de 0.1 a 1.5 mg/ml. Después de la administración terapéutica de arsénico, la cifra sanguínea ha variado de 0.01 a 0.025 mg/ml.

2.6.2 Envenenamiento crónico

- En los laboratorios toxicológicos estatales o de la jurisdicción, el arsénico puede ser identificado en el pelo, uñas, orina, heces y vómito.
- La función hepática puede encontrarse deteriorada.
- La hematimetría revela leucopenia, neutrofilia, así como también anemia. (Montoya, 2002)

En caso de la intoxicación aguda la historia puede ayudar, pero en la forma crónica es más difícil todavía y se debe de sospechar en todo paciente que presente neuropatía con prurito, trastornos hematológicos y trastornos intestinales (Sánchez y Rodríguez, 2000).

Son pruebas útiles la de Gutzeit y la de Reinsch, el análisis de los tejidos del cuerpo, de las uñas, la colorimetría, la polarografía y la espectroscopia. Al analizar las muestras de uña o de cabello se considera una cifra de 100 mg por cada 100 g de muestra como diagnóstico definitivo de intoxicación por arsénico (García, *et al.*, 1991, Sánchez y Rodríguez, 2000).

Para el diagnóstico de HACRE, se utiliza el método de bombardeo con neutrones en pelos o uñas del paciente con intoxicación arsenical, que transforma el arsénico As^{75} en el isótopo As^{75} con una vida media de 26,8 horas. Se señala como cantidades normales de arsénico 0,82-3,50 ppm en las uñas y 0,50-2,10 ppm en los cabellos (Bocanegra, *et al*, 2002).

La evolución del HACRE es lenta y progresiva, una vez instalado el proceso no desaparece aunque el individuo se traslade a zonas no arsenicales (Sanmiguel, *et al.*, 2000, García, *et al.*, 1991).

2.7 Tratamiento

2.7.1 Medidas no específicas

Se debe de iniciar de inmediato y ante la sospecha de la ingesta: lavado gástrico más cloruro férrico con 30 mg de carbonato de sodio en 120 ml de agua, esto es efectivo temporalmente, carbón activado, leche o tiosulfato de sodio, pueden ser de beneficio en forma transitoria. Se debe de prestar especial atención al estado del volumen intravascular. Se debe de realizar hemodiálisis en caso de falla renal, así como la administración de analgésicos y narcóticos (Sánchez y Rodríguez, 2000).

2.7.2 Medidas específicas

El dimercaprol es el agente quelante de elección, la dosis efectiva es de 3 a 4 mg/kg por vía intramuscular cada 4 a 12 horas o hasta que desaparezcan los síntomas abdominales o se expulse el carbón activado. En este momento se continúa con penicilamina en forma oral y por 4 días hasta un máximo de 2 g al día en 4 fracciones. En caso de reaparecer los síntomas se puede realizar un segundo ciclo con penicilamina. El succímer es un derivado del dimercaprol que puede ser de utilidad aunque la Administración de Alimentos y Drogas (FDA) sólo ha aprobado su uso como quelante del plomo. En las intoxicaciones crónicas suele bastar la penicilamina por vía oral, la duración del tratamiento depende del estado clínico y en las decisiones son útiles las determinaciones periódicas del mineral en la orina (García, *et al.*, 1991, Montoya, 2002).

Las lesiones cutáneas son tratables con medicamentos, criocirugía, electrocoagulación, radioterapia o cirugía clásica (Bocanegra, *et al.*, 2002).

2.8 Control

Los efectos tóxicos del arsénico afectan a personas de todas las edades y muchos de los efectos perjudiciales por el consumo de este metaloide son irreversibles, en una etapa inicial, beber agua de buena calidad, ingerir comidas nutritivas y ricas en vitaminas pueden revertir algunos efectos, los pacientes necesitan un control clínico cada seis mese, RX de tórax anual y tomografía axial computarizada (TAC) ante la sospecha de alguna malignidad (Bocanegra, *et al.*, 2002)

Propuestas generales y métodos de tratamiento para reducir el As en el agua hasta alcanzar los valores como límite máximo anunciados por la OMS y por la norma Mexicana de salud ambiental que implanta la calidad del agua.

Existen diversas técnicas que pueden ser utilizadas para llevar a cabo la remoción de Arsénico:

- Coagulación/filtración: es un proceso de tratamiento que consiste en agregar sulfato férrico o sulfato de aluminio al agua para remover al As (V) con un 90% de efectividad.
- Alúmina activada: es un tipo de intercambio iónico, donde los iones presentes en el agua son adsorbidos por la superficie oxidada de la alúmina activada. Es altamente selectiva para remover el As (V), y efectiva para tratar agua con alto contenido de sólidos disueltos totales.
- Ósmosis inversa: es un proceso para eliminar las sustancias disueltas presentes en el agua, forzando la circulación del agua por una membrana

semipermeable bajo una presión superior a la osmótica. Tiene una eficiencia de más de 95% de remoción de As disuelto. Es efectivo para remover As de aguas subterráneas.

- Intercambio iónico: es un proceso físico y químico, en el cual los iones de una especie dada son desplazados de un material insoluble de intercambio (resina) por otros iones que se encuentran en solución. Remueve efectivamente el As en el rango de un pH entre 8 y 9.
- Nanofiltración: es un proceso de separación líquida mediante membranas operadas bajo presión que permiten el paso de solventes y sales monovalentes, iones metálicos y pequeñas moléculas orgánicas de peso molecular en el rango de 200 a 1000. Se puede remover el As (III) y As (V) disueltos en el agua, con una remoción de 90% de As disueltos en aguas subterráneas.
- Ablandamiento con cal: es un método usado para remover la dureza del agua y consiste en adicionar cal (Ca(OH)_2) al agua. Remueve efectivamente al As (III) y As (V) y la eficiencia de la remoción está en función del pH mayor a 10.5.
- Luz solar y aire: consiste en eliminar el As del agua potable. La radiación ultravioleta de la luz solar cataliza la oxidación del As disuelto a la forma menos tóxica, la cual puede ser precipitada en forma de arsenato férrico y posteriormente eliminada.
- Electrotratamiento: permite la removilización del As disuelto en el agua por medio de electrodos de hierro que proporcionan la adsorción de los iones presentes en este elemento, con una eficacia superiores al 90% (Álvarez y Uribe 2006).

2.8.1 Medidas sanitarias para la salud pública

- Estudios hidrogeológicos y monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas, en particular de la evolución del contenido en arsénico.
- Monitoreo clínico para detectar precozmente síntomas de HACRE en la población.
- Continuar con los diagnósticos para identificar a las personas con altos niveles de As y de otros contaminantes.
- Continuar proporcionando la atención médica oportuna y suficiente.
- Instrumentar de inmediato programas de educación ambiental y para la salud, poniendo énfasis en el auto cuidado. (Valdés y Cabrera 1999., Bocanegra, *et al*, 2002).

El HACRE constituye un problema de alto contenido médico, social y sanitario. La búsqueda de nuevas zonas arsenicales implica el trabajo coordinado de hidrogeólogos, químicos, economistas, asistentes sociales y médicos sanitarios, con el fin de promover información acerca de los problemas sanitarios que ocasiona el alto contenido de As en el agua que abastece a la comunidad y en conjunto dar soluciones para evitar al máximo los problemas sanitarios que ocasiona la población en general (Bocanegra *et al.*, 2002).

III. JUSTIFICACIÓN

La Comarca Lagunera es una de las regiones contaminadas por arsénico en el agua, debido a la ubicación geológica y a los procesos geoquímicos naturales de la región (Armienta y Rodríguez 2005). Esta zona geográfica se abastece principalmente de aguas superficiales y de acuíferos subterráneos, por lo que la población en general está expuesta a la ingesta de aguas con arsénico, por otra parte existen las exigencias de mayor extracción de agua debido a las actividades agropecuarias realizadas destacando la de mayor interés la producción láctea y el aumento de la población, obligando así la sobreexplotación de sus mantos acuíferos y por tal el aumento del arsénico en el agua (Álvarez y Uribe 2006).

La Organización Mundial de la Salud considera perjudicial para el ser humano el consumo de agua con una concentración superior a 0.01 mg de arsénico/L. En la Región Lagunera por la sobreexplotación de sus mantos acuíferos sobrepasa estos límites afectando así a la población en general (Ramírez y Hernández 2005).

Una de las actividades agropecuarias de la Comarca Lagunera que destaca a nivel nacional es la producción de leche bovina, actividad que utiliza un sinnúmero de litros de agua tanto para los procesos de la limpieza como para la misma ingestión de los animales. Se sospecha que el arsénico puede ser transferido del agua de consumo de los animales a la leche producida por estos, pero no se le ha dado el interés adecuado para estudiar este enfoque (García, *et al.*, 2005).

Por lo anteriormente citado, este trabajo se enfocó principalmente en determinar si la leche bovina producida en esta región contiene arsénico, es decir, la transferencia de este metaloide hacia la leche a partir de la ingesta de

agua con arsénico. La Federación Internacional de Lechería anuncia que los límites máximos para leche bovina son de 10 ng de arsénico por gramo de leche; este dato nos ayudará a percibir si los datos obtenidos en nuestro trabajo exceden o no exceden los límites (Pérez y Fernández 2007).

IV. OBJETIVO

Determinar la presencia y cantidad de arsénico en leche bovina producida en la Comarca Lagunera de Coahuila

Contribuir a demostrar la transferencia de este metaloide hacia la leche a partir de la ingesta de agua con arsénico.

V. HIPÓTESIS

NULA:

No existe la transferencia del arsénico hacia la leche bovina por tal no es una vía de excreción del arsénico.

ALTERNATIVA:

Existe la transferencia del arsénico hacia la leche bovina a partir de la ingesta de agua contaminada con este metaloide, por lo que la vía de excreción del arsénico es por medio de la leche.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La Comarca Lagunera está ubicada en el centro-norte de México, está conformada por parte de los Estados de Coahuila y Durango y deben su nombre a los cuerpos de agua que se formaban alimentados por dos ríos: el Nazas y el Aguanaval, hasta antes de la construcción de las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco, que en la actualidad regulan su afluente.

La Comarca Lagunera de Coahuila está conformada por 5 municipios; Torreón, Matamoros, San Pedro de las Colonias, Francisco I. Madero y Viesca (Martínez-B. 1999). Cuenta con una población total de 825,861 habitantes (INEGI 2005) (Censo Nacional de Población y Vivienda 2005 del INEGI).

La Comarca Lagunera de Coahuila cuenta con una extensión territorial de 44,887 Km², una altitud de 1,120 metros (3,674 pies), latitud de 24° 22' Norte y una longitud de 102° 22' Oeste.

El clima de la región se caracteriza por ser de clima árido, con una vegetación semi-desértica, por tanto la agricultura es casi imposible sin un sistema de riego. El agua es superficial, proveniente de las cuencas cerradas de los ríos Nazas y Aguanaval y de acuíferos subterráneos (Martínez-B. 1999).

La principal actividad pecuaria de la Región Lagunera de Coahuila es la producción de leche bovino, principalmente la raza Holstein, ocupando el primer lugar en producción láctea a nivel Nacional (Sandoval-Rodríguez 2010).

La región cuenta con aproximadamente 587 establecimientos lecheros de los cuales 286 establos pertenecen al sistemas de producción familiar y 301 establos pertenecen al sistema de producción intensivo, con inventario global de 440 mil cabezas y 250 551 vacas en producción para el 2002 (García-Hernández 2005).

La Región de la Comarca Lagunera de Coahuila participa con el 55.15 % de la producción de la cuenca lechera con 825 millones 398 mil 177 litros, con un crecimiento de 11.56%, con un promedio de producción por vaca de 29.6 l/día (Muñoz-Yáñez 2003).

Se tomaron muestras de establos lecheros de la Comarca Lagunera, de los municipios de San Pedro, Matamoros, del estado de Coahuila y Gómez Palacio, y Lerdo del estado de Durango; 12 de leche cruda, a partir de tanque frío, y 8 de agua de bebida. Las muestras se transportaron en refrigeración a lugar de trabajo y se congelaron hasta su procesamiento.

Para la extracción del material de estudio se practicó la digestión de la leche por medio del siguiente procedimiento:

1. En una báscula analítica se pesaron 40 g de leche cruda, ésta se colocó en un crisol con capacidad de 100 mL, al cual se le agregó 10 mL de ácido nítrico puro, posteriormente la muestra se colocó en una placa de calentamiento a una temperatura de 200 °C por 14 horas \pm 4 horas.
2. Se retiró la muestra de la placa, para después introducirla en mufla para incinerar la muestra a una temperatura de 550 °C, por 14 horas \pm 4 horas. Una vez cumplida las horas se retiró la muestra de la mufla, después se llevó a una secadora durante 40 minutos.
3. Las cenizas se diluyeron con 15 mL de ácido clorhídrico al 1 normal, esta dilución se vertió en un envase de plástico y se refrigeró hasta su procesamiento.

Se llevó a cabo la medición de Arsénico utilizando un paquete comercial (Kit Arsénico Merckoquant) mediante la siguiente técnica:

El intervalo de medida estuvo dentro del rango de 0.02 – 0.5 mg/L de As.

1. Utilizando una jeringa con capacidad de 10 mL, se extrajo la misma cantidad de la muestra preparada, ésta se introdujo en un tubo de reacción, posteriormente se le agregó una microcuchara de As-1, se agitó ligeramente hasta que el reactivo se disolviera completamente.
2. Se añadió 2 cucharadas dosificadoras del reactivo As-2, se cerró inmediatamente el tubo de reacción con la tapa roscada.
3. Se Introdujo inmediatamente en la apertura de la tapa roscada del tubo de reacción la tira de ensayo con la zona de reacción delante hasta la raya de marcado evitando el contacto entre la tira de ensayo y la solución de la muestra.
4. Se dejó en reposo 20 minutos, agitando ligeramente dos o tres veces en forma circular.
5. Se retiró la tira de ensayo del tubo de reacción, esta se sumergió brevemente en agua, se sacudió para eliminar el exceso de líquido.
6. La lectura del resultado se hizo clasificando el color de la tira de ensayo de acuerdo con una zona de color de la etiqueta.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Federación Internacional de Lechería anuncia que el límite máximo de As en leche bovina es de 10 ng/g.

Muestras de leche	Lectura (Kit arsénico Merckoquant) mg/L de As	Conversión a As ng/g
1	0.02	20
2	0.05	50
3	0.05	50
4	0.05	50
5	0.05	50
6	0.02	20
7	0.10	100
8	0.05	50
9	0.10	100
10	0.05	50
11	0.02	20
12	0.02	20

Se analizaron 12 muestras de leche de bovino, para determinar los niveles de As, los resultados obtenidos mediante el Kit de As Merckoquant superaron los límites máximos de 10 ng/g sugeridos por la Federación Internacional de Lechería. Los resultados obtenidos fueron de 20-100 ng/g con un promedio de 50 ng/g, por lo que en comparación con los resultados de otros autores varía significativamente superando los límites máximos establecidos.

Armienta y Rodríguez (2005), reportan que los primeros casos de afectaciones a la salud humana por consumir agua contaminada por As en México se registraron en la Comarca Lagunera. Álvarez y Uribe (2006) reportaron que en esta región principalmente en sus municipios de los estados de Durango y Coahuila se detectaron acuíferos cuyas concentraciones de As exceden decenas de veces los límites establecidos por la OMS y por la Norma Mexicana sobre la salud ambiental del agua NOM-127-SSA1-1994.

Armienta y Rodríguez (2005), reportaron que, estudios efectuados en 1992 en la Comarca Lagunera, se encontraron que el 10% de muestras de leche vacuna analizadas , presentaron concentraciones de arsénico mayores a **10 ng/g**, que es el nivel máximo en la leche sugerido por la Federación Internacional de Lechería.

Pérez y Fernández (2007) reportan que el contenido de arsénico en leche bovina varía en cada autor a nivel internacional como lo son a continuación:

Autor	As en leche bovina
Ihnat y Miller	< 0,5 ng/g
Dabeka y Lacroix	< 0,4 ng/g
Cervera <i>et al.</i>	0,14 – 0,77 ng/g
García Salcedo <i>et al.</i>	49-84 ng/g
Cerutti	30 - 60 ng/g
Rosas <i>et al.</i>	<0,9 – 27,4 ng/g
Licata <i>et al.</i>	< 0,15 – 684 ng/g
Pérez Carrera y Fernández Cirelli	< 0,1 – 10,6 ng/g

VIII. CONCLUSIONES

La Comarca Lagunera es una región donde se ha demostrado que el contenido de arsénico en sus aguas superan los límites máximos establecidos por la Organización Mundial de la Salud, por tal el agua que se utiliza en la producción de leche contiene arsénico, los bovinos responsables de la producción ingieren agua y cierta parte de esta agua la transforman en leche de ahí la transferencia de este metaloide hacia la leche y excretada por medio de este alimento.

El éxito obtenido mediante mi trabajo fue que la hipótesis pudo ser comprobada con los resultados obtenidos, sin embargo, me hubiera gustado que también se hubiesen analizado muestras de agua de bebida para los bovinos de la región de la Comarca Lagunera y poder corroborar mi trabajo de tesis.

Por lo ya mencionado sugiero a que se realice una investigación sobre las concentraciones de arsénico en el agua de bebida para los bovinos de la región Lagunera así como también especificar la ubicación del lugar donde se tomaran dichas muestras, dato importante que nos ayudará a identificar los lugares con mayor o menor concentración arsénico en el agua y de esta manera poder intervenir a las posibles soluciones de la contaminación del agua por arsénico.

IX. LITERATURA CITADA

- Armienta-H, M. A., y R. Rodríguez- C. 2005. Metales y metaloides. Estudio de caso: contaminación por arsénico en el agua subterránea de Zimapán, Hidalgo; problemática ambiental y enfoque metodológico. Primera edición. Impreso en México. Academia mexicana de ciencias.
- Alcocer-V, V., F. Castellanos-A., F. Herrera-C., L. Chel-G., A. Betancur-D. 2007. Detección de metales pesados y dicloro difenil tricloro etano (DDT) en músculo y órganos de bovinos en Yucatán. *Rev. Téc. Pec. Méx.* 2: 237-247.
- Álvarez-Silva, M. y A. Uribe-Salas. 2006. Presencia de arsénico en la Comarca Lagunera y su solución desde el punto de vista técnico. *Cinvestav.* 1: 24-29.
- Bocanegra, O. C., E. M. Bocanegra y A. A. Álvarez. 2002. Arsénico en aguas subterráneas: su impacto en la salud. Dermatología facultad de ciencias médicas de Argentina.
- Fuentes-Díaz, M. 2005. Arsénico en las incrustaciones en las redes de distribución de agua potable en el norte de México y su desprendimiento. *Aidis.* Nivel 3.
- García-Hernández, L. A., A. Aguilar-Valdés, A. Luévano-González, A. Cabral-Martell. 2005. La globalización productiva y comercial de la leche y sus derivados (articulación de la ganadería intensiva lechera de la Comarca Lagunera). Primera edición. Editorial plaza y Valdés, S.A de C.V., México.

García-Salcedo, J. J., M. Aguilar-Romo, M. C. Hernández-Serrano, C. H. Gamez-Mier, L. Araujo-Longoria, C. Ortega-Amador, A. Portales y Portales. 1991. Hidroarsenicismo crónico regional endémico. Biomédica-química (Coordinación general de estudios de posgrado e investigación de la facultad de medicina de la U.A de C. Unidad Laguna), No. 4: 1-17.

García-Salcedo, J. J. y M. A. Rivera-Guillen. 1993. El agua y sus contaminantes. CGEPI Informa (Coordinación general de estudios de posgrado e investigación de la facultad de medicina de la U.A de C. Unidad Laguna), año 3.

García-Salcedo, J. J., C. Hernández-Serrano, G. G. García-Vargas, B. Valdez-Anaya, F. Sanmiguel-Salazar, L. B. Serrano-Gallardo. 1994. Estudios del contenido de arsénico en alimentos de consumo humano producidos en la Comarca Lagunera. Bioquímica 4 (Departamento de bioquímica, facultad de medicina, universidad autónoma de Coahuila, unidad torreón). Volumen 19. No. 77.

García-Salcedo, J. J., M. C. Hernández-Serrano, M. F. Sanmiguel-Salazar, M. A. Rivera-Guillen, L. B. Serrano-Gallardo. 1995. Monitoreo de arsénico en agua de consumo humano en la Comarca Lagunera. Secretaría de educación pública del Estado, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (U.A. de C. centro de investigación biomédica).

Dreisbach, R. H. 1984. Manual de toxicología clínica. 5° edición. Editorial Manual Moderno, S.A de C.V. México, D.F.

- Herrero, M.A., V. Maldonado-May, G. Sardi, M. Flores, A. Orlando, L. Carbó. 2000. Distribución de la calidad del agua subterránea en sistemas de producción agropecuarios bonaerenses. 1. calidad físico-química y utilización del agua. *Rev. Arg. Prod. Animal.* 20: 229-236.
- Martínez-B. E., A. Álvarez-M., L. A. García-H., Ma. Del Carmen del Valle. 1999. Dinamismo del sistema lechero mexicano en el marco regional y global. Primera edición. Editorial plaza y Valdés, S.A. de C.V. México.
- Montoya-Cabrera, M. A. 2002. Intoxicaciones y envenenamientos por metales pesados. Primera edición. Editorial Intersistemas, S.A. de C.V.
- Muñoz-Yáñez, S. 2003. En ascenso cuenca lechera de la Región Laguna. Finanzas (El siglo de Torreón).
- Ortega-Guerrero, M. A. 2009. Presencia, distribución, hidrogeoquímica y origen de arsénico, fluoruro y otros elementos traza disueltos en agua subterránea, a escala de cuenca hidrológica tributaria de Lerma-Chápala, México. *Rev. Mexicana de Ciencias Geológicas.* 26:143-161.
- Pérez-Carrera A. y A. Fernández-Cirelli. 2004. Niveles de arsénico y flúor en agua de bebida animal en establecimientos de producción lechera (Pcia. de Córdoba, Argentina). Centro de estudios transdisciplinarios del agua. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Buenos Aires. 6: 51-59.

- Pérez-Carrera, A., C. Moscuza, D. Grassi, A. Fernández-Cirelli. 2006. Composición mineral del agua de bebida en sistemas de producción lechera en Córdoba, Argentina. Centro de estudios transdisciplinarios del agua. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Buenos Aires. 38:153-164.
- Pérez-Carrera, A. y A. Fernández-Cerelli. 2007. Problemática del arsénico en la llanura sudeste de la provincia de Córdoba. Biotransferencia a leche bovina. Centro de estudios transdisciplinarios del agua. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Buenos Aires. 9: 123-135.
- Ramírez-Vargas, R. y H. G. Hernández-Alvarado. 2005. Arsénico en el agua subterránea de la Comarca Lagunera. Universidad Iberoamericana Torreón.
- Sandoval-Rodríguez, A. 2010. Sistemas agropecuarios de la Región Lagunera. SAGARPA.
- Sánchez-Rodríguez, A. F., M. del C. Rodríguez-Acar. 2000. Arsenicismo. *Rev. Cent Dermatol Pascua*. 9:25-32.
- Sanmiguel-Salazar M. F., J. García-Salcedo, B. Serrano-Gallardo, M. A. Rivera-Guillen. 2000. Resurgimientos del Hidroarsenicismo. Perfiles (Coordinación general de estudios de posgrado e investigación de la U.A.de C. Unidad Laguna).

Sharma R. P., C. J. Street, J. L. Shupe, y D. R. Bourcier. 1982. Accumulation and Depletion of cadmium and Lead in Tissues and Milk of Lactating Cows Fed Small Amounts of These Metals. *J. of Dairy Science*. 65: 972-979

Valdez-Perezgasga, F. y V. M. Cabrera-Morelos. 1999. Contaminación por metales pesados en Torreón, Coahuila, México. Primera edición. *Texas Center for Policy Studies/ ciudadanía Lagunera por los derechos humanos, A. C.*

Vega-Gleason S. 1999. Riesgo sanitario ambiental por la presencia de arsénico y fluoruros en los acuíferos de México. Comisión Nacional del Agua. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua.

Yurtsever S. D. y A. R. Türker. 2007. Method Validation for the Determination of Lead in Raw Cow's Milk by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry. *Societa Chimica Italiana*.