

CONCENTRACION DE ARSENICO EN AGUA, SUELO,
FORRAJE, LECHE Y PELO DE CAPRINOS Y BOVINOS
DE LA REGION SUROESTE DEL ESTADO DE COAH.

MANUEL DE JESUS HERNANDEZ AVILA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

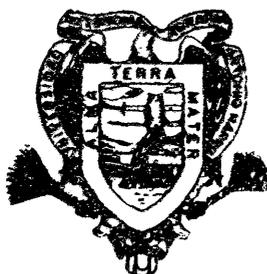
MAESTRO EN CIENCIAS

EN NUTRICION ANIMAL

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buнавista, Saltillo, Coah.

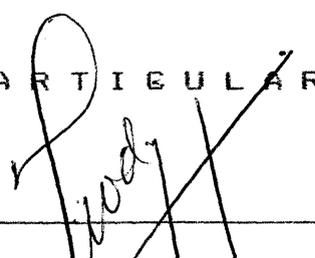
NOVIEMBRE DE 1991

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

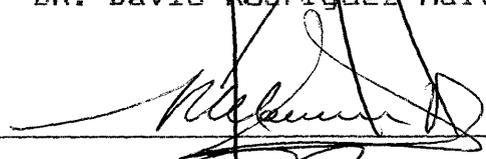
MAESTRO EN CIENCIAS
EN NUTRICION ANIMAL

COMITE PARTICULAR

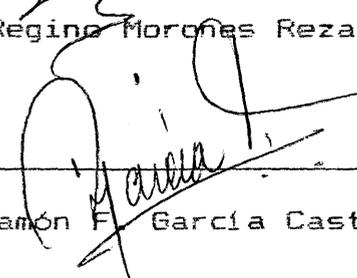
Asesor Principal : _____

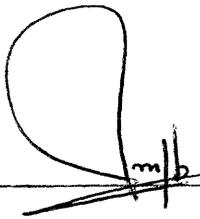

DR. David Rodríguez Maltos

Asesor : _____


ING. M. C. Regino Morones Reza

Asesor : _____


ING. M. C. Ramón F. García Castillo


DR. José Manuel Fernández Brondo

SUBDIRECTOR DE POSTGRADO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVIEMBRE DE 1991

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y al personal docente por su colaboración en mi formación académica y realización de este trabajo

Al Dr. David Rodríguez Maltos, por su valioso asesoramiento en la presente investigación y por su gran seguridad y decisión que me hizo tomarlo como ejemplo para mi trayectoria.

Al Dr. Luis Maeda Villalobos, persona llena de experiencia y sabiduría y que siempre me brindó su apoyo incondicional durante la realización de este trabajo.

Al Ing. Regino Morones Reza, por su valiosa intervención en mi formación académica y su colaboración en la realización de este trabajo.

Al Ing. Ramón García Castillo, por su valiosa intervención en mi formación académica y su gran amistad.

Al Dr. Eleuterio López Pérez, por haberme dado todas las facilidades y ayuda para la realización de mis estudios de postgrado.

DEDICATORIA

Por ser ejemplo de admiración y respeto
y porque supo llevar a sus hijos por
el camino positivo de la vida, con mucho
amor a mi madre :

Sra. Ancelma Avila Moran

Porque juntos formamos una gran familia
con mucho cariño a mis hermanos :

Rodolfo Nicolas

Guadalupe Francisco

Con amor y cariño a mi esposa: Carmen Ortiz Gonzalez

Con amor y cariño a mis hijos : Noehemi e Israel

A todos mis amigos pero en especial a Daniel, Lolis,
Benjamín, Vicky, Andrés, Pedro, Demetrio, Jesús, Con
quienes compartí alegrías y tristezas y que siempre me
ayudaron a seguir adelante.

COMPENDIO

Concentración de Arsénico en Agua, Suelo, Forraje, Leche y
Pelo de Caprinos y Bovinos de la Región Surcoeste del
Estado de Coahuila

Por

MANUEL DE JESUS HERNANDEZ AVILA

MAESTRIA EN

NUTRICION ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVIEMBRE DE 1991

Dr. David Rodríguez Maltos

- Asesor -

Palabras Claves :Arsénico, Concentración, Caprinos,
Bovinos, Agua, Suelo, Forraje,
Leche, Pelo.

En diez localidades caprinas y en diez localidades bovinas productoras de leche fueron muestreadas sus aguas, suelo, plantas forrajeras, forraje y en los animales leche y pelo con el propósito de determinar sus niveles de arsénico, la relación en la concentración de este elemento entre sí y si la leche producida puede ser consumida por el humano.

En las localidades caprinas la concentración de arsénico en agua varió de 0.056 a 0.258 ppm encontrándose correlaciones positivas entre agua y suelo ($r = 0.78$) y agua y leche ($r = 0.72$). El nivel de arsénico en el suelo varió de 0.807 a 0.955 ppm encontrándose una correlación positiva entre suelo y forraje ($r = 0.69$). La concentración de arsénico en el forraje fue menor (0.151 a 0.572 ppm) en comparación al nivel permisible de 1.2 a 12 ppm. El nivel de arsénico en la leche (0.089 a 0.135 ppm) estuvo muy por encima del nivel permisible de 0.05 ppm, encontrándose una correlación positiva entre agua y leche ($r = 0.72$). La concentración de arsénico en pelo varió de 0.505 a 0.728 ppm, niveles ligeramente superiores al valor mínimo recomendado de 0.50 ppm.

En agua de las localidades bovinas tuvo concentraciones de arsénico que variaron de 0.080 a 0.340 ppm, encontrándose correlaciones positivas entre agua y suelo ($r = 0.72$), agua y forraje ($r = 0.83$), agua y leche ($r = 0.74$) y agua y pelo ($r = 0.66$). El nivel de arsénico en suelo (0.036 a 0.797 ppm) se mantuvo muy por debajo del rango considerado como normal de 10 a 500 ppm encontrándose una correlación positiva entre suelo y forraje ($r = 0.73$). Solamente en los forrajes de el Dorado (1.20 ppm) y Toveras (1.56 ppm) se encontraron niveles tóxicos de arsénico. Se detectó una correlación

positiva entre forraje y leche ($r = 0.63$) así como una correlación positiva entre agua y leche ($r = 0.74$) encontrándose niveles de arsénico en leche (0.083 a 0.950 ppm) muy superiores al nivel considerado como normal de 0.05 ppm. La concentración de arsénico en pelo (0.354 a 0.509 ppm) se encontró igual o cercana al nivel mínimo permisible de 0.50 ppm, encontrándose una correlación positiva entre agua y pelo ($r = 0.66$). De los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye que las aguas extraídas del subsuelo en las veinte localidades se encuentran contaminadas con arsénico el cual a través del suelo y las plantas forrajeras pasa a los animales, y que conjuntamente con el arsénico del agua de bebida, contaminan la leche haciéndola no apta para el consumo humano.

ABSTRACT

Concentration of Arsenic in Water, Soil, Forrage, Milk and
Hair of Caprine and Dairy Cattle from the Region Southwest
the State from Coahuila

BY

MANUEL DE JESUS HERNANDEZ AVILA

MASTER OF SCIENCE

IN ANIMAL NUTRITION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVEMBER 1991

Ph D. David Rodriguez Maltos

Advisor

Key Words: Arsenic, Concentration, Caprine, Dairy
Cattle, Water, Soil, Forrage, Milk, Hair.

Analysis to determinate arsenic concentrations were
done in water, soil, forages and milk and hair in ten
caprine and ten dairy cattle farms.

In caprine farms arsenic levels in water varied
from 0.056 a 0.258 ppm, founding a possitive correlation
between water and soil ($r = 0.78$) and water and milk (r
 $= 0.72$). The arsenic in soil varied from 0.807 to 0.955
ppm being the concentration below the normal levels (10 a

500 ppm). It was found a positive correlation between soil and forrage ($r = 0.69$). Arsenic concentrations in forrages (0.151 to 0.572 ppm) were below the normal levels (1.2 - 12 ppm). Arsenic concentrations in goat's milk (0.089 to 0.135 ppm) were higher than the normal level of 0.05 ppm, founding a positive correlation between water and milk ($r = 0.72$). Arsenic in hair varied from 0.505 to 0.728 ppm, concentrations slightly higher to the normal level of 0.50 ppm.

In dairy cattle farms, arsenic concentrations in water varied from 0.080 to 0.340 ppm, levels higher compared to the normal concentration of 0.05 ppm. Positive correlations were found between water and soil ($r = 0.72$), water and forrage ($r = 0.83$), water and milk ($r = 0.74$) and water and hair ($r = 0.66$). Arsenic concentrations in soil (0.036 to 0.797 ppm) were below the normal levels (10 - 500 ppm), founding a positive correlation between soil and forrage ($r = 0.73$) however, toxic levels were found only in the Dorado (1.20 ppm) and in Toveras (1.56 ppm) farms. Positive correlations between forrage and milk ($r = 0.63$) and water and milk ($r = 0.74$) were found, and concentrations of arsenic in milk varied from 0.083 to 0.950 ppm, levels that are higher than the normal level of 0.05 ppm. Arsenic in hair varied from 0.384 to 0.509 ppm, levels near the

normal concentration of 0.50 ppm. It was found a possitive correlation between water and hair ($r = 0.66$) As a result of the present study it is concluded that the water in all farms contains arsenic that passes to soil and forrages and together with arsenic in drinking water, contaminate the milk.

INDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xvii
INTRODUCCION	1
Objetivos Generales	3
Hipótesis	3
REVISION DE LITERATURA	5
Minerales Traza en el Organismo Animal	5
Arsénico (Generalidades)	5
Arsénico en Agua	6
Arsénico en Suelo	7
Arsénico en Forrajes	9
Arsénico en Leche	11
Arsénico en Pelo	11
Absorción del Arsénico	12
Transporte y Localización del Arsénico en el Organismo	13
Toxicidad del Arsénico	14
Niveles Permisibles de Arsénico en la Naturaleza	15
MATERIALES Y METODOS	16
Localización Geográfica de la Región Suroeste del Estado de Coahuila	16
Caracterización Climática	18
Forrajes y Plantas Forrajeras que Consumen los Caprinos y Bovinos Lecheros de la Región ...	19

Practicas de Manejo del Ganado Caprino y	
Bovino en las Localidades Muestreadas	20
Metodologia Para la Toma de Muestras	21
Muestreo de Campo	21
Recolección de las Muestras de Agua	22
Recolección de las Muestras de Suelo	22
Recolección de las Muestras de Forraje	23
Recolección de las Muestra de Leche	24
Recolección de las Muestras de Pelo	24
Análisis Estadístico	26
RESULTADOS Y DISCUSION	27
CONCLUSIONES	45
LITERATURA CITADA	48
APENDICE	53

INDICE DE CUADROS

CUADRO No.	PAGINA
3.1. Localización Geográfica y Altitud Sobre el Nivel del Mar de las Localidades Estudiadas	18
3.2. Características Climáticas de los Municipios Representativos de las Veinte Localidades Muestreadas	19
3.3. Forrajes y Plantas Forrajeras Consumidas por el Ganado Caprino y Bovino de la Región Lagunera de Coahuila	20
3.4. Localidad y Especie Animal Utilizada para la Recolección de Muestras de Pelo y Leche	25
4.1. Localidad, Concentración, Nivel Máximo Permisible y Diferencia en por ciento de Arsénico en Agua de Bebida de Caprinos en Diez Localidades de la Región Lagunera de Coahuila	28
4.2. Localidad, Número de Pozo, y Concentración de Arsénico en Agua de Diez Localidades de la Región Lagunera	28
4.3. Concentración Promedio de Arsénico en Suelo de Diez Localidades de la Región Lagunera de Coahuila	29

4.4. Concentración promedio de arsénico de forrajes y plantas forrajeras de diez localidades de la Región Lagunera de Coahuila.....	32
4.5. Concentración promedio, nivel máximo permisible y diferencia en porcentaje de arsénico en leche de cabra de diez localidades de la Región Lagunera de Coahuila.....	33
4.6. Concentración promedio de arsénico en pelo de caprinos de diez localidades de la Región Lagunera del Estado de Coahuila.....	34
4.7. Localidad, concentración, nivel máximo permisible y diferencia en porcentaje de arsénico en agua de bebida de bovinos lecheros en diez localidades de la Región Lagunera de Coahuila.....	36
4.8. Localidad, número de pozo y concentración de arsénico en agua de diez localidades de bovino lechero de la Región Lagunera de Coahuila.....	36
4.9. Concentración promedio de arsénico en suelo de diez localidades de ganado bovino lechero de la Región Lagunera de Coahuila.....	38

4.10. Concentración promedio de arsénico de forrajes y plantas forrajeras de diez localidades de ganado bovino lechero de la Región Lagunera de Coahuila.....	40
4.11. Concentración promedio, nivel máximo permisible y diferencia en porcentaje de arsénico en leche de diez localidades de ganado bovino lechero de la Región Lagunera de Coahuila....	42
4.12. Concentración promedio de arsénico en pelo de ganado bovino lechero de diez localidades de la Región Lagunera de Coahuila.....	43
A.1. Concentración de arsénico por especie forrajera consumida por caprinos en diez localidades de la Región Lagunera de Coahuila.....	54
A.2. Concentración de arsénico por especie forrajera consumida por ganado bovino lechero de diez localidades de la Región Lagunera.....	56
A.3. ANVA para suelo de diez localidades caprinas..	57
A.4. ANVA para pelo de caprinos de diez localidades de la Región Lagunera de Coahuila.....	58
A.5. ANVA para leche de caprinos de diez localidades de la Región Lagunera de Coahuila.....	59
A.6. Coeficientes de correlación y significancia general para las variables agua, suelo, forraje, leche y pelo de diez localidades caprinas de la Región Lagunera de Coahuila.....	60

A.7. ANVA para suelo de diez localidades bovinas de de la Región Lagunera de Coahuila.....	61
A.8. ANVA para pelo de bovinos de diez localidades de la Región Lagunera de Coahuila.....	62
A.9. ANVA para leche de bovinos de diez localidades de la Región Lagunera de Coahuila.....	63
A.10. Coeficientes de correlación y significancia para las variables agua, suelo, forraje, leche y pelo de diez localidades bovinas de la Región Lagunera de Coahuila.....	64

INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.	PAGINA
3.1. Ubicación Geográfica del Area de Estudio.....	17

INTRODUCCION

La Región Lagunera de Coahuila cuenta con una extensión de 30,868.4 km² dedicando la mayor parte de su superficie a la agricultura y ganadería de caprinos y bovinos de leche, teniendo una población de bovinos de aproximadamente 180,245 cabezas de ganado (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), 1987) con una producción de 1.5 millones de litros diarios de leche y una población caprina de 530,000 cabezas de ganado (Centro de Investigaciones Agrícolas del Noreste (CIAN), 1977), y una producción de cabrito de 353,286 crías por año (SARH, 1987).

A partir de 1976 se empezó a conocer de la existencia de arsénico en el agua de consumo humano y de los animales. La Secretaría de Salud, dependiente del Sector Salud ha encontrado problemas de intoxicación de arsénico en humanos en esa zona, provocando problemas en el metabolismo de la piel, en algunos órganos y finalmente casos de muerte.

Esta región comprende los municipios de Torreón, Fco. I. Madero, Matamoros y San Pedro de las Colonias Coahuila, con una superficie de 17,827.5 km² (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI),

1976).

Esta población se dedica en parte a la explotación de leche de caprinos y de bovinos y a la producción de cabrito. La leche se consume tanto en las áreas de producción como en la Ciudad de Torreón, Coahuila y otras partes de la República Mexicana, además de que parte de ésta, se utiliza en la manufactura de productos derivados de la leche. El cabrito recién destetado (45 días) se vende directamente para el consumo humano principalmente en la Ciudad de Torreón, Coahuila y Monterrey, Nuevo León.

En análisis de agua efectuados por algunas instituciones de salud y privadas en esta región se han encontrado residuos de arsénico trivalente (forma tóxica). Igualmente se han encontrado personas con problemas causados por toxicidad de este elemento.

Los caprinos y bovinos, al igual que los humanos, consumen en muchos de los casos la misma agua proveniente del subsuelo, la que también es utilizada para irrigar los cultivos de la región cuyos esquilmos son utilizados en la alimentación animal.

En virtud de lo anterior, en el presente estudio se plantearon los objetivos siguientes :

1. Determinar la concentración de arsénico (As) en el agua, suelo, forraje, leche y pelo en 10 localidades caprinas y 10 localidades de bovinos de leche de la región Suroeste (Región Lagunera) del Estado de Coahuila.
2. Determinar la existencia de correlaciones entre las concentraciones de arsénico en el agua, suelo, forraje, leche y pelo en diez localidades de caprinos y diez localidades de bovinos de leche.
3. Determinar si la leche producida por estos caprinos y estos bovinos puede ser consumida sin problemas para el hombre.

Hipótesis Científica

Las aguas utilizadas para consumo y riego de plantas de cultivo y forrajes se encuentran contaminadas con arsénico, de tal manera que éste se deposita en el suelo, y es tomado por la planta que, al ser consumida por el animal, se deposita en algunos tejidos y órganos provocando problemas fisiológicos y eliminándose en la orina, pelo y leche, la cual es consumida por el hombre.

Hipótesis Estadística

El arsénico acarreado por el agua de varias localidades de la Región Lagunera no afecta al suelo, plantas forrajeras, leche y pelo de ganado caprino en pastoreo y ganado bovino lechero en estabulación.

REVISION DE LITERATURA

Minerales Traza en el Organismo Animal

Entre los nutrientes, los minerales traza representan sólo un mínimo porcentaje de la materia seca que ingiere el animal, por su actuación en los procesos bioquímicos y fisiológicos estos elementos merecen estudio, ya que en el organismo animal se han detectado más de 60 minerales de los cuales alrededor de 45 son elementos traza (Georgievskii, 1982).

Arsénico (Generalidades)

Kirr y Othmer (1973) mencionan que el arsénico era conocido antes de la era cristiana, como As S (Resalgar) y As S (Dropimente). Su nombre proviene del griego Arsénikon que quiere decir audaz, valiente, masculino.

En la antigüedad era mencionado por sus propiedades medicinales más que por su valor tóxico. Se funde a 814°C a 36 atmósferas, tiene una dureza mineral de 3.5 (escala mohs) y a la presión normal el metal se sublima sin fundirse.

Puede vaporizar a 100°C, siendo el calor latente de vaporización es de 60 calorías por gramo (Cotton y Wilkinson, 1976).

Arsénico en Agua

En el mundo no existe una distribución geológica uniforme de arsénico, por lo que en la naturaleza sólo existen algunos sitios ricos en este elemento tóxico. (Caballero, 1986).

Se han registrado en aguas marinas niveles entre 1 y 8 ppm y en sedimentos terrestres de 2 a 20 ppm; estas concentraciones son biológicamente significativas (Penrose et al., 1973).

En México como en Estados Unidos se ha establecido que la concentración de 0.05 ppm es la máxima aceptable para el arsénico presente en el agua potable (SARH, 1973).

La concentración de arsénico en ríos y lagos varía considerablemente, la mayoría de los niveles son menores de 0.01 ppm por litro, pero en algunos de ellos pueden ser tan altos como de un miligramo. El agua de mar generalmente contiene de 0.001 a 0.005 ppm (Kappanna et al., 1977).

Braman y Foreback (1973) mencionan que el arsénico se puede presentar en aguas naturales en las formas de arsenato, arsenito, ácido metilarsónico y ácido dimetilarsónico. Las formas metiladas son más bajas en concentración que las inorgánicas.

Andrade (1978) reporta que del total del arsénico de las aguas el 25 al 50 por ciento se encuentran en forma trivalente (As III) considerando la forma tóxica.

Arsénico en el Suelo

El arsénico nativo se encuentra en muchas partes pero en cantidades relativamente pequeñas, generalmente se asocia a minerales como la plata, plomo, cobalto, níquel y antimonio, está tan difundido en la naturaleza que se pueden encontrar indicios en todas partes. (Kirr y Othmer, 1973).

Boyle y Jonassen (1973) han encontrado que forma parte de ciertas rocas y formaciones minerales de la corteza terrestre.

La presencia de arsénico en el suelo se debe a la degradación de las rocas y minerales que lo contienen contaminando el suelo y el agua que están en contacto con estas rocas. Sin embargo, existen evidencias de arsénico en

suelo superficial debido a las aplicaciones de plaguicidas que lo contienen. (Weiler, 1987).

Se ha encontrado que el arsénico es mucho más abundante en suelo con cultivos establecidos, que en suelos vírgenes. Estos últimos apenas contienen un décimo de arsénico de los suelos cultivados (Jacobs y Siers, 1979).

Akins y Lewis (1976). Mencionan que parte del arsénico en suelo se pierde en forma volátil y la evolución gaseosa de éste está en función de la materia orgánica y del contenido de humedad, de tal forma que a menor contenido de humedad y materia orgánica, menor pérdida de arsénico.

No todos los suelos tienen la misma habilidad para fijar arsénico, los más hábiles son los que contienen un alto índice de óxido de hierro libre (Jacobs y Kenney, 1970).

Se ha encontrado que la mayor concentración de arsénico se localiza en los primeros 30 cm de profundidad, y el 90 por ciento del arsénico se encuentra asociado con la fracción arcilla. (Johnson y Hilbult, 1969).

Walsh et al., (1977) consideran suelos no contaminados los que contienen entre 0.20 y 40 ppm

mencionando que estos niveles no son lo suficientemente altos como para causar fitotoxicidad. Se ha tratado de estabilizar el contenido de arsénico para suelo contaminados, de tal forma que posteriormente se puede saber a que grado se ha contaminado el suelo. En los Estados Unidos se ha tomado el valor de 6 ppm como cantidad promedio de concentración para el suelo. (Allaway, 1968).

Arsénico en Forrajes

Rankama y Sahama (1962) mencionan que el arsénico en pequeñas cantidades es un contaminante universal de plantas y animales y puede encontrarse algunas veces en forma notable en los organismos; por ejemplo, en las plantas terrestres que crecen en suelos ricos en arsénico.

La concentración de arsénico en las plantas varía considerablemente entre 0.01 y 5 ppm. La variación entre las distintas plantas depende de su disponibilidad y de las condiciones de crecimiento de las mismas. (National Academy Sciences, 1980).

Wolsson (1973) menciona que las plantas toman el arsénico de la fase soluble del suelo, por lo que el contenido de éste en la planta debe correlacionarse mejor con la forma disponible que con el total.

Concentraciones de 4.5 a 12 ppm de arsénico en el suelo disminuyen el desarrollo fisiológico de algunas plantas. Por lo que no hay gran riesgo para los animales de intoxicarse con plantas ya que éstas son dañadas por el arsénico antes de encontrar niveles tóxicos. (Vandecaveye, 1943). Igualmente Machlis (1941) encontró que concentraciones de 1.2 y 12 ppm disminuyeron el crecimiento de los forrajes. Ya que este elemento interfirió en el movimiento del agua del suelo hacia la planta.

Wagner *et al.* (1979) observaron que la porción comestible de la planta (hojas) acumula niveles bajos de arsénico y que las altas concentraciones son encontradas en la raíz y en las estructuras vegetativas.

Caballero (1986) igualmente observó que una planta puede ser dañada por arsénico si se desarrolla en un medio donde este elemento se encuentre en cantidades considerables y se demuestre su absorción por la planta.

Espinoza (1963) Menciona que las concentraciones de arsénico en las plantas son de importancia con respecto a la salud del hombre y animales, quienes las consumen como alimento.

Arsénico en Leche

Calvert (1973) menciona que un mecanismo de eliminación de arsénico en el animal es por la leche y su concentración depende de la dosis y el tipo de compuesto arsenical aplicado. La distribución del arsénico ha sido estudiada en vacas, con una gran variedad de compuestos, resultando que la aplicación de éste en forma orgánica incrementa su nivel en la leche y su acumulación en los tejidos. (Peoples, 1964).

Buck (1978) en vacas no encontró correlación entre la concentración de arsénico (10 ppm) en el alimento y la cantidad de arsénico encontrada en la leche, atribuyendo ésto al corto período de exposición del arsénico en la dieta y al tipo de compuesto utilizado.

Arsénico en Pelo

A la fecha la mayoría de los análisis respecto a la concentración de arsénico en pelo se ha realizado en humanos, ya que existen regiones en diferentes partes del mundo donde este elemento se consume en agua, alimentos o simplemente se toma como parte de los medicamentos.

Smith (1964), en un estudio realizado en personas, encontró que 80 de 100 analizados, tuvieron menos de 1 ppm de arsénico en pelo, con un promedio de 0.81 ppm. En otra

investigación con un número mayor de personas (1250), Liebscher y Smith (1968) encontraron que la concentración varió de 0.02 hasta 8.17 ppm, lo que conduce a pensar que sin conocimiento de exposición, gran número de personas estuvieron expuestas por largo tiempo a este elemento, corroborando ésto la correlación encontrada por Pearson y Pounds (1971) entre el tiempo de exposición con drogas arsenicales y la concentración en el pelo.

En Nueva Escocia, Canadá, Hindmarsh et al. (1977) reportaron niveles de arsénico en el pelo de personas, de hasta 60 ppm, cuando éstos utilizaron agua contaminada como de consumo.

Absorción del Arsénico

Conociendo la existencia de dos tipos arsenicales, los trivalentes (tóxicos) y los pentavalentes menos tóxicos, los que al ser ingeridos se convierten en trivalentes provocando problemas. Los arsenicales son absorbidos por todas las mucosas del tracto gastrointestinal y por la piel (Alexander, 1960; Grimoldi 1978; Buchaman, 1962). La composición química del elemento y la solubilidad son dos factores importantes en su grado de toxicidad. Munro et al., (1974), en estudios realizados con humanos y animales, observaron que cerca del 80 por ciento del arsénico trivalente fue absorbido en el tracto

intestinal. Overby y Frost (1964) encontraron una absorción de 15 a 40 por ciento del arsénico cuando éste se presentaba en la forma de ácido arsonílico y Calvert (1975) observó en el caso del trióxido de arsénico que era ligeramente soluble en agua y que su absorción dependía del tamaño de la partícula y del pH del jugo gástrico.

Transporte y Localización del Arsénico en el Organismo

Mealy et al, (1959) y Frimmer (1978) mencionan que después de ser absorbido el arsénico, éste se transporta vía sangre al hígado, para después ser liberado lentamente hasta localizarse en hueso, piel, tejidos queratinizados como pelo, pezuñas, uñas, riñones y bazo (Alexander, 1960) llevándose posteriormente su excreción por la orina, heces, transpiración y leche. Encontraron un número alto de personas con un contenido variable de arsénico en peso de acuerdo al grado y tipo de exposición al arsénico, lo que quiere decir que el pelo es un tejido con capacidad de almacenar arsénico.

Toxicidad del Arsénico

La toxicidad de los compuestos trivalentes de arsénico se debe a la combinación de éste con el grupo tiol (SH) del ácido Lipoico, ácido que forma parte de una coenzima que interviene en la descarboxilación Oxidativa del ácido pirúvico y alfa cetoglutarico (Grimoldi, 1978).

Alexander (1960) de igual manera explica que los compuestos arsenicales actúan combinándose con los grupos sulfhidrilo inhibiendo así los sistemas enzimáticos que contienen el radical y que son esenciales para el metabolismo de los tejidos.

Ya almacenados los compuestos arsenicales lesionan o destruyen las células y son venenos protoplasmáticos. La actividad de los compuestos de arsénico trivalente es mayor a los derivados del arsénico pentavalente y los trivalentes son los que se fijan a los grupos sulfhidrilo de las proteínas impidiendo el proceso de óxido-reducción en que estos intervienen (Garner, 1977).

Frimmer (1978) opina que los arsenicales son excretados en la orina, heces, transpiración y leche, pero la principal vía de excreción es la orina ya que luego de la ingestión se le puede detectar en la orina, manteniendo su eliminación durante ocho días en el caballo y 14 en los bovinos.

Niveles Permisibles de Arsénico en la Naturaleza

La National Academy Sciences (1980) considera los límites normales de arsénico en :

1. En el Aire : de 150 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$
2. En el Suelo : de 10 a 500 ppm
3. En el Agua : de 0.05 mg/l

Asimismo consideran límites normales en los tejidos:

1. En Piel, Glándula Mamaria, Tiroides, Timo y Huesos de :
0.76 a 0.113 ppm
2. Pelo : De 0.50 a 2.1 ppm
3. Uñas : De 0.52 a 5.6 ppm
4. Orina: De 0.013 a 0.046 ppm
5. Leche: De 0.03 a 0.05 ppm
6. Sangre: De 20 a 100 $\mu\text{gr}/100$ ml

MATERIALES Y METODOS

Localización Geográfica de la Región Suroeste del Estado de Coahuila

La Región Lagunera se encuentra localizada al Suroeste del Estado de Coahuila y al Noreste del Estado de Durango, su altura sobre el nivel del mar es 1130 metros.

Su posición geográfica está limitada por los paralelos 24°59' y 26° 53' Latitud Norte y los meridianos 101°41' y 105°01' Longitud Oeste.

Cuenta con una superficie de aproximadamente 52,889.6 kilómetros cuadrados de los cuales 22,031.2 kilómetros cuadrados pertenecen a la Región Lagunera de Coahuila y 30,868.2 km² a Durango (Figura 3.1).

La presente investigación se realizó en 20 localidades ganaderas comprendidas en los municipios de Torreón, Fco.I.Madero, Matamoros y San Pedro de las Colonias del Estado de Coahuila (Cuadro 3.1).

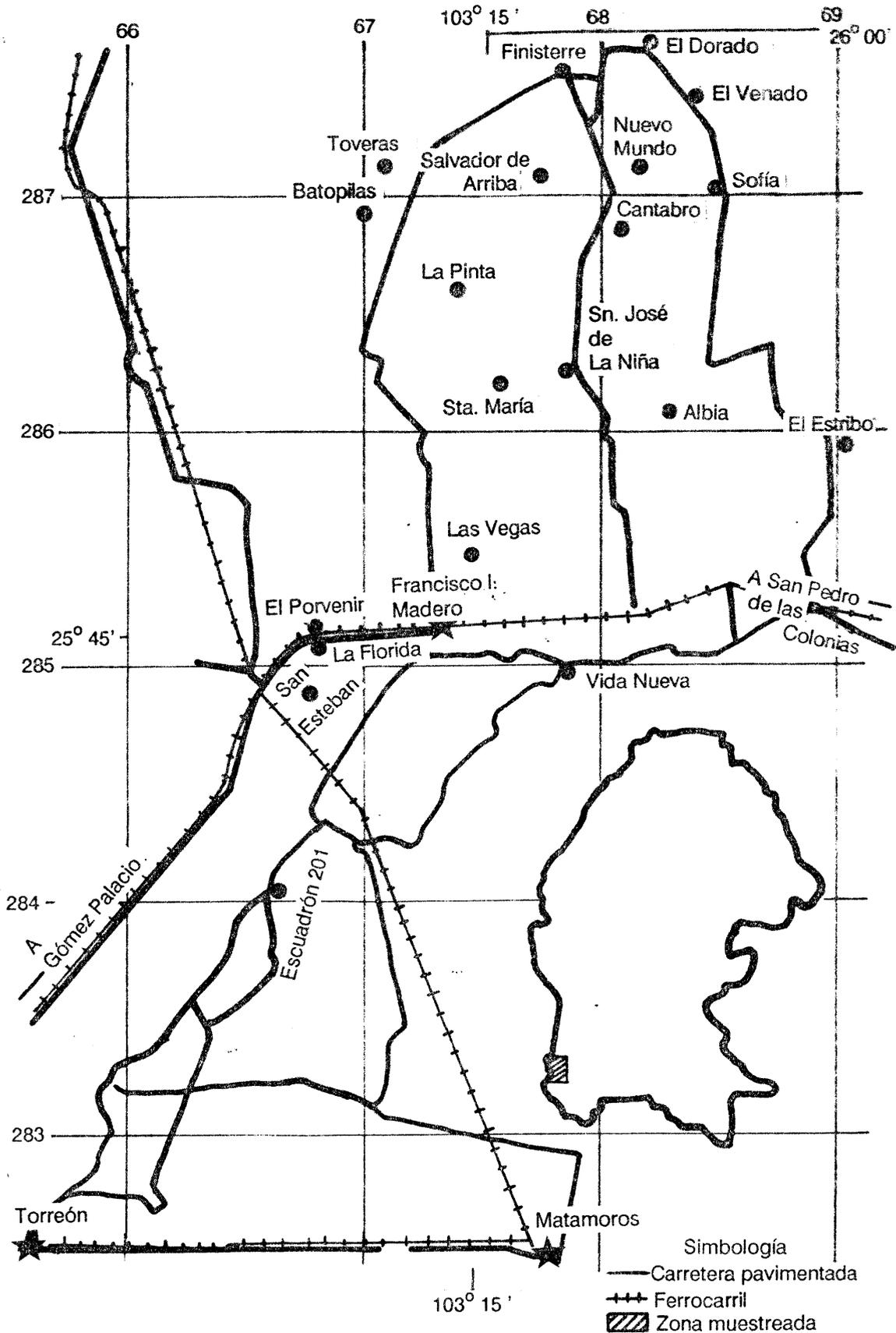


Figura No 3.1. Ubicación geográfica del área de estudio.

Cuadro 3.1. Localización Geográfica y Altitud sobre el Nivel del Mar de las Localidades Estudiadas.

Localidad	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)
	oeste	norte	
El Cantabro	103°12'04"	25°55'39"	1100
Finisterre	103°13'07"	25°59'39"	1100
Batopilas	103°18'12"	25°55'54"	1100
Salvador	103°13'45"	25°56'93"	1100
San José de la Niña	103°09'21"	25°45'03"	1100
San Esteban	103°19'47"	25°45'03"	1100
Nuevo Mundo	103°11'18"	25°56'52"	1100
El Estribo	103°06'06"	25°50'31"	1100
El Venado	103°09'45"	25°58'27"	1100
Sofía de Arriba	103°09'05"	25°56'24"	1100
Las Vegas	103°15'45"	25°47'25"	1100
Escuadron 201	103°20'50"	25°40'39"	1100
El Dorado	103°11'31"	25°59'43"	1100
Vida Nueva	103°13'14"	25°45'27"	1100
Toveras	103°18'12"	25°55'54"	1100
Florida	103°17'44"	25°45'42"	1100
La Pinta	103°15'52"	25°54'06"	1100
Porvenir	103°19'28"	25°46'22"	1100
Albia	103°21'42"	25°39'59"	1100
Sta. Maria	103°14'28"	25°52'02"	1100

Caracterización Climática

Las condiciones climáticas de los municipios de Torreón, Fco. I. Madero, Matamoros y San Pedro a los que pertenecen las veinte localidades muestreadas se describen en el (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Características climáticas de los Municipios representativos de las 20 localidades muestreadas.

Concepto y Localidad	Unidad	Valor Medio Anual
Torreón Coah.		
Temperatura Media	(°C)	21.9
Precipitación Pluvial	(mm)	276.2
Evaporización	(mm)	193.3
Vientos	(km/h)	30.2
Heladas	-----	23
Granizadas	-----	10
Fco. I. Madero		
Temperatura Media	(°C)	20.7
Precipitación Pluvial	(mm)	232.0
Evaporización	(mm)	187.4
Vientos	(km/h)	30.2
Heladas	-----	23
Granizadas	-----	10
San Pedro Coah		
Temperatura Media	(°C)	20.6
Precipitación Pluvial	(mm)	184.3
Evaporización	(mm)	201.4
Vientos	(km/h)	30.2
Heladas	-----	23
Granizadas	-----	10

Forrajes y Plantas Forrajeras que Consumen los Caprinos y/o Bovinos Lecheros de la Región

En época de sequía es marcada la escasez de buenos forrajes por lo que los caprinos y bovinos consumen los forrajes y/o las plantas forrajeras que están a su disposición en ese tiempo (Cuadro 3.3)

Cuadro 3.3 Forrajes y Plantas Forrajeras Consumidas por el Ganado Caprino y/o el ganado bovino lechero de la Región Lagunera de Coahuila.

Nombre común	Nombre científico
Avena	<i>Avena sativa</i>
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>
Ensilaje de maíz	<i>Zea mays</i>
Esquilmo de maíz	<i>Zea mays</i>
Esquilmo de algodón	<i>Gossypium hirsutum</i>
Esquilmo de trigo	<i>Triticum vulgare</i>
Mezquite	<i>Prosopis juliflora</i>
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>
Pinavete	<i>Tamarix amphylla</i>
Trompillo	<i>Solanum eleagnifolium</i>
Saladillo	<i>Salsola kali</i>
Zacate rye grass	<i>Lolium multiflorum</i>
Zacate Johnson	<i>Sorghum halepense</i>
Zacate chino	<i>Cynodon dactylon</i>
Nogal	<i>Carya illinoensis</i>
Hierba del negro	<i>Sphaeralcea angustifolia</i>
Hierba amargosa	<i>Ambrosia psilostachya</i>

Prácticas de Manejo del Ganado Caprino y Bovino en las Localidades Muestreadas

El manejo del ganado es diferente entre los pequeños propietarios y ejidatarios. Los primeros se caracterizan por tener ganado bovino de buena calidad y un sistema de explotación estabulado, donde se lleva a cabo un adecuado manejo en los aspectos de sanidad, alimentación. Sin embargo, los ejidatarios poseen ganado caprino criollo, con un sistema de explotación extensivo y

un sistema tradicional de manejo (sin técnica), siendo su principal ingreso anual la venta de leche y cabrito.

Metodología Para la Toma de Muestras

El orden para la toma de muestras se realizó en forma similar en cada una de las localidades asignadas, midiéndose los mismos parámetros.

Muestreo de Campo

Se llevó a cabo del 17 de Marzo al 20 de Junio de 1990. Se tomaron muestras de: agua, suelo, plantas forrajeras, leche y pelo de ganado caprino y bovino lechero según las técnicas recomendadas por (Fick et al., 1979) y (Chapman y Pratt, 1981).

Las localidades muestreadas para efecto de la presente investigación fueron seleccionadas estratégicamente de acuerdo al plano proporcionado por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), donde se menciona sobre la contaminación de arsénico del acuífero de la región.

Recolección de las Muestras de Agua

Se tomaron muestras de agua provenientes de pozos profundos en cada una de las localidades bajo estudio. Se utilizaron recipientes de plástico de 1000 ml de capacidad previo enjuagado con el agua a muestrear de acuerdo a la técnica de Chapman y Pratt (1981).

Estas muestras se protegieron de la luz y fueron inmediatamente analizadas en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", de acuerdo a la técnica de espectrofotometría de Absorción Atómica de Brodie *et al.*, (1983).

Recolección de las Muestras de Suelo

Dentro de cada localidad se tomaron ocho muestras de suelo. Primeramente se eliminó la materia orgánica existente en la superficie, procediéndose luego a cavar un cuadro de 20x20x30 cm de altura, utilizando una pala especial para la toma de muestras del suelo, se extrajo el perfil de un lado de la perforación (aproximadamente 1 kg) colocándose la muestra en bolsa de polietileno previamente identificada. Ya en el laboratorio las muestras fueron secadas a temperatura ambiente, desmoronadas y posteriormente pasadas por un tamiz con malla de acero inoxidable de 2 mm de diámetro.

Finalmente se analizó cada una de las muestras de cada localidad de acuerdo a la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica (Brodie et al., 1983).

Recolección de las Muestras de Forrajes

Se colectaron las principales especies de plantas forrajeras consumidas por caprinos y/o bovinos, previa observación de los animales en pastoreo y encuesta al pastor de cada localidad.

Las muestras fueron tomadas en diferentes sitios de las localidades, utilizando tijeras de acero inoxidable. El corte del forraje se hizo a la misma altura y en forma semejante a la que realiza el animal. En algunas ocasiones se tomó la muestra en forma manual efectuando la defoliación de la planta como en el caso del huizache (*Acacia farnesiana*).

La cantidad de muestra colectada fue de aproximadamente 500 gr, la cual fue depositada en bolsas de manta debidamente identificadas. En el laboratorio las muestras fueron secadas en una estufa a 60°C durante el tiempo requerido para perder la humedad (72 horas). Ya secas las muestras se procesaron en un molino de martillo con criba de acero inoxidable de 1 mm de diámetro. Posteriormente éstas se homogenizaron mediante movimientos

rotatorios y finalmente se analizaron por el método de espectrofotometría de absorción atómica (Brodie *et al.*, 1985).

Recolección de la Muestra de Leche

En cada localidad se recolectaron quince muestras de leche (Cuadro 3.4). La recolección de la muestra de leche se hizo en forma directa, de la glándula mamaria al recipiente de plástico de 250 ml, se tapó y se identificó debidamente.

Posteriormente éstas se conservaron en hielo hasta llegar al laboratorio donde se mantuvieron en refrigeración hasta la realización de su análisis utilizando la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica (Brodie *et al.*, 1985).

Recolección de las Muestras de Pelo

Las muestras de pelo fueron tomadas de la cola y dorso de los mismos animales utilizados en la obtención de muestras de leche. Se tomaron aproximadamente 5 gr de muestra, depositándose éstas en bolsas de polietileno previamente identificadas. Ya en el laboratorio, el pelo fue lavado con agua destilada y shampoo neutro (breck) y posteriormente secado en la estufa a 50°C durante 12 horas,

Cuadro 3.4. Localidad y especie animal utilizadas para la recolección de muestras de pelo y leche.

Localidad		Especie	
		Caprino	Bovino
El Cantabro	+	*	
Finisterre	+	*	
Batopilas	+	*	
San Salvador	+	*	
San José de la niña	+	*	
San Esteban	+	*	
Nuevo Mundo	+	*	
El Estribo	+	*	
El Venado	+	*	
Sofía de Arriba	+	*	
Las Vegas	++		*
Escuadrón 201	+		*
El Dorado	+		*
Vida Nueva	++		*
Toveras	++		*
Florida	++		*
La Pinta	++		*
El Porvenir	++		*
El Albia	+		*
Santa			
María	+		*

+ = Ejido

++ = Pequeña propiedad

finalmente se almacenaron en bolsas de papel previamente identificadas. Las muestras de pelo se sometieron al análisis de arsénico utilizando la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica (Brodie et al., 1985).

Análisis Estadístico

Para la interpretación de los resultados, se realizó un diseño de bloques completos al azar con igual número de repeticiones (ocho sitios de muestreo por localidad), y un análisis de correlación para observar el efecto de arsénico en agua, suelo, forraje, leche y pelo de las localidades muestreadas (Snedecor y Cochran, 1979).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se presentaran en dos secciones, la primera para caprinos y la segunda para bovinos, ya que el estudio se realizó en diferentes localidades.

Caprinos

Concentración de Arsénico en Agua de Bebida

Debido al pequeño número de muestras de agua no fue posible someter los datos a un análisis estadístico.

La concentración de arsénico en el agua varió de 0.056 ppm en la localidad de San Esteban hasta 0.258 ppm en el Venado (Cuadro 4.1) por lo que considerando el nivel permisible de 0.05 ppm (SARH, 1973), solamente la localidad de San Esteban se encuentra dentro de los límites de seguridad, aumentando las concentraciones de este mineral en el resto de las localidades desde un 200 hasta un 400 por ciento considerando estas aguas no potables para el humano y de riesgo para los animales (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.1. Localidad, concentración, nivel máximo permisible y diferencia en por ciento de arsénico en agua de bebida de caprinos en 10 localidades de la Región Lagunera de Coahuila.

Localidad	Conc. de arsénico (ppm)	* Nivel máximo permisible	Diferencia (%)
El venado	0.258	0.05	416
Sofía de Arriba	0.240	0.05	380
San Salvador	0.210	0.05	320
Batopilas	0.194	0.05	288
El Cantabro	0.190	0.05	280
Finisterre	0.178	0.05	258
San José de la Niña	0.172	0.05	244
Nuevo Mundo	0.162	0.05	224
Estribo	0.146	0.05	192
San Esteban	0.056	0.05	12

* SARH, (1973).

Cuadro 4.2. Localidad, número de pozo y concentración de arsénico en agua de 10 localidades caprinas de la Región Lagunera de Coahuila.

Localidad	No. de pozo	Concentración de arsénico (ppm)
El Venado	Los Mijares	0.258
Sofía de Arriba	2225	0.240
San Salvador	869	0.210
Batopilas	961 y 962	0.194
El Cantabro	852	0.190
Finisterre	975	0.178
San José de la Niña	1014	0.172
Nuevo Mundo	2632	0.162
El Estribo	----	0.146
San Esteban	705 y 706	0.056

Concentración de Arsénico en Suelo

Como se puede observar en el Cuadro 4.3, la concentración de arsénico en el suelo varió de 0.497 ppm en la localidad de San Esteban hasta 0.955 ppm en la localidad de Finisterre existiendo diferencia estadística significativa ($P < 0.01$) entre las localidades. Sin embargo, estas concentraciones se encuentran muy por debajo del rango (10 a 500 ppm) recomendado como aceptable (National Academy Sciences, 1980). Walsh et al. (1977) consideran estos suelos como no contaminados, proponiendo que niveles superiores a 40 ppm es donde empieza la contaminación.

Cuadro 4.3. Concentración promedio de arsénico en suelo de 10 localidades caprinas de la Región Lagunera de Coahuila.

Localidad	Conc. promedio de arsénico (ppm)	* Concentración permisible (ppm)
El Cantabro	0.928	10 - 500
Finisterre	0.955	10 - 500
Batopilas	0.947	10 - 500
San Salvador	0.910	10 - 500
San José de la Niña	0.807	10 - 500
San Esteban	0.487	10 - 500
Nuevo Mundo	0.942	10 - 500
Estribo	0.835	10 - 500
El Venado	0.945	10 - 500
Sofía de Arriba	0.855	10 - 500

* National Academy Sciences (1980)

Allaway (1968) menciona que en los Estados Unidos de Norteamérica es común encontrar en los suelos un promedio de 6 ppm. En estudios de suelos realizados por Johnson y Hiltbuld en 1969 encontraron que la mayor concentración de arsénico se encontró en los primeros 30 cm de profundidad, lo que puede afectar en un momento dado los pastos y a las plantas con raíces superficiales. El arsénico existente a esta profundidad en parte puede ser originado de las aplicaciones de plaguicidas a los cultivos (Weiler, 1987).

En el presente estudio se encontró una correlación positiva ($r = 0.69$) entre la concentración de arsénico en el suelo y la concentración de este elemento en el forraje corroborando lo encontrado por Wolsson (1973). La National Academy Sciences (1980) consideran que la concentración de arsénico en las plantas tiene una variación de 0.01 a 5.0 ppm, lo que ratifica los niveles encontrados en las plantas forrajeras ($\bar{x} = 0.3$ ppm) en las localidades caprinas.

Concentración de Arsénico en Forrajes y Plantas Forrajeras Pastoreadas por Caprinos

Debido a que se encontraron diferentes forrajes y plantas forrajeras en las diferentes localidades muestreadas, no fue posible someter los datos a un análisis estadístico, por lo cual la concentración de arsénico se

presenta como promedio de forrajes y plantas forrajeras (Cuadro 4.4) y la concentración por especie en el (Cuadro A.1).

La concentración promedio (Cuadro 4.4) varió de 0.151 ppm en la localidad de San Esteban a 0.572 ppm en Finisterre. Estos valores al compararlos con el rango de concentración de 1.2 a 12 ppm considerados como tóxico (Machlis, 1941) poco presentarían un problema para el crecimiento de la planta (Vandecaveye, 1943 y Caballero, 1986) y la salud de los animales (Vandecaveye, 1943). Se encontró una correlación positiva ($r = 0.69$) significativa entre la concentración de arsénico en el forraje y la concentración de este elemento en el suelo; también se encontró una correlación positiva ($r = 0.60$) pero no significativa entre la concentración de arsénico en el forraje y la concentración de este elemento en la leche. Esto concuerda en parte con lo encontrado por Calvert (1973) y por Buck (1978) en vacas lecheras.

No se encontró correlación entre la concentración de arsénico en el forraje y la concentración de este elemento en el pelo.

Cuadro 4.4. Concentración promedio de arsénico de forrajes y Plantas Forrajeras de 10 localidades de la Región Lagunera de Coahuila.

Localidad	No. especies forrajeras	Conc. \bar{x} de arsénico (ppm)	* Nivel tóxico
El Cantabro	14	0.363	1.2 - 12.0
Finisterre	13	0.572	1.2 - 12.0
Batopilas	15	0.362	1.2 - 12.0
San Salvador	12	0.368	1.2 - 12.0
San José de la Niña	14	0.305	1.2 - 12.0
San Esteban	12	0.151	1.2 - 12.0
Nuevo Mundo	13	0.369	1.2 - 12.0
El Estribo	12	0.395	1.2 - 12.0
El Venado	11	0.269	1.2 - 12.0
Sofía de Arriba	11	0.293	1.2 - 12.0

* Machlis (1941)

Concentración Promedio de Arsénico en Leche de Caprinos

La Concentración promedio de Arsénico de leche de Caprinos se presenta en el Cuadro 4.5 encontrándose diferencia estadística ($P < 0.01$) significativa entre localidades variando la concentración de 0.089 a 0.135 ppm correspondiendo las mayores concentraciones a la leche de las localidades de el Venado (0.135 ppm), Sofía de Arriba (0.133 ppm) y Nuevo Mundo (0.131 ppm) y las menores a la leche de San José de la Niña (0.089) y San Esteban (0.093 ppm).

Cuadro 4.5. Concentración promedio, nivel máximo permisible y diferencia en porcentaje de arsénico en leche de cabra de 10 localidades de la Región Lagunera de Coahuila.

Localidad	Conc. promedio arsénico (ppm)	* Nivel máximo permisible	Diferencia (%)
El Cantabro	0.109	0.05	118
Finisterre	0.110	0.05	120
Batopilas	0.117	0.05	134
San Salvador	0.127	0.05	154
San José de la Niña	0.089	0.05	78
San Esteban	0.093	0.05	86
Nuevo Mundo	0.131	0.05	162
El Estribo	0.106	0.05	112
El Venado	0.135	0.05	170
Sofía de Arriba	0.133	0.05	166

* National Academy Sciences (1980)

Un mecanismo de eliminación del arsénico es la leche y su concentración depende de la concentración de este elemento disponible en el alimento (Calvert, 1973). Peoples (1964) en un estudio en vacas encontró que el arsénico consumido en forma orgánica fue el que se incrementó más en la leche y en los tejidos del cuerpo.

No se encontraron correlaciones significativas en el contenido de arsénico entre pelo y leche, forraje y leche y suelo y leche; Sin embargo, sí se encontró una correlación positiva y significativa ($r = 0.72$) entre el contenido de arsénico en el agua y el contenido de este elemento en la leche.

Concentración Promedio de Arsénico en Pelo de Caprinos

La concentración de arsénico en el pelo de caprinos se puede observar en el Cuadro 4.6. Los niveles variaron de 0.505 a 0.78 ppm encontrándose diferencia significativa ($P < 0.05$) entre localidades. El nivel más alto se encontró en la localidad El Estribo (0.728 ppm) siguiéndole las localidades El Venado (0.669 ppm) y San José de la Niña (0.637 ppm). La menor concentración correspondió a la localidad de San Esteban (0.505 ppm).

Cuadro 4.6. Concentración promedio de arsénico en pelo de caprinos de 10 localidades de la Región Lagunera del Estado de Coahuila.

Localidad	Conc. \bar{x} de arsénico (ppm)	Conc. permisible (ppm)
El Cantabro	0.595	0.5 - 2.1
Finisterre	0.600	0.5 - 2.1
Batopilas	0.557	0.5 - 2.1
San Salvador	0.612	0.5 - 2.1
San José de la Niña	0.637	0.5 - 2.1
San Esteban	0.505	0.5 - 2.1
Nuevo Mundo	0.617	0.5 - 2.1
El Estribo	0.728	0.5 - 2.1
EL Venado	0.669	0.5 - 2.1
Sofía de Arriba	0.508	0.5 - 2.1

* National Academy Sciences (1980)

En el presente estudio no se encontró correlación significativa entre la concentración de arsénico en el pelo y la concentración de este elemento en el agua, suelo,

forraje, y leche. Investigadores como Liebscher y Smith (1968), Smith (1964) y Hindmarsh et al. (1977) reportaron que el pelo es un tejido que tiene toda la capacidad de almacenar arsénico y que es este tejido el que mayormente se utiliza para analizar este elemento. Pearson y Pounds (1971) encontraron una correlación positiva entre el grado de exposición a este elemento y su acumulación en el pelo.

En el presente estudio, todos los niveles encontrados en las diferentes localidades fueron normales comparados con el rango de concentración considerado permisible (0.50 - 2.1 ppm) por la National Academy Sciences (1980).

Bovinos Lecheros

Concentración de Arsénico en Agua Bebida

Debido al pequeño número de muestras, no fue posible someter los datos a un análisis estadístico.

La concentración en agua de bebida de bovino lechero se presenta en los (Cuadros 4.7 y 4.8). Los niveles varían de 0.080 a 0.340 ppm, encontrándose las concentraciones mayores en las localidades El Dorado (0.340 ppm) y Toveras (0.280 ppm) y los menores en las localidades Escuadrón 201 (0.080 ppm) y Porvenir (0.158 ppm).

Cuadro 4.7. Localidad, concentración, nivel máximo permisible y diferencia en porcentaje de arsénico en agua de bebida de bovinos lecheros en 10 localidades de la Región Lagunera del Estado de Coahuila.

Localidad	Concentración de arsénico	* Nivel máximo permisible (ppm)	Diferencia (%)
Las Vegas	0.176	0.05	252
Escuadrón 201	0.080	0.05	60
El Dorado	0.340	0.05	580
Vida Nueva	0.214	0.05	328
Toveras	0.280	0.05	460
Florida	0.164	0.05	228
La Pinta	0.208	0.05	316
Porvenir	0.158	0.05	216
Albia	0.174	0.05	248
Sta. María	0.210	0.05	320

* SARH (1973)

* National Academy Sciences (1980)

Cuadro 4.8. Localidad, número de pozo y concentración de arsénico en agua de 10 localidades de bovino lechero de la Región Lagunera de Coahuila.

Localidad	No. de Pozo	Concentración de Arsénico (ppm)
Las Vegas	846	0.176
Escuadrón 201	---	0.080
El Dorado	2510 y 1992	0.340
Vida Nueva	1521	0.214
Toveras	950, 949, 948	0.280, 0.360 y 0.284
Florida	2025	0.164
La Pinta	2735	0.208
Porvenir	1907	0.158
Albia	1170	0.174
Sta. María	2125	0.210

En todas las localidades los niveles de arsénico superaron el nivel permisible de 0.05 ppm (SARH, 1973). La diferencia en porcentaje fue de 160 en la localidad Escuadrón 201 y de 680 en el Dorado, considerando estas aguas como no potables para el humano y con riesgo para los animales (Cuadro 4.2). Análisis de correlaciones mostraron la existencia de una correlación positiva y significativa ($r = 0.72$) entre la concentración de arsénico en el agua y la concentración de este elemento en el suelo.

Una alta correlación ($r = 0.83$) entre la concentración de arsénico en el agua y la concentración de este elemento en los forrajes, una correlación significativa ($r = 0.74$) entre la concentración de arsénico en el agua y la concentración de este elemento en la leche y una correlación significativa ($r = 0.66$) entre la concentración de arsénico en el agua y la concentración de este elemento en el pelo.

Concentración de Arsénico en el Suelo

Las concentraciones de arsénico pueden observarse en el Cuadro 4.9. Los mayores niveles se encontraron en las localidades El Dorado (1.129 ppm) y Toveras (1.116 ppm) siendo estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) al resto de las localidades, teniendo las concentraciones más bajas las localidades de El Porvenir (0.477 ppm), Sta María (0.477

ppm) y el Albia (0.420 ppm).

Cuadro 4.9. Concentración promedio de arsénico en suelo de 10 localidades de ganado bovino lechero de la Región Lagunera de Coahuila.

Localidad	Concentración Promedio de Arsénico (ppm)	* Concentración Permisible (ppm)
Las Vegas	0.730	10 - 500
Escuadrón 201	0.526	10 - 500
El Dorado	1.129	10 - 500
Vida Nueva	1.036	10 - 500
Toveras	1.116	10 - 500
Florida	0.797	10 - 500
La Pinta	0.588	10 - 500
Porvenir	0.477	10 - 500
El Albia	0.420	10 - 500
Sta. María	0.477	10 - 500

* National Academy Sciences (1980)

Todas las concentraciones de arsénico en los suelos muestreados estuvieron muy por debajo de la concentración permisible de 10 a 500 ppm (National Academy Sciences, 1980).

Walsh *et al.*, (1977) considera suelos no contaminados a los que contienen entre 0.20 y 40 ppm de arsénico.

Allaway (1968) en Estados Unidos de Norteamérica encontró que los suelos contienen como promedio 6 ppm de este elemento y Johnson y Hiltbuld (1969) encontraron la mayor concentración a una profundidad de 30 cm.

Al correlacionar la concentración de arsénico en el agua y suelo, se encontró que ésta fue positiva ($r = 0.72$) y significativa, igualmente se encontró una correlación positiva ($r = 0.83$) y significativa de las concentraciones de arsénico entre el suelo y el forraje. Wolsson (1973) igualmente encontró una correlación positiva con el arsénico disponible en el suelo.

Concentración de Arsénico en Forrajes y Plantas Forrajeras Consumidas por Ganado Bovino Lechero

Debido a la diversidad de forrajes y plantas forrajeras muestreadas no fue posible someter los datos a un análisis estadístico, por lo que las concentraciones de arsénico se reportan como promedio en el Cuadro 4.10 y por especie en el Cuadro A.2.

Las mayores concentraciones se encontraron en las localidades de Toveras (1.56 ppm) y El Dorado (1.20 ppm) y los menores niveles en las localidades Escuadrón 201 (0.25 ppm) y Florida (0.32 ppm).

En la localidad El Dorado se encontró en el ensilaje de maíz una concentración de arsénico de 1.44 ppm y en la alfalfa 1.64 ppm, niveles superiores al nivel tóxico de 1.2 ppm (Machlis, 1941). Lo mismo sucedió con las concentraciones promedio encontradas en la localidad de Toveras.

Cuadro 4.10. Concentración promedio de arsénico de forrajes y plantas forrajeras de 10 localidades de ganado bovino lechero de la Región Lagunera de Coahuila.

Localidad	No de especies forrajeras	Concentración de Arsénico (ppm)	* Nivel tóxico (ppm)
Las Vegas	3	0.66	1.2-12.0
Escuadrón 201	2	0.25	1.2-12.0
El Dorado	3	1.20	1.2-12.0
Vida Nueva	2	0.60	1.2-12.0
Toveras	2	1.56	1.2-12.0
Florida	3	0.32	1.2-12.0
La Pinta	3	0.60	1.2-12.0
Porvenir	2	0.45	1.2-12.0
Albia	2	0.59	1.2-12.0
Sta. María	3	0.46	1.2-12.0

* Machlis (1941).

La National Academy Sciences (1980) menciona que la concentración de arsénico en la planta depende de la cantidad y disponibilidad del elemento. Vandecaveye (1943) opina que estas concentraciones de arsénico en el suelo disminuyen el desarrollo fisiológico de algunas plantas.

Espinoza (1963) observó problemas de salud en el hombre y animales al consumir plantas con alta concentración de arsénico, sin embargo Wagner y colaboradores (1979) opinan que el arsénico se acumula en bajas concentraciones en las hojas y altas concentraciones en la raíz y otras estructuras vegetativas. Al correlacionar la concentración de arsénico en forraje con el encontrado en la leche se

obtuvo una correlación positiva ($r = 0.63$) significativa. Igualmente se encontró una correlación positiva ($r = 0.73$) y significativa entre la concentración de arsénico del suelo y el forraje y una correlación ($r = 0.83$) altamente significativa entre la concentración de arsénico del agua y el forraje.

Concentración de Arsénico en Leche de Bovinos

La concentración de arsénico en leche de bovinos puede observarse en el Cuadro 4.10, encontrándose diferencia significativa ($P < 0.05$) los valores más altos fueron encontrados en las leches de las localidades de Toveras (0.181 ppm), El Dorado (0.176 ppm), Vida Nueva (0.173) y El Albia (0.166) y las concentraciones más bajas correspondieron a las leches de las localidades Escuadrón 201 (0.083 ppm) y Las Vegas (0.095 ppm).

Las concentraciones de arsénico de las leches de todas las localidades fueron superiores (Cuadro 4.11) al nivel considerado como permisible de 0.05 ppm (National Academy Sciences, 1980).

Calvert (1973) observó que la excreción del arsénico en leche era un mecanismo importante en los animales y éste se incrementa o disminuye dependiendo de la dosis y el tipo de arsénico en la alimentación.

Cuadro 4.11. Concentración promedio, nivel máximo permisible y diferencia en porcentaje de arsénico en leche de 10 localidades de ganado bovino lechero de la Región Lagunera de Coahuila.

Localidad	Concentración de arsénico (ppm)	* Nivel Máximo permisible (ppm)	Diferencia (%)
Las Vegas	0.95	0.05	90
Escuadrón 201	0.083	0.05	66
El Dorado	0.176	0.05	252
Vida Nueva	0.173	0.05	246
Toveras	0.181	0.05	262
Florida	0.121	0.05	142
La Pinta	0.151	0.05	202
Porvenir	0.152	0.05	204
El Albia	0.166	0.05	232
Sta.María	0.137	0.05	174

* National Academy Sciences (1980).

En el presente estudio se encontraron correlaciones positivas significativas ($r = 0.74$) entre las concentraciones de arsénico en el agua y en la leche y entre la leche y el forraje ($r = 0.63$); sin embargo Buck (1978) en un estudio en vacas no encontró correlación entre la concentración de arsénico en el alimento (10 ppm) y la concentración de este elemento en la leche.

Estas concentraciones positivas y significativas quizás se deban a que los animales están constantemente consumiendo agua y forrajes con alta concentración de arsénico.

Concentración Promedio de Arsénico en Pelo
de Ganado Bovino Lechero

En el Cuadro 4.12 se pueden observar las concentraciones promedio de arsénico en pelo de bovino lechero.

Las concentraciones de arsénico varían de 0.384 a 0.509 ppm existiendo diferencia estadística ($P < 0.05$) entre localidades.

Cuadro 4.12. Concentración promedio de arsénico en pelo de ganado bovino lechero en 10 localidades de la región Lagunera de Coahuila.

Localidad	Concentración promedio de arsénico (ppm)	Concentración permisible (ppm)
Las Vegas	0.458	0.50 - 2.1
Escuadrón 201	0.426	0.50 - 2.1
El Dorado	0.481	0.50 - 2.1
Vida Nueva	0.473	0.50 - 2.1
Toveras	0.509	0.50 - 2.1
Florida	0.425	0.50 - 2.1
La Pinta	0.498	0.50 - 2.1
Porvenir	0.384	0.50 - 2.1
El Albia	0.419	0.50 - 2.1
Sta. María	0.490	0.50 - 2.1

* National Academy Sciences (1980)

Las mayores concentraciones cercanas al nivel permisible de 0.50 ppm (National Academy Sciences 1980)

corresponden a las localidades de Toveras (0.509 ppm), La Pinta (0.498 ppm), Sta. María (0.490 ppm) y El Dorado (0.481 ppm) y la menor concentración en la localidad El Porvenir (0.384 ppm).

Se encontró una correlación positiva ($r = 0.66$) entre la concentración de arsénico en agua y pelo quizá debido a que los animales constantemente estuvieron bebiendo agua contaminada con arsénico. Pearson y Punds (1971) igualmente encontraron una correlación positiva entre el tiempo y el grado de exposición de arsénico en agua y su concentración en pelo en humanos. Otros investigadores (Hindmarsh et al., 1977) encontraron un número alto de personas con un contenido variable de arsénico en el pelo de acuerdo al grado y tipo de exposición al arsénico, lo que quiere decir que el pelo es un tejido con capacidad de almacenar arsénico.

Por otro lado en el presente estudio no se encontraron correlaciones significativas entre la concentración de arsénico en pelo y los niveles de éste en suelo y leche; sin embargo la correlación entre concentración de arsénico en pelo y forraje no fue significativa ($r = 0.61$) este valor estuvo muy cerca de la significancia.

CONCLUSIONES

Caprinos

1. En nueve de las 10 localidades muestreadas se incrementó la concentración de arsénico en el agua de un 200 hasta un 400 por ciento.
 - Los niveles de arsénico en el suelo estuvieron muy por debajo del nivel mínimo permisible de 10 ppm.
 - La concentración promedio de arsénico de los forrajes y plantas forrajeras estuvieron muy por debajo del mínimo nivel (1.2 ppm) considerado como tóxico.
 - El 100 por ciento de las muestras de leche tuvo concentraciones de arsénico que variaron de 86 hasta 170 por ciento del nivel permisible de 0.05 ppm.
 - El 70 por ciento de las muestras de pelo presentaron concentraciones de arsénico ligeramente superiores al nivel mínimo permisible de 0.50 ppm.
2. Se encontró una correlación altamente significativa entre la concentración de arsénico en el agua y arsénico

en el suelo; una correlación significativa entre arsénico en el suelo y arsénico en el forraje y una correlación significativa entre arsénico en el agua y arsénico en leche.

3. De acuerdo a las concentraciones de arsénico encontrado en la leche y comparándolo con el nivel permisible de 0.05 ppm este producto no debe ser consumido por el humano.

Bovinos de Leche

1. En el 100 por ciento de las localidades muestreadas, se incrementó el nivel de arsénico en el agua de 60 hasta un 580 por ciento.

- Los niveles de arsénico en el suelo estuvieron muy por debajo del nivel mínimo permisible de 10 ppm .

- Solamente los forrajes de las localidades El Dorado y Toveras presentaron niveles tóxicos de arsénico (1.2 ppm).

- El 100 por ciento de las muestras de leche tuvo concentraciones de arsénico que varían de 66 a 202 por ciento.

- El 90 por ciento de las muestras de pelo presentaron concentraciones de arsénico cercano al nivel mínimo permisible (0.50 ppm).

2. Se encontró una correlación significativa entre la concentración de arsénico en el agua y la concentración de arsénico en el suelo, una correlación altamente significativa entre la concentración de arsénico en el agua y la concentración de este elemento en el forraje; correlaciones significativas entre la concentración de arsénico en agua y arsénico en pelo y leche; una correlación significativa entre la concentración de arsénico en suelo y arsénico en forraje y una correlación significativa entre la concentración de arsénico en forraje y leche.

3. De acuerdo a las concentraciones de arsénico encontradas en la leche y comparadas con el nivel permisible de 0.05 ppm, este producto no debe ser consumido por el humano.

LITERATURA CITADA

- Alexander, F. 1960. Introducción a la Farmacología Veterinaria, Tercera Edición. Editorial Acribia, Zaragoza España. pp 284 - 290.
- Andrade, G. C. 1978. Estudio Clínico Patológico de Cien Bovinos de de la Raza Holstein Intoxicados con Arsénico. Tesis. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Cd. Victoria, Tamaulipas.
- Allaway, W . H. 1968. Agronomic control over to enviromental cycling of trace elements. Adv. Agron. 20:235-274.
- Akins, M. B. and R. J. Lewis. 1976. Chemical distribution and gaseous evolution of arsenic - 74 Added to soils as DSMA 74. Soil Sci. Soc. Am. J. 401 : 655 - 658
- Boyle, R. W. and R. Jonassen. 1973 . The Geochemistry of arsenic and its uses as an indicator element in geochemical prospecting. J. Geochem. Explor. 2:251 - 296.
- Braman, R. S. and Foreback. C. C. 1973. Arsenic Levels in Oregon Waters. In: Proceedings of the trace Substances in Environmental Health. Missouri, Columbia. pp. 1 : 11

Brodie, K. G., Frary Sturman and L. Voth. 1983. An Automated vapor Generation Accessory for Atomic Absorption. Analysis Varian Techtron Pty. Limited. Mulgrave. Victoria. Australia.

. 1985.
analysis of plant materials by vapor generation
A.A. Varian techtron. Pty. Limited. Mulgrave
Victoria, Australia.

Buchaman, . D. 1962. In Elsevier Monographs on Toxic Agents. (E. Browning). Ed. Elsevier. Amsterdam.

Buck, R. W. 1978. Residues From Arsenic in Animal as Indicator in Feed. Feedstuffs. 45 (17) 32

Caballero, G. M. L. 1986. Evaluación General del Hidroarsenicismo en la Región Lagunera. Tesis Instituto Tecnológico de la Laguna. Torreón Coah. México.

Calvert, C. C. 1973. Feed Additive Residues in Animal Manure Processed for Feed. Feedstuffs.45 (17):32-33

Calvert, C. C. 1975. Arsenic excretion by monkeys dosed with arsenic-containing fish and inorganic arsenic. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 20:470-477.

Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste (CIAN). 1977. Estadísticas Pecuarias. Boletín de Divulgación No. 94. Matamoros, Coahuila, México.

Cotton, R. y F. Wilkinson. 1976. Química Inorgánica Avanzada. 3a. ed. Editorial Limusa. p. 513 - 518

- Chapman, H. D. y P. F. Pratt. 1981. Método de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas. Ed. Trillas. México. p. 195.
- Espinoza, G. E. 1963. Mass Arsenic Poisoning in Torreón Coahuila, México. Biol. Epidemiol. 27:213 - 220.
- Fick, K. R., L. R. McDowell, P. H. Miles, N. S. Wilkinson, J. D. Funk y J. H. Conrad. 1979. Método de Análisis Minerales para tejidos de Plantas y Animales. Departamento de Ciencia Animal. Universidad de Florida. Gainesville, Florida. U.S.A
- Frimmer, M. 1978. Farmacología y Toxicología Veterinaria. Primera Edición. Ed. Acribia. Zaragoza España pp. 138- 142.
- Garner, R. J. 1977. Toxicología Veterinaria. Tercera Edición. Editorial Acribia. Zaragoza España. p. 52 - 58.
- Georgievskii, V. I. 1982. Mineral Nutrition of Animals. Butter Worths. London. 463 p.
- Grimoldi, J. R. 1978. Apuntes de Toxicología Veterinaria Tercera Edición. Ed. Acribia. Zaragoza España. pp. 283 - 287.
- Hindmarsh, J. T. and L. P. Heffernan. 1977. Arsenic Levels in Tissues normally as Indicator of Exposure. J. Anal. Toxicol. 1 : 270 - 276

- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1976. Nomenclatura del Estado de Coahuila. Secretaría de Programación y Presupuesto. México.
- Jacobs, L. W. and D. R. Kenney. 1970. Arsenic Phosphorous Interactions on Corn Commun. Soil Sci. Plant. Analgy. 1:85-93
- Jacobs, L. W. and J. K. Siers. 1979. Arsenic Absorption by Soils. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc: 34 : 750 - 754
- Johnson, L. R. and Hilbuld A. E. 1969. Arsenic Content of Soils and Crops. Following Use of Methanoarsenate Herbicides. Soil Sci. American. Proc. 29: 71 -72.
- Kappanna, A. N. Gadre. G. T. Bhavnagaray H. M. and Jeshi. J. M. 1977. Arsenic in Water and Soil. Curr. Sci. 31 : 273 - 274
- Kirr, W. y R. Othmer. 1973. Enciclopedia de Tecnología Química. El Arsénico " Unión Tipográfica. Ed. Hispano Americana. 2:45-58.
- Liebscher, K. and H. Smith. 1968. Arsenic in hair and urine. Arch. Environ. Health. 17:881-890.
- Machlis, L. 1941. Acumulación of Arsénic in the Shoots of Sudan Grass and Bush Beans. Plant. Physiology 16: 521 - 544.
- Mealy, J. Brownell. Jr. and Sweet. W. 1959. Arch. Neurol. Psychiatr. 81: 310 - 320.

- Munro, I. Charbonneau, J. Sandi. E. 1974. In: Proceedings at the 13 th. Annual Meeting of the Society of Toxicology. Washington, March 1974. pp. 1 - 4.
- National Academy Sciences. 1980. Mineral Tolerance of Domestic Animals: National Research Committee on Nutrition. Washington. D. C. p. 67 - 72.
-
- _____ 1983. Drinking Water and Health. Washington. D. C. National Academic Press.
- Overby, L. and Frost. D. 1964. Absorption of arsenic by skin and ingestion. Toxicol. Appl. Pharmacol 4: 38-43.
- Pearson, E. F. and C. A. Pounds. 1971. Toxicology from Arsenic. J. Forensic. Sci. Soc. 11 : 229 - 234
- Penrose, W. R. Conacher. R. Black. J. and Miles. W. 1973. Implications of Inorganic/Organic Interconversion on Fluxes of Arsenic in Marine Food Webs. Environ. Health Persp. 19: 53 - 51 .
- Peoples, S. A. 1964. Pharmacology Medical. Ann. N. Y. Acad. Sci. 111 : 644 - 649
- Rankama, K. D. y G. D. Sahama, H. 1962. Geoquímica. Segunda Edición. Editorial Aguilar. p. 687 - 690.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1973. Control de Calidad de Aguas para Diversos Usos. Dirección General de Usos de Agua y Prevención de la Contaminación. Pub. Tec. No. 1:3.

- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos . 1987.
Delegación en el Estado de Coahuila. Jefatura de
Programa Ganadero. Unidad de Normatividad Ganadera.
- Smith, H. 1964. Arsenic in the Metabolism. Environ. Health.
Perspect. 19:89-93.
- Snedecor, W. G. y W.G. Cochran. 1979. Métodos Estadísticos.
Segunda Edición. Ed. CECSA. Mexico. 703 p.
- Vandecaveye, S. C. 1943. Growth and Composition of Crops in
Relation to Arsenical Spray Residues in the Soils
pp. 223 - 227. In Proceeding of the Six Pacific
Science Congress of the Pacific Science Association
1939. Vol. 6. Los Angeles. Univiversity of California
Press. 1943.
- Wagner S. L. J. S. Maliner, W. E. Morton y R. S. Braman.
1979. Skin Cancer and Arsenical Intoxication From
Well Water. Arch. Dermatol. 115: 1205 - 1207
- Walsh, L. M. M. E. Sumner y D. R. Keeney. 1977. Occurrence
and Distribution of Arsenic and Soils and Plants.
Environ.Healt\Persp. 19: 67 - 71
- Weiler, R. R. 1987. Unpublisher Data. Ministry of the
Enviroment Report No. 87. Toronto, Ontario. Aavailable
From U.S. Headquarters Library, Washigton. D. C.
- Wolsson, E. A. 1973. Arsenic Phytotoxicity And Uptake In
Six Vegetables Crops. Weed Sci. 21: 524 - 532.

Wolsson, E. A. 1976. Generation of Dimertilariside From
Soil. Paper Presented at 16 th, Meeting. Weed
Science Society of America. Paper No. 218.

APENDICE

Cuadro A.1. Concentración de Arsénico por Especie Forrajera Consumida por Caprinos en 10 Localidades de la Región Lagunera de Coahuila.

Localidad	Especie Forrajera						
	1	2	3	4	5	6	7
El Cantabro	0.26	0.74	0.52	0.54	0.15	0.41	0.38
Finisterre	0.32	1.18	----	0.62	2.40	0.20	0.30
Batopilas	0.48	0.68	0.48	0.72	0.32	0.28	0.28
San Salvador	0.28	0.78	----	0.68	0.34	0.20	0.42
S. José de la Niña	0.52	0.86	0.42	0.42	0.14	0.16	0.52
San. Esteban	0.18	----	0.38	0.24	0.24	0.18	0.10
Nuevo Mundo	0.36	0.94	----	0.78	0.38	0.16	0.16
El Estribo	0.58	0.70	0.58	0.82	0.42	0.22	0.24
El Venado	0.38	----	----	0.46	0.34	0.28	0.28
Sofía de Arriba	0.56	----	----	0.54	0.52	0.14	0.22

1.- Ensilaje de Maiz 2.- Alfalfa 3.- Avena 4.- Zacate Johnson
 5.- Hierba Amargosa 6.- Mezquite 7.- Zacate Chino.

Cuadro A.1.continuación ...

Localidad	E s p e c i e s F o r r a j e r a s									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Cantabro	0.22	0.56	0.42	0.20	0.18	0.36	0.15			
Finisterre	0.26	----	0.32	0.16	0.22	0.32	0.10	1.04		
Batopilas	0.30	0.42	0.26	0.10	0.20	0.38	0.12	0.42		
San Salvador	0.26	0.32	0.54	0.12	----	0.30	0.18			
S. José de la Niña	0.22	0.30	0.28	0.14	0.28	0.20	0.12			
San Esteban	0.12	0.10	0.08	0.07	----	0.10	0.04	0.18		
Nuevo Mundo	0.18	0.48	0.44	0.18	0.16	0.38	0.20			
El Estribo	----	0.32	0.26	0.10	----	0.42	0.18			
El Venado	0.14	0.28	0.30	0.18	----	0.16	0.16			
Sofía de Arriba	0.22	0.20	0.26	0.22	----	0.28	0.14			

8.- Huizache 9.- Esquilmo de Maiz 10.- Trompillo
 11.-Hierba del Negro 12.- Pinavete 13.- Esquilmo de Algo-
 dón 14.- Saladillo 15.- Esquilmo de Trigo 16.- Nogal.

Cuadro A.2, Concentración de Arsénico por Especie Forrajera Consumida por Ganado Bovino Lechero de 10 localidades de la Región Lagunera de Coahuila.

Localidad	E s p e c i e s F o r r a j e r a s		
	1	2	3
Las Vegas	0.64	0.74	0.60
Escuadrón 20	10.16	0.36	----
El Dorado	1.44	1.64	0.54
Vida Nueva	0.64	0.56	----
Toveras	0.48	2.64	----
Florida	0.34	0.36	0.28
La Pinta	0.72	0.72	0.38
Porvenir	0.26	0.64	---
Albia	0.58	0.60	---
Sta. María	0.28	0.74	0.36

1.- Ensilaje de Maiz 2.- Alfalfa 3.- Avena

Cuadro A.3. ANVA para Suelo de Diez Localidades Caprinas

F.V.	G.L.S.C.	C.M.	F.C	F tablas		
				0.05	0.01	
Trat	9	1.38	0.153	142.01 **	2.03	2.7028
Bloques	7	0.02	0.003	2.71*		
Error	63	0.07	0.001			
Total	79	1.47				

Coefficiente de Variacion : 3.81 %

Tratamiento	Media	Trat	Media
1	0.928	6	0.497
2	0.955	7	0.942
3	0.947	8	0.835
4	0.910	9	0.945
5	0.807	10	0.855

Cuadro A.4. ANVA para pelo de Caprinos de 10 localidades de la Región Lagunera de Coahuila.

F.V	G.L.	SC	C.M.	F.C.		F tablas	
				0.05	0.01		
Trat	9	0.64	0.071	42.48	**	1.95	2.55
Bloques	14	0.02	0.001	0.83			
Error	126	0.21	0.002				
Total	149	0.86					

Coefficiente de Variacion : 6.77 %

Trat	Media	Trat	Media
1	0.594	6	0.505
2	0.600	7	0.617
3	0.557	8	0.728
4	0.612	9	0.669
5	0.637	10	0.508

Cuadro A.5. ANVA para Leche de Caprinos de 10 localidades de la Región Lagunera de Coahuila.

F. V.	G. L.	S.C.	C.M.	F.C.	F tablas	
					0.05	0.01
Trat	9	0.04	0.004	10.03	1.95	2.55
Bloques	14	0.00	0.000	0.75		
Error	126	0.05	0.000			
Total	149	0.09				

Coeficiente de Variación : 16.90 %

Trat	Media	Trat	Media
1	0.109	6	0.093
2	0.110	7	0.131
3	0.117	8	0.106
4	0.127	9	0.135
5	0.089	10	0.133

Cuadro A.6. Coeficientes de Correlación y Significancia General para las Variables Agua, Suelo, Forraje, Leche y Pelo de 10 localidades Caprinas de la Región Lagunera de Coahuila.

$r (1 \ 2) = 0.7838^{**}$
$r (1 \ 3) = 0.2583 \ NS$
$r (1 \ 4) = 0.1862 \ NS$
$r (1 \ 5) = 0.7217 \ *$
$r (2 \ 3) = 0.6916 \ *$
$r (2 \ 4) = 0.3921 \ NS$
$r (2 \ 5) = 0.6051 \ NS$
$r (3 \ 4) = 0.3443 \ NS$
$r (3 \ 5) = 0.1169 \ NS$
$r (4 \ 5) = 0.0059 \ NS$

Variables

1 = Agua	3 = Forrajes	5 = Leche
2 = Suelo	4 = Pelo	

NS = Correlación no Significativa al Nivel de 0.05

* = Correlación Significativa al Nivel de 0.05

** = Correlación Significativa al Nivel de 0.01

Cuadro A.7. ANVA para Suelo de 10 localidades Bovinas de la Región Lagunera de Coahuila.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F tablas	
Trat	9	5.54	0.615	154.44	2.03	2.7028
Bloques	7	0.02	0.003	0.71		
Error	63	0.25	0.004			
Total	79	5.81				

Coefficiente de Variación: 8.65 %

Trat	Media	Trat	Media
1	0.730	6	0.797
2	0.526	7	0.588
3	1.129	8	0.477
4	1.036	9	0.420
5	1.116	10	0.477

Cuadro A.8. ANVA para Pelo de Bovinos de 10 localidades de la Región Lagunera de Coahuila.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F tablas	
Trat	9	0.23	0.025	16.42	1.955	2.55
Bloques	14	0.02	0.001	0.97		
Error	126	0.19	0.002			
Total	149	0.44				

Coefficiente de Variación : 8.59 %

Trat.	Medias	Trat.	Medias
1	0.458	6	0.425
2	0.426	7	0.498
3	0.481	8	0.384
4	0.473	9	0.419
5	0.509	10	0.490

Cuadro A.9. ANVA para Leche de Bovinos de 10 localidades
de la Región Lagunera de Coahuila.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F tablas	
Trat	9	0.16	0.018	19.77	1.955	2.55
Bloques	14	0.02	0.002	1.75		
Error	126	0.11	0.001			
Total	149	0.29				

Coefficiente de Variación : 20.80 %

Trat	Media	Trat	Media
1	0.095	6	0.121
2	0.083	7	0.151
3	0.176	8	0.152
4	0.173	9	0.166
5	0.181	10	0.137

Cuadro A.10. Coeficientes de Correlación y Significancia General para las variables. Agua, Suelo, Forraje, Leche y Pelo de Diez Localidades Bovinas de la Región Lagunera de Coahuila.

$r (1 \ 2) = 0.7253$	*
$r (1 \ 3) = 0.8351$	**
$r (1 \ 4) = 0.6643$	*
$r (1 \ 5) = 0.7460$	*
$r (2 \ 3) = 0.7303$	*
$r (2 \ 4) = 0.5367$	NS
$r (2 \ 5) = 0.4540$	NS
$r (3 \ 4) = 0.6116$	NS
$r (3 \ 5) = 0.6335$	*
$r (4 \ 5) = 0.3468$	NS

Variabes

1 = Agua

3 = Forrajes

5 = Leche

2 = Suelo

4 = Pelo

NS = Correlación No Significativa al Nivel de 0.05

* = Correlación Significativa al Nivel de 0.05

* * = Correlación Significativa al Nivel de 0.01