

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE PLOMO Y ARSENICO  
EN AGUA PARA CONSUMO ANIMAL Y EN LECHE CRUDA EN CUATRO  
GANADERIAS DE EL SALVADOR.

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

LORENA ELIZABETH GONZALEZ BELTRAN  
JENNY MARICEL RECINOS PACHECO

PARA OPTAR AL GRADO DE

LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA

JULIO 2015

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

**SECRETARIA GENERAL**

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

**FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**

**DECANA**

LICDA. ANABEL DE LOURDES AYALA DE SORIANO

**SECRETARIO**

LIC. FRANCISCO REMBERTO MIXCO LOPEZ

## **DIRECCION DE PROCESO DE GRADUACION**

### **DIRECTORA GENERAL**

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo

### **TRIBUNAL CALIFICADOR**

### **COORDINADORA DE AREA DE GESTION AMBIENTAL; CALIDAD AMBIENTAL**

MSc. Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez

### **COORDINADOR DE AREA DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS Y COSMETICOS**

MSc. Eliseo Ernesto Ayala Mejía

### **DOCENTES ASESORES**

Licda. Blanca Lorena Bonilla de Torres

Lic. Freddy Alexander Carranza Estrada

MAE. María Elisa Vivar de Figueroa

## **AGRADECIMIENTOS**

Por medio de la presente queremos hacer público nuestros agradecimientos, primeramente a Dios porque sin la ayuda de él este trabajo no se hubiera realizado, como equipo a nuestros docentes directores, Licda. Lorena de Torres, Lic. Freddy Carranza y MAE. María Elisa de Figueroa por ser parte fundamental en el último segmento de nuestra carrera como profesionales farmacéuticos, agradecemos su continuo apoyo y sus palabras de ánimo a pesar de lo trabajoso de este proceso, agradecemos mucho sus consejos y la manera tan detallada en la que nos fueron guiando para cumplir nuestros objetivos trazados; agradecemos también de una manera muy especial a los dueños de cada hacienda visitada, ya que sin obstáculo alguno, abrieron sus puertas para hacer realidad este trabajo de graduación, también agradecemos a la Facultad de Ciencias Agronómicas, en específico a los integrantes del laboratorio de Química Agrícola de esa facultad por facilitarnos el uso de sus instalaciones, transporte, apoyo logístico y sobre todo el uso del espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito y generador de hidruros y todos los reactivos utilizados en el proceso práctico de este trabajo de graduación.

No nos olvidamos de todos nuestros maestros que nos formaron y transmitieron sus conocimientos a lo largo de nuestra carrera a ser profesionales, agradecemos la labor que hacen con cada bachiller que entra por las puertas de nuestra amada Facultad de Química y Farmacia desde el día uno.

## DEDICATORIAS

Dedico las 20,241 palabras de este trabajo de graduación primeramente al Eterno quien por 2,920 días de mi vida incluyendo el tiempo en que se realizó este trabajo, me dio la fuerza de voluntad vital para llegar a la meta propuesta, meta que por momentos se vio lejana por distintos obstáculos presentados, pero que al fin se llegó el momento de poder decir “misión cumplida”, lo dedico también a mi madre Lilian Beltrán, ya que sus oraciones fueron de gran fundamento para que no desistiera de este camino y porque siempre pude contar con ella en los momentos de alegría, de tristeza y de dolor; también vale la pena dedicar este esfuerzo a mi tía más querida Gloria porque siempre, siempre a pesar de no tenerla cerca estuve en sus oraciones hasta el último día de su vida que el Eterno decidió llevársela a descansar a su eterna presencia, reafirmo mi agradecimiento infinito al Eterno, a mi mamá, a mi hermano mayor y a mi tía Gloria.

Me despido agradeciendo a todos aquellos profesores involucrados en mi formación académica, ya que es por ellos que sé lo que sé, de todos se aprende.

*Cada uno de los esfuerzos del individuo se realizan por tres únicas razones:  
por honor, por dinero o por amor*

*-Napoleón Bonaparte*

GRACIAS TOTALES

Lorena Beltrán

Dedico esta tesis a Dios Todopoderoso quien me dio la oportunidad de culminar este proyecto.

A mis padres Humberto Recinos y Cristina Pacheco de Recinos que a pesar de las de las dificultades siempre me apoyaron y me dieron esas fuerzas necesarias para seguir adelante.

A mis hermanos Oscar, Elia y Herbert por haberme brindado sus consejos, cariño y apoyo siempre.

A mi tía Irma por la ayuda muy valiosa que fue brindada para poder completar la carrera.

A mis amigos por haberme dado ese apoyo moral y estar siempre al pendiente de cómo iba el proceso.

Para ellos es esta dedicatoria, a quienes debo su apoyo incondicional y su cariño, a quienes quiero y forman parte especial en mi vida.

INFINITAS GRACIAS

Jenny Maricel Recinos Pacheco

## INDICE

	Pág.
Resumen	
Capítulo I	
1. Introducción	xvii
Capítulo II	
2. Objetivos	19
Capítulo III	
3. Marco teórico	21
3.1. La Leche	22
3.1.1 Propiedades fisicoquímicas de la leche	22
3.1.2 Composición química de la leche	23
3.1.2.1 Proteínas	23
3.1.2.2 Hidratos de carbono	24
3.1.2.3 Materia grasa	24
3.1.2.4 Minerales y sales de la leche	24
3.2 Ganadería bovina	25
3.2.1 Ganaderías de doble propósito	25
3.2.2 Sistemas especializados	26
3.2.2.1 El ordeño mecánico	27
3.3 Zonas ganaderas	28
3.3.1 Zona Norte	28
3.3.2 Zona Central	28
3.3.3 Zona Costera	29

3.4 Agua para consumo animal	29
3.5 Metales pesados	31
3.5.1 Clasificación de Metales pesados	31
3.6 Plomo	32
3.6.1 Metabolismo del Plomo en seres humanos	33
3.6.1.1 Absorción	33
3.6.1.1.2 Distribución	34
3.6.1.1.3 Excreción	36
3.6.2 Toxicidad del Plomo en seres humanos	36
3.6.3 Síntomas de intoxicación con Plomo en seres humanos	37
3.6.4 Origen de intoxicación con plomo en animales	37
3.6.5 Toxicidad de Plomo en Bovinos	38
3.6.6 Intoxicación por Plomo en Bovinos	38
3.6.7 Riesgo de consumo de Plomo	39
3.6.8 Plomo y agua	40
3.6.9 Plomo en leche cruda	40
3.7 Arsénico	41
3.7.1 Clases de Arsénico	42
3.7.2 Como entra y sale del cuerpo el Arsénico	44
3.7.3 Riesgo de consumo de Arsénico	45
3.7.4 Transporte de Arsénico en agua	46
3.7.5 Arsénico en leche cruda	47
3.8 Determinación de Plomo y Arsénico en leche cruda de vaca y agua para consumo animal por el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito y generador de hidruros	48

3.8.1 Fundamento del método (horno de grafito)	48
3.8.2 Fundamento del método (generador de hidruros)	48
Capítulo IV	
4. Diseño Metodológico	53
4.1 Tipo de estudio	53
4.2 Investigación bibliográfica	53
4.3 Investigación de campo	54
4.3.1 Universo	54
4.3.2 Toma de muestra	54
4.4 Parte experimental	55
4.4.1 Recolección de muestras de leche cruda	57
4.4.1.1 Preservación de la muestra de leche cruda	58
4.4.1.2 Preparación de muestras de leche cruda	58
4.4.1.3 Pre-tratamiento de muestras de leche cruda	59
4.4.2 Recolección de las muestras de agua	59
4.4.2.1 Preservación de las muestras de agua	60
4.4.2.2 Preparación de las muestras de agua	61
4.4.2.2.1 Pre-tratamiento de muestras de agua	61
4.4.3 Determinación de Plomo en leche cruda y agua de consumo animal por el método espectrofotométrico De absorción atómica por horno de grafito	62
4.4.3.1 Preparación de curva estándar de Plomo por el Método de Adición de Estándar y Método Simple de Adición de Estándar	62
4.4.3.2 Preparación de muestras de leche cruda y agua	64
4.4.3.3 Parámetros introducidos al equipo para la determinación de Plomo	64

4.4.4 Determinación de Arsénico en leche cruda de vaca Y agua de consumo animal por el método espectrofotométrico de absorción atómica por generación de vapor de hidruros	66
4.4.4.1 Preparación de curva estándar de Arsénico	66
4.4.4.2 Preparación de muestras de leche cruda	68
4.4.4.3 Preparación de muestras de agua	68
4.4.4.4 Parámetros introducidos al equipo para la determinación de Arsénico	68
 Capítulo V	
5.0 Resultados y discusión	71
5.1 Cuantificación de Arsénico en Agua para consumo animal	72
5.2 Cuantificación de Arsénico en leche cruda	74
5.3 Cuantificación de Plomo en Agua para consumo animal	78
5.4 Cuantificación de Plomo en leche cruda	79
 Capítulo VI	
6.0 Conclusiones	84
 Capítulo VII	
7.0 Recomendaciones	87
 Bibliografía	88
 Glosario	92
 Anexos	94

## INDICE DE ANEXOS

### ANEXO N°:

1. Estimación de los volúmenes y del valor de la producción de lácteos en el salvador
2. NSO 67.01.01:06 Leche Cruda De Vaca
3. Diferentes sistemas de producción existentes en el país
4. Zonas aptas para la producción de leche en el salvador
5. Caracterización de los sistemas de producción bovina en el salvador
6. Mapa de calidad de agua. Índice de calidad de agua. Año 2011
7. Recolección de las muestras de leche
8. Pre-tratamiento de la muestra de leche
9. Recolección de las muestras de agua
10. Pre-tratamiento de la muestra de agua
11. Cálculos para la preparación de la curva estándar de plomo
12. Listado de materiales, equipo y reactivos
13. Preparación de reactivos
14. Método de adición de estándar y método simple de adición de estándar
15. Cálculos para la preparación de la curva estándar de Arsénico
16. Preparación de la muestra de leche para la determinación de Arsénico
17. Preparación de la muestra de agua para la determinación de Arsénico
18. Consumo de leche por país centroamericano y distribución de hato bovino nacional
19. Esquemas de Dilución
20. Resultados de Arsénico en agua de consumo Animal
21. Resultados de Arsénico en leche cruda de vaca
22. Resultados de Plomo en agua de consumo animal
23. Resultados de Plomo en leche cruda de vaca
24. Fotos de toma de muestra y procesamiento de las mismas

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro N°</b>		<b>Pág.</b>
1	Composición química global de la leche	23
2	Calidad ambiental del agua de los ríos de El Salvador	29
3	Valores para sustancias químicas de tipo inorgánico de alto riesgo para la salud	40
4	Niveles máximos y niveles de referencia para Plomo en los alimentos según Codex Alimentarius	41
5	Comparación en los límites de detección entre técnicas de Horno de Grafito (HG) y Generación de Hidruros (GH). Las concentraciones son en ppb o µg/L. Volumen de muestra HG=100 µL; GH=50 mL	51
6	Detalle de muestras de leche cruda a recolectar por ganadería.	55
7	Abreviaturas de haciendas visitadas para toma de muestras	55
8	Recipientes para toma de muestra y preservación de muestras de leche	58
9	Recipientes para toma de muestra y preservación de muestras de agua	61
10	Absorbancias de los estándares de Plomo	63
11	Cuadro resumen de preparación de las muestras de leche cruda y agua de consumo animal	64
12	Absorbancias de los estándares de Arsénico	67
13	Resultado de Arsénico en Agua de consumo animal	73
14	Resultados de Arsénico en Leche cruda	74
15	Resumen de resultados de Arsénico en agua para consumo animal y leche cruda	75
16	Plomo en agua para consumo animal	79
17	Resultados de Plomo en leche cruda	80

<b>18</b>	Resumen de resultados de Plomo en agua para consumo animal y leche cruda	<b>81</b>
-----------	--	-----------

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura N°</b>		<b>Pág</b>
<b>1</b>	Partes de una máquina ordeñadora	<b>27</b>
<b>2</b>	Modelo biológico del plomo	<b>34</b>
<b>3</b>	Distribución del plomo, modelo de los tres compartimentos en el organismo humano	<b>36</b>
<b>4</b>	Descripción del sistema de generación de hidruros y detección en una celda calentada por flama	<b>49</b>
<b>5</b>	Código alfanumérico para identificación de muestras de agua para cuantificación de Arsénico	<b>56</b>
<b>6</b>	Código alfanumérico para identificación de muestras de leche cruda	<b>56</b>
<b>7</b>	Código alfanumérico para identificación de muestras de agua para cuantificación de Plomo	<b>57</b>
<b>8</b>	Código alfanumérico para identificación de muestras de leche cruda para cuantificación de Plomo	<b>57</b>
<b>9</b>	Gráfica de curva de calibración de Plomo	<b>63</b>
<b>10</b>	Gráfica de curva de calibración de Arsénico	<b>67</b>
<b>11</b>	Concentración de Arsénico en agua de consumo animal en ppm	<b>73</b>
<b>12</b>	Concentración de Arsénico en leche cruda en ppm	<b>75</b>

## RESUMEN

En El Salvador no existen normativas específicas que indiquen los límites máximos de Plomo y Arsénico para leche cruda de vaca ni para agua de consumo animal; esta investigación fue realizada en cuatro ganaderías de El Salvador, tres de ellas ubicadas en el departamento de Sonsonate y una en el departamento de La Libertad; los resultados obtenidos fueron comparados para el agua de consumo animal con la Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Potable (NSO 13.07.01:08) <sup>(21)</sup> que establece una concentración máxima de 0.01 ppm para Arsénico y Plomo; para Arsénico en leche se utilizaron los parámetros establecidos por la legislación del MERCOSUR que establece un máximo 0.05 ppm, para Plomo en leche cruda de vaca se tomó el límite establecido por el Codex Alimentarius que es de 0.02 ppm. Para realizar las determinaciones se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito y generador de hidruros, obteniendo resultados satisfactorios tanto para agua de consumo animal como para leche cruda debido a que ninguna muestra sobrepasó los límites establecidos. En el caso del Arsénico si se obtuvieron niveles promedio de 0.035 ppm en agua de consumo animal proveniente de la Hacienda El Conacaste del departamento de La Libertad. En leche cruda de vaca se obtuvieron mayores resultados en la Hacienda San Ramón con un resultado de Arsénico de 0.009 ppm. En cuanto al Plomo no se encontraron niveles cuantificables ni en agua para consumo animal ni en leche cruda; el agua que se le da al ganado productor de leche es apta para su consumo y la leche cruda producida en las haciendas es apta para su comercialización y consumo. Ya que la presente se realizó en la época de transición de temporada lluviosa a seca, para futuras investigaciones de la misma temática se debe realizar en diferentes épocas del año debido a que dependiendo de la época así puede variar la concentración de ambos metales pesados, por el efecto de dilución o concentración de los mismos.

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**

## 1.0 INTRODUCCION

En El Salvador se han venido acumulando problemas medioambientales graves, por ejemplo en los lugares como Sitio de Niño en San Juan Opico, La Libertad se han encontrado cantidades significativas de plomo en el agua que utilizan los pobladores para realizar sus actividades diarias, debido al mal manejo de desechos provenientes de la fabricación de baterías se detectó una concentración elevada de plomo en la leche proveniente de ganaderías cercanas al lugar<sup>(16)</sup>; por otro lado, el diagnóstico nacional de calidad sanitaria de las aguas superficiales de El Salvador el 83.3% de los ríos en el país presentan algún grado de contaminación ya sea con Plomo o con Arsénico<sup>(19)</sup>.

Según el MAG<sup>(19)</sup> (ver anexo N° 1) el 75% de la producción láctea en El Salvador procede del sector artesanal, aunque se ha ido modernizando con el tiempo, los lugares de producción siguen siendo los mismos; y la mayor parte de leche cruda producida por estas haciendas es vendida al sector industrial, según fuentes del MINEC/CAMAGRO<sup>(30)</sup> la demanda de leche cruda ha venido aumentando con el correr del tiempo y que si bien existe una Norma Salvadoreña Obligatoria para la leche cruda de vaca<sup>(22)</sup> (ver anexo N° 2) esta no contempla directamente límites máximos para contaminantes inorgánicos de alto riesgo para la salud como Plomo y Arsénico, es por ello la relevancia del presente trabajo de investigación ya que actualmente en El Salvador no se cuenta con estudios de calidad de la leche cruda en cuanto a metales pesados como Plomo y Arsénico ni en agua que consumen las vacas productoras de leche.

Las haciendas seleccionadas donde se tomaron las muestras fueron en total cuatro, cabe mencionar, que en dichas haciendas es donde se nos permitió el acceso para poder realizar la investigación. Las muestras de leche cruda de vaca se obtuvieron de los estanques en que es almacenada la leche después del ordeño mecánico y las muestras de agua que consumen las vacas se obtuvieron de los abrevaderos que están en las haciendas.

A las muestras se les determinó las concentraciones de Plomo y Arsénico tanto en el agua de consumo animal como en leche cruda que producen las vacas; se utilizó un equipo de absorción atómica con horno de grafito para Plomo y generador de hidruros, para Arsénico que posee características importantes como alta sensibilidad y precisión.

Los resultados obtenidos de Plomo y Arsénico en agua para consumo animal fueron comparados con la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable NSO 13.07.01:08, ya que el agua utilizada para consumo de las vacas debe ser potable para evitar cualquier tipo de contaminación. Para Arsénico en leche cruda de vaca se utilizó la normativa del MERCOSUR (Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay), debido a que sur América se perfila como una de las mayores productoras de leche; y para Plomo en leche cruda de vaca se utilizó el Codex Alimentarius.

La investigación se llevó a cabo entre los meses de Enero a Noviembre del año 2014. La parte experimental comprende la obtención de muestras de agua para consumo animal que proviene de pozos ubicados en las ganaderías y de leche cruda de vaca la cual fue tomada de los tanques de almacenamiento, la recolección de muestras se realizó entre los meses de Septiembre y Noviembre, meses de transición entre la época lluviosa a seca.

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador donde se obtuvieron los resultados y se compararon con las normas antes mencionadas, tanto para agua de consumo animal como para la leche cruda de vaca.

**CAPITULO II**  
**OBJETIVOS**

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la concentración de plomo y arsénico en agua para consumo animal y en leche cruda en cuatro ganaderías de El Salvador.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 2.2.1 Seleccionar las ganaderías donde se realizarán la toma de muestras de leche cruda y agua de consumo animal.
- 2.2.2 Cuantificar la cantidad de Plomo y Arsénico en leche cruda por el método de espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito y generador de hidruros
- 2.2.3 Cuantificar la cantidad de Plomo y Arsénico en agua para consumo animal por el método de espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito y generador de hidruros.
- 2.2.4 Comparar los resultados obtenidos de Plomo y Arsénico en leche cruda con los límites establecidos por el Codex Alimentarius y por la Legislación de MERCOSUR (Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay).
- 2.2.5 Comparar los resultados obtenidos de Plomo y Arsénico en agua para consumo animal con la Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Potable (NSO 13.07.01:08).

**CAPITULO III**  
**MARCO TEORICO**

### 3.0 MARCO TEORICO

#### 3.1 LA LECHE

La leche, desde el punto de vista biológico, es la secreción de las hembras de los mamíferos, cuya misión es satisfacer los requerimientos nutricionales del recién nacido en sus primeros meses de vida. Desde el punto de vista legal, se entiende por leche natural al producto íntegro, no alterado ni adulterado y sin calostros, del ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de las hembras mamíferas domésticas sanas y bien alimentadas. <sup>(5)</sup>

La Norma Salvadoreña Obligatoria 67.01.01.06 “Leche Cruda de Vaca” (ver anexo N°2) define a la Leche cruda de vaca como el producto íntegro, no alterado ni adulterado de la secreción de las glándulas mamarias de las hembras del ganado bovino obtenida por el ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de vacas sanas y libre de calostro; que no ha sufrido ningún tratamiento a excepción del filtrado y/o enfriamiento, y está exento de color, olor, sabor y consistencia anormales. <sup>(22)</sup>

##### 3.1.1 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LA LECHE

La leche es blanca y opaca debido a los fenómenos de reflexión y dispersión de la luz que provocan las partículas en suspensión coloidal, glóbulos de grasa y micelas de caseína. En su estado natural no tratada térmicamente, tiene un sabor ligeramente dulce, debido a la presencia en mayor cantidad de lactosa. Desde el punto de vista fisicoquímico, la leche se caracteriza por ser una mezcla muy compleja de diferentes sustancias: caseínas, albúminas, lactosa, grasa, sales, vitaminas y otros. <sup>(5)</sup>

El pH de la leche es ligeramente ácido, alrededor de 6.4 a 6.7; con punto de congelación entre -0.530 °C, -0.550 °C; densidad relativa de 1.028 g/L a 1.033 g/L a 15 °C. <sup>(22)</sup>

### 3.1.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA LECHE

Las cantidades de los distintos componentes puede variar considerablemente entre distintas razas de vacas, e incluso entre distintos individuos de la misma raza; cuantitativamente, el agua es el componente más importante. <sup>(5)</sup>

En la leche encontramos cuatro tipos de componentes importantes: a) lípidos (triglicéridos), b) proteínas (caseínas, albúminas y globulinas), c) glúcidos (lactosa), d) sales, y otros componentes en cantidades mínimas: lecitinas, vitaminas, enzimas, nucleótidos, gases disueltos, etc. <sup>(5)</sup>

**Cuadro Nº 1.** Composición química global de la leche <sup>(7)</sup>

Componente	Valor medio g/100mL	Intervalo g/100mL
Agua	87	85 – 90
Proteínas	3.2	2.9 – 4
Grasas	3.7	2.5 – 5
Lactosa	4.8	4 – 5.5
Sales minerales	0.9	0.7 – 1

#### 3.1.2.1 PROTEINAS

En la leche se distinguen dos grupos de compuestos nitrogenados: las proteínas y las sustancias no proteicas conocidas como nitrógeno no proteico (NNP), las proteínas de la leche se diferencian de los constituyentes no nitrogenados por el tamaño de sus moléculas. Dentro de las proteínas se distinguen las caseínas y las proteínas del suero. <sup>(5)</sup>

Caseínas, constituyen el 80% de las proteínas totales de la leche de vaca, se agrupan en formas de polímeros constituidos por centenares o miles de moléculas individuales. Estos complejos moleculares se conocen como micelas de caseína. <sup>(5)</sup>

Proteínas del lactosuero, suponen el 20% del total de las proteínas y presentan una gran afinidad por el agua, estando solubilizadas en el. Se suele

definir como las proteínas que quedan en solución cuando el pH de la leche se lleva hasta 4,6 (punto isoeléctrico de la caseína). Entre las proteínas del suero se distinguen:  $\alpha$ -lactoalbúmina,  $\beta$ -lactoglobulina, albúmina sérica, proteasaspeptonas, inmunoglobulinas y otras proteínas. <sup>(5)</sup>

### **3.1.2.2 HIDRATOS DE CARBONO (LACTOSA)**

Los hidratos de carbono de la leche están compuestos esencialmente por lactosa y, en pequeñas cantidades algunos otros azúcares (glucosa y galactosa) y otros hidratos de carbono como glucolípidos, glucoproteínas y oligosacáridos. La lactosa es un hidrato de carbono que solo se encuentra en la leche y es el componente mayoritario de la materia seca de la leche. En la vaca, la cantidad de lactosa aumenta a lo largo del ciclo de lactación, siendo su valor medio de 28-30 g/L en el calostro y de 45-50 g/L en la leche madura.

<sup>(5)</sup>

### **3.1.2.3 MATERIA GRASA**

La materia grasa de la leche está constituida por lípidos y por una fracción insaponificable; los lípidos constituyen el 99% en donde el 98% está compuesto por triglicéridos y otros lípidos simples, como monoglicéridos y diglicéridos, y ésteres del colesterol; la fracción insaponificable es del 1%, agrupa aquellas sustancias que no reaccionan con el NaOH o el KOH para dar jabones, entre ellas están el colesterol, las vitaminas liposolubles (principalmente A y D) y pigmentos como carotenoides y xantofilas. <sup>(5)</sup>

### **3.1.2.4 MINERALES Y SALES DE LA LECHE**

La leche contiene sales tanto disueltas como en estado coloidal formando compuestos con la caseína. La mayoría de las sales son inorgánicas como por ejemplo los fosfatos, aunque también las hay de origen orgánico como los

citratos. Estas sales están constituidas por cationes metálicos y aniones orgánicos e inorgánicos. <sup>(5)</sup>

Los minerales de la leche se distinguen entre: macroelementos que son las sales mayoritarias de la leche constituidas por cloruros, fosfatos y citratos de potasio, calcio, sodio y magnesio; y los oligoelementos, la presencia de determinados oligoelementos dependerá de la alimentación y no del medio ambiente. <sup>(5)</sup>

## **3.2 GANADERIA BOVINA**

Los sistemas de producción en El Salvador están diferenciados por su grado de adopción tecnológico, tamaño del hato y el área de terreno propiedad del ganadero. También, existe la explotación intensiva en pequeñas áreas, con adopción de tecnología avanzada que da como resultado excelentes producciones. <sup>(26)</sup>

Los sistemas de producción corresponden a dos modalidades, la primera es la ganadería de doble propósito y la lechería especializada. La ganadería lechera se encuentra ubicada en la parte media y baja del país, estas áreas han sido identificadas como zonas de cuencas lecheras. La mayor cantidad de ganaderías de este tipo está ubicada en los departamentos de Sonsonate, La Libertad, La Paz y Usulután. <sup>(26)</sup>

### **3.2.1 GANADERIAS DE DOBLE PROPÓSITO**

Este sistema se caracteriza por el ordeño de animales no especializados, una vez por día con el ternero al pie y se aparta a las crías dejando de 4 a 6 horas, la infraestructura es mínima, y se desteta entre los 6 a 10 meses de edad y no por secado natural. El ingreso se ve compartido entre leche y carne, en

donde la unidad productiva lo constituyen la vaca y el ternero inclinándose más a la producción y venta de leche. <sup>(26)</sup>

La ganadería de doble propósito se divide en comercial, la cual esta constituida por un 30% de ganaderos del país, con niveles de producción de 6 a 10 litros/vaca/día. Existe otro tipo de ganadería manejado a nivel familiar identificado como sistemas de subsistencia el cual esta constituido por el 67% de ganaderos, cuya producción oscila entre 2 a 6 litros/vaca/día. Poseen de uno a diez bovinos manejados por la familia. <sup>(26)</sup>

### **3.2.2 SISTEMAS ESPECIALIZADOS**

Los sistemas especializados de producción de leche o de producción intensiva del hato, se estima en un 3% del hato nacional, en cuanto a manejo estos utilizan tecnología avanzada para control del estrés calórico (aspersores, ventiladores, sombras, salas de tratamiento, otros). Además, usan jaulas individuales para terneras, destete temprano de terneras, se realizan de dos a tres ordeños diarios, utilizan máquinas de ordeño. <sup>(26)</sup>

La ganadería especializada se divide en intensiva y semi-intensiva, la diferencia en los dos sistemas es más que todo en el tipo de manejo. El rendimiento de producción de los sistemas especializados es: semi-intensivo con manejo semiestabulado, oscila alrededor de 9 a 12 litros/vaca/día y en el sistema intensivo o estabulado la producción promedio es de 15 a 22.50 litros/vaca/día y no varía por las estaciones del año. <sup>(26)</sup>

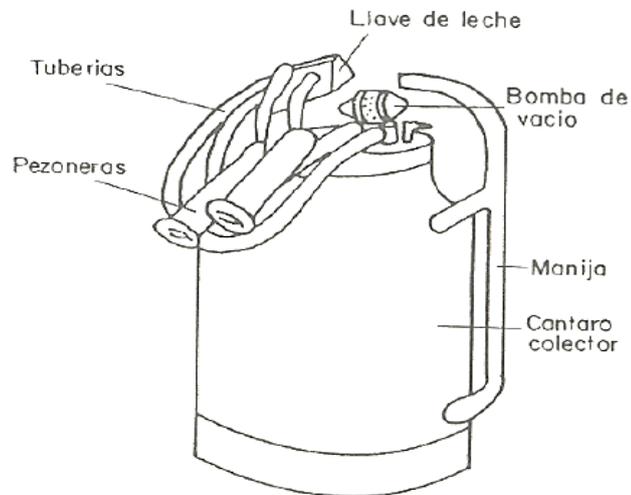
Los sistemas de producción intensivos, disponen de instalaciones adecuadas y de un hato con un excelente encaste, rendimientos excelentes en relación a índices de productividad (ver anexo N° 3). <sup>(26)</sup>

### 3.2.2.1 EL ORDEÑO MECANICO

El ordeño mecánico es el que se hace con ayuda de una máquina ordeñadora, la cual imita la mamada del ternero.

Partes de una máquina ordeñadora:

- Pezoneras que se aplican a los pezones.
- Cántaro colector que recibe la leche ordeñada.
- Bomba de vacío que aspira la leche.
- Tuberías que conectan entre sí las pezoneras, la bomba de vacío y el cántaro colector.
- La llave de la leche a donde llegan todos los tubos de la leche, permite el paso de ésta. (14)



**Figura N° 1.** Partes de una máquina ordeñadora (14)

Proceso de ordeño mecánico.

- Colocar en posición correcta la máquina ordeñadora.
- Poner las pezoneras en los pezones de la vaca.
- Abrir la llave de la leche.
- Empezar el ordeño.
- Observar periódicamente el proceso del ordeño.

- Cuando finalice el ordeño, cerrar la llave de la leche y quitar las pezoneras sin tirarlas. <sup>(14)</sup>

#### Almacenamiento:

El cántaro colector está fabricado en acero inoxidable o de una combinación entre acero y aluminio para disminuir su peso y precio. Pero puede ser también de vidrio transparente para poder observar el volumen de leche ordeñada. La temperatura de leche dentro del tanque, no deberá rebasar los 10°C, durante la adición de leche de otros ordeños. <sup>(14)</sup>

### **3.3 ZONAS GANADERAS**

La ganadería en el país se ha desarrollado de acuerdo con las condiciones ecológicas que prevalecientes por lo que se distinguen tres regiones diferentes (ver mapa, anexo N° 4 y 5). <sup>(24)</sup>

#### **3.3.1 ZONA NORTE**

Comprende la parte norte del departamento de Santa Ana, los departamentos de Chalatenango, Cabañas y Morazán y la parte norte de los departamentos de San Miguel y La Unión. <sup>(24)</sup>

#### **3.3.2 ZONA CENTRAL**

Ocupa la meseta central comprendida entre la cadena costera y la zona norte antes descrita; prácticamente cubre parte de todos los departamentos del país, con excepción de Chalatenango, Cabañas y Morazán. <sup>(24)</sup>

### 3.3.3 ZONA COSTERA

Esta zona se extiende desde las estribaciones de la cadena costera hasta el Océano Pacífico. <sup>(24)</sup>

### 3.4 AGUA PARA CONSUMO ANIMAL

La mayor parte del agua del planeta está almacenada en los océanos (97.39%) y en los *inlandsis*, glaciares y banquisas (2.01%). El resto está contenido, en su mayoría, en las formaciones geológicas (0.54%). Sólo el 0.06% escurre como agua superficial de la cual la mitad es salada, y por lo tanto, no potable. En realidad, el agua dulce disponible constituye menos del 0.02% de la hidrósfera. De estas aguas superficiales, 95% está almacenada en lagos, dejando tan sólo 0.001% para todos los ríos y arroyos, cantidad que puede parecer mínima pero es lo suficiente como para que el hombre viva de ellos. <sup>(26)</sup>

El Salvador, a pesar de ser un país pequeño está rodeado de muchos ríos y lagos que conforman un paisaje natural; pero según el informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador del año 2011 muestran que de los 123 sitios evaluados, ninguno presenta una calidad “EXCELENTE”, teniendo la mayoría de sitios agua de calidad “REGULAR” desde el punto de vista de su calidad ambiental, tal como se muestra a continuación: <sup>(26)</sup>

**Cuadro N° 2.** Calidad ambiental del agua de los ríos de El Salvador <sup>(26)</sup>

CALIDAD AMBIENTAL	USOS	PORCENTAJE DE SITIOS
EXCELENTE	Facilita el desarrollo de vida acuática	0%
BUENA	Facilita el desarrollo de vida acuática	12%
REGULAR	Limita el desarrollo de vida acuática	50%
MALA	Limita el desarrollo de vida acuática	31%
PÉSIMA	Imposibilita el desarrollo de vida acuática	7%

Existen ríos principales y secundarios, de éstos últimos se abastecen la mayoría de ganaderías para dar de beber a sus ganados. Según CONACYT El agua para consumo humano no debe ser un vehículo de transmisión de enfermedades, por lo que es importante establecer parámetros y sus límites máximos permisibles para garantizar que sea sanitariamente segura. Es decir que para que el agua sea aceptada como potable debe mantenerse dentro de los límites determinados de contenidos de microorganismos, sólidos en suspensión, sales y elementos químicos como metales y nitritos; estos límites deben ser cumplidos por el agua que se utiliza en las operaciones de limpieza de locales y equipos de ordeño, de manera tal que se garantice la calidad sanitaria de la leche obtenida, con lo cual lo ideal sería que las lecherías se abastecieran de la red pública, que hasta cierto punto, garantiza la calidad potable del agua; sin embargo, lo más común es que las lecherías aún se abastecen de aguas superficiales, pozos o aljibes los cuales no garantizan una buena calidad de agua que suministran a sus animales; en estos casos, lo ideal sería que los ganaderos realcen controles periódicos a la calidad del agua tomando muestras y llevándolas a un laboratorio certificado, situación que no ocurre muy a menudo. <sup>(26)</sup>

En las lecherías, el agua es un recurso imprescindible para abastecer al ganado, realizar limpieza de locales y equipos de ordeño y permitir la higiene del personal que ahí labora, el agua interviene en aquellos elementos que tienen contacto con la leche como equipo de ordeño, tanques y baldes, la calidad del agua es determinante para la obtención de una leche sana y de buena calidad ya que interviene en procesos clave de producción. Tal es su importancia que se establece que los locales en los que se realice el ordeño o en los que la leche sea almacenada, manipulada o enfriada, así como los equipos que intervengan en estos procesos, deben disponer de un sistema de abastecimiento de agua potable para su limpieza. En el Informe de calidad de agua de los ríos de El Salvador del año 2011 comenta que la primer causa de contaminación del recurso hídrico en casi la mayoría de los sitios evaluados en ese momento, es la contaminación por aguas residuales domésticas sin

tratamiento y falta de saneamiento básico prevalentes en las zonas que los ríos recorren; adicionalmente se encuentra el peligro recurrente del mal manejo de pesticidas para el uso agrícola, que si bien es cierto en su mayoría se utilizan en tierra estos con la lluvia se filtran y llegan hasta los mantos acuíferos donde posiblemente se contamina el agua no superficial y con el paso del tiempo si estas aguas pasan estancadas los productos de degradación se hacen presentes y con ello los metales pesados como lo son el plomo y el arsénico los cuales se encuentran en cantidades importantes, pueden afectar la calidad de la leche producida en la zona. A continuación se presenta el mapa que se elaboró en el año 2011 según el estudio de calidad del agua realizado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (ver anexo N° 6). <sup>(26)</sup>

### **3.5 METALES PESADOS**

Los metales pesados son de gran interés para la humanidad debido a que la presencia de estos en el ambiente tiene efectos negativos en la salud del hombre, de los animales y de los cultivos agrícolas. Los metales pesados han sido encontrados en los alimentos y provienen de diversas fuentes como: suelo contaminado, lodos residuales, fertilizantes químicos y plaguicidas. La presencia de metales pesados en alimentos y en productos lácteos, constituye gran importancia, debido a los daños que ocasiona en la salud la exposición crónica de estos metales en alimentos, que por lo regular se presenta en forma asintomática.<sup>(7)</sup>

#### **3.5.1 CLASIFICACION DE LOS METALES PESADOS**

Los metales pesados se clasifican en dos grupos:

Oligoelementos o micronutrientes: son requeridos en pequeñas cantidades o en cantidades traza por las plantas y los animales; son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital. Pasado cierto umbral se vuelven tóxicos. Dentro de este grupo están: arsénico (As), boro (B), cobalto (Co),

cromo (Cr), cobre (Cu), molibdeno (Mo), manganeso (Mn), níquel (Ni), selenio (Se) y Zinc (Zn). <sup>(7)</sup>

Metales pesados sin función biológica conocida: cuya presencia en determinadas cantidades en los seres vivos lleva juntamente alteraciones en el funcionamiento de sus organismos. Resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos. Son principalmente: cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), níquel (Ni), bismuto (Bi). Es importante retomar que el exceso de cualquiera de los metales pesados puede provocar disfunciones biológicas en el ser humano y que la intoxicación puede llevarse a cabo por acumulación de cualquier metal pesado en un determinado espacio de tiempo, no necesariamente llegar a cantidades tóxicas en una sola dosis. <sup>(7)</sup>

### **3.6 PLOMO**

El plomo es un elemento químico de la tabla periódica cuyo símbolo es Pb y su número atómico es 82. Es un metal pesado, de densidad relativa o gravedad específica 11,4 a 16°C, de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico y se funde con facilidad. Su fundición se produce a 327,4°C y hierve a 1725°C. Las valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al ataque de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, aunque se disuelve con lentitud en ácido nítrico y ante la presencia de bases nitrogenadas. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. Tiene la capacidad de formar muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos. Industrialmente, sus compuestos más importantes son los óxidos de plomo y el tetraetilo de plomo. El plomo forma aleaciones con muchos metales y, en general, se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Todas las aleaciones formadas con estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, cadmio y sodio tienen importancia industrial. <sup>(7)</sup>

El plomo es un metal suave, de color azul-grisáceo. Se encuentra de manera natural, pero una buena parte de su presencia en el medio ambiente se debe a su uso histórico en pinturas y gasolinas, así como a diversas actividades mineras y comerciales. La acumulación del plomo en el ambiente es el resultado del uso antropogénico, lo cual ha provocado su concentración en el ambiente. Debido a su uso extendido, hoy en día el plomo se puede encontrar dentro de cada uno de nuestros cuerpos a niveles muy superiores a los que había en la antigüedad, y a niveles que causan efectos adversos en la salud.

(2)

### **3.6.1 METABOLISMO DEL PLOMO EN SERES HUMANOS**

#### **3.6.1.1 ABSORCION**

El plomo puede ser inhalado y absorbido a través del sistema respiratorio o ingerido y absorbido por el tracto gastrointestinal; la absorción percutánea del plomo inorgánico es mínima, pero el plomo orgánico si se absorbe bien por esta vía. Después de la ingestión de plomo, éste se absorbe activamente, dependiendo de la forma, tamaño, tránsito gastrointestinal, estado nutricional y la edad; hay mayor absorción de plomo si la partícula es pequeña, si hay deficiencia de hierro y/o calcio, si hay gran ingesta de grasa o inadecuada ingesta de calorías, si el estómago está vacío y si se es niño, ya que en ellos la absorción de plomo es hasta en un 50 % mientras que en el adulto es de 10% (6)

El plomo por la vía digestiva ingresa a través del mismo sistema que el de calcio, lo que condiciona una gran absorción, ya que se absorben en el orden de 0,2 gramos de calcio al día. Dado que el plomo compite por los mismos sistemas de transporte del calcio, a mayor concentración de calcio en la dieta, la absorción de plomo es menor. (6)

El modelo biológico del plomo se puede ver en la figura siguiente:

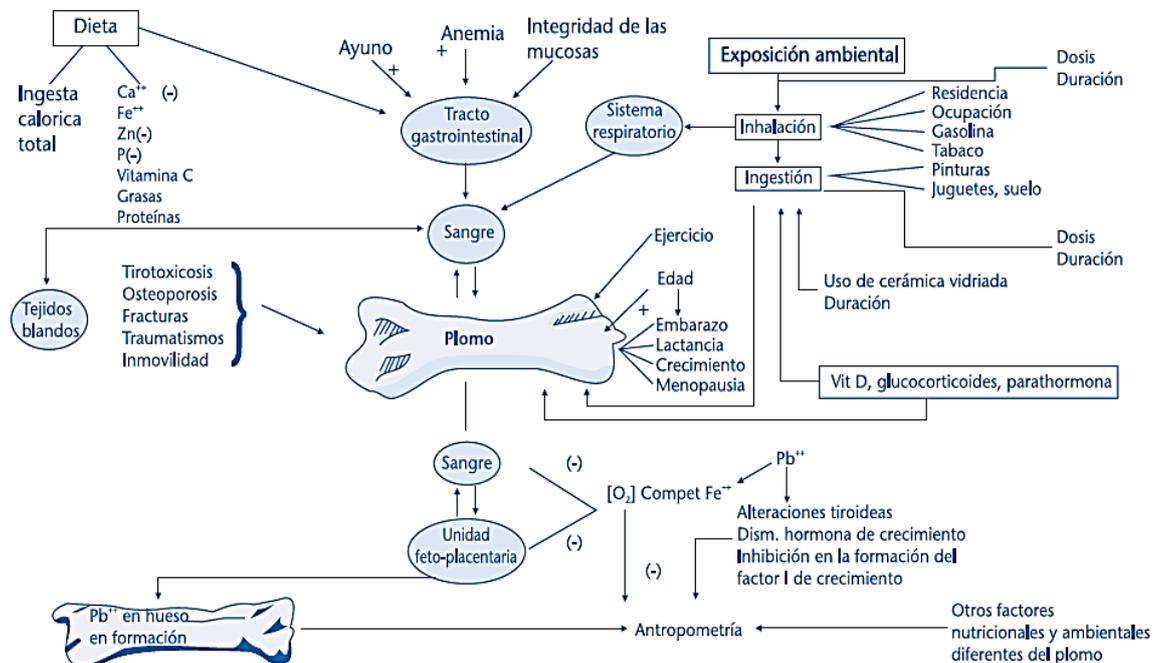


Figura Nº 2. Modelo biológico del plomo. (6)

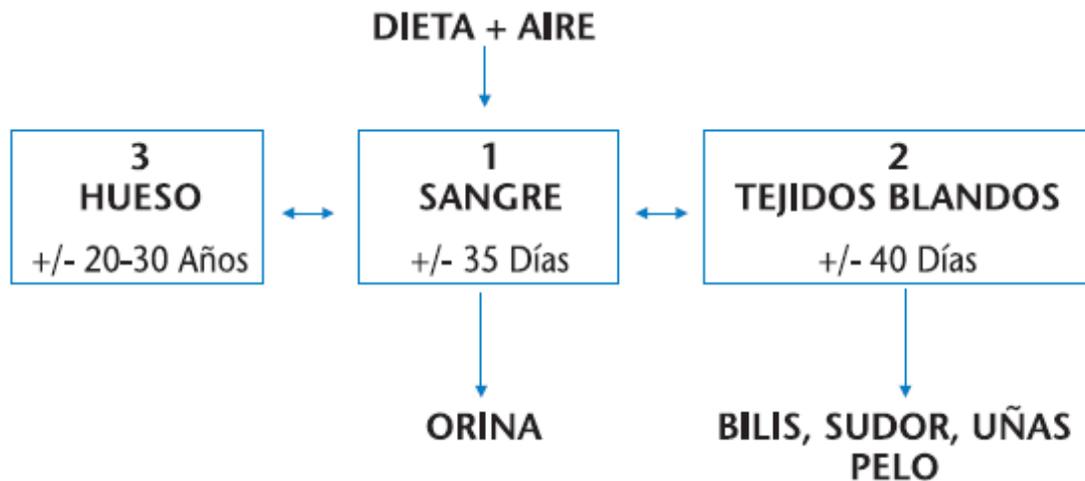
### 3.6.1.2 DISTRIBUCION

Luego de su absorción el plomo se distribuye en el organismo a partir del plomo libre en el plasma; entra a los eritrocitos y al resto de las células del organismo para unirse a macromoléculas, se distribuye a los tejidos blandos como hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central que son los órganos blanco de toxicidad, su gran afinidad por sales fosfato hace que se acumule en el hueso hasta en un 90%. Cruza la barrera hematoencefálica y la placentaria. (11) El metal puede mobilizarse del hueso en situaciones como inmovilidad, embarazo, hipertiroidismo, medicaciones y edad avanzada. (39)

El 95 % del plomo sanguíneo está unido a los eritrocitos. La vida media del plomo en el compartimento sanguíneo es de 35 días, pero pueden existir grandes variaciones individuales. El segundo compartimento lo constituyen los tejidos blandos (tejido nervioso, riñón, hígado, etc.). La vida media del

plomo en este caso es de 40 días. De entre todos los compartimentos el esqueleto es quien contiene la gran mayoría (80-90%) del plomo almacenado en el organismo. La vida media del plomo en el hueso es de 20 a 30 años. Una parte del plomo depositado a nivel óseo (tejido óseo trabecular) se encuentra en forma inestable, y por tanto fácilmente movilizable en determinadas condiciones (acidosis, decalcificación) y en equilibrio con la sangre. El resto queda almacenado (tejido óseo compacto) y va aumentando progresivamente a medida que continúa la exposición. Tanto los tejidos blandos como la sangre constituyen las unidades de intercambio activo, mientras que el esqueleto constituye la unidad de almacenamiento o de intercambio lento. <sup>(6)</sup>

Las sales de calcio se deshidratan y se hacen más compactas al interior de los huesos, generando el llamado hueso compacto, y la estructura de estas sales es un poco más laxa y más hidratada de la parte externa de los huesos, formando el hueso esponjoso. La deformación y degradación de estas sales permiten al organismo tener en el hueso un depósito interno de calcio, al grado que más del 90% de calcio se puede encontrar en el hueso. Es decir, estas sales de fosfato de calcio, sobre todo las del hueso esponjoso, pueden romperse con enzima (fosfatasas) y liberar calcio a la sangre, incrementando sus concentraciones, o capturar calcio de la sangre formando las sales de fosfato de calcio y reduciendo la concentración de calcio en sangre, manteniendo una concentración estable de calcio, lo cual es necesario para el adecuado funcionamiento del sistema nervioso central y periférico, el muscular y muy diversas funciones del organismo. Aproximadamente 2 gramos de calcio al día se intercambian entre la sangre y el hueso. El plomo tiene gran afinidad para asociarse con el fosfato, lo que permite la formación de sales de plomo en el hueso, como se detalla en la figura siguiente: <sup>(6)</sup>



**Figura Nº 3.** Distribución del plomo, modelo de los tres compartimentos en el organismo humano. <sup>(6)</sup>

### 3.6.1.3 EXCRECION

El plomo es excretado principalmente por la orina, a través de filtración glomerular y secreción tubular. En mucha menor proporción el plomo puede salir por descamación y por algunas secreciones. Contamina a los lactantes porque se excreta por el líquido lácteo de mujeres expuestas a plomo. La excreción total de plomo es muy lenta y limitada, porque se retiene unido a macromoléculas y sales de fosfato, además de que el organismo trata de conservarlo al confundirlo con calcio. Todo eso hace que al organismo le cueste años eliminarlo. <sup>(6)</sup>

### 3.6.2 TOXICIDAD DEL PLOMO EN SERES HUMANOS

La cantidad ideal de plomo, como de cualquier otro tóxico, en el organismo debería de ser cero; es decir no tener nada del toxico. Sin embargo, en el caso del plomo esto no es posible debido a la contaminación natural y la generada por el hombre (antropogénica). <sup>(6)</sup>

Los valores aceptados como “normales” de la concentración de plomo en sangre han variado notablemente a través de los años, conforme se han podido asociar efectos tóxicos a esas concentraciones. Se adoptó el índice de 10 µg/dl, lo que hasta ahora es válido, aunque actualmente se trata de bajar a 5, ya que se encuentra cada vez más evidencia de que niños con concentraciones entre 8 y 10, pueden presentar daño neurológico, que se refleja en su deficiencia académica, baja concentración y disminución de la atención. <sup>(6)</sup>

### **3.6.3 SÍNTOMAS DE INTOXICACION CON PLOMO EN SERES HUMANOS**

El plomo afecta principalmente a los sistemas gastrointestinal, nervioso, muscular y renal, causando problemas de poca intensidad y frecuencia, los que se incrementan al continuar la exposición y la intoxicación. Los síntomas predominantes son: cólicos abdominales, dolor de cabeza, náuseas y vómitos, tos, fatiga, problemas de conducta, fallas en la concentración, disminución de la eficiencia de aprendizaje y en el trabajo. <sup>(6)</sup>

### **3.6.4 ORIGEN DE INTOXICACION CON PLOMO EN ANIMALES**

El envenenamiento por plomo puede ser consecuencia de que animales curiosos ingieran pinturas a base de plomo (bien pintura vieja y seca o pintura de envases vacíos), masilla de vidriero u otros materiales para calafateo, aceite usado de motores, linóleo, gasolina con plomo, plomo sólido, soldaduras, materiales de cubrimiento de tejados, asfalto, o efluentes industriales en corrientes de agua o forrajes. La hierba próxima a carreteras con circulación intensa puede contener cantidades tóxicas de plomo procedentes de los tubos de escapes de los autos. Al lamer baterías descargadas también pueden intoxicarse por plomo los animales. El agua proveniente de tuberías de plomo o botes estañados con plomo pueden contener cantidades tóxicas. Las fuentes naturales de plomo tales como la galena y el suelo no son particularmente tóxicas aunque pueden sumarse a la

carga total del organismo. La leche segregada por animales intoxicados por el plomo puede ser peligrosa para animales jóvenes. El vertedero de las explotaciones agropecuarias suele ser una fuente de venenos para los animales. <sup>(14)</sup>

### **3.6.5 TOXICIDAD DEL PLOMO EN BOVINOS**

Solo el 1-2% del plomo ingerido se absorbe en el tracto gastrointestinal formándose compuestos bastante insolubles, incluso en el intestino. El medio ácido favorece la disolución del plomo y de sus compuestos inorgánicos. En la naturaleza, persiste indefinidamente. La dosis única letal oral aguda en terneros es de 50-600 mg/Kg con plomo o sales; vacuno adulto, 50-100 gramos dosis total en forma de acetato de plomo, o 600 a 800 mg/Kg procedentes de sales de plomo. La toxicosis crónica se presenta si es ingerido durante un periodo de días, semanas o meses, la dosis oral crónica en terneros es de 1-3 gramos total/día; vacuno adulto, 6-7 mg de acetato de plomo/Kg/día durante 6-8 semanas (aunque puede enfermar con 6 mg/Kg/día durante 60 semanas cuando el plomo procede de pinturas). Ingeriendo prolongadamente pequeñas cantidades puede desatar una enfermedad ligera o grave aunque la definición de pequeñas cantidades varía con la especie. <sup>(14)</sup>

### **3.6.6 INTOXICACION POR PLOMO EN BOVINOS**

Se produce por envenenamiento en los bovinos, el cual afecta el sistema nervioso central, cuando este tiene acceso al plomo, sumado a su curiosidad, la falta de selectividad hace común que tiendan a lamer o beber donde se encuentra el plomo, en cualquier forma de presentación en los alrededores donde se encuentran pastando. Los síntomas de intoxicación son rápidos iniciando con ataxia, temblores musculares, con movimientos de masticación y expulsión de espuma de la boca. Marcada hiperestesia a los ruidos, manifestando muchas veces ceguera dando lugar a inseguridad de movimientos que lo hacen retroceder en cualquier momento. También se

presenta dilatación pupilar, opistótomos y temblor muscular persistente en periodos de convulsiones clónicas y tónicas en forma intermitente sucediendo la muerte en una de estas convulsiones por insuficiencia respiratoria. <sup>(6)</sup>

### **3.6.8 RIESGOS DE CONSUMO DE PLOMO**

No es aconsejable usar el agua que lo contenga aun en las más pequeñas cantidades. Su presencia se debe generalmente a la contaminación ambiental o por el uso de las cañerías de plomo.

Los síntomas que produce son anorexia, adelgazamiento progresivo, depresión, debilidad muscular, postración y constipación. Los animales vagan, rechinan los dientes, sufren cólicos y convulsiones. <sup>(2)</sup>

La FAO establece una concentración de 0.1 mg/L de Plomo para aguas destinadas a la bebida del ganado.

Según la Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO 13.17.01:08) presenta la siguiente tabla de valores para sustancias químicas de tipo inorgánico de alto riesgo para la salud. <sup>(21)</sup>

Como parámetro de estudio se tomarán en cuenta los valores citados por la Norma Salvadoreña Obligatoria para el agua para determinar el límite máximo permisible para ambos metales en estudio, ya que son parámetros bajo los cuales las reacciones adversas aún no aparecen en los bovinos y hasta cierto punto son tratables.

A medida se superan estos límites existe el riesgo de intoxicación de plomo y arsénico en los bovinos, posiblemente provocada por el agua que estos consumen y por tanto dichos metales pueden encontrarse en la leche que este ganado produce.

**Cuadro N° 3.** Valores para sustancias químicas de tipo inorgánico de alto riesgo para la salud <sup>(21)</sup>

PARAMETRO	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (mg/ L)
Arsénico	0.01
Plomo	0.01

### 3.6.8 PLOMO Y AGUA

Sus fuentes naturales son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de plomo y las emanaciones volcánicas.

La galena es la principal fuente de producción de plomo y se encuentra generalmente asociada con diversos minerales zinc y en pequeñas cantidades con el cobre, cadmio, hierro, etc. <sup>(13)</sup>

Sin embargo, el plomo también se encuentra presente en los desagües domésticos, que al descargar en los cursos naturales de agua o en las aguas marinas, modifica substancialmente la reproducción de invertebrados marinos y cambios neurológicos y de la sangre en los peces. Todos estos factores llevan al impacto en el equilibrio del ecosistema en el largo plazo por la presencia contaminante del plomo. <sup>(13)</sup>

### 3.6.9 PLOMO EN LECHE CRUDA DE VACA

La recomendación toxicológica que establece el Codex Alimentarius STAN 193-1995 sobre la ingesta semanal tolerable provisional de plomo para los seres humanos es de 0.025 miligramos por kilogramo de peso corporal. Además indica que el valor numérico del nivel máximo permisible de plomo en leche es de 0.02 miligramos por kilogramo como se muestra en el siguiente cuadro: <sup>(10)</sup>

**Cuadro N° 4:** Niveles máximos y niveles de referencia para plomo en los alimentos según Codex Alimentarius. <sup>(10)</sup>

Producto Código	Nombre	Nivel mg/kg	Tipo	Notas/Observaciones para el Codex Alimentarius
LM 0106	Leches	0.02	NM	Debe aplicarse a un factor de concentración a la leche parcial o totalmente deshidratada.

### 3.7 ARSENICO

El arsénico es un elemento ampliamente distribuido en la corteza terrestre. El arsénico ha sido clasificado químicamente como un metaloide, con propiedades tanto de metal como de elemento no-metálico; sin embargo, se le refiere frecuentemente como un metal. El arsénico elemental (llamado también arsénico metálico) es un material sólido de color gris acero. Sin embargo, en el ambiente el arsénico generalmente se encuentra combinado con otros elementos como por ejemplo oxígeno, cloro y azufre. El arsénico combinado con estos elementos se conoce como arsénico inorgánico. El arsénico combinado con carbono e hidrógeno se conoce como arsénico orgánico. <sup>(1)</sup>

La mayoría de los compuestos inorgánicos y orgánicos de arsénico son polvos de color blanco que no se evaporan. No tienen olor y la mayoría no tiene ningún sabor especial. Por esta razón, generalmente no se puede saber si están presentes en los alimentos, el agua o el aire. El arsénico inorgánico se encuentra naturalmente en el suelo y en muchos tipos de rocas, especialmente en minerales que contienen cobre o plomo. Cuando estos minerales se calientan en hornos, la mayor parte del arsénico se elimina a través de la chimenea en forma de un polvo fino que entra a la atmósfera. Las fundiciones pueden recuperar este polvo y remover el arsénico en la forma de un compuesto llamado trióxido de arsénico ( $As_2O_3$ )<sup>(1)</sup>

El arsénico se encuentra naturalmente en el suelo y en minerales y por lo tanto puede entrar al aire, al agua y al suelo en polvo que levanta el viento. También puede entrar al agua en agua de escorrentía o en agua que se filtra a través del suelo. Las erupciones volcánicas constituyen otra fuente de arsénico. El arsénico está asociado con minerales que se minan para extraer metales, como por ejemplo cobre y plomo, y puede entrar al ambiente cuando se extraen o funden estos minerales. También se pueden liberar a la atmósfera cantidades pequeñas. La concentración de arsénico en el suelo varía ampliamente, en general entre aproximadamente 1 y 40 partes de arsénico por millón de partes de suelo (ppm) con un promedio de 3 a 4 ppm. Sin embargo, los suelos cerca de depósitos geológicos ricos en arsénico, cerca de algunas minas y fundiciones, o en áreas agrícolas donde se usaron plaguicidas con arsénico en el pasado, pueden tener niveles de arsénico mucho más altos. Generalmente, la concentración de arsénico en agua de superficie o subterránea es aproximadamente 1 parte de arsénico por billón de partes de agua (1 ppb), pero puede exceder 1,000 ppb en áreas de minería o donde los niveles de arsénico en el suelo son naturalmente elevados. Generalmente, el agua subterránea contiene niveles de arsénico más altos que el agua de superficie. Normalmente, cantidades pequeñas de arsénico entran al cuerpo en el aire, el agua que bebe y los alimentos. De estas fuentes, los alimentos son la fuente principal de arsénico. <sup>(1)</sup>

### 3.7.1 CLASES DE ARSÉNICO

Las valencias más comunes son:

1. As(0) (arsénico metaloide, estado de oxidación 0),
2. As(III) (trivalente, estado de oxidación +3, como en los arsenitos),
3. As(V) (pentavalente, estado de oxidación +5, como en los arseniatos),
4. Gas Arsina (estado de oxidación -3). <sup>(1)</sup>

La toxicidad relativa de los compuestos de arsénico depende principalmente

- De su forma, ya sea orgánica o inorgánica.
- De su valencia,
- De su solubilidad,
- De su estado físico y pureza, y
- De sus tasas de absorción y de eliminación. <sup>(1)</sup>

La toxicidad de los compuestos de arsénico puede variar considerablemente. De manera general, podemos ubicar a los compuestos de arsénico, de mayor a menor toxicidad, de la siguiente forma:

- Compuestos inorgánicos trivalentes,
- Compuestos orgánicos trivalentes,
- Compuestos inorgánicos pentavalentes,
- Compuestos orgánicos pentavalentes y
- Arsénico elemental. <sup>(1)</sup>

En general, el arsénico inorgánico es más tóxico que el orgánico. Por otra parte, las formas de arsénico que se absorben más rápidamente, son más tóxicas, y las que se eliminan con facilidad tienden a ser menos tóxicas. Los arsenitos y los arseniatos son altamente solubles en agua. <sup>(1)</sup>

Aunque los compuestos orgánicos de arsénico se consideran menos tóxicos que los inorgánicos, algunos derivados del arsénico que contienen grupos metilo o fenilo, muy usados en agricultura, causan preocupación por los efectos sobre la salud de animales de experimentación. Entre estos compuestos se encuentran el ácido monometilarsónico (MMA) y sus sales, así como el ácido dimetilarsínico (DMA) y sus sales, y el Roxarsone (ácido 4-hidroxi-3 nitrobencenoarsónico). <sup>(1)</sup>

Por otra parte, la arsenobetaina y la arsenocolina son las formas orgánicas del "arsénico de los peces" y son relativamente no tóxicas para los humanos.

El gas arsina es el compuesto de arsénico más tóxico (exposición aguda). <sup>(1)</sup>

### **3.7.2 COMO ENTRA Y SALE DEL CUERPO EL ARSENICO**

Cuando se bebe el arsénico en agua, tierra o alimentos, la mayor parte del arsénico puede pasar rápidamente a la corriente sanguínea. La cantidad que pasa a la sangre dependerá de la cantidad y del tipo de arsénico que se consume. Si la piel entra en contacto con suelo o agua contaminada con arsénico, solamente una pequeña cantidad entrará al cuerpo a través de la piel, por eso, este tipo de exposición no es muy importante. <sup>(1)</sup>

Tanto la forma inorgánica como la forma orgánica de arsénico abandonan el cuerpo en la orina. La mayoría del arsénico abandona el cuerpo en unos días, pero una cantidad permanecerá en el cuerpo durante meses o más tiempo con lo cual se forman enfermedades de tipo crónico. Si se expone al arsénico orgánico, la mayor parte abandonará el cuerpo en unos días. Tal vez el efecto más característico de la exposición oral prolongada a arsénico inorgánico es un cuadro de alteraciones de la piel. Estas incluyen un oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en la palma de las manos, la planta de los pies y el torso, a menudo asociados con alteraciones en los vasos sanguíneos de la piel. También se puede desarrollar cáncer de la piel.

<sup>(1)</sup>

Se ha observado que tragar arsénico aumenta el riesgo de desarrollar cáncer del hígado, la vejiga y los pulmones. El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) y la EPA han determinado que el arsénico inorgánico es reconocido como sustancia carcinogénica en seres humanos. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que el arsénico inorgánico es carcinogénico en seres humanos <sup>(1)</sup>

Al respirar niveles altos de arsénico inorgánico probablemente se sufrirá de dolor de garganta e irritación de los pulmones. También puede desarrollar algunos de los efectos de la piel descritos anteriormente. La exposición más prolongada a niveles más bajos puede producir efectos de la piel y también desórdenes circulatorios y de los nervios periféricos. <sup>(1)</sup>

Si la piel entra en contacto directo con compuestos inorgánicos de arsénico, la piel puede sufrir irritación, enrojecimiento e hinchazón. Sin embargo, parece improbable que el contacto con la piel produzca efectos internos graves.

Casi no hay ninguna información acerca de los efectos de los compuestos orgánicos de arsénico en seres humanos. Los estudios en animales indican que la mayoría de los compuestos orgánicos de arsénico simples (por ejemplo, los compuestos de metilo y dimetilo) son menos tóxicos que las formas inorgánicas. En animales, la ingestión de compuestos de metilo puede producir diarrea, y la exposición de por vida puede dañar los riñones. <sup>(1)</sup>

### **3.7.3 RIESGO DE CONSUMO DE ARSENICO**

Aún en concentraciones pequeñas puede acumularse en el organismo y producir intoxicación crónica.

Sus síntomas son animales deprimidos, sin apetito, débiles y torpes, con temblores, convulsiones, diarreas y gastroenteritis hemorrágica. <sup>(1)</sup>

Produce problemas de constipación crónica, aunque pequeñas concentraciones le confieren al agua sabor desagradable lo que limita el consumo por parte de los animales. Los más susceptibles son los más jóvenes. La máxima concentración soportable por el vacuno, según distintos autores se estima de 0,15 a 0,30 mg/L, pero aún con estas concentraciones se pueden producir intoxicaciones crónicas. <sup>(1)</sup>

Se establece una concentración de Arsénico de 0.2 mg/L para aguas destinadas a la Bebida de animales, este valor lo establece la FAO la cual tiene un amplio margen de seguridad, se basa en concentraciones generalmente encontradas en aguas subterráneas y superficiales aptas para el consumo animal y no representan necesariamente los niveles de tolerancia de los animales. Dado que los niveles sin peligro dependen de muchos factores, entre los cuales se encuentra el consumo diario de agua por el animal y el peso del mismo. <sup>(1)</sup>

### **3.7.4 TRANSPORTE DE ARSENICO EN LAS AGUAS.**

La condición para que exista una alta concentración de arsénico en las aguas subterránea es que este no se haya perdido por transferencia (flujo) o dilución, lo que confiere una dimensión temporal al problema, que en definitiva dependerá del régimen hidrogeológico y paleohidrogeológico del acuífero. El tiempo que tarda el arsénico en aguas subterráneas en perderse por flujo depende de varios factores, siendo un factor crítico el tiempo de residencia del agua en el acuífero: a menor tiempo de residencia, mayor tasa de renovación, y por tanto mayor tasa de pérdida de arsénico por flujo. La consecuencia directa es que, en general, en acuíferos profundos y “antiguos” será mucho más difícil encontrar altas concentraciones de arsénico, requiriéndose en estos casos flujos muy lentos. <sup>(23)</sup>

Desde el punto de vista geoquímico, el transporte de arsénico en el agua está condicionado por la adsorción, ya que esta produce un retardo en el transporte del arsénico en comparación con el propio flujo del agua.

El arsénico es extremadamente tóxico por bioacumulación. Exposiciones prolongadas durante mucho tiempo son extremadamente nocivas para la salud humana: diversos tipos de cáncer, patologías cardiovasculares, diabetes, anemia, y alteraciones en las funciones reproductoras, inmunológicas, neurológicas y del desarrollo. <sup>(23)</sup>

El arsénico se halla en las aguas naturales como especie disuelta, la cual se presenta por lo común como oxianiones con arsénico en dos estados de oxidación, arsénico trivalente, arsenito, [As (III)] y arsénico pentavalente, arsenato, [As (V)]. El estado de oxidación del arsénico, y por tanto su movilidad, están controlados fundamentalmente por las condiciones redox (potencial redox, Eh) y el pH. <sup>(23)</sup>

El fenómeno de la existencia de contenidos altos de arsénico de origen natural en las aguas está controlado por tres factores: la fuente primaria de arsénico (geosfera y atmósfera), los procesos de movilización/retención de arsénico en la interacción entre la fase sólida y la fase líquida, y el transporte de arsénico como especie acuosa en el seno del agua. <sup>(23)</sup>

### **3.7.5 ARSENICO EN LECHE CRUDA DE VACA**

El arsénico tiene establecido un valor de potencia carcinogénica de 1.5 (mg/kg)/día; los riesgos son el cáncer de pulmón, de la piel y del hígado. Estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud en la ciudad de León (México) sobre la contaminación de la leche de bovinos con metales pesados, han comprobado que bovinos que pastorean e ingieren agua de las orillas de ríos contaminados con desechos mineros, fumigaciones aéreas y aguas negras con metales pesados como arsénico, plomo, cadmio, mercurio y zinc (bioacumulables), presentan trazas de estos elementos en la leche. Además, se ha encontrado que una parte de estos elementos se encuentran unidos a compuestos orgánicos, principalmente en las proteínas, mientras que, otros se asocian a una baja porción de grasa. <sup>(10)</sup>

La Legislación de MERCOSUR (Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay) establece el límite máximo permisible de arsénico presente en leche de vaca cruda de 0.05 miligramo. <sup>(3)</sup>

### **3.8 DETERMINACION DE PLOMO Y ARSENICO EN LECHE Y AGUA POR EL METODO DE ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA POR HORNO DE GRAFITO Y GENERADOR DE HIDRURO**

#### **3.8.1 FUNDAMENTO DEL MÉTODO (HORNO DE GRAFITO)**

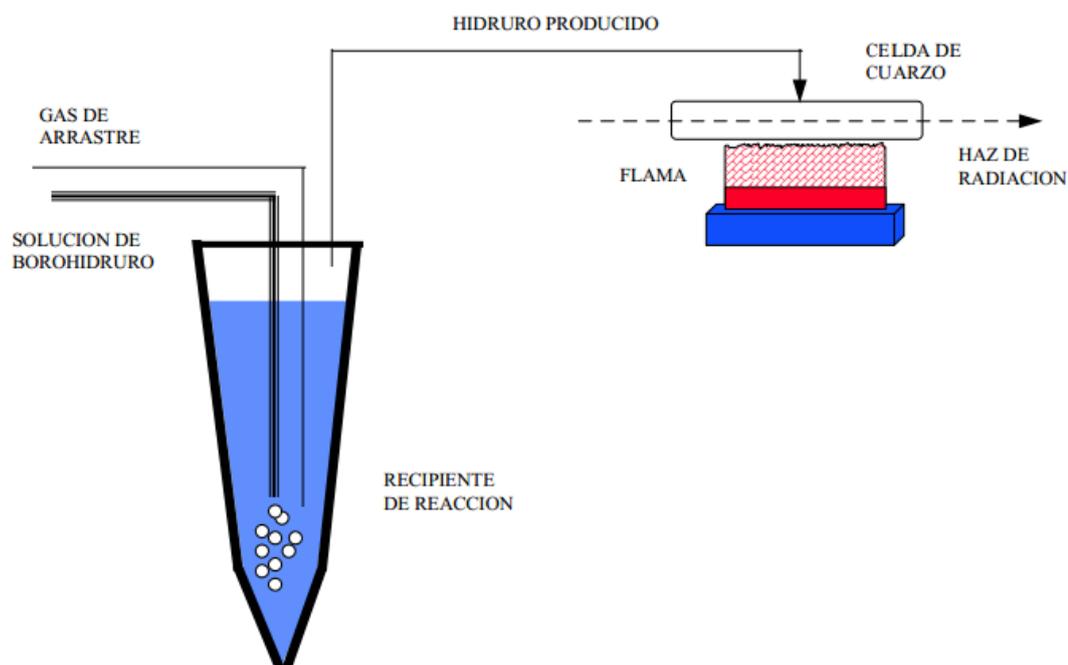
La espectroscopia de absorción atómica se basa en el mismo principio de atomización directa a la llama, con la diferencia de que en este caso se emplea un atomizador calentado eléctricamente o un horno de grafito en lugar de una cabeza de quemador estándar. Se introduce un volumen adecuado de muestra en el tubo de muestras de grafito (o cubilete).

Normalmente, la determinación se realiza por calentamiento de la muestra en tres o más etapas. Primero, una corriente de baja intensidad calienta el tubo para secar la muestra. En la segunda etapa, o carbonización, se destruye la materia orgánica y se volatilizan otros componentes de la matriz a una temperatura intermedia. Por último, una corriente de elevada intensidad calienta el tubo hasta la incandescencia y atomiza el elemento cuya concentración se determina en una atmósfera inerte. El vapor atómico elemental resultante absorbe la radiación monocromática de la fuente. Un detector fotoeléctrico mide la intensidad de la radiación transmitida, que es inversamente proporcional a la cantidad de átomos elementales en el trayecto óptico en un intervalo limitado. <sup>(5)</sup>

#### **3.8.2 FUNDAMENTO DEL METODO (GENERADOR DE HIDRURO)**

En forma detallada la generación del o los hidruros de la muestra se lleva a cabo de la manera siguiente: Se tiene un recipiente cónico en el fondo, donde se coloca la muestra a analizar. El fondo cónico tiene la finalidad de producir una agitación más intensa y homogénea, y el volumen de muestra es de 10 a 50 mL, aunque es posible acomodar hasta 100 ml. Con la muestra se agrega ácido clorhídrico 1 M para favorecer las condiciones reductoras y es posible

agregar unas gotas de permanganato de potasio 1 M el cual le da un tinte rosa a la solución de muestra y al ocurrir la reducción completa la solución se decolora por completo, lo cual garantiza la reducción a los hidruros correspondientes. (27)



**Figura Nº 4.** Descripción del sistema de generación de hidruros y detección en una celda calentada por flama. (27)

El vaso cónico dispone de dos entradas y una salida. Una entrada es para inyectar una solución de borohidruro de sodio que es el agente reductor, y la otra entrada es para inyectar continuamente un gas inerte, que generalmente es argón o nitrógeno y que tiene la doble finalidad de agitar y mezclar la solución de muestra al mismo tiempo que es el gas de acarreo que conduce los hidruros generados hasta la celda de cuarzo donde ocurre la atomización. Por el conducto salida escapa el vapor de hidruros generado y es conducido hasta una celda de cuarzo la cual se encuentra a una temperatura no menor

de 1200°C donde el hidruro es descompuesto a hidrogeno y el elemento correspondiente en forma de una nube de átomos. (27)

El calentamiento de la celda de cuarzo puede ser por medio de corriente eléctrica, pero generalmente la fuente de calor es la flama misma, sobre la cual está montada la celda de cuarzo. A través de esta celda pasa el haz de radiación de la lámpara y se tiene la señal cuando se presenta el vapor de átomos. Esta señal, al igual que en el horno de grafito es registrada como altura de pico o área de pico. (27)

La rutina en el análisis es aproximadamente como sigue: se coloca la muestra en el recipiente cónico con el ácido. Inicialmente se inyecta gas de arrastre para homogeneizar y mezclar la solución y después de un cierto tiempo se inyecta la solución de borohidruro de sodio la cual se hace llegar hasta la celda de cuarzo que está colocada sobre la flama encendida. La señal es captada a través de un registrador o algún otro aditamento que tenga la capacidad de procesar la señal generada. Se efectúa lo mismo en blanco estándares y muestras para obtener una curva de calibración. (27)

Este tipo de espectroscopia de absorción atómica tiene grandes ventajas, sin embargo, esta técnica de generación de hidruros solo puede aplicarse a elementos que forman hidruros volátiles en condiciones normales (arsénico, bismuto, selenio, telurio y estaño) o que con un apropiado agente reductor liberan el metal, el cual es volátil a temperatura ambiente, como es el caso del mercurio. (27)

La técnica de Generación de Hidruros (GH) da excelentes resultados en lo referente a sensibilidad, ya que esta es cinco o diez veces mayor que la que se obtiene en HG, para los elementos anteriormente mencionados. Este mayor límite de detección se debe a que el vapor metálico es producido en un volumen relativamente grande de muestra (de 20 hasta 50 mililitros), por lo que se obtiene una señal momentánea pero muy intensa. (27)

Otra de las grandes ventajas y atractivos de la técnica de GH, es que: a diferencia de la técnica de horno de grafito es posible aislar completamente el elemento o el hidruro del elemento de las sustancias que acompañan a la muestra. Esto tiene como consecuencia que prácticamente no se tengan interferencias por efectos de matriz, lo cual es muy frecuente (y muy problemático) en HG. <sup>(27)</sup>

**Cuadro Nº 5.** Comparación en los límites de detección entre las técnicas de Horno de Grafito (HG) y Generación de Hidruros (GH). Las concentraciones son en ppb o  $\mu\text{g/L}$ . Volumen de muestra HG=100  $\mu\text{L}$ ; GH=50 mL. <sup>(27)</sup>

<b>Elemento</b>	<b>Horno de grafito</b>	<b>Generador de hidruro</b>
As	0.20	0.01

**CAPITULO IV**  
**DISEÑO METODOLOGICO**

## 4.0 DISEÑO METODOLOGICO

### 4.1 TIPO DE ESTUDIO

**Transversal:** Se realizó la toma de muestra en un periodo de tiempo determinado, que comprendió los meses de Septiembre y Noviembre del año 2014.

**Experimental:** Se realizaron los análisis para determinación de Plomo y Arsénico tanto en leche cruda como en agua para consumo animal en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

**Prospectivo:** Los resultados obtenidos en esta investigación en cuanto a la determinación de Plomo y Arsénico en leche cruda y agua para consumo animal servirán como precedente para próximos estudios.

### 4.2 INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA

La información recopilada para la investigación se obtuvo de los siguientes lugares:

- Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador
- Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.
- Biblioteca Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Internet.

### **4.3 INVESTIGACION DE CAMPO**

La Dirección General de Economía Agropecuaria detalla de manera estadística los lugares donde se encuentran los hatos bovinos de mayor producción de leche en el país, además evaluando la accesibilidad y los recursos con los que disponíamos se gestionó junto con la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador y se visitaron diferentes ganaderías de la zona de Sonsonate y la Libertad para evaluar la disponibilidad de estas para realizar la investigación. De las cuales nos autorizaron la toma de muestras las siguientes Haciendas: Las Palmitas, Velesa y San Ramón ubicadas en el Departamento de Sonsonate; y El Conacaste del Departamento de La Libertad.

#### **4.3.1 Universo**

El universo en estudio estuvo constituido por leche cruda de vaca y agua de abrevaderos provenientes de la Hacienda Las Palmitas, Hacienda Velesa y Hacienda San Ramón ubicadas en el Departamento de Sonsonate; y Hacienda El Conacaste del Departamento de La Libertad.

#### **4.3.2 Muestra**

Se recolectaron en cada ganadería dos muestras de leche cruda y dos muestras de agua para consumo animal de cuatro ganaderías del país, estas fueron: Las Palmitas, Velesa y San Ramón ubicadas en el Departamento de Sonsonate; y El Conacaste del Departamento de La Libertad, teniendo un total de cuatro muestras por cada ganadería establecida (ver cuadro N°6), en los meses de septiembre y noviembre de 2014, analizando posteriormente el contenido de Plomo y de Arsénico por Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito y Generador de Hidruros respectivamente con repeticiones por triplicado cada una, debido a que el equipo trabaja con una desviación estándar relativa (RSD) del cinco por ciento, se le programó para

realizar un máximo de tres lecturas y reportar como mínimo dos lecturas, es decir, el equipo realiza tres lecturas y calcula la desviación, dependiendo de los valores cuantificados de las tres lecturas realizadas calcula la desviación estándar y como en nuestro caso el RSD fue menor a un 5% el equipo reportó sólo dos lecturas para cada muestra analizada, es por esto que en los resultados solo se reportan dos lecturas.

**Cuadro N° 6.** Detalle de muestras de leche cruda a recolectar por ganadería.

<b>Ganaderías</b>	<b>Muestras</b>	<b>N° de muestras</b>
Hacienda Velesa (HV)	Leche	2
	Agua	2
Hacienda Las Palmitas (LP)	Leche	2
	Agua	2
Hacienda San Ramón (SR)	Leche	2
	Agua	2
Hacienda El Conacaste (EC)	Leche	2
	Agua	2

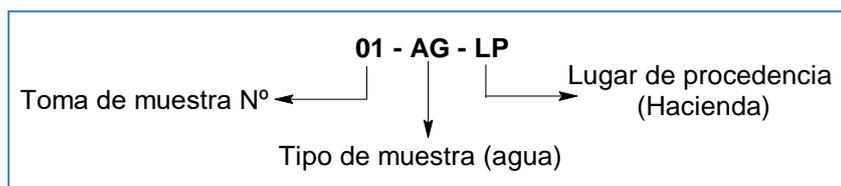
#### 4.4 PARTE EXPERIMENTAL

A continuación en el cuadro N° 7 se explican las abreviaturas utilizadas para la correcta identificación de las haciendas a la cual pertenece cada muestra tomada.

**Cuadro N° 7.** Abreviaturas de haciendas visitadas para toma de muestras

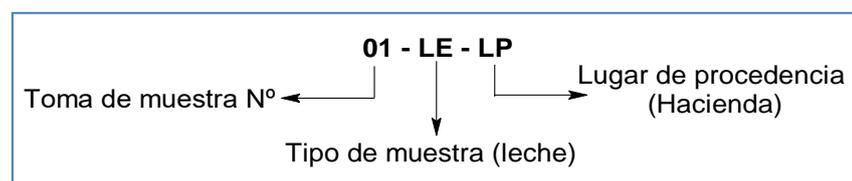
<b>Abreviatura de Hacienda</b>	<b>Nombre de Hacienda</b>
HV	Hacienda Velesa
LP	Las Palmitas
SR	San Ramón
EC	El Conacaste

Para las muestras se utilizó un sistema de codificación para facilitar la identificación de las muestras; en la figura 5 explica el código alfanumérico utilizado.



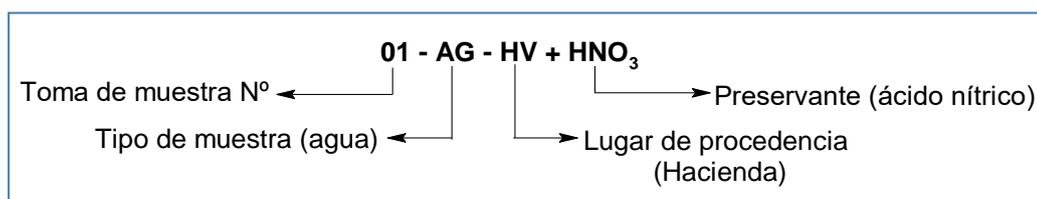
**Figura N° 5.** Código alfanumérico para identificación de muestras de agua de consumo animal para cuantificación de Arsénico.

Para las muestras de leche cruda, también se utilizó un sistema de codificación para facilitar la identificación de las muestras; en la figura 6 explica el código alfanumérico utilizado. Y en la página 54 en el cuadro N° 7 se explican las abreviaturas utilizadas para cada hacienda visitada.



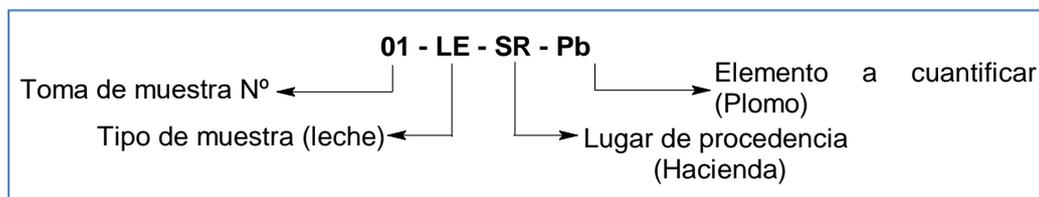
**Figura N° 6.** Código alfanumérico para identificación de muestras de leche cruda.

Para las muestras de agua de consumo animal para cuantificación de Plomo se utilizó un sistema de codificación para facilitar la identificación de las muestras; en la figura 7 explica el código alfanumérico utilizado distinto a las muestras para Arsénico, debido a que se agregó un reactivo para preservar las muestras.



**Figura N° 7.** Código alfanumérico para identificación de muestras de agua para cuantificación de Plomo.

También para las muestras de leche cruda se generó un código alfanumérico distinto a los otros debido a que esta leche cruda se le dio un tratamiento distinto en el laboratorio, también para evitar errores al momento de la obtención de resultados; en la figura N° 8 se explica el código



**Figura N° 8:** Código alfanumérico para identificación de muestras de leche cruda para cuantificación de Plomo.

#### 4.4.1 RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE LECHE CRUDA

Para los análisis de Plomo y Arsénico en leche cruda se recolectó 500 mL de muestra debido a que en el pre-tratamiento de la muestra y en los posteriores análisis es pequeña la cantidad que se requiere.

##### **Procedimiento de toma de muestra de leche cruda:**

1. Las muestras fueron recolectadas directamente de los tanques de almacenamiento que tienen en las haciendas (ver anexo N°7, figuras 1 y 2).
2. Antes de tomar la muestra, se procedió a verificar que el agitador mecánico del tanque estuviera encendido y se observó que mientras los tanques contienen la leche cruda almacenada el agitador mecánico está siempre encendido.
3. En la parte inferior del tanque de almacenamiento hay una válvula de salida de la leche, por la cual se procedió a la toma de leche cruda en un frasco de polietileno con capacidad para 500 mL, hermético y totalmente limpio.
4. Se procedió a identificar el frasco con la muestra.

5. Se colocó la muestra en una hielera a una temperatura controlada con un termómetro aproximadamente de 4 °C.
6. Luego las muestras fueron transportadas al Laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador para su posterior análisis. <sup>(4)</sup>

#### 4.4.1.1 Preservación de la muestra de leche cruda

En el cuadro N° 8 se presenta el material del recipiente para la recolección de la muestra y la forma en que se preservan:

**Cuadro N°8:** Recipientes para toma de muestra y preservación de muestras de leche. <sup>(4)</sup>

Parámetros	Tipo de recipientes	Capacidad del recipiente	Método de preservación	Tiempo de almacenamiento o recomendado / obligado	Volumen de muestra (mL)
Arsénico	Polietileno (A)	500 mL	Enfriar a 4° C	12 horas	500
Plomo	Polietileno (A)	500 mL	Enfriar a 4° C	12 horas	500

#### 4.4.1.2 Preparación de las muestras de leche

Llevar las muestras a una temperatura aproximada de 20 °C, mezclar para homogenizar vertiendo en un recipiente limpio y de forma repetida. Pesar 5.0 g de muestra para el ensayo. <sup>(4)</sup>

#### 4.4.1.3 Pre-tratamiento de la muestra de leche cruda

##### Secado e Incineración (Cenizas)

1. Colocar 5.0 g de muestra de leche cruda en un crisol y luego añadir 2.0 mL de Ácido Sulfúrico.
2. Calentar suavemente en un hot plate aproximadamente a 120 °C, los componentes que son volatilizados a bajas temperaturas se eliminan, continuar calentando la muestra hasta que se produce la carbonización. (En este momento, si se produce un intenso burbujeo en la muestra, agregar 0.5 mL de ácido Nítrico.)
3. Colocar en Mufla y realizar la calcinación durante un período de dos horas a 500 °C.
4. Si la incineración es incompleta, humedecer la muestra con 2.0 mL de Ácido Nítrico (1:1).
5. Colocar en hot plate hasta sequedad, después del secado continuar la incineración.
6. Agregar 4.0 mL de agua bidestilada a la ceniza y después llevar a sequedad.
7. Agregar 5.0 mL de Ácido Clorhídrico para disolver las sales. Usar agua bidestilada para preparar volumen de 100 mL de la solución. (ver anexo N° 8) <sup>(4)</sup>

#### 4.4.2 RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE CONSUMO ANIMAL

Para el análisis físico químico se requieren dos recipientes con capacidad de 1L cada uno, debido a que los métodos de preservación de las muestras de agua para determinación de Plomo y Arsénico son distintos. <sup>(21)</sup>

En las haciendas muestreadas el agua la extraen de pozos, ríos y vertientes con un sistema de bombeo, el agua es transportada por tuberías que van

directo al abrevadero por lo cual la toma de muestra se realizó como se detalla en el procedimiento.

**Procedimiento de toma de muestra de agua de consumo animal:**

1. Se enjuagó tres veces con el agua del abrevadero el frasco de polietileno con capacidad de un litro, hermético y totalmente limpio, antes de la toma de muestra de agua.
2. Se llena el envase completamente y se preserva con 2.0 mL de Acido Nítrico concentrado para el caso del Plomo, y para Arsénico solo se guarda en hielera a temperatura controlada.
3. La muestra recolectada se tapa e identifica debidamente.
4. Se colocó en una hielera a temperatura controlada de aproximadamente 4 °C (ver anexo N°9, figuras 3 y 4).
5. Luego las muestras de agua fueron transportadas al Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

**4.4.2.1 Preservación de la muestra de agua de consumo animal**

Las muestras fueron preservadas según lo recomendado por la Norma Salvadoreña Obligatorio para agua potable NSO 13.07.01:08. <sup>(21)</sup>

En el cuadro N° 9 se presenta el material del recipiente para la recolección de la muestra y la forma en que se preservan.

**Cuadro N° 9.** Recipientes para toma de muestra y preservación de muestras de agua. <sup>(21)</sup>

Parámetros	Tipo de recipientes	Capacidad de recipiente	Método de preservación	Tiempo de almacenamiento recomendado / obligado	Volumen mínimo de muestra (mL)
Arsénico	Polietileno (A) – Vidrio (A)	1000 mL	Enfriar a 4° C	6 meses	1000
Plomo	Polietileno (A) – Vidrio (A)	1000 mL	2 mL Conc. HNO <sub>3</sub> /L muestra, pH < 2	6 meses	1000

#### 4.4.2.2 Preparación de las muestras de agua

##### 4.4.2.2.1 Pre-tratamiento de la muestra.

El pre-tratamiento es necesario en el caso de que la muestra contenga una sustancia orgánica la cual pueda interferir en los valores de los análisis o que la muestra contenga el elemento a determinar como un coloide o complejo metálico. <sup>(18)</sup>

##### **Digestión con ácido Clorhídrico** (ver anexo N°10)

1. Agregar 5.0 mL de ácido clorhídrico en 100.0 mL de muestra.
2. Calentar y dejar ebullición durante 10 minutos.
3. Dejar enfriar y filtrar utilizando papel watman N° 42.
4. Llevar a 100.0 mL utilizando agua bidestilada. <sup>(18)</sup>

#### **4.4.3 DETERMINACION DE PLOMO EN LECHE CRUDA Y AGUA PARA CONSUMO ANIMAL POR EL METODO ESPECTROFOTOMETRICO DE ABSORCION ATOMICA POR HORNO DE GRAFITO.** (4, 18)

##### **4.4.3.1 Preparación de la curva estándar de Plomo por el Método de Adición de Estándar y Método Simple de Adición de Estándar**

El Método de Adición de Estándar y Método Simple de Adición de Estándar se utiliza cuando hay interferencia por la matriz en la muestra e influye en el valor medido, se toman iguales volúmenes que la muestra desconocida, se les incorpora concentraciones conocidas de estándares y se procede a la lectura, mediante la curva de calibración obtenida se saca la pendiente y se determina la concentración de la muestra.

##### **Procedimiento:**

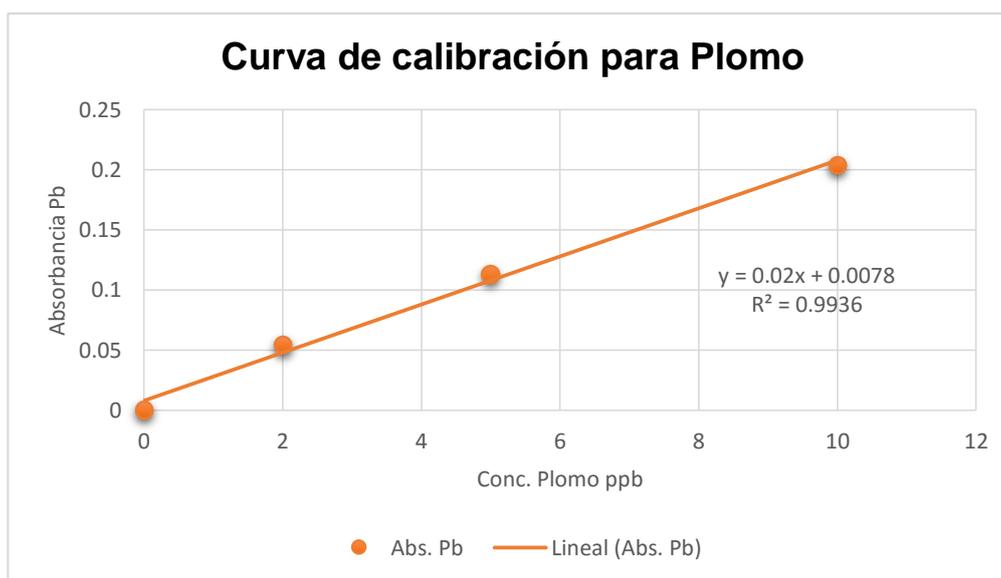
1. Preparar una solución stock de Pb 20 ppb, tomando una alícuota de 2.0 mL de una solución comercial de 1000 ppb Pb.
2. Transferir a un balón volumétrico de 100.0 mL y llevar a volumen de 100.0 mL con agua bidestilada.
3. Tomar de la solución stock de Pb 20 ppb las alícuotas para la curva de estándares con sus concentraciones finales respectivas (ver cálculos en anexo N° 11) de 2, 5, 10 y 20 ppb.
4. Incorporar 15.0 mL de cada solución estándar de Pb (2, 5, 10 y 20 ppb) a cada uno de los frascos identificados respectivamente.
5. Añadir 1.0 mL de ácido nítrico a cada una de las soluciones para que tengan la misma concentración de ácido; llevar al mismo volumen usando agua bidestilada.

### Resultados de la curva estándar de Plomo por el Método de Adición de Estándar y Método Simple de Adición de Estándar

A continuación se presentan las absorbancias obtenidas de los estándares de Plomo por el Espectrofotómetro de Absorción Atómica por Horno de Grafito, así como también la gráfica que nos muestra la curva de calibración generada.

**Cuadro N° 10.** Absorbancias de los estándares de Plomo.

Conc. Pb ppm	Abs. Pb
0	0.0000
2	0.0541
5	0.1132
10	0.2038



**Figura N° 9.** Gráfica de curva de calibración de Plomo

#### 4.4.3.2 Preparación de la muestra de leche cruda y agua de consumo animal

##### Procedimiento:

1. Identificar 4 balones volumétricos de 25.0 mL (A, B, C y D).
2. Agregar 15.0 mL de cada muestra pre-tratada a los 4 balones volumétricos.
3. Agregar 0.25, 0.625 y 1.25 mL de solución estándar (0.2  $\mu\text{g}$  Pb/mL) (ver anexos N°12 y 13) a tres de los balones volumétricos B, C y D respectivamente.
4. Añadir 1.0 mL de ácido nítrico y 1.0 mL de solución de Nitrato de Paladio a cada una de las soluciones (A, B, C y D) para que tengan la misma concentración de ácido; llevar al mismo volumen usando agua bidestilada.

**Cuadro N° 11.** Cuadro resumen de preparación de las muestras de leche cruda y agua de consumo animal (Método de adición estándar)

Balones volumétricos 25.0 mL	Muestra pre-tratada mL	Estándar 0.2 $\mu\text{g}$ Pb/mL mL	Ácido Nítrico mL	Solución de Nitrato de Paladio mL
A	15.0	-----	1.0	1.0
B	15.0	0.25	1.0	1.0
C	15.0	0.625	1.0	1.0
D	15.0	1.25	1.0	1.0

#### 4.4.3.3 Los parámetros introducidos al equipo para la determinación de Plomo son los siguientes: <sup>(29)</sup>

##### Procedimiento de manejo del equipo:

1. Proceder a encender el equipo de absorción atómica con horno de grafito, así también encender el automuestreador y el horno de grafito.

2. Abrir la válvula correspondiente al cilindro de gas argón.
3. Entrar al programa del equipo (Wizard).
4. Seleccionar el elemento a determinar (Pb).
5. Introducir los parámetros de lectura (el equipo automáticamente colocará la secuencia de calentamiento de las temperaturas).
6. Encender la lámpara.
7. Dejar que se estabilice por 15 minutos.
8. Introducir los parámetros de lectura de la curva de calibración (2, 5, 10, 20 ppb).
9. Seleccionar el método de adición de estándar. (ver anexo N° 14)
10. Conectar y enviar los parámetros establecidos hacia el equipo.
11. Digitar en el programa del equipo las posiciones de las muestras en el automuestreador. (En la misma hoja se observa la curva de calibración.)
12. Colocar en el automuestreador el blanco, los estándares, reactivos y muestras según las posiciones correspondientes.
13. Proceder a encender el Horno de Grafito.
14. Mantener el equipo encendido por 10 minutos para que se estabilice.
15. Presionar el botón de start y automáticamente el equipo inicia las lecturas.

**Condiciones de la Medición:**

1. Longitud de onda: 283.3 nm
2. Rango de concentración de la curva de calibración:  
2 a 20 ng/mL
3. Tubo: Tubo de grafito de alta densidad.
4. Volumen de inyección de la muestra: 20  $\mu$ L
5. Corriente de lámpara: 8mA
6. Ancho de rendija: 0.7nm
7. RSD: 5

#### **4.4.4 DETERMINACION DE ARSENICO EN LECHE CRUDA Y AGUA PARA CONSUMO ANIMAL POR EL METODO ESPECTROFOTO - METRICO DE ABSORCION ATOMICA POR GENERACION DE VAPOR HIDRURO.**

##### **4.4.4.1 Preparación de la curva estándar de Arsénico por el Método de Adición de Estándar y Método Simple de Adición de Estándar**

El Método de Adición de Estándar y Método Simple de Adición de Estándar se utiliza cuando hay interferencia por la matriz en la muestra e influye en el valor medido, se toman iguales volúmenes que la muestra desconocida, se les incorpora concentraciones conocidas de estándares y se procede a la lectura, mediante la curva de calibración obtenida se saca la pendiente y se determina la concentración de la muestra.

##### **Procedimiento:**

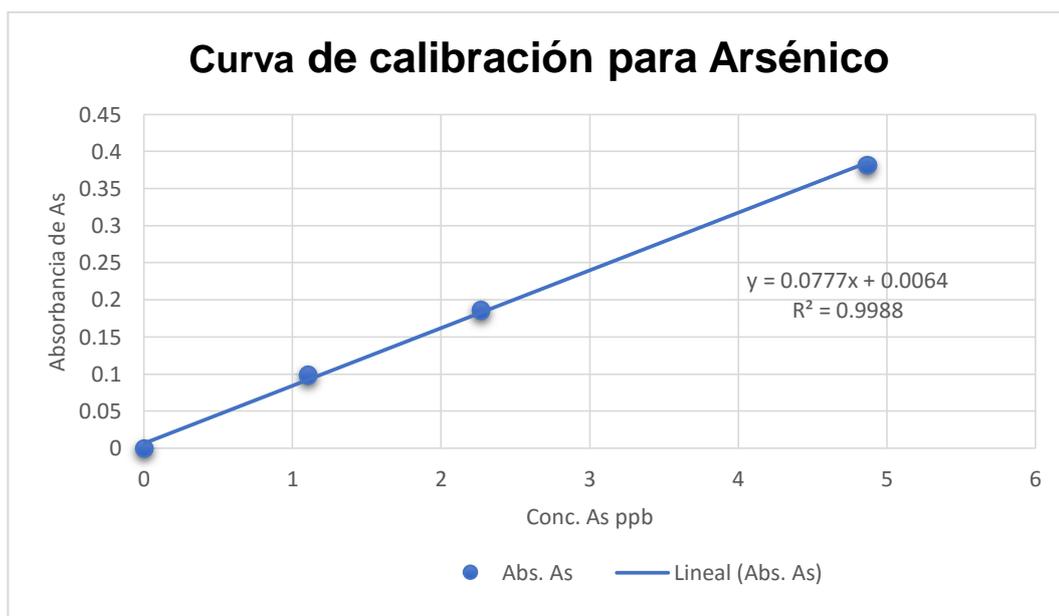
1. Preparar una solución stock de As 20 ppb, tomando una alícuota de 2.0 mL de una solución comercial de 1000 ppb As y transferir a balón volumétrico de 100.0 mL.
2. Llevar a volumen de 100.0 mL con agua bidestilada.
3. Tomar de la solución stock de As 20 ppb las alícuotas para la curva de estándares con sus concentraciones finales respectivas (ver cálculos en anexo N° 15) de 0.5, 1, 2.5 y 5 ppb As.
4. Incorporar 10.0 mL de cada concentración preparada en frascos debidamente identificados (0.5, 1, 2.5 y 5 ppb As).
5. Añadir 4.0 mL de ácido clorhídrico (1:1) y 2.0 mL de solución de Yoduro de Potasio (ver anexo N°13) a cada una de las soluciones preparadas para que tengan la misma concentración de ácido clorhídrico y Yoduro de Potasio.
6. Calentar sin ebulir y dejar enfriar.
7. Llevar a volumen de 50.0 mL con agua bidestilada.

## Resultados de la curva estándar de Arsénico por el Método de Adición de Estándar y Método Simple de Adición de Estándar

A continuación se presentarán las absorbancias obtenidas de los estándares de Arsénico por el Espectrofotómetro de Absorción Atómica por Generador de Vapor de Hidruro, así como también la gráfica que nos muestra la curva de calibración generada.

**Cuadro N° 12.** Absorbancias de los estándares de Arsénico

Conc. As ppb	Abs. As
0.0000	0.0000
1.1066	0.0984
2.2686	0.186
4.8712	0.3822



**Figura N° 10.** Gráfica de curva de calibración de Arsénico

#### 4.4.4.2 Preparación de la muestra de leche cruda de vaca (ver anexo N° 16).

##### **Procedimiento:**

1. Añadir 1.0 mL de ácido clorhídrico (1:1) a 10.0 mL de la muestra pre tratada.
2. Incorporar 2.0 mL de solución de Yoduro de Potasio (ver anexo N°13), luego calentar, sin ebulir.
3. Dejar enfriar, y llevar a volumen de 50.0 mL con agua bidestilada

#### 4.4.4.3 Preparación de la muestra de agua para consumo animal (Ver anexo N°17)

##### **Procedimiento:**

1. Tomar 10.0 mL de la muestra ya tratada y adicionar 1.0 mL de ácido sulfúrico y 2.0 mL de ácido nítrico.
2. Calentar hasta producir vapores blancos debidos al ácido sulfúrico.
3. Dejar enfriar a temperatura ambiente.
4. Adicionar 5.0 mL de ácido clorhídrico (1:1) y 5.0 mL de solución de yoduro de potasio (200 g/L).
5. Hacer un volumen de 50.0 mL con agua bidestilada. Dejar reposar 15 minutos, esta será utilizada para las lecturas.

#### 4.4.4.4 Los parámetros introducidos al equipo para la determinación de Arsénico son los siguientes: <sup>(29)</sup>

##### **Procedimiento de manejo del equipo:**

1. Proceder a encender el equipo de absorción atómica con generador de vapor de hidruros, así también encender el automuestreador y el generador de vapor de hidruros (HVG-1).
2. Abrir la válvula correspondiente al cilindro de gas argón.
3. Entrar al programa del equipo (Wizard).

4. Seleccionar el elemento a determinar (As). (ver anexo N°14)
5. Introducir los parámetros de lectura.
6. Encender la lámpara y la llama.
7. Dejar que se estabilice por 15 minutos.
8. Introducir los parámetros de lectura de la curva de calibración (0.5, 1, 2.5 y 5 ppb).
9. Conectar y enviar los parámetros establecidos hacia el equipo.
10. Digitar en el programa del equipo las posiciones de las muestras en el automuestreador. (En la misma hoja se observa la curva de calibración.)
11. Colocar en el automuestreador el blanco, los estándares, reactivos y muestras según las posiciones correspondientes.
12. Colocar en el HVG-1 el tetrahidrobórato de sodio al 0.5% y el ácido clorhídrico (1:1).
13. Proceder a encender el Generador de Vapor de Hidruros HVG-1.
14. Mantener el equipo encendido por 10 minutos para que se estabilice.
15. Presionar el botón de start y automáticamente el equipo inicia las lecturas.

**Condiciones de la Medición:**

1. Conectar el Generador de Vapor de Hidruros HVG-1 al espectrofotómetro de absorción atómica.
2. Longitud de onda: 193.7 nm
3. Rango de concentración de la curva de calibración: 0.5 a 5.0 ng / mL.
4. Valor de la energía de la lámpara: 14 mA
5. Ancho de rendija: 0.5 nm
6. Modo de lámpara: BGC-D2

**CAPITULO V**  
**RESULTADOS Y DISCUSION**

## 5.0 RESULTADOS Y DISCUSION

La ganadería es uno de los rubros más importantes en el sector agropecuario del país, durante años anteriores, el rubro de ganadería aportó un 17.7% al PIB, equivalente al 2.15% de aporte al PIB nacional, solamente igualado por la producción de granos básicos; si se agregan a la ganadería la agroindustria de carnes y lácteos, se llega a sumar el 3.25% en aporte al PIB nacional lo cual refleja que el consumo per cápita de productos lácteos sobrepasa los 100kg/año, lo que indica un incremento de la demanda de la leche. <sup>(17)</sup>

El consumo de leche cruda de vaca ha venido en aumento como se presenta en el anexo N° 18 desde el año 2008 y según la proyección de consumo para el año 2014 <sup>(17)</sup>

Basado en lo anterior se utilizaron como referencia los datos de la Dirección General de Economía Agropecuaria <sup>(19)</sup> los cuales detallan de una forma estadística donde se encuentra la mayor densidad de hatos bovinos en el país productores de leche (Ver anexo N° 18) más accesibles según los recursos con los que contábamos para investigar; se visitaron en total siete ganaderías donde se les expuso a los dueños de cada una nuestra identidad, el centro de estudios de donde provenimos y los objetivos que perseguíamos en cuanto a la calidad del agua que consumen las vacas y la leche cruda que producen, cada ganadería cumplía con los requisitos de ser intensiva y que tuvieran su propio pozo de abastecimiento de agua para el consumo animal; de esas siete ganaderías cuatro nos dieron acceso para poder realizar la investigación presentada; ubicadas tres de ellas en el departamento de Sonsonate: Haciendas Velesa, Las Palmitas y San Ramón; y la cuarta hacienda ubicada en el departamento de La Libertad: El Conacaste, todas las haciendas en estudio producen y venden una gran cantidad de leche cruda a empresas nacionales procesadoras de lácteos reconocidas y poseen una densidad poblacional de bovinos grande, lo que implica que entre las cuatro ganaderías se puede obtener una muestra representativa de la calidad de leche que se

consume en el país proveniente de la zona de estudio en relación a metales pesados como Plomo y Arsénico.

### **5.1 Cuantificación de Arsénico en Agua de consumo animal.**

El agua de consumo animal es uno de los factores influyentes que pueden contener contaminantes de tipo mineral, y al ser uno de los mayores insumos que consume el ganado, es de suma importancia cuantificar la existencia de Arsénico en estas aguas; utilizando la guía de muestreo que nos proporciona la Norma Salvadoreña Obligatoria para el agua potable NSO13.07.01:08 que se explica en la parte experimental paso a paso, se procedió a tomar muestras de agua directamente de los abrevaderos, donde se ubica el ganado que está a punto de ser ordeñado, ya que es esta el agua que nos interesa para el estudio presentado, debido a que si se reporta alguna contaminación con Arsénico poder tener una posible fuente de la contaminación de la leche cruda producida (Las imágenes pueden verse en el anexo N° 24).

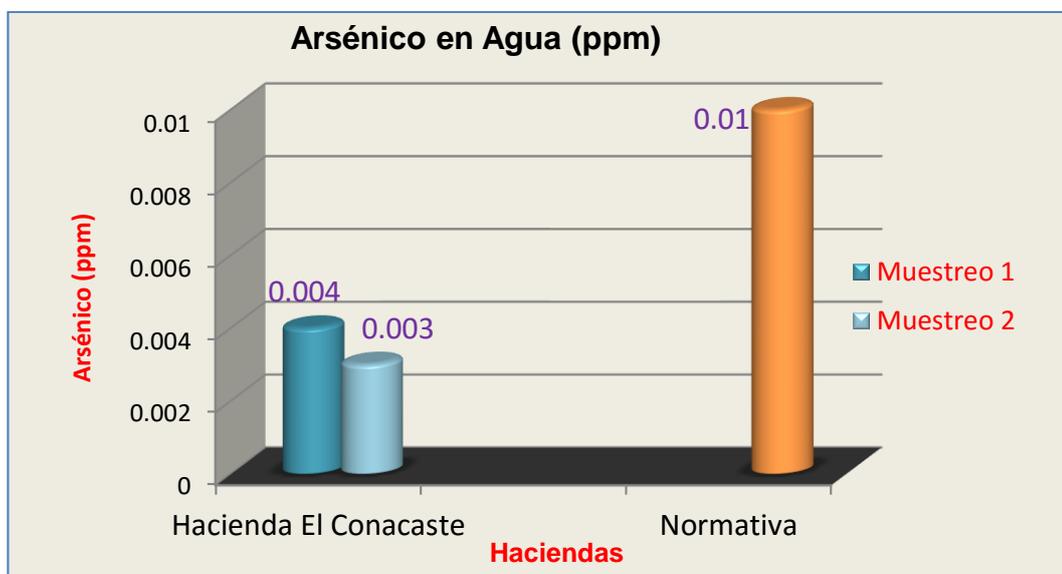
Se tomaron dos muestras de agua por cada hacienda en dos meses distintos, septiembre y noviembre, meses de transición de la época lluviosa a seca, obteniendo los resultados mostrados en la tabla N° 13 y la figura N° 11. Para la obtención de estos resultados se utilizó el generador de hidruros del equipo debido a que el Arsénico es difícil de volatilizar con una llama o un horno de grafito y por eso se utiliza la técnica de generación de vapor formando el hidruro metálico del elemento para que sea fácilmente volatilizado por la llama y cuantificado por el equipo. El esquema de dilución al que fueron sometidas las muestras de agua antes de ser analizadas por el espectrofotómetro de absorción atómica con generador de hidruros, se muestra en el anexo N° 19, y su correspondiente cálculo para obtener el factor de dilución. Se presenta un cuadro con la información más detallada de los resultados para Arsénico en agua de consumo animal en anexo N° 20.

**Cuadro N° 13.** Resultado de Arsénico en Agua de consumo animal.

Código de muestra	Resultados ppm (As)	Promedio ppm (As)	Normativa NSO 13.07.01:08
01-AG-HV	NC	NC	0.01 ppm
	NC		
02-AG-HV	NC	NC	
	NC		
01-AG-LP	NC	NC	
	NC		
02-AG-LP	NC	NC	
	NC		
01-AG-SR	NC	NC	
	NC		
02-AG-SR	NC	NC	
	NC		
01-AG-EC	0.004	0.004	
	0.004		
02-AG-EC	0.003	0.003	
	0.003		

**NC:** No Cuantificable, concentraciones menores a 0.01 ppm.

A continuación se presenta la figura N° 11

**Figura N° 11.** Concentración de Arsénico en agua de consumo animal en ppm

## 5.2 Cuantificación de Arsénico en leche cruda

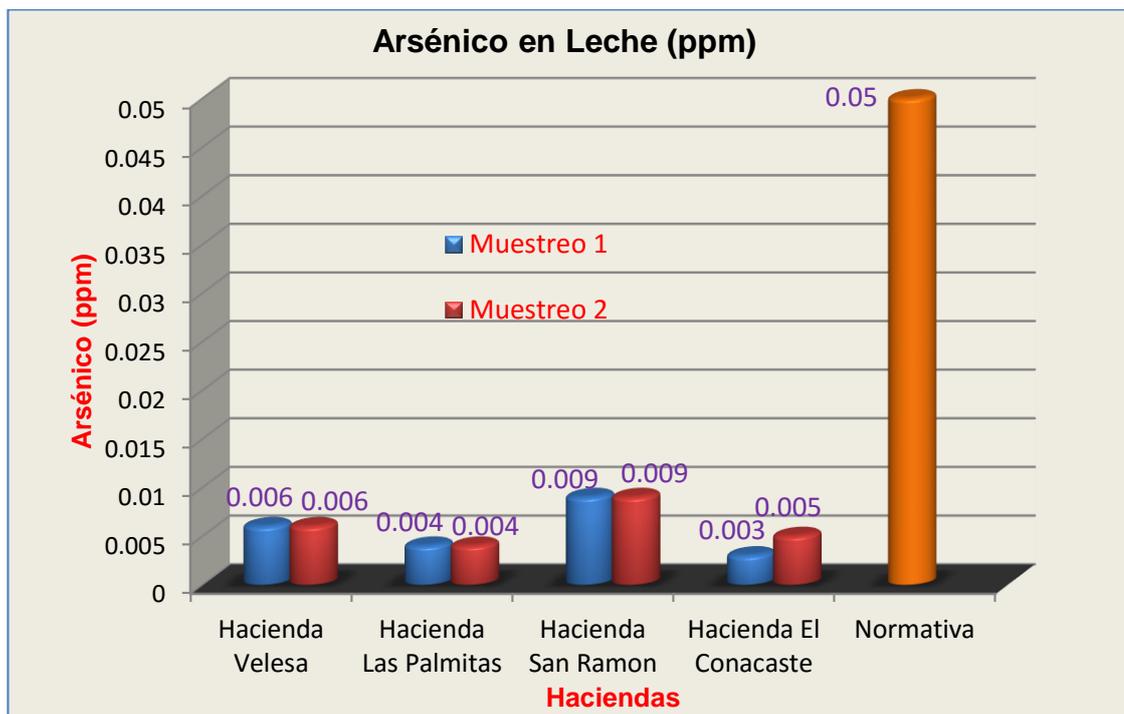
Se evaluó el contenido de Arsénico en 16 muestras de leche cruda de vaca, se tomaron dos muestras pertenecientes a cada hacienda en los meses de septiembre y noviembre, al igual que el agua las muestras fueron analizadas por generador de hidruros, pero antes se realizó a cada muestra una digestión ácido explicada detalladamente en la parte experimental, esto con el fin de eliminar interferencias biológicas de los componentes naturales de la leche la normativa utilizada para comparar los resultados obtenidos de la investigación fue tomada del Codex Alimentarius 193-1995, la cual es referida por la NSO 67.01.01:06 LECHE CRUDA DE VACA ESPECIFICACIONES. En el cuadro 14 se presentan los valores obtenidos de las muestras analizadas.

**Cuadro N° 14.** Resultados de Arsénico en Leche cruda.

Código de muestra	Resultados As ppm	Promedio As ppm	Normativa MERCOSUR
01-LE-HV	0.006	0.006	<b>0.05 ppm</b>
	0.006		
02-LE-HV	0.006	0.006	
	0.006		
01-LE-LP	0.004	0.004	
	0.004		
02-LE-LP	0.004	0.004	
	0.004		
01-LE-SR	0.009	0.009	
	0.009		
02-LE-SR	0.008	0.009	
	0.01		
01-LE-EC	0.003	0.003	
	0.003		
02-LE-EC	0.002	0.005	
	0.007		

Se presenta un cuadro con la información más detallada de los resultados para Arsénico en leche cruda de vaca en anexo N° 21.

A continuación se presenta la figura N° 12



**Figura N° 12.** Concentración de Arsénico en leche cruda en ppm.

Por motivos de facilitar la discusión de los resultados de Arsénico tanto en agua de consumo animal como en leche cruda de vaca se presenta a continuación un cuadro resumen de los resultados obtenidos en las dos tomas de muestras realizadas en las haciendas y tiempo antes descritos en este documento.

**Cuadro N° 15.** Resumen de resultados de Arsénico en agua para bebida animal y leche cruda

AGUA			LECHE		
Código de muestra	Promedio de As ppm	Normativa NSO 13.07.01:08	Código de muestra	Promedio de As ppm	Normativa MERCOSUR
01-AG-HV	NC	<b>0.01ppm</b>	01-LE-HV	0.006	<b>0.05ppm</b>
02-AG-HV	NC		02-LE-HV	0.006	
01-AG-LP	NC		01-LE-LP	0.004	
02-AG-LP	NC		02-LE-LP	0.004	
01-AG-SR	NC		01-LE-SR	<b>0.009</b>	
02-AG-SR	NC		02-LE-SR	<b>0.009</b>	
01-AG-EC	<b>0.004</b>		01-LE-EC	0.003	
02-AG-EC	<b>0.003</b>		02-LE-EC	0.005	

Al principio de la investigación se planteó que las muestras se analizarían por triplicado en el laboratorio, y en efecto se realizó el procedimiento de esa forma para cada muestra tomada, se le introdujeron al equipo los comandos pertinentes para realizar como máximo tres repeticiones de cada muestra y si la desviación entre resultados era despreciable, que presentara un mínimo de dos resultados motivo por el cual se presentan dos resultados por cada toma de muestra realizada.

En cuanto a Arsénico en agua para consumo animal, se puede observar en el cuadro N° 15 que solo en la Hacienda El Conacaste se reportó un nivel cuantificable de Arsénico, 0.004 ppm (partes por millón) de Arsénico en la primer toma de muestra y 0.003 ppm de Arsénico en la segunda toma de muestra, estas cantidades cuantificadas pueden deberse a que cerca del pozo construido se encuentran plantaciones de arroz y caña, el agua contaminada por los fertilizantes se filtra por medio de la tierra hasta llegar al manto acuático del cual se abastece el pozo; esta agua sin tratar también se procesó en el laboratorio y se cuantificó una presencia en el primer muestreo de 0.008 ppm de Arsénico en las aguas del pozo de la hacienda El Conacaste y en una segunda toma de muestra se cuantificó 0.006 ppm de Arsénico, aclarando nuevamente que estos datos son del agua sin tratar, se hace referencia a esta aclaración debido a que en la Hacienda El Conacaste se ha construido una torre de filtración como se puede observar en el anexo N° 24 figura 19, en cada lecho de esta torre se ha colocado arena de río para filtrar el agua puesto que el problema mayor del agua de esta hacienda es la gran cantidad de hierro que posee como se puede apreciar en las imágenes del anexo antes mencionado; aunque no nos guiamos solamente por esto, la torre de filtración se construyó debido a que los mismos dueños de la hacienda observaron estreñimiento en las vacas, lo que les llevó a realizar un análisis exhaustivo al agua de consumo animal obteniendo como resultado niveles que sobrepasaban los establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria y se les sugirió la construcción de dicha torre de filtración, y en un estudio paralelo a este realizado por personal de Química Analítica de la Facultad de Ciencias

Agronómicas de la Universidad de El Salvador la cantidad de hierro cuantificada en el agua sin tratar ascendió a 8 ppm, superior al límite de 2ppm establecido por la NSO 13.07.01:08 y el agua después de ser filtrada registró 4ppm de Hierro con estos datos proporcionados asumimos que la reducción de Arsénico en un 50% no se debe solamente a la torre de filtración, también existe el motivo de que cuando el hierro entra en contacto con el oxígeno del agua se oxida, y el producto formado de esta reacción (hidróxido de hierro) co-precipita el Arsénico y los pequeños flóculos creados, son retenidos en la torre de filtración, logrando así una reducción significativa de Arsénico en las aguas muestreadas de la Hacienda El Conacaste. Aunque en ambos casos cumple con las especificaciones estipuladas por la NSO 13.07.01:08 para agua potable así como las otras haciendas donde no se encontró ninguna cantidad cuantificable de Arsénico.

En cuanto a Arsénico en leche cruda de vaca, se puede observar en el cuadro N°15 la leche cruda proveniente de la Hacienda El Conacaste es una de las que reporta los niveles más bajos de Arsénico en leche cruda y la Hacienda San Ramón reporta los niveles más altos de Arsénico en leche, presentando un promedio de 0.009 ppm de Arsénico en leche cruda. La presencia de Arsénico puede estar relacionada a que se buscaron haciendas con ganadería intensiva, es decir, haciendas donde las vacas se encuentren en condiciones controladas para que de esta forma aumente la producción en el menor periodo de tiempo posible, el promedio de vacas ordeñadas por cada hacienda es de 800 excepto en el caso especial de la Hacienda San Ramón donde se ordeñan 2000 vacas a diario, esto significa mayor industrialización, por ende, mayor riesgo de contaminación, en la Hacienda San Ramón el alimento se le reparte a las vacas por medio de un tornillo sin fin el cual al no ser limpiado correctamente puede guardar trazas de metales provenientes del pasto con el que se alimenta a las vacas o del suelo donde permanecen las vacas, las tuberías para transportar la leche recién ordeñada por las máquinas de ordeño, los tanques de almacenamiento, entre otros factores podrían ser los causantes de la contaminación de la leche cruda de vaca. La leche cruda

de vaca de la Hacienda El Conacaste presenta valores reducidos de Arsénico como puede observarse en el cuadro N°15 debido al tratamiento previo que se le da al agua de bebida y también a que el metabolismo de la vaca funciona como un filtro natural de modo que la cantidad de Arsénico se ve reducida en la leche cruda proveniente de esta hacienda, pero a pesar de encontrar niveles cuantificable de Arsénico en la leche cruda de todas las haciendas ninguna sobrepasa el límite estipulado por la NSO 67.01.01:06 LECHE CRUDA DE VACA ESPECIFICACIONES, dicha norma nos refiere al Codex Alimentarius 193-1995 donde se encuentra el límite máximo de Arsénico en leche cruda que se utilizó en este estudio para comparar los resultados obtenidos que es de 0.05 ppm.

### **5.3 Cuantificación de Plomo en Agua para consumo animal**

Tomando como punto de partida los recientes hechos de contaminación al medio ambiente por Plomo, se incluyó la cuantificación de este metal en agua para consumo animal; se intentó tener acceso a haciendas que estuvieran dentro de la periferia del área afectada por la empresa Baterías de El Salvador (RECORD) en El Sitio del Niño, La Libertad, pero sólo se tuvo acceso a una (Hacienda El Conacaste), y se obtuvieron resultados sorprendentes en cuanto a Plomo en agua de consumo animal, utilizando la guía de muestreo que nos proporciona la Norma Salvadoreña Obligatoria para el agua potable NSO13.07.01:08 que se explica en la parte experimental detalladamente, a el agua para analizar este metal pesado se le agregó 2 mL de ácido nítrico concentrado por litro como preservante para evitar contaminaciones orgánicas que pudieran interferir con los datos obtenidos, las muestras fueron tomadas en los meses de septiembre y noviembre del año 2014 meses de transición de la época lluviosa a seca.

Para la obtención de resultados, a diferencia del Arsénico se utilizó el horno de grafito que posee el equipo de espectrofotometría de absorción atómica, parte de esta técnica con horno de grafito es que se utilizan cantidades

mínimas de muestra por eso en el esquema de dilución presentado en el anexo N°19 se encuentran alícuotas muy pequeñas, es decir, que las diluciones fueron realizadas por el equipo. Los resultados pueden observarse en el anexo N° 22. A continuación se muestran los resultados obtenidos para Plomo en agua para bebida animal:

**Cuadro N° 16.** Plomo en agua para bebida animal.

Código de muestra	Resultados ppm Pb	Promedio ppm Pb	Normativa NSO 13.07.01:08
01-AG-HV+HNO <sub>3</sub>	NC	NC	0.01 ppm
	NC		
02-AG-HV+HNO <sub>3</sub>	NC	NC	
	NC		
01-AG-LP+HNO <sub>3</sub>	NC	NC	
	NC		
02-AG-LP+HNO <sub>3</sub>	NC	NC	
	NC		
01-AG-SR+HNO <sub>3</sub>	NC	NC	
	NC		
02-AG-SR+HNO <sub>3</sub>	NC	NC	
	NC		
01-AG-EC+HNO <sub>3</sub>	NC	NC	
	NC		
02-AG-EC+HNO <sub>3</sub>	NC	NC	
	NC		

**NC:** No Cuantificable, concentraciones menores a 0.001 ppm.

En la página N° 54 se muestra las abreviaturas dadas a cada hacienda visitada para identificar de donde provenían las muestras y así evitar el cruce de datos.

#### 5.4 Cuantificación de Plomo en leche cruda

Se puede observar que los resultados de arsénico y los resultados de Plomo fueron similares para agua de bebida animal y leche cruda

**Cuadro N°17:** Resultados de Plomo en leche cruda de vaca

Código de muestra	Resultados ppm Pb	Promedio ppm Pb	Normativa Codex Alimentarius 193 - 1995
01-LE-HV-Pb	NC	NC	<b>0.02ppm</b>
	NC		
02-LE-HV-Pb	NC	NC	
	NC		
01-LE-LP-Pb	NC	NC	
	NC		
02-LE-LP-Pb	NC	NC	
	NC		
01-LE-SR-Pb	NC	NC	
	NC		
02-LE-SR-Pb	NC	NC	
	NC		
01-LE-EC-Pb	NC	NC	
	NC		
02-LE-EC-Pb	NC	NC	
	ND		

**NC:** No Cuantificable, concentraciones menores a 0.02 ppm.

Se presenta un cuadro con la información más detallada de los resultados para Plomo en leche cruda de vaca en anexo N° 23.

En la página N° 54 se muestra las abreviaturas dadas a cada hacienda visitada para identificar de donde provenían las muestras y así evitar confusión de datos.

Los resultados obtenidos para la cuantificación de Plomo tanto en agua para bebida animal como en leche cruda se muestran en el cuadro siguiente:

**Cuadro N° 18.** Resumen de resultados de Plomo en agua para consumo animal y leche cruda.

AGUA			LECHE		
Código de muestra	Promedio Pb ppm	Normativa NSO 13.07.01:08	Código de muestra	Promedio Pb ppm	Normativa Codex Alimentarius 193 - 1995
01-AG-HV+HNO <sub>3</sub>	NC	<b>0.01ppm</b>	01-LE-HV-Pb	NC	<b>0.02ppm</b>
02-AG-HV+HNO <sub>3</sub>	NC		02-LE-HV-Pb	NC	
01-AG-LP+HNO <sub>3</sub>	NC		01-LE-LP-Pb	NC	
02-AG-LP+HNO <sub>3</sub>	NC		02-LE-LP-Pb	NC	
01-AG-SR+HNO <sub>3</sub>	NC		01-LE-SR-Pb	NC	
02-AG-SR+HNO <sub>3</sub>	NC		02-LE-SR-Pb	NC	
01-AG-EC+HNO <sub>3</sub>	NC		01-LE-EC-Pb	NC	
02-AG-EC+HNO <sub>3</sub>	NC		02-LE-EC-Pb	NC	

Como se puede observar en el cuadro N°18 ni el agua para consumo animal, ni la leche cruda de vaca muestreadas en las cuatro haciendas presentan niveles cuantificables de Plomo. Es decir que cumplen con la NSO 13.07.01:08 en el caso del agua y normativa del Codex Alimentarius 193-1995 para la leche.

En la Hacienda El Conacaste que se encuentra ubicada en el departamento de la Libertad, más específicamente en el lugar conocido como Sitio del Niño que es donde últimamente se han tenido problemas en cuanto a contaminación con Plomo se refiere, como se mencionó anteriormente se intentó tener acceso a otras haciendas productoras de leche adentradas en el lugar pero no se logró tener acceso, aun así la única hacienda de ese lugar donde se nos dio acceso no reporta niveles cuantificables de Plomo ni en agua para consumo animal ni en la leche cruda igualmente en las otras haciendas lo que indica, por el momento el manejo correcto del equipo industrial, ya que soldaduras incorrectas en el tanque de almacenamiento, mal mantenimiento de trinchas o tornillos sin fin para repartir el alimento al

ganado pueden influir en la contaminación de la leche con Plomo. Si hubiesen existido niveles cuantificables de Plomo en la leche, también puede atribuirse a contaminaciones con recipientes o aguas de lavado, antes, durante o posterior al proceso de industrialización y en cuanto al agua de consumo animal puede contaminarse por desechos industriales, el ambiente contaminado, entre otros factores <sup>(15)</sup>. La FAO/OMS ha establecido un consumo tolerable semanal transitorio de Plomo de 0.05 mg/Kg de peso.

**CAPITULO VI**  
**CONCLUSIONES**

## 6.0 CONCLUSIONES

1. El agua para consumo animal en las cuatro haciendas no sobrepasa el límite de Arsénico establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO 13.17.01:08) por lo que el agua de las cuatro haciendas cumple con la normativa para agua potable mencionada.
2. En el agua para consumo animal de la Hacienda El Conacaste se obtuvo un promedio de 0.0035 ppm de Arsénico, siendo la única Hacienda que reporta niveles cuantificables de este elemento, esto debido a la cercanía entre el pozo abastecedor con los sembrados de caña y arroz ya que los componentes de los fertilizantes se filtran por la tierra contaminando el agua del pozo.
3. En la Hacienda El Conacaste la disminución en un 50% en la concentración de Arsénico se debe a la torre de filtración construida, y aunado a esto a la gran concentración de Hierro la cual fue cuantificada en un estudio paralelo a este 8 ppm ya que el Hierro contenido en el agua tiende a formar Hidróxido de Hierro y este compuesto al reaccionar con el Arsénico forma flóculos que son retenidos, en parte, en la torre de filtración.
4. Todas las muestras de leche cruda tomadas de las cuatro haciendas presentan niveles cuantificables de Arsénico pero no sobrepasan los límites establecidos por la legislación del MERCOSUR que propone un límite máximo de 0.05 ppm de Arsénico en leche.
5. La Hacienda San Ramón es la que reporta los niveles más altos de Arsénico en leche (0.009 ppm), lo que puede deberse al tipo de fertilizante utilizado en el forraje que se le da a las vacas ya que los dueños ya han

reportado problemas de salud en las vacas debido a la calidad del forraje que se les proporciona.

6. No se reportaron niveles cuantificables de Plomo en agua de consumo animal en ninguna de las haciendas, por lo tanto el agua analizada en el periodo de investigación es aceptable para consumo animal sin riesgo de contaminar la leche cruda con Plomo.
7. No se reportaron niveles cuantificables de Plomo en leche cruda en el desarrollo de este trabajo de investigación, por tanto, la leche puede ser consumida y comercializada sin riesgo alguno de contaminación por Plomo en quienes la consuman.
8. De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio realizado, en cuanto a los niveles de Arsénico y Plomo tanto en agua de consumo animal como en leche cruda no superan los límites máximos permisibles establecidos y por tanto son aceptables dentro de los parámetros físico- químicos para los usos pertinentes de cada una de las muestras.

**CAPITULO VII**  
**RECOMENDACIONES**

## 7.0 RECOMENDACIONES

1. Investigar en futuros trabajos la temática planteada pero en distintas épocas del año, debido al efecto de dilución o de concentración los niveles de Arsénico y Plomo pueden variar, tanto en agua de consumo animal como en leche cruda de vaca.
2. Realizar un control de calidad para el elemento Arsénico en la alimentación (forraje y concentrado) que se les proporciona a las vacas en las haciendas Velesa, San Ramón y las palmitas, debido a que el agua no es el factor contaminante de Arsénico en la leche cruda que producen.
3. A los propietario de las haciendas que soliciten al Ministerio de agricultura y Ganadería (MAG) monitoreos de buenas prácticas de manufactura que garanticen la calidad e inocuidad de la leche cruda que producen.
4. A los propietarios de las haciendas que gestionen análisis de fertilizantes y plaguicidas utilizados en los forrajes, en un laboratorio certificado, debido a que estos pueden contaminar el forraje con Arsénico el cual afectará la calidad de la leche que producen la vaca.
5. Solicitar al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) la realización de monitoreos sobre la calidad de la leche cruda de vaca incluyendo metales pesados y otras sustancias perjudiciales, de manera que se garantice la inocuidad de la leche y sus derivados

## BIBLIOGRAFIA

1. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). Estudios de Caso en Medicina Ambiental (CSEM). (2013). *La toxicidad del arsénico*.
2. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) (2007). *Reseña Toxicológica del Plomo* (versión actualizada). Recuperado de [http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/es\\_pb-plomo.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/es_pb-plomo.html)
3. Alonso Díaz D. A. (2013). *Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios*. Unión Europea Revisión Octubre 2013.
4. AOAC: Official Methods of Analysis. (1998). *Collection of milk simple 925.20*. (16th Ed). Washington, D.C. E.U.A.
5. Baró Rodríguez, L., Lara Villoslada, F. y Corral Román, E. (2010). *Leche y derivados lácteos. Tratado de Nutrición. Tomo II. 2a ed.* (pp. 3 - 8). Madrid: Médica Panamericana D. L.
6. Calderón Salinas, J. V. y Maldonado Vega, M. (2008). *Contaminación e intoxicación por plomo. 1ª ed.* México: Trillas.
7. Cargua Chávez, J. E. (2010). *Determinación de las formas de Cu, Cd, Ni, Pb y Zn y su biodisponibilidad en los suelos agrícolas del litoral Ecuatoriano*. Tesis de Licenciatura no publicada, Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Santo Domingo, Ecuador.
8. Centro de Computación Universidad de Chile. (2014, Abril). *Paragénesis y Zonación*. Recuperado de: <http://www.cec.uchile.cl/~vmaksaev/PARAGENESIS%20Y%20ZONACION.pdf>

9. Comisión Europea. (2014, Mayo). *Bioacumulación*. Recuperado de: [http://www.ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/es/glosario/abc/bioacumulacion-bioacumular.html](http://www.ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/glosario/abc/bioacumulacion-bioacumular.html).
10. Contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. (2006). *REGLAMENTO (CE), No 1881/2006 DE LA COMISIÓN*.
11. El país. (2014, Mayo). *Definición de paleohidrogeológico*. Recuperado de: [http://www.elpais.com/m/diario/1997/08/07/opinion/870904805\\_850215.html](http://www.elpais.com/m/diario/1997/08/07/opinion/870904805_850215.html)
12. Enciclopedia.us.es. (2014, Mayo). *Definición de banquisa*. Recuperado de: <http://www.definicion-de.es/banquisa/>.
13. Esquivel, O. A. (2007). *Diagnóstico nacional de la calidad sanitaria de las aguas superficiales de El Salvador*. Recuperado de <http://portafolio.snet.gob.sv/digitalizacion/pdf/spa/doc00246/doc00246-contenido.pdf>
14. Guillen Paredes, R. y Medina Matus, S. A. (2012). *Determinación de plomo en leche de ganado bovino en el cantón Sitio del niño, municipio de San Juan Opico, El Salvador*. Tesis de Ingeniería no publicada, Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómica. Departamento de Medicina Veterinaria, San salvador, El Salvador.
15. Haroldo Magariños. 2010. *Producción higiénica de la leche cruda*. Valdivia Chile. Producción y Sevicios Incorporados S.A.
16. Health Testing Methods Commentary. Japan Pharmaceutical Society Publication, Kanehara Publishing Co., *Foodstuffs Analysis Methods, Japan Foodstuffs MAnufacturing Society*. Foodstuffs Analysis Methods Editorial Commission Publication (Korin Co.)

17. IICA, CENTA, Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (MAG). 2011. *Caracterización de la cadena productiva de lácteos en El Salvador*.
18. Japanese Industrial Standard JIS K 0102-1993, "Testing Methods for Industrial Water Testing Methods Specified by Director General of the Environment Agency Concerning Waste Water Quality Standards"
19. Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2013). *Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2012-2013*. Recuperado de: [http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&id=14&Itemid=224](http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=14&Itemid=224)
20. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General del Observatorio Ambiental, Gerencia de Hidrología. (2011). *Informe de calidad de agua de los ríos de El Salvador*. San Salvador.
21. Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 (12 – 06 – 2009). AGUA, AGUA POTABLE. (Segunda actualización). *Diario Oficial, Tomo 383 N° 109*
22. Norma Salvadoreña Obligatoria: NSO.67.01.01:06 (20 – 06 - 2008). Productos lácteos. Leche cruda de vaca. Especificaciones (Primera actualización). *Diario Oficial, Torno 189 N°380*.
23. Onsalus. (2014, Mayo). *La Salud en línea*. Recuperado de: <http://www.onsalus.com/diccionario/toxicosis/28044>.
24. Pérez Carrera A. Dr. (2006). *Taller de distribución del As en Iberoamérica, Arsénico en agua de bebida animal y alimentos de origen bovino*. Buenos Aires Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Buenos Aires.
25. Perry, A. G. y Potter, P. A. (1999). *Diccionario Mosby*. (Ed.), *Medicina, enfermería y ciencias de la salud*. Ediciones Hancourt, S.A.

26. Pleitez, J., Mejía Oscar, E., Araujo Santín, J. y Mejía, O. E. (2003). *Diagnóstico de los recursos zoogenéticos en El Salvador*. Recuperado de: [ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a\\_1250e/annexes/country\\_reports/elsalvador.pdf](ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a_1250e/annexes/country_reports/elsalvador.pdf)
27. Rocha Edmundo MC DR. (2011). *Espectroscopia de absorción atómica en horno de grafito y generador de hidruros*. Facultad De Ciencias Químicas UACH.
28. Rodríguez Fuentes, H., Sánchez Alejo, E., Rodríguez Sánchez, M., Vidales Contreras, J. A., Karim Acuña, A. y Martínez Turanzas, G. (2005). *Metales pesados en leche cruda de bovino*. Recuperado de: <http://www.respyn.uanl.mx/vi/4/articulos/metales.html>
29. Shimadzu Corporation, Atomic Absorption Spectrophotometry Cookbook. *Section 10.4 Fats and Oils, Dairy Products Analysis Method*. Kyoto, Japan; Pág. 18-23
30. Superintendencia de Competencia. (2009). *Estudio sobre condiciones de competencia de la agroindustria de la leche en El Salvador*. Informe de resultados. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/scompetencia/informe-de-resultados-estudio-agroindustria-de-la-leche>
31. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA). (2009). *El sector lácteo en El Salvador*. Informe de resultados. Recuperado de: [http://www.uca.edu.sv/mdt/media/archivo/fbebe6\\_lacteos3.pdf](http://www.uca.edu.sv/mdt/media/archivo/fbebe6_lacteos3.pdf)

## GLOSARIO

**Aljibes:** Deposito destinado a guardar agua potable, procedente de la lluvia recogida de los tejados de las casas o de las acogidas, habitualmente se conduce mediante canalizaciones. Normalmente es subterráneo, total o parcialmente. <sup>(20)</sup>

**Banquisas:** Banco o capa de hielo que se forma en la superficie de los valles polares y llega a tener hasta 10 m de espesor. <sup>(12)</sup>

**Bioacumulación:** El término bioacumulación hace referencia a la acumulación neta, con el paso del tiempo, de metales [u otras sustancias persistentes] en un organismo a partir de fuentes tanto bióticas (otros organismos) como abióticas (suelo, aire y agua). <sup>(9)</sup>

**Convulsión clónica:** Forma de convulsión caracterizada por contracciones y relajaciones involuntarias alternas y rítmicas de grupos musculares. <sup>(24)</sup>

**Ganaderías intensivas:** los animales se hayan en establos. En la mayoría de los casos, se les mantiene bajo luz, temperatura y humedad que han sido creadas artificialmente. Con la estabulación lo que se intenta es aumentar la producción en el menor tiempo posible, por lo que los animales son alimentados con productos enriquecidos. <sup>(26)</sup>

**HHI:** El Índice de Herfindahl Hirschmann (HHI) es una medida de la concentración económica en un mercado. A más alto el índice, más concentrado y menos competitivo es el mercado. El índice HHI toma valores dentro del rango 1 y 10.000. Siendo 1, el nivel en el cual no hay concentración absoluta y 10.000 el nivel donde hay monopolio. <sup>(30)</sup>

**Inlandsis:** Placa glaciaria continental de gran tamaño (superior a los 50.000 km<sup>2</sup>) y espesor (hasta 3 km). Frecuente en el pleistoceno, actualmente sólo se conservan dos, el de Groenlandia y el de la Antártida. <sup>(20)</sup>

**Paleohidrogeológico:** Indaga en la historia del comportamiento de inundaciones pasadas o del propio suelo. <sup>(11)</sup>

**Paragenético:** depósito mineral <sup>(8)</sup>

**Tejido óseo trabecular** hueso esponjoso, es uno de los dos tipos de tejido óseo que forma los huesos. <sup>(25)</sup>

**Toxicosis:** Trastorno provocado por la absorción de tóxicos metabólicos o bacterianos. <sup>(25)</sup>

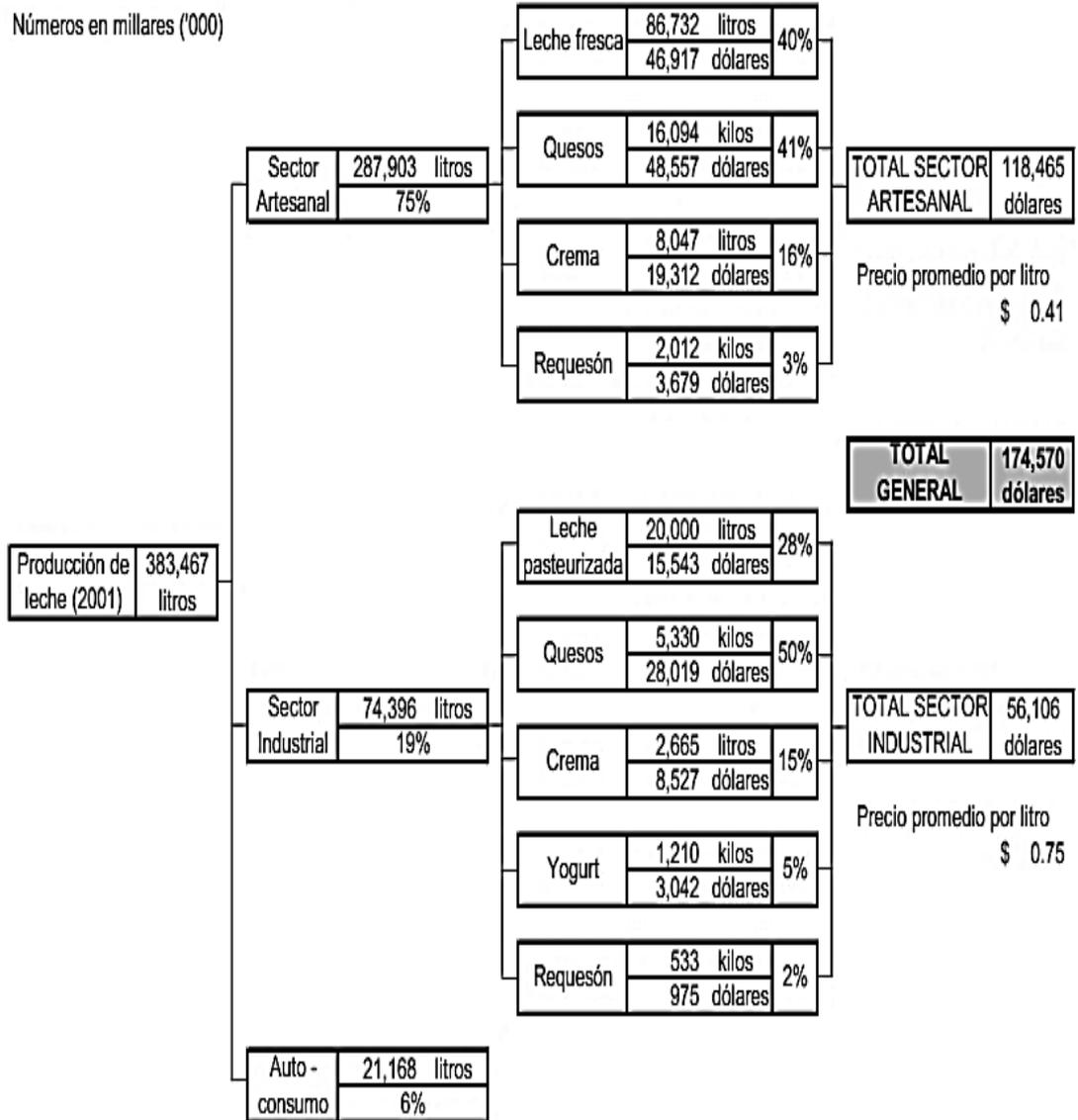
**ANEXOS**

## ANEXO N° 1

### ESTIMACION DE LOS VOLUMENES Y DEL VALOR DE LA PRODUCCION DE LACTEOS EN EL SALVADOR

#### Estimación de los volúmenes y del valor de la producción de lácteos de El Salvador

Números en millares ('000)



Fuente: Análisis TechnoServe en base a datos del MAG y a entrevistas realizadas con los principales actores de la industria

**ANEXO N°2**

**NSO 67.01.01:06 LECHE CRUDA DE VACA**

**Anexo 1: Norma Salvadoreña Obligatoria 67.01.01.06 “Leche Cruda de Vaca”**

**NORMA**

**NSO**

**67.01.01:06**

**SALVADOREÑA**



---

**PRODUCTOS LACTEOS.**

**LECHE CRUDA DE VACA. ESPECIFICACIONES.**  
**(Primera actualización)**

---

CORRESPONDENCIA : Esta norma no tiene correspondencia con ninguna norma internacional.

---

ICS 67.100

---

Editada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) Colonia Médica, Av. Dr. Emilio Alvarez, Pje. Dr. Guillermo Rodríguez Pacas, # 51, San Salvador.

Teléfonos 2226-2800, 2225 6222 ; Fax 2225 6255 ; e-mail: [infoq@conacyt.gob.sv](mailto:infoq@conacyt.gob.sv)

---

**Derechos reservados**

**Primera actualización**

## **INFORME**

Los Comités Técnicos de Normalización del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, son los organismos encargados de realizar el estudio de las normas. Están integrados por representantes del Sector Productor, Gobierno, Organismo de Protección al Consumidor y Académico Universitario.

Con el fin de garantizar un consenso nacional e internacional, los proyectos elaborados por los Comités se someten a un período de consulta pública durante el cual puede formular observaciones cualquier persona.

El estudio elaborado fue aprobado como NSO 67.01.01:06 PRODUCTOS LACTEOS. LECHE CRUDA DE VACA. ESPECIFICACIONES. Primera actualización. Por el Comité Técnico de Normalización 01. La oficialización de la norma conlleva la ratificación por Junta Directiva y el Acuerdo Ejecutivo del Ministerio de Economía.

Esta norma está sujeta a permanente revisión con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias de la técnica moderna. Las solicitudes fundadas para su revisión merecerán la mayor atención del organismo técnico del Consejo : Departamento de Normalización, Metrología y Certificación de la Calidad.

### **MIEMBROS PARTICIPANTES DEL COMITE 01**

Francisco Morales	Luis Torres y Cía. QUESO PETACONES
Luis Roberto Fernández	AGROSANIA S.A. de C.V.
Rosy Zuleta Chávez	LACTOSA de C.V.
Salvador Larín	Cooperativa EL JOBO
Cecilia Gálvez	Empresas Lácteas FOREMOST, S.A. de C.V.
Marina Panameño	M S P A S
Ana Patricia Laguardia	DIVISIÓN INOCUIDAD – MAG
Susana Medina	MAG/USAM
Alfonso Escobar	PROLECHE
Margarita de Granillo	PROLECHE
Mauricio Franco	ASILECHE
Claudia Alfaro	Universidad Centroamericana (UCA)
Roberto Corvera	DEFENSORIA DEL CONSUMIDOR
Luis Monroy	CAMAGRO/CNPML
Ricardo Harrison	CONACYT

## 1. OBJETO

Esta norma tiene por objeto establecer las características físicas, químicas y microbiológicas que debe reunir la leche cruda de vaca, refrigerada o no refrigerada.

## 2. CAMPO DE APLICACION

Esta norma aplica a la leche cruda de vaca para consumo humano que no ha sufrido ningún proceso adicional, excepto la filtración y en algunos casos enfriamiento.

## 3. DEFINICIONES

**3.1 Leche cruda de vaca:** es el producto íntegro, no alterado ni adulterado de la secreción de las glándulas mamarias de las hembras del ganado bovino obtenida por el ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de vacas sanas y libre de calostro; que no ha sufrido ningún tratamiento a excepción del filtrado y/o enfriamiento, y está exento de color, olor, sabor y consistencia anormales.

## 4. ABREVIATURAS

°C Grados centígrados

ml Mililitros

% Porcentaje

m/m Relación masa-masa

pH Potencial hidrógeno

AOAC Asociación Oficial Internacional de Químicos Analíticos

APHA Asociación Americana para la Salud Pública (traducido al castellano)

FDA Administración de Alimentos y Medicamentos (traducido al castellano)

NSR Norma Salvadoreña Recomendada

NSO Norma Salvadoreña Obligatoria

## 5. CLASIFICACION

La leche cruda de vaca se clasifica en Grado A, Grado B y Grado C, de acuerdo a los requisitos microbiológicos de la Tabla 1.

**Tabla 1. Requisitos microbiológicos**

<b>Características</b>	<b>Grado A</b>	<b>Grado B</b>	<b>Grado C</b>
Recuento total de Microorganismos por mililitro	Menor o igual a 300 000	Mayor de 300 000 Y menor o igual a 600 000	Mayor de 600 000 Y menor de 900 000

**6. CARACTERÍSTICAS****6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES**

La leche cruda de vaca, para cualquiera de los tres grados, debe presentar aspecto normal, estar limpia, libre de calostro, preservantes, antibióticos, colorantes, materias extrañas, sabores y olores objetables o extraños. La leche se obtendrá de vacas certificadas como sanas; es decir, libres de enfermedades infecto- contagiosas, tales como tuberculosis, brucelosis y mastitis. Después del ordeño, la leche se someterá a filtración y referentemente se enfriará a 4,5 grados °C. En el momento de entrega a las plantas procesadoras o a los centros de distribución, puede estar a una temperatura no mayor de 10 grados oC, debiendo cumplir además, con las condiciones exigidas por la legislación nacional vigente.

**6.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS**

Las características de: porcentaje de grasa, porcentaje de sólidos no grasos, y sólidos totales, con sus valores correspondientes, se referirán a la legislación nacional vigente.

**Tabla 2. Requisitos físicos y químicos**

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
Acidez, expresada como ácido láctico	0,14 a 0,17
Proteínas (N x 6,38)	3,2 mínimo
Cenizas % m/m	0,70 promedio
Prueba de Reductasa (azul de metileno)	
Grado A	6 horas ó más
Grado B	4 horas y menos de 6 horas
Grado C	menos de 4 horas
Impurezas macroscópicas (en 500 ml)	
Grado A	1,0 mg
Grado B	2,0 mg
Grado C	3,0 mg
Punto de Congelacion (°C)	- 0,530 a - 0,550
pH	6,4 a 6,7
Conteo de células por mililitro	Máximo 750 000
Densidad Relativa	1,028 a 1,033 a 15 °C

### **6.3 LÍMITES MÁXIMOS PARA RESIDUOS DE PLAGUICIDAS**

Las tolerancias admitidas para residuos de plaguicidas son las permitidas por el Codex Alimentarius para productos lácteos y derivados.

### **6.4 LÍMITES MÁXIMOS PARA RESIDUOS DE MEDICAMENTOS VETERINARIOS**

Los límites máximos serán los establecidos por el Comité del Codex Alimentarius sobre Residuos de Medicamentos Veterinarios.

## **7. TOMA DE MUESTRAS**

La toma de muestras para la Leche Cruda de Vaca se hará siguiendo el procedimiento descrito en el Capítulo 33 de los Métodos Oficiales de Análisis de AOAC, Sub Capítulo 970.26 Vol. 2 1990.

La toma de muestras será responsabilidad de los organismos competentes.

## **8. METODOS DE ENSAYO Y ANÁLISIS**

### **8.1 MÉTODOS MICROBIOLÓGICOS**

#### **8.1.1 Recuento total por mililitro**

- a) Conteo aerobio en placa, Capítulo 3. FDA Manual de Análisis Bacteriológico. 8 a. Edición, 1995

AOAC.

- b) Métodos para conteo microbiológico. Capítulo 6. Métodos Estandarizados para el Análisis de Productos Lácteos. 15 a. Edición APHA.

- c) Conteo células somáticas Método 978.26 8a Edición, 1995 AOAC

**9. ANALISIS FISICOQUIMICOS**

Los análisis fisicoquímicos se harán de acuerdo a lo estipulado en el Volumen XIII del Codex Alimentarius

**10. ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE**

Para su almacenamiento y transporte, la leche cruda debe cumplir con lo establecido en la Ley de Fomento de la Producción Higiénica de la Leche y Productos Lácteos y de Regulación de su Expendio y su Reglamento.

**10. APÉNDICE NORMATIVO****CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS**

Esta norma no tiene correspondencia con ninguna norma internacional

**10.1 REFERENCIAS TECNICAS**

Reglamento para la Leche Pasteurizada Grado "A" Departamento de Salud y Servicios Humanos, Servicios de Salud Pública. Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) Edición 2003.

Ley de Fomento de la Producción Higiénica de la Leche y Productos Lácteos y de Regulación de su Expendio. Aprobada el 03/01/60 Diario Oficial 185, Tomo 189. Publicación Diario Oficial 06/10/1960.

Reglamento de la Ley de Fomento de la Producción Higiénica de la Leche y Productos Lácteos y de Regulación de su Expendio Aprobado 22/09/71, Diario Oficial 178. Publicación Diario Oficial 30/09/1971.

**10.2 NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE**

NORMA GENERAL DEL CODEX PARA EL USO DE TERMINOS LECHEROS  
CODEX TAN 206-1999.

NSR CODEX CAC/RCP 1:1997 CODIGO INTERNACIONAL  
RECOMENDADO PARA PRACTICAS DE HIGIENE EN ALIMENTOS, o en  
su última edición vigente del Codex.

**11. VIGILANCIA Y VERIFICACION**

La vigilancia y verificación corresponde al Ministerio de Agricultura y Ganadería en sus respectivas dependencias.

**-FIN DE LA NORMA-**

### ANEXO N °3

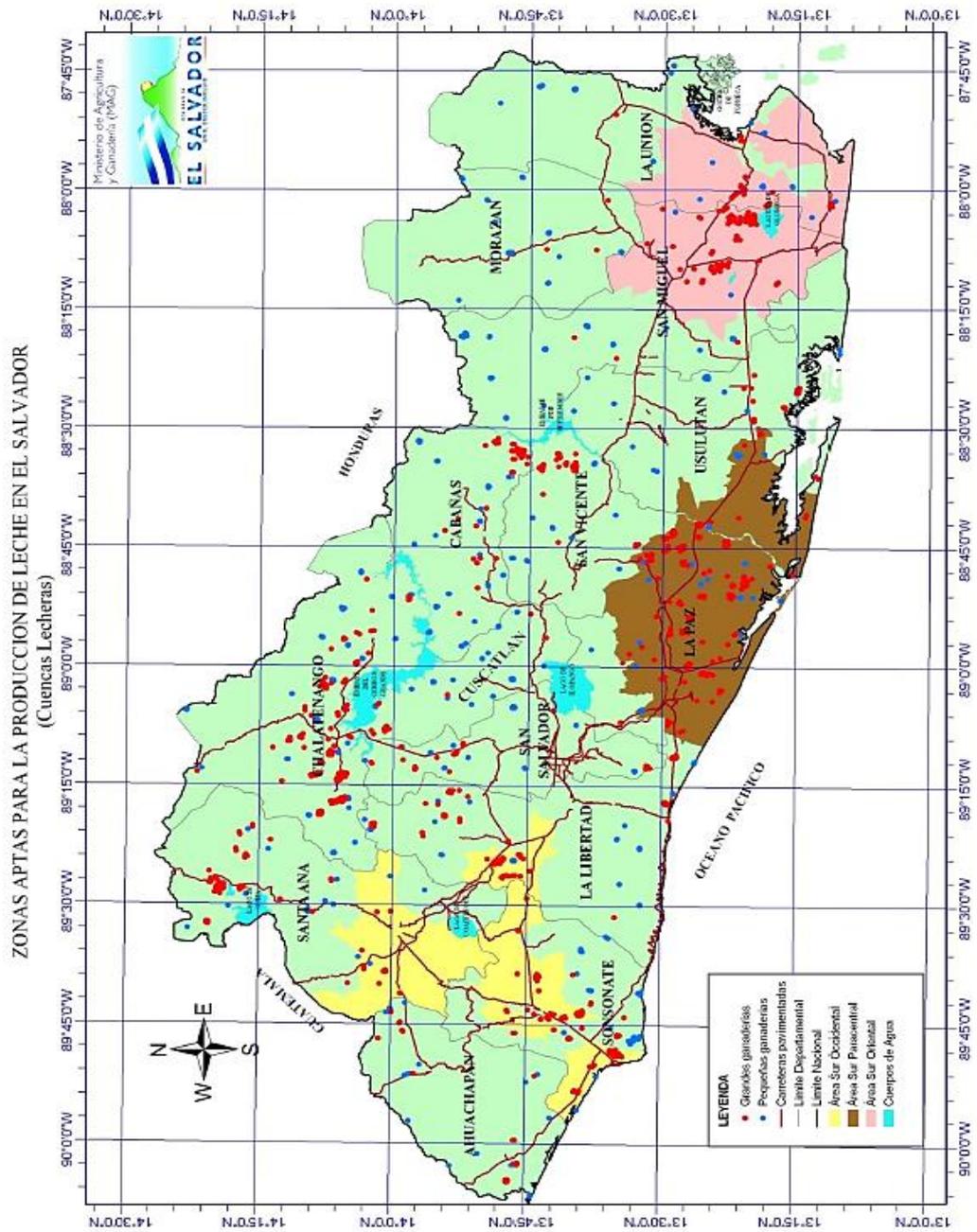
#### DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EXISTENTES EN EL PAIS

**Cuadro N°19:** Tipificación de los sistemas de producción bovino

TIPO DE GANADERIA	SISTEMA DE PRODUCCION	CARACTERISTICAS
<b>GANADERIA ESPECIALIZADA</b>	INTENSIVA	<p>Utilizan razas Holstein y Pardo Suizo puros y purificados.                      Ordeño mecanizado preferentemente con manejo de leche fría.                      Producción media: 15-22.5 litros /vaca/día.                      Destino de la producción: Industrial.                      Alimentación basada en pasturas, ensilaje y concentrados.                      Manejo estabulado con control de estrés calórico.                      Uso de registro en fichas y cuadernos.</p>
	SEMI-INTENSIVA	<p>Razas utilizadas: Pardo Suizo y encaste con Holstein en proporciones de ½ a ¾.                      Ordeño manual y mecanizado con manejo de leche fría.                      Producción media: 9-12 litros/vaca/día.                      Destino de la producción: industrial y artesanal.                      Alimentación con pasturas, ensilaje y concentrados.                      Manejo semiestabulado, algunos con control de estrés calórico.                      Uso de registros en fichas y cuadernos.</p>
<b>GANADERIA DOBLE PROPOSITO</b>	COMERCIAL	<p>Razas utilizadas: Pardo Suizo en cruzamiento con Brahman, criollo, Gyr y otras razas del tipo cebú.                      Los animales tienden a la acebuinización. Ordeño manual, manejo leche caliente.                      Producción media: 6-10 litros/vaca/día.                      Destino de la producción: industrial y artesanal.                      Alimentación con pasturas, concentrado y residuos de cosecha.                      Manejo en pastoreo.                      No se usan registros.</p>
	SUBSISTENCIA	<p>Razas utilizadas: Pardo Suizo en cruzamiento con Brahman y criollos. Los animales tienden a ser acebuinados.                      Ordeño manual, manejo leche caliente.                      Producción media: 2-6 litros /vaca/día.                      Destino de la producción: consumo y comercialización local.                      Alimentación basada en pasturas y residuos de cosecha.                      Manejo en pastoreo.                      No se usan registros zootécnicos.</p>

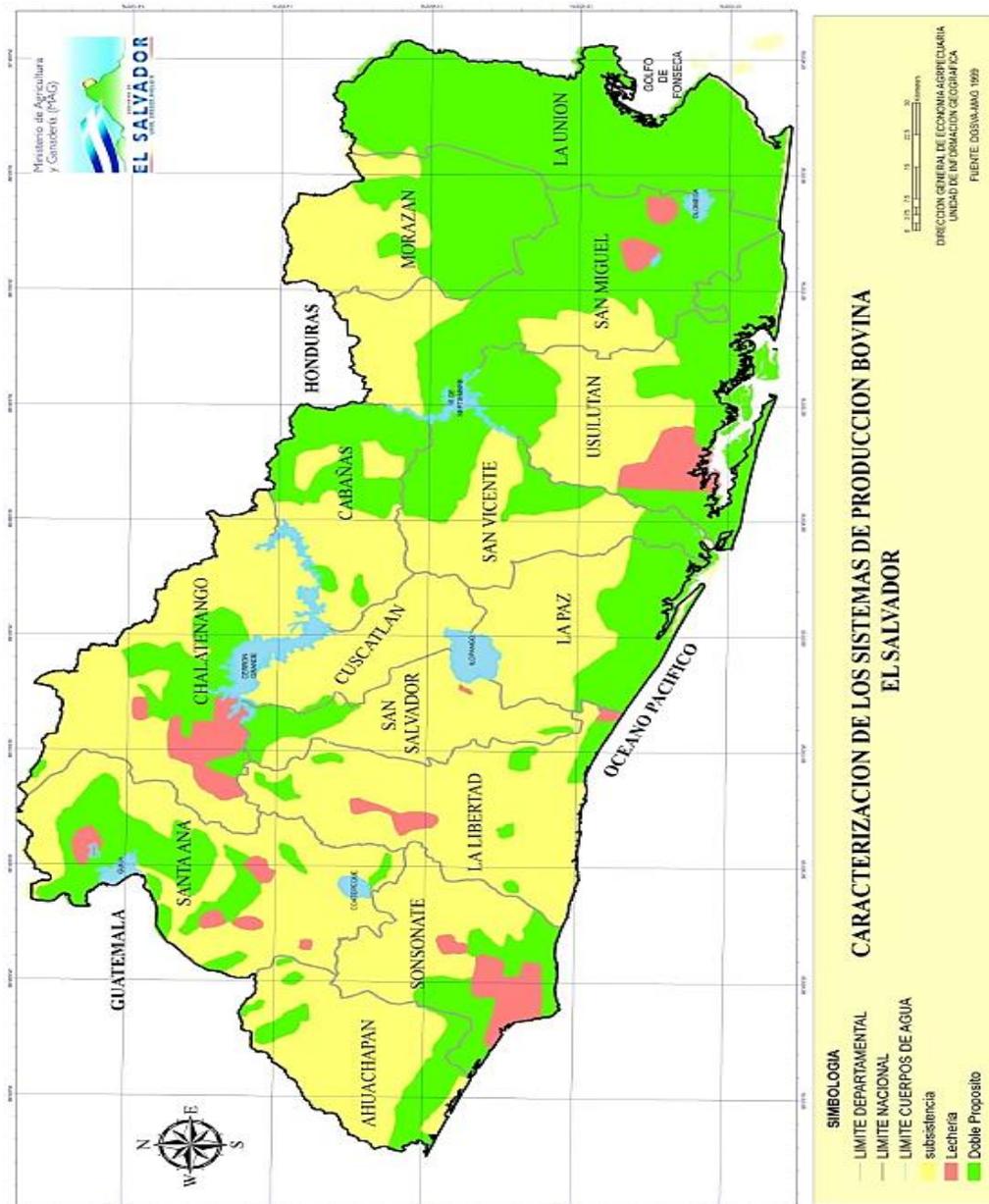
## ANEXO N° 4

Figura N° 13: Zonas aptas para la producción de leche en El Salvador



## ANEXO N°5

Figura N°14: Caracterización de los sistemas de producción bovina en El Salvador





## ANEXO N° 7

### RECOLECCION DE LAS MUESTRAS DE LECHE



**Figura N° 16.** Tanque de almacenamiento de leche, Hacienda Velesa



**Figura N° 17.** Toma de muestra de leche, Hacienda Velesa

## ANEXO 8 PRE-TRATAMIENTO DE LA MUESTRA DE LECHE

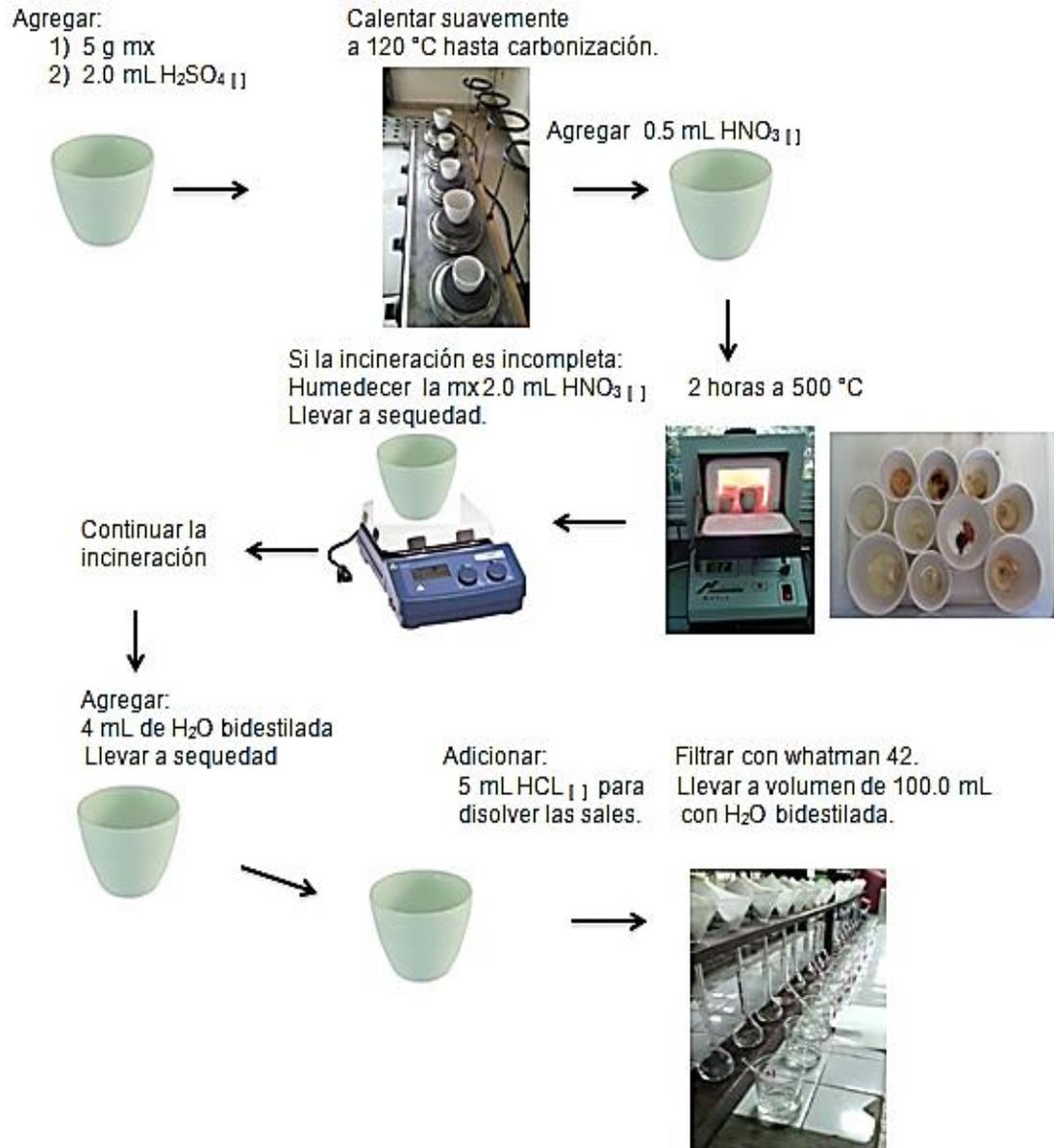


Figura N° 18: Secado e incineración (cenizas)

## ANEXO N° 9

### RECOLECCION DE LAS MUESTRAS DE AGUA



**Figura N° 19.** Recolección de muestra de agua de abrevadero Hacienda Las Palmitas.



**Figura N° 20.** Abrevadero de Hacienda San Ramón.

## ANEXO N° 10

### PRE-TRATAMIENTO DE LA MUESTRA DE AGUA

#### Digestión con Acido Clorhídrico

Agregar:

- 100.0 mL de mx
- 5.0 mL de HCL [ ]

-Calentar a ebullición  
por 10 minutos.

-Filtrar con whatman 42, llevar  
a volumen de 100.0 mL con agua  
bidestilada.



Figura N° 21. Esquema de digestión de la muestra

## ANEXO N° 11

### CÁLCULOS PARA LA PREPARACIÓN DE LA CURVA ESTÁNDAR DE PLOMO

PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN STOCK DE Pb 20 ppb

A partir del estándar de 1000 ppb se prepara una solución stock de 20 ppb de la siguiente manera:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$
$$V_1 = \frac{(20 \text{ ppb})(100 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppb})} = 2.0 \text{ mL}$$

PREPARACION DE CURVA DE ESTÁNDARES

A partir de la solución stock de 20 ppb se preparan los siguientes estándares:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

Estándar de 2 ppb de Pb:

$$V_1 = \frac{(2 \text{ ppb})(100 \text{ mL})}{(20 \text{ ppb})} = 10.0 \text{ mL}$$

Estándar de 5 ppb de Pb:

$$V_1 = \frac{(5 \text{ ppb})(100 \text{ mL})}{(20 \text{ ppb})} = 25.0 \text{ mL}$$

Estándar de 10 ppb de Pb:

$$V_1 = \frac{(10 \text{ ppb})(50 \text{ mL})}{(20 \text{ ppb})} = 25.0 \text{ mL}$$

**ANEXO N° 12**

**LISTADO DE MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS**

## **ANEXO N° 12**

### **LISTADO DE MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS**

#### **MATERIALES**

- Balón volumétrico de 500.0 mL
- Balón volumétrico de 200.0 mL
- Balón volumétrico de 100.0 mL
- Balón volumétrico de 20.0 mL
- Pipeta volumétrica de 10.0 mL
- Pipeta volumétrica de 20 .0mL
- Probeta de 10 mL
- Beaker de cuarzo
- Beaker de 250 mL
- Beaker de 100 mL
- Beaker de 50 mL
- Vidrio de reloj
- Goteros
- Agitador
- Perilla
- Espátula de acero inoxidable
- Termómetro

#### **EQUIPOS**

- Balanza analítica
- Hot plate
- Mufla
- Cámara extractora de gases
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica
- Horno de Grafito

- Generador de Vapor de Hidruros HVG-1
- Micropipeta

## **REACTIVOS**

- Acido sulfúrico
- Acido nítrico
- Acido clorhídrico
- Agua bidestilada
- Solución de nitrato de paladio (II) (10  $\mu\text{g Pb/mL}$ )
- Solución de yoduro de potasio
- Solución estándar de plomo( 0.2  $\mu\text{g/mL}$ )
- Solución estándar de plomo( 20  $\mu\text{g/mL}$ )
- Solución estándar de arsénico (20  $\mu\text{g/L}$ )

**ANEXO N° 13**

**PREPARACION DE REACTIVOS**

## ANEXO N° 13

### PREPARACION DE REACTIVOS <sup>(22)</sup>

#### **Solución estándar de plomo (0.2 µg Pb/mL):**

Medir 0.2 mL de estándar de plomo que se encuentra a 1000 ppb, llevar a volumen de 1000.0 mL con agua bidestilada. Se agregan 5.0 mL de Ácido Clorhídrico concentrado por cada 100.0 mL de muestra.

#### **Solución estándar de plomo (20 µg Pb/L):**

Medir 2.0 mL de estándar de plomo que se encuentra a 1000 ppb, incorporar a un balón volumétrico de 100.0 mL, adicionar 5.0 mL de Ácido Clorhídrico concentrado y llevar a volumen con agua bidestilada.

#### **Solución de Nitrato de Paladio (II) (10 µg Pd/ mL)**

Disolver 0.108 g de nitrato de paladio en 10.0 mL de ácido nítrico (1:1) y después llevar a 500.0 mL con agua didestilada, agregar agua bidestilada a 20.0 mL de esta solución para llevar a 200.0 mL.

#### **Solución estándar de As (20 µg As /L):**

Medir 2.0 mL de estándar de arsénico 1000ppb, llevar a volumen de 100.0 mL con agua bidestilada.

#### **Solución de Yoduro de Potasio (200 g/L):**

Se disuelven 20 g de Yoduro de Potasio en agua bidestilada y llevar a un volumen de 100.0 mL.

#### **Solución de tetrahidrobórato de Sodio (0.5 %p/v)**

Disolver 2.5 g de tetrahidrobórato de Sodio en 500.0 mL de solución de Hidróxido de Sodio (0.1 mol/L).

**ANEXO N° 14**

**METODO DE ADICION DE ESTANDAR Y METODO SIMPLE DE ADICION  
DE ESTANDAR**

## METODO DE ADICIÓN DE ESTANDAR

El método de adición de estándar se usa cuando hay interferencia por el material coexistente (matriz) en la muestra e influye en el valor medido. Para este método, se preparan volúmenes iguales de la muestra desconocida, y a cada una de ellas se les adiciona soluciones estándar de diferente concentración conocida. Se mide la absorbancia para cada una de las muestras, y se crea una curva de calibración. La concentración de la muestra desconocida se obtiene desde el punto en que la curva de calibración extendida intercepta con el eje horizontal.

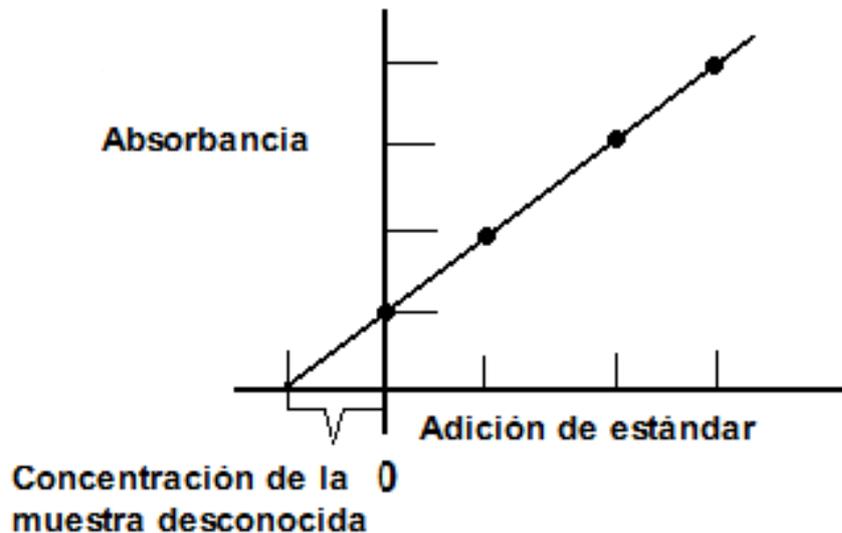
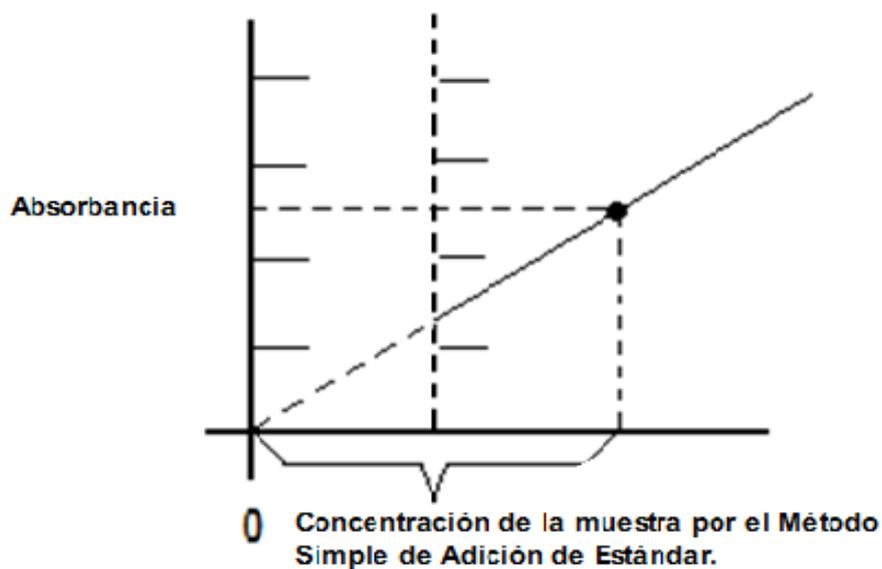


Figura N° 22. Representación de gráfica de método de adición de estándar

### MÉTODO SIMPLE DE ADICIÓN DE ESTÁNDAR

Cuando el material coexistente o la matriz de muestras populares desconocidas son similares, medir una de ella por el método de adición de estándar, y puede utilizar la pendiente de la misma curva de calibración para determinar las concentraciones de las otras muestras desconocidas.



**Figura N° 23.** Representación de gráfica de la concentración de la muestra encontrada por método simple de adición de estándar

## ANEXO N° 15

### CALCULOS PARA LA PREPARACIÓN DE LA CURVA ESTÁNDAR DE ARSENICO

#### PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN STOCK DE As 20 ppb

A partir del estándar de 1000 ppb se prepara una solución stock de 20 ppb de la siguiente manera:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$
$$V_1 = \frac{(20 \text{ ppb})(100 \text{ mL})}{(1000 \text{ ppb})} = 2.0 \text{ mL}$$

#### PREPARACION DE CURVA DE ESTÁNDARES

A partir de la solución stock de 20 ppb se preparan los siguientes estándares:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

Estándar de 0.5 ppb de As:

$$V_1 = \frac{(0.5 \text{ ppb})(100 \text{ mL})}{(20 \text{ ppb})} = 2.5 \text{ mL}$$

Estándar de 1 ppb de As:

$$V_1 = \frac{(1 \text{ ppb})(100 \text{ mL})}{(20 \text{ ppb})} = 5.0 \text{ mL}$$

Estándar de 2.5 ppb de As:

$$V_1 = \frac{(2.5 \text{ ppb})(100 \text{ mL})}{(20 \text{ ppb})} = 12.5 \text{ mL}$$

Estándar de 5 ppb de As:

$$V_1 = \frac{(5 \text{ ppb})(100 \text{ mL})}{(20 \text{ ppb})} = 25.0 \text{ mL}$$

## ANEXO N° 16

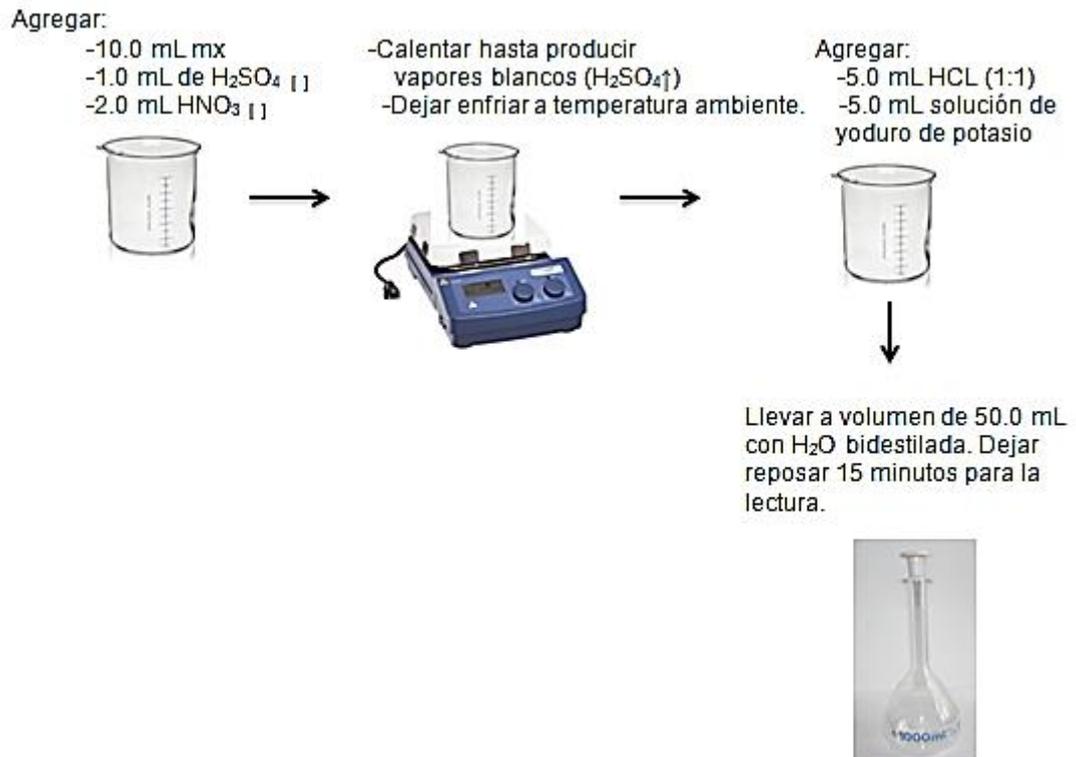
### PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE LECHE PARA LA DETERMINACION DE ARSENICO



**Figura N° 24.** Esquema de preparación de la muestra de leche para la determinación de arsénico.

## ANEXO N° 17

### PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE AGUA PARA LA DETERMINACION DE ARSENICO



**Figura N° 25.** Esquema de preparación de la muestra de agua para la determinación de arsénico.

## ANEXO Nº 18

### CONSUMO DE LECHE POR PAIS CENTROAMERICANO Y DISTRIBUCION DE HATO BOVINO NACIONAL

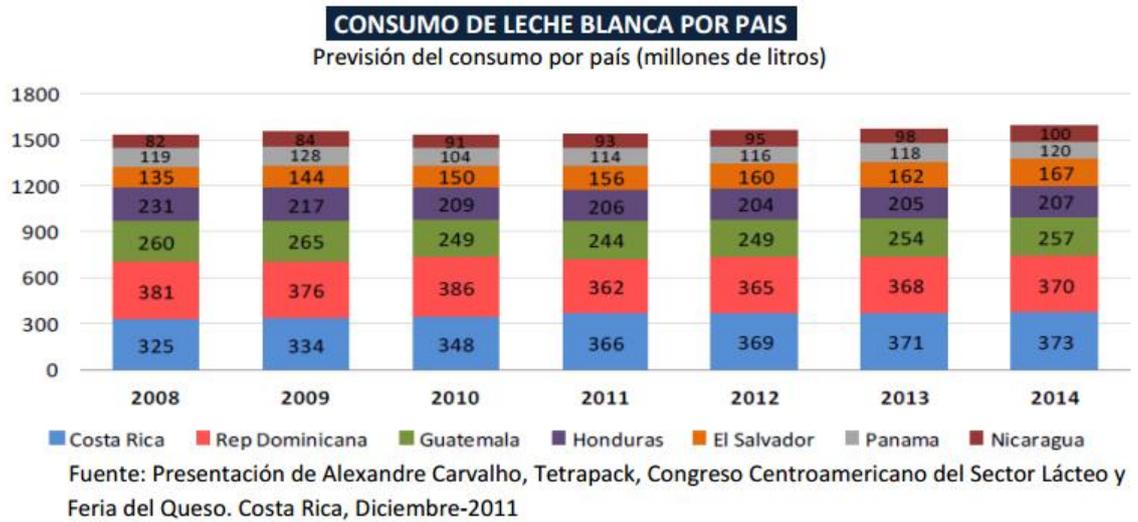


Figura 26: Consumo de leche blanca por país

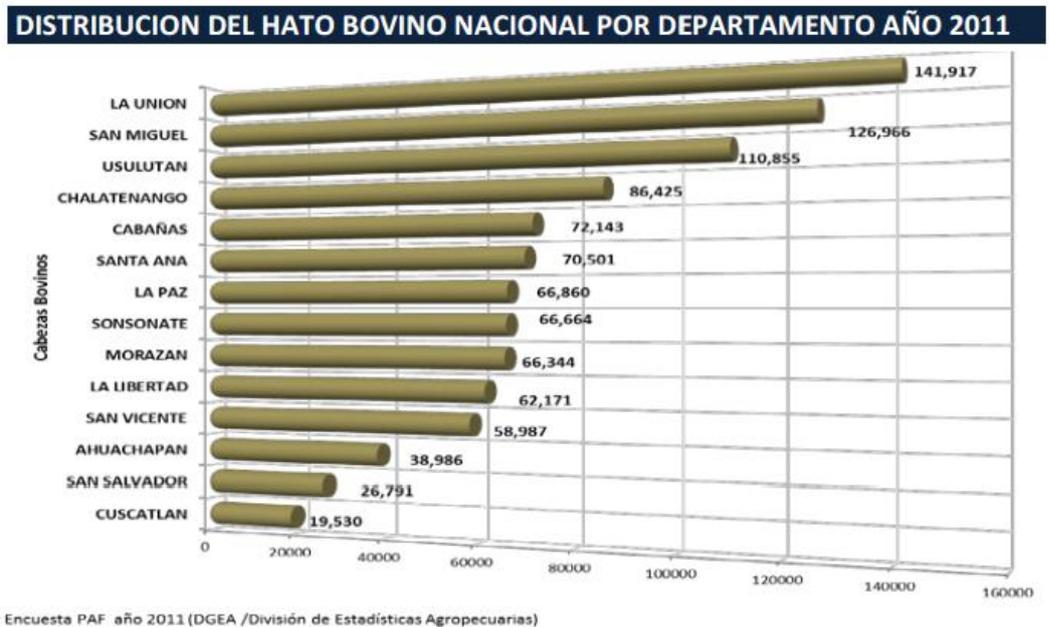
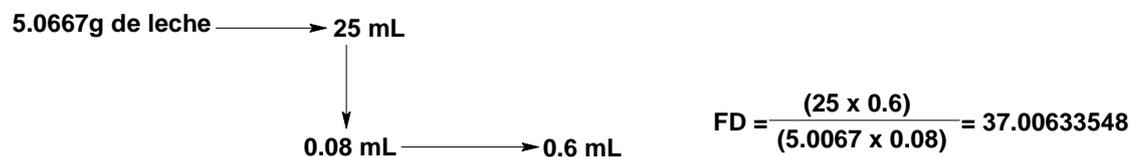


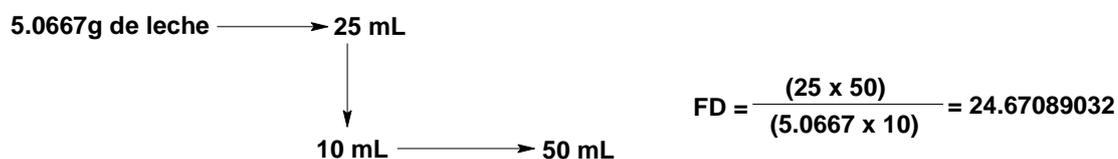
Figura 27: Distribución de hato bovino nacional 2011

## ANEXO Nº 19

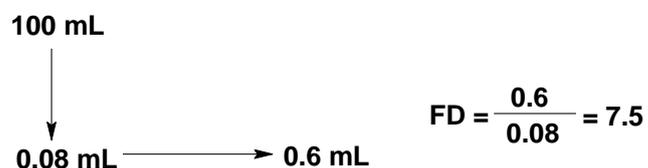
**ESQUEMA DE DILUCION DE MUESTRAS DE LECHE PARA PLOMO** (ejemplo de cálculos)



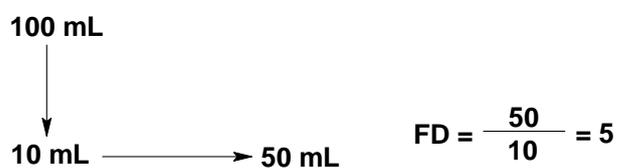
**ESQUEMA DE DILUCION DE MUESTRAS DE LECHE PARA ARSENICO**  
(ejemplo de cálculos)



**ESQUEMA DE DILUCION DE MUESTRAS DE AGUA DE CONSUMO ANIMAL PARA PLOMO** (ejemplo de cálculos)



**ESQUEMA DE DILUCION DE MUESTRAS DE AGUA DE CONSUMO ANIMAL PARA ARSENICO** (ejemplo de cálculos)



## ANEXO N° 20

**Cuadro N° 20:** Resultados de Arsénico en agua de bebida Animal

Código de muestra	Volumen de muestra (mL)	Lectura	Factor de dilución	Resultado ppb	Promedio ppb	Resultado ppm	Promedio ppm	Normativa
01-AG-HV	100	NC	5	NC	NC	NC	NC	<b>0.01 ppm</b>
	100	NC	5	NC		NC		
02-AG-HV	100	NC	5	NC	NC	NC	NC	
	100	NC	5	NC		NC		
01-AG-LP	100	NC	5	NC	NC	NC	NC	
	100	NC	5	NC		NC		
02-AG-LP	100	NC	5	NC	NC	NC	NC	
	100	NC	5	NC		NC		
01-AG-SR	100	NC	5	NC	NC	NC	NC	
	100	NC	5	NC		NC		
02-AG-SR	100	NC	5	NC	NC	NC	NC	
	100	NC	5	NC		NC		
01-AG-EC	100	0.878	5	4.391	4.310	0.004	0.004	
	100	0.846	5	4.229		0.004		
02-AG-EC	100	0.556	5	2.780	2.686	0.003	0.003	
	100	0.519	5	2.593		0.003		

**NC: No Cuantificable**

**Normativa según NSO 13.07.01:08**

## ANEXO Nº 21

**Cuadro Nº 21:** Resultados de Arsénico en leche cruda de vaca

Código de muestra	Peso de muestra	Lectura	Factor de dilución	Resultado ppb	Promedio ppb	Resultado ppm	Promedio ppm	Normativa
01-LE-HV	5.0667	0.238	24.671	5.877	5.974	0.006	0.006	<b>0.05 ppm</b>
	5.1353	0.249	24.341	6.071		0.006		
02-LE-HV	5.0667	0.227	24.671	5.603	5.610	0.006	0.006	
	5.1353	0.231	24.341	5.618		0.006		
01-LE-LP	5.1198	0.156	24.415	3.819	3.826	0.004	0.004	
	5.1203	0.157	24.413	3.833		0.004		
02-LE-LP	5.1198	0.155	24.415	3.772	3.766	0.004	0.004	
	5.1203	0.154	24.413	3.760		0.004		
01-LE-SR	5.0876	0.357	24.570	8.771	9.070	0.009	0.009	
	5.1099	0.383	24.462	9.369		0.009		
02-LE-SR	5.0876	0.334	24.570	8.206	8.249	0.008	0.008	
	5.1099	0.339	24.462	8.293		0.008		
01-LE-EC	5.1303	0.106	24.365	2.583	2.578	0.003	0.003	
	5.1011	0.105	24.505	2.573		0.003		
02-LE-EC	5.1303	0.102	24.365	2.485	2.517	0.002	0.003	
	5.1011	0.104	24.505	2.548		0.003		

**La normativa fue tomada del Codex Alimentarius 193-1995 a la cual nos refiere la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.01.01:06 LECHE CRUDA DE VACA ESPECIFICACIONES.**

## ANEXO Nº 22

**Cuadro Nº 22:** Resultados de Plomo en agua de bebida animal

Código de muestra	Volumen de muestra	Lectura	Factor de dilución	Resultado ppb	Promedio ppb	Resultado ppm	Promedio ppm	Normativa
01-AG-HV+HNO <sub>3</sub>	100	NC	7.5	NC	NC	NC	NC	<b>0.01 ppm</b>
	100	NC	7.5	NC		NC		
02-AG-HV+HNO <sub>3</sub>	100	NC	7.5	NC	NC	NC	NC	
	100	NC	7.5	NC		NC		
01-AG-LP+HNO <sub>3</sub>	100	NC	7.5	NC	NC	NC	NC	
	100	NC	7.5	NC		NC		
02-AG-LP+HNO <sub>3</sub>	100	NC	7.5	NC	NC	NC	NC	
	100	NC	7.5	NC		NC		
01-AG-SR+HNO <sub>3</sub>	100	NC	7.5	NC	NC	NC	NC	
	100	NC	7.5	NC		NC		
02-AG-SR+HNO <sub>3</sub>	100	NC	7.5	NC	NC	NC	NC	
	100	NC	7.5	NC		NC		
01-AG-EC+HNO <sub>3</sub>	100	NC	7.5	NC	NC	NC	NC	
	100	NC	7.5	NC		NC		
02-AG-EC+HNO <sub>3</sub>	100	NC	7.5	NC	NC	NC	NC	
	100	NC	7.5	NC		NC		

**NC: No Cuantificable**

**Normativa según NSO 13.07.01:08**

## ANEXO N° 23

**Cuadro N° 23:** Resultados de Plomo en leche cruda de vaca

Código de muestra	Peso de muestra	Lectura	Factor de dilución	Resultado ppb	Promedio ppb	Resultado ppm	Promedio ppm	Normativa
01-LE-HV-Pb	5.0667	NC	37.011	NC	NC	NC	NC	0.02ppm
	5.1353	NC	36.512	NC		NC		
02-LE-HV-Pb	5.0667	NC	37.006	NC	NC	NC	NC	
	5.1353	NC	36.512	NC		NC		
01-LE-LP-Pb	5.1198	NC	36.623	NC	NC	NC	NC	
	5.1203	NC	36.619	NC		NC		
02-LE-LP-Pb	5.1198	NC	36.623	NC	NC	NC	NC	
	5.1203	NC	36.619	NC		NC		
01-LE-SR-Pb	5.0876	NC	36.854	NC	NC	NC	NC	
	5.1099	NC	36.693	NC		NC		
02-LE-SR-Pb	5.0876	NC	36.854	NC	NC	NC	NC	
	5.1099	NC	36.693	NC		NC		
01-LE-EC-Pb	5.1303	NC	36.548	NC	NC	NC	NC	
	5.1011	NC	36.757	NC		NC		
02-LE-EC-Pb	5.1303	NC	36.548	NC	NC	NC	NC	
	5.1011	NC	36.757	NC		NC		

**NC: No Cuantificable**

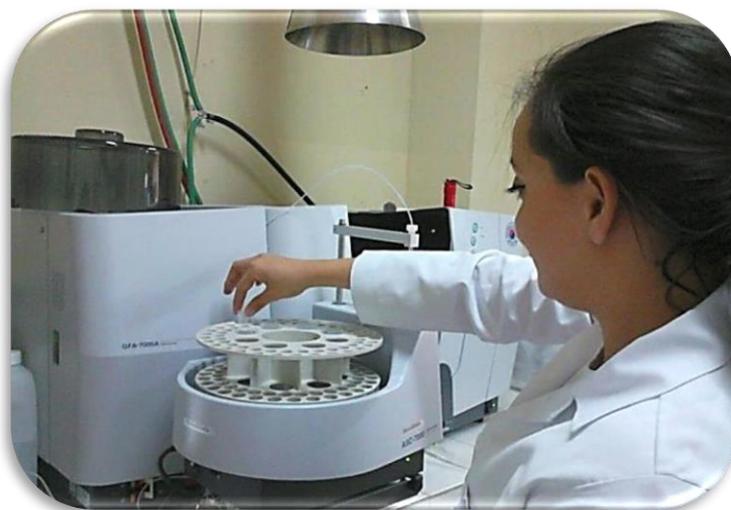
**La normativa fue tomada del Codex Alimentarius 193-1995 a la cual nos refiere la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 67.01.01:06 LECHE CRUDA DE VACA ESPECIFICACIONES.**

**ANEXO N° 24**

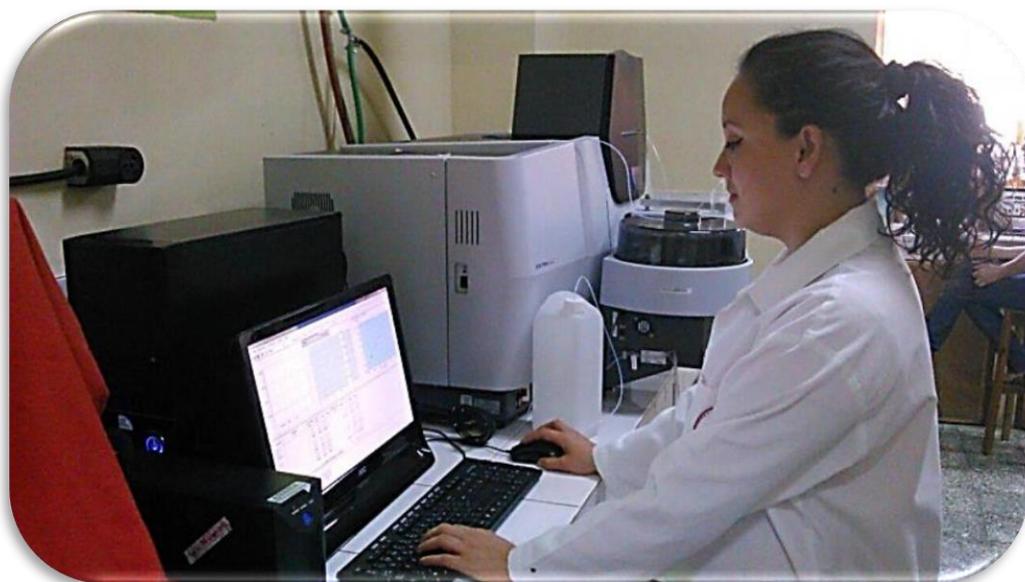
**FOTOS**



**Figura N° 28.** Procedimiento de pesada de las Muestras de leche.



**Figura N° 29.** Preparación del equipo y lectura de las muestras de agua y leche por el Espectrofotómetro de Absorción Atómica en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas



**Figura N°30.** Análisis de las muestras de agua y leche para la determinación de Plomo y Arsenico,



**Figura N° 31.** Sistema de ordeño especializado mecánico, Hacienda San Ramón y Hacienda Las Palmitas



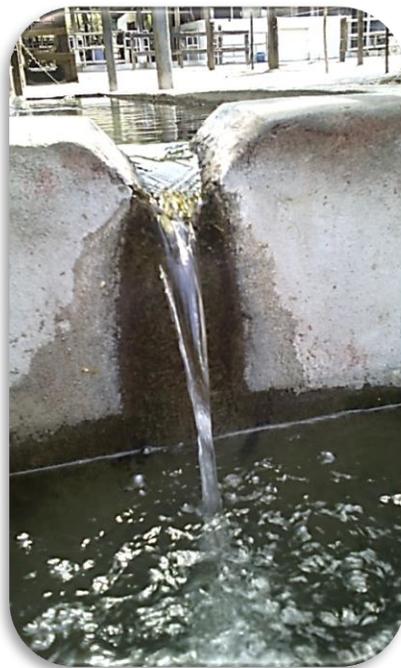
**Figura N°32.** Zona de preparación del ganado previo al ordeño, Hacienda Velesa.



**Figura N° 33.** Zona de descanso, Hacienda San Ramón



**Figura N° 34.** Tanques de almacenamiento de leche cruda, Hacienda San Ramón



**Figura N° 35.** Abrevadero Hacienda Las Palmitas



**Figura N° 36.** Torre de filtración del agua para bebida animal, Hacienda El Conacaste, con solo apreciar el color de las paredes del tanque de almacenamiento se puede tener una idea de la cantidad de hierro que poseen estas aguas



**Figura N° 37.** Pre-tratamiento de muestras de agua



**Figura N° 38.** Pre-tratamiento de muestras de leche cruda.