

18  
2019 09 18  
RECEBIDO  
SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA  
SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"ZARAGOZA"

# FALLA DE ORIGEN

"ANALISIS PROXIMAL Y EVALUACION DE  
Pb, Cd, Cr, Ni, Fe, Cu, Zn, Mg, Ca, EN LECHE; SUERO  
Y QUESO PROVENIENTES DEL MUNICIPIO DE  
IXMIQUILPAN, HGO."

## T E S I S

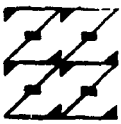
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO  
P R E S E N T A :  
JOSE LUIS CRUZ REYES

DIRECTOR:

M. en C. A. LOURDES CASTILLO GRANADA

MEXICO, D. F.

NOVIEMBRE DE 1995



LO HUMANO  
EJE  
DE NUESTRA REFLEXION



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Esta tesis fue realizada en el Laboratorio de Espectroscopia L-328, L-314, en el C-II de la Facultad de Estudios Superiores "Zaragoza" y en el Laboratorio de Alimentos (LABDEA) 4-A de la Facultad de Química, UNAM, bajo la dirección de la M. en C. A. Lourdes Castillo Granada.

## **AGRADECIMIENTOS:**

### **A MI ASESOR:**

M. en C. A. Lourdes Castillo Granada

Por las enseñanzas, apoyo y confianza brindadas durante el desarrollo de este trabajo.

### **A LA MAESTRA:**

M. en C. Lucia Cornejo B.

Por las facilidades prestadas para la realización del presente trabajo en la Facultad de Química, Laboratorio de Alimentos, (LABDEA) 4-A Del cual es responsable.

### **A LOS PROFESORES:**

BIÓLOGA MARICELA ARTEAGA MEJÍA  
M. en C. MIGUEL CASTILLO GONZÁLEZ

Por el apoyo brindado durante la realización del presente trabajo.

### **Al jurado.**

**PRESIDENTE: Q.F.B. JOSÉ PONCE GUERRERO**  
**SECRETARIO: I.B.Q. VÍCTOR CORVERA PILLADO**  
**VOCAL: M. en C. A. LOURDES CASTILLO GRANADA**  
**SUPLENTE: BIOL. MARICELA ARTEAGA MEJÍA**  
**SUPLENTE: M. en C. MIGUEL CASTILLO G.**

Por el valioso tiempo cedido para la revisión del presente trabajo, así como los consejos vertidos para el mismo.

## **DEDICATORIAS:**

### **A DIOS:**

Por dame el don más preciado, el don de la vida.

### **A MIS PADRES:**

*MARGARITO CRUZ N.  
ALEJANDRA REYES M.*

Por el amor, cariño, comprensión y apoyo moral y económico dados durante el desarrollo profesional ya que este es el resultado de su esfuerzo.

### **A MIS PADRINOS:**

*JOSÉ LUIS Y JOSEFINA*

Por el cariño y consejos que siempre me han brindado para continuar adelante.

### **A MIS HERMANOS:**

*JAVIER, YAZMIN Y GUADALUPE.*

Por su motivación y apoyo dados a lo largo de nuestra vida.

### **A MIS AMIGAS:**

*ADRIANA, ELVIRA, GINA Y MARCELA*

Por su amistad que espero prosiga.

## ÍNDICE

	Pag
1. <i>Introducción</i>	1
2. <i>Fundamentación</i>	2
2.1. <i>Antecedentes</i>	
2.1.1. <i>Queso</i>	6
2.1.2. <i>Suero</i>	7
2.1.3. <i>Análisis proximal</i>	
2.1.3.1. <i>Humedad</i>	8
2.1.3.2. <i>Cenizas</i>	9
2.1.3.3. <i>Proteínas</i>	10
2.1.3.4. <i>Grasas</i>	11
2.1.3.5. <i>Carbohidratos asimilables</i>	12
2.1.4. <i>Elementos en leche, suero y queso</i>	
2.1.4.1. <i>Cobre</i>	13
2.1.4.2. <i>Zinc</i>	15
2.1.4.3. <i>Hierro</i>	17
2.1.4.4. <i>Plomo</i>	19
2.1.4.5. <i>Cadmio</i>	21
2.1.4.6. <i>Níquel</i>	22
2.1.4.7. <i>Cromo</i>	24
2.1.4.8. <i>Sodio</i>	25
2.1.4.9. <i>Potasio</i>	26
2.1.4.10. <i>Calcio</i>	28
2.1.4.11. <i>Magnesio</i>	29
2.1.5. <i>Espectrofotometría de Absorción Atómica</i>	30
2.1.6. <i>Descripción del área de estudio</i>	32
3. <i>Planteamiento del problema</i>	35
4. <i>Objetivos</i>	37
5. <i>Hipótesis</i>	38
6. <i>Material e Instrumentos</i>	39
7. <i>Metodología</i>	40
8. <i>Resultados</i>	46
9. <i>Discusión de resultados</i>	70
10. <i>Conclusiones</i>	73
11. <i>Bibliografía</i>	75

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se analizaron muestras de leche, suero y queso provenientes del Municipio de Ixmiquilpan Estado de Hidalgo, ya que esta es una zona agrícola muy importante del país y es regada con aguas residuales provenientes de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Las aguas residuales representan una fuente de contaminación ya que se encuentran en gran parte constituidas por desechos orgánicos e inorgánicos, entre los cuales se pueden citar a los hidrocarburos, metales pesados, detergentes, grasas, entre otros. Al ser empleadas estas aguas con fines agrícolas en el riego de hortalizas y forrajes y estos últimos al ser consumidos por el ganado constituyen una fuente potencial de contaminación de metales pesados y sustancias tóxicas de los productos alimenticios derivados del ganado como son en este caso leche, suero y queso, que además son alimentos importantes en la dieta del mexicano, por lo que se hace conveniente y necesario la evaluación de los niveles de concentración de metales, así como la evaluación del análisis proximal para determinar si existe una disminución en el contenido nutricional de dichos alimentos y si los niveles de metales pesados no representan un riesgo para la salud.

Se realizó el Análisis Proximal y la evaluación de metales pesados tanto constituyentes como contaminantes en leche, suero y queso. El Análisis Proximal consistió en la determinación de Humedad, Cenizas, Proteínas, Grasa y Carbohidratos asimilables. La determinación de metales pesados tanto constituyentes como contaminantes se realizaron mediante las técnicas de Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama (Cu, Zn, Fe, Ca, Mg, Pb, Cd, Cr y Ni) y Espectrofotometría de Emisión Atómica con llama (Na y K).

Los resultados obtenidos muestran datos importantes ya que el Calcio uno de los elementos mayoritarios de la leche, suero y queso, presenta una disminución significativa respecto a los valores descritos en la literatura. El Magnesio se encuentra elevado sobre todo en suero y queso. De los metales tóxicos el plomo presenta una concentración muy elevada en queso, el Cadmio también presenta una mayor concentración en el queso por lo que rebasa las condiciones de normatividad establecidas para este elemento.

El análisis proximal muestra niveles comparables con lo descrito en la literatura lo que evidencia que la presencia de los metales pesados no interfieren de forma importante para la disminución del contenido nutricional de dichos alimentos (leche, suero y queso), por lo que todo se enfoca a un efecto tóxico de su presencia en estos alimentos.

## ***1. INTRODUCCIÓN***

En la actualidad debe prestarse atención especial a la posibilidad de contaminación de los alimentos con compuestos tóxicos que pueden ocurrir accidentalmente y que proceden de diversas fuentes. Como ejemplo de tales contaminaciones tenemos: componentes de las emisiones generadas en la combustión del petróleo, gasolina, etc., radionúclidos procedentes de la lluvia radioactiva, o emisiones debidas a procesos industriales, entre otros.

Dentro de las medidas necesarias para evitar la contaminación está el establecimiento de una legislación con estándares legales que permitan desechar, limitar o controlar el uso de los potentes contaminantes de los alimentos y los procesos asociados con la producción, distribución, procesamiento y almacenamiento de los mismos.

El hombre está ligado a la presencia de sustancias contaminantes al aplicar indebidamente plaguicidas, el uso de productos medicinales en los animales, así como el riego de zonas agrícolas con aguas residuales.

Por diversas razones la evaluación toxicológica de un contaminante presente en los alimentos puede resultar una tarea difícil, en primera instancia debido a la carencia de datos suficientes para todos los compuestos, así como de sus productos de degradación. Además, para el caso de productos alimenticios de origen animal, los riesgos de contaminación y calidad nutricional pueden verse modificados por la edad, sexo, estado de salud o por el consumo habitual de un tipo de alimento del ganado en particular. Basados en estas consideraciones cualquier declaración de "concentración tolerable" debe tener en cuenta factores de seguridad (1).

De manera paralela es importante tener un control de los componentes nutricionales de los alimentos y asegurar que al incluirlos en una dieta determinada aportan los nutrimentos adecuados. La evaluación de la calidad alimenticia de los alimentos estudiados en el presente trabajo, se realizó a través del Análisis Proximal, el cual consistió en determinar el contenido de humedad, cenizas, proteína cruda, grasa cruda y por diferencia del 100% se calculan los carbohidratos asimilables (2).

La elección de la zona de muestreo se realizó en el Municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo la cual es una zona de riego muy importante en la República Mexicana donde se utilizan, de manera intensiva, aguas residuales para el riego de los cultivos de forrajes que sirven como fuente de alimento para el ganado vacuno.



## 2. FUNDAMENTACIÓN

La leche es una sustancia única, tradicionalmente se considera compuesta por tres sustancias distintas, nata, suero y cuajada. Pese al tiempo transcurrido ésta es todavía una aproximación válida a la composición de la leche. El suero es el subproducto proveniente de la producción de quesos, la nata es la parte grasa y la cuajada la proteica (3).

Las definiciones legales varían en los distintos lugares. El *United States Public Health Service* procura sin embargo, ejercer una influencia unificadora, con la siguiente definición propuesta en su *Milk Ordinance and Code-1953*, dice que "La leche es el producto de la secreción láctea, prácticamente exenta de calostro, obtenida por ordeño completo de una o más vacas en perfecto estado sanitario, conteniendo no menos de 8.25% de extracto seco magro, y no menos de 3.25% de grasa de leche".

Hay definiciones que suelen dar además de los porcentajes mínimos de grasa y extracto seco magro, límites de carga bacteriana. Por ejemplo el *Connecticut General Statute 22-152* establece que "la leche no pasteurizada debe contener no más de 300,000 UFC/ml, determinadas por recuento en placa" (4).

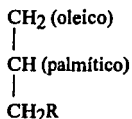
Tras el parto, todas las hembras de cualquier especie de mamíferos segregan leche destinada a nutrir a sus crías. El producto de la secreción durante las primeras fases de lactación recibe el nombre de calostro. Se trata de un líquido amarillo espeso cuya composición difiere tanto en el aspecto cuantitativo como en el cualitativo de la leche propiamente dicha.

Desde un punto de vista cualitativo la leche producida por las distintas especies de mamíferos ofrece una composición muy similar, difiere, sin embargo, en las proporciones relativas de sus constituyentes mayoritarios. Así como en su contenido de cenizas, donde los porcentajes promedio son 0.71 para leche de vaca.

Los constituyentes que la distinguen de cualquier otro tipo de alimento, son el carbohidrato lactosa, que es un disacárido constituido por una molécula de glucosa y otra de galactosa (D-glucopiranosil-4-β-D-galactopiranosido); y la caseína, que es una proteína formada por un complejo de fosfoproteínas; la electrofóresis permite detectar pequeñas diferencias entre las caseínas de diferentes especies.

El contenido de grasa de la leche de vaca varía con la raza: la Holstein tiene un promedio de 3.5%; la Jersey un 5.2%, sin embargo se dan variaciones individuales mucho más importantes. La grasa de la leche es una mezcla de glicéridos de más de 16 ácidos grasos, con la distribución siguiente: Butírico 3.5%; Caproico 2%;

Caprílico 1%, Cáprico 2%; Láurico 2.5%; Mirístico 10.5%, Palmítico 25%, Esteárico 10.5%, Araquídico 5%; Oleico 33%, Linoleico 4%, C<sub>20</sub>-C<sub>22</sub> no saturados 1%. Aproximadamente la mitad de ellos son líquidos a temperatura ambiente. Los glicéridos de la leche son de tipo mixto y su fórmula es la siguiente:



Donde R representa uno de los ácidos grasos de menor peso molecular.

El 5% del nitrógeno total de la leche está representado por sustancias nitrogenadas no proteicas y el 95% restante por proteínas. El contenido proteico de la leche está constituido por un 78.5% de caseína, 4% de proteasa-peptona, 3.3% de globulinas y 2.2% de albúminas (5).

La leche tiene un alto porcentaje de agua, es menos dulce de lo que pudiera uno esperar por el contenido de azúcar de aproximadamente 5%, ya que la lactosa tiene un bajo valor edulcorante, es una buena fuente de proteínas de alta calidad. La vaca convierte la proteína vegetal en proteína alimenticia con una eficiencia del 31%, es la conversión más alta para cualquier proteína animal (6).

Este alimento contiene muy poco Fe, es una buena fuente de P y una excelente fuente de Ca. La vitamina A y poca tiamina se encuentran en la grasa. Es una buena fuente de niacina y excelente de riboflavina, ésta última otorga la fluorescencia verdosa al suero, se encuentra influenciada por la alimentación de la vaca y por el flujo de la leche. La riboflavina en la leche se destruye con facilidad si la leche se expone a la luz solar brillante (7).

El azúcar de la leche o lactosa, cuatro vitaminas liposolubles: tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico, así como parte de los minerales, cloruros y citratos además de iones de K, Mg y Na y el fosfato de calcio se encuentran disueltos en el 87% de agua que contiene la leche (8).

Las estadísticas muestran que se consumen 121 lt/hab/año de leche, donde el 75% es de larga duración; 6 kg/hab/año de queso; 7.4 kg/hab/año de yoghurt, postres, dulces y 2 kg/hab/año de cuajada, y 0.9 kg/hab/año de nata (9).

El concepto de inocuidad biológica es importante tanto desde el punto de vista sanitario como por los problemas microbiológicos responsables de alteraciones y pérdidas económicas considerables en la industria láctea. En el mismo sentido, la calidad es el primer parámetro que busca el consumidor, por ello son interesantes estos estudios con el fin de conocer el grado de cumplimiento de los productos en el mercado (10, 11).

En los últimos años se viene prestando una atención especial a la presencia de los metales pesados en el medio y en todos los sustratos, tanto abióticos como bióticos, cuyas tasas superan los niveles naturales; estos elementos se caracterizan por su elevada persistencia y toxicidad, y que pueden presentarse en la leche y derivados lácteos. Algunos de estos metales, como el Hg, Cd y Pb, son totalmente ajenos a la vida, y su presencia provoca serias alteraciones en la biología de los seres vivos, especialmente en el hombre, acumulándose en determinados órganos, siendo difícil su eliminación aún a bajas concentraciones (12, 13).

La acción tóxica de estos metales se manifiesta en forma diversa. Así, el Cd puede interferir algunas reacciones enzimáticas del organismo por sustitución del Zn y otros metales, manifestándose su acción en diversos procesos patológicos, entre los que se incluyen disfunciones renales, hipertensión, arteriosclerosis, inhibición del crecimiento y daños en el sistema nervioso central. El Pb incide sobre el tracto gastrointestinal y el sistema nervioso central, con síntomas que van desde los cólicos hasta la encefalitis, y el Hg provoca desordenes sensoriales, ataxia, constricción concéntrica del campo visual, desajuste de audición y disturbios en el sistema nervioso autónomo y extrapiramidal.

La toxicidad de estos compuestos ha llevado al Comité Mixto FAO/OMS sobre el establecimiento de límites de tolerancia del aporte diario de estos metales en el organismo, cifrándolos por debajo de 1  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de peso corporal en el caso del Cd, 0.05  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para Pb y 0.7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para el Hg. Las concentraciones máximas admitidas en alimentos, establecidas por el mismo Comité, son: 1  $\mu\text{g}/\text{g}$  para Cd, 0.3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para Pb y 0.5  $\mu\text{g}/\text{g}$  para Hg. Muy pocos países han establecido, en sus legislaciones alimentarias, límites de tolerancia para el contenido de metales pesados en alimentos. Algunos establecen un límite general para todos ellos, y otros abarcan solamente algunos productos específicos (14).

La leche contiene aproximadamente 1.1% de sales de gran importancia para la nutrición humana. Dos de los elementos, presentes en la leche, Ca y Mg, son además necesarios desde el punto de vista nutritivo en cantidades relativamente grandes para la formación de huesos y dientes (15).

Los componentes minerales de los alimentos presentan un interés notable, en tanto que participan de forma esencial en los procesos bioquímicos. De los elementos mayoritarios de la leche, el Ca y Mg están principalmente unidos a la caseína, mientras que el K, Na y Cl están en la solución acuosa. El Calcio contribuye además al mantenimiento de la estabilidad de las caseínas (16).

Actualmente México ocupa el segundo lugar a nivel mundial en el uso de aguas residuales con fines de riego agrícola, el municipio de Ixmiquilpan ubicado a 84 Km de Pachuca cuyas tierras son regadas con aguas residuales y aguas blancas. Sin embargo estas aguas que anteriormente solo llevaban desechos orgánicos ahora presentan un alto contenido de metales pesados además de otros contaminantes, los cuales ocasionan daños por su acumulación en suelo y pueden ser incorporados directamente a los cultivos y de ahí afectan tanto a animales como al hombre. Si el ganado se alimenta con agua, pastos y forrajes contaminados se puede suponer que los productos como la leche y sus derivados se verán afectados. Las aguas residuales, son una mezcla compleja que entre sus constituyentes se encuentran microorganismos, sólidos, materia orgánica y constituyentes inorgánicos como son: cloruros, carbonatos, bicarbonatos, detergentes, elementos como Ca, Mg, Cu, Fe y elementos considerados como tóxicos aún a bajas concentraciones como son Cr, Cd, Hg, Pb y As, entre otros (17).

## **2.1. ANTECEDENTES**

### **2.1.1. QUESO**

El queso de leche de vaca, con su amplia variación de sabores, potenciados o no por adición de especias o de hierbas aromáticas, permite complacer a casi todos los gustos. Se tienen los quesos blancos, magros o enteros blancos y sin madurar, todos ellos aportando una notable cantidad de proteínas de alto valor alimenticio, bioenzimas y sales minerales, destacando su contenido en calcio (18).

El queso es el producto obtenido mediante la coagulación de la leche y eliminación del suero. Puede ser hecho de diferentes tipos de leche y diferentes técnicas, según la clase de queso que se desee obtener (19).

Durante la fabricación de queso, se reducen significativamente las vitaminas hidrosolubles debido a su eliminación parcial con el suero. El calcio sin embargo, no se reduce en los quesos preparados con cuajo puesto que permanece en las micelas de caseína coaguladas; a diferencia de los quesos de coagulación ácida (20, 21).

La proteína principal de la leche es la caseína, representando el 77-82% de sus proteínas totales. Por acción del cuajo o ácidos precipita produciendo una masa coagulada llamada cuajada que, además de caseína, arrastra grasa, agua y algunas sales. Esta masa coagulada es la que después de prensada, salada y madurada se convertirá en el queso. De ahí que la palabra caseína derive del latín *caseus*, que quiere decir queso (22).

### **2.1.2. SUERO**

El suero es un subproducto de la elaboración de quesos o mantequilla, el de mantequería difiere poco en composición mineral respecto a la leche, ya que contiene minerales, proteínas, carbohidratos y son suplementos adecuados para las dietas que reciben cerdos y aves, particularmente por su elevado contenido en calcio. El suero de quesería no es tan rico en calcio y fósforo como la leche desnatada o el suero de mantequería, porque mucho fósforo y una proporción de calcio y de otros minerales de la leche permanecen en el coágulo que se forma en el proceso de fabricación del queso (19, 23).

Actualmente existen varias técnicas para la utilización y procesamiento del suero. Algunas son aún muy costosas para nuestro país. Sin embargo, es necesario saber que hay una gran variedad de usos del suero y que posiblemente uno de estos usos puede ser empleado por las compañías de quesos en México.

El procesamiento del suero no solamente ayudaría a producir alimentos populares a precios bajos sino también a reducir el problema de contaminación de nuestros ríos y lagos.

El suero de leche también se utiliza como fuente de lactosa en la manufactura de alimentos infantiles, principalmente leche. Normalmente el suero tiene que ser desmineralizado antes de ser usado, ya que la alta cantidad de sales en el suero es peligroso para niños menores de 5 años (24).

## **2.1.3. ANÁLISIS PROXIMAL**

### **2.1.3.1. HUMEDAD**

La leche es un producto de gran complejidad química y física a pesar que aproximadamente el 87% esté constituido por agua. Por esto resulta de gran interés su comportamiento en las distintas etapas nutritivas, ya se trate de la digestión, absorción, aprovechamiento metabólico o excreción (25).

El contenido de agua puede variar de 84 a 89%; en algunos casos, una leche normal puede exceder estos límites. El porcentaje de agua es también afectado por la variación en contenido de cualquiera de los otros constituyentes. El agua que forma parte de la leche así como el de otros alimentos, sirve como medio disolvente o de suspensión para las sustancias que la constituyen.

El contenido de agua en la leche hace que algunas personas duden de su valor alimenticio, cabe aclarar que gracias a esa cantidad de agua, la distribución de sus componentes es bastante uniforme y permite que pequeñas cantidades de leche contengan casi todos los nutrientes proporcionados en esta (26).

La leche animal se compone principalmente de agua (80-90%) en la que se encuentran disueltas o en suspensión las proteínas, la lactosa (el azúcar de la leche), minerales y vitaminas hidrosolubles. El aspecto lechoso característico de la leche se debe principalmente a las proteínas y sales de calcio disueltas en ella (27).

### 2.1.3.2. CENIZAS

El contenido de cenizas en la leche es de 0.7%, pocos alimentos, dentro de los que comúnmente forman la dieta cotidiana, son tan ricos en minerales en cantidad y variedad. Las cenizas tienen su origen en los minerales, que se encuentran formando sales en su mayoría. Cabe mencionar la existencia en la leche de una sustancia, el ácido cítrico, en cantidades que oscilan entre 0.2 y 0.4%, que forma sales muy solubles y de muy fácil aprovechamiento, lo que hace que su presencia en este alimento adquiera particular importancia. Existe en la leche en forma de citrato tricálcico, tripotásico y trimagnésico.

Otras sales son las constituidas por cloruro de sodio, cloruro de potasio, variados fosfatos: monopotásico, dipotásico, monomagnésico, monocálcico y tricálcico. Resultan ser trascendentes tanto para la alimentación como por el papel en la coagulación de la leche, la presencia de caseinatos de calcio y fosfotricálcicos de sodio y de potasio.

Los caseinatos son separados por procedimientos industriales de las leches y convertidos en polvos, sirven como alimentos utilizados en regímenes especiales. Desafortunadamente, también se utilizan en la elaboración de plásticos, restándose así la existencia de estas proteínas, de tan elevado valor biológico, de su destino alimentario (28).

Las sales desempeñan un papel muy importante en la estabilidad térmica de todos los productos lácteos, de tal manera que si se añaden iones calcio y magnesio existe la tendencia a que el sistema proteínico se desestabilice; por el contrario los citratos y los fosfatos lo estabilizan.

La relación de calcio a fósforo que existe en este alimento es la adecuada para que exista buena absorción y buen aprovechamiento de ambos elementos. Cabe indicar que los contenidos de calcio y de fósforo disminuyen en las primeras semanas de lactancia y aumentan en las últimas.

En la leche se encuentran también otros elementos como aluminio, boro, bromo, cobre, cromo, yodo, hierro, manganeso, zinc y rastros de arsénico, de cobalto y plomo. Dado que las vacas que padecen *mastitis* segregan leches con un alto contenido de cloruros, la concentración de estos se ha utilizado como un índice de sanidad de las vacas (5).



### 2.1.3.3. PROTEÍNAS

La leche es un buen alimento debido a la alta calidad de sus proteínas, su contenido es alrededor del 20% de las sustancias presentes. Estas proteínas se han dividido en dos grupos: las caseínas que representan 80% del total, y las proteínas del suero o seroproteínas que constituyen el 20% restante.

Cuando su determinación global se lleva a cabo por el método de *Kjeldahl*, también se incluye en la cuantificación del nitrógeno total un 5% de este elemento que no es proteínico, sino que proviene de compuestos como aminoácidos, amoníaco, adenina, guanina, ácido orótico, ácido hipúrico, urea, creatina, creatinina, ácido úrico y otros (5).

Se han descrito cuatro tipos de caseínas que se denominan  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\kappa$ . Están en una proporción de 50, 30, 5 y 15% del total; se diferencian estas subunidades por el contenido de ácido fosfórico que esterifican los OH de aminoácidos como la serina, arginina y triptofano; pero en el caso de la fracción kappa además contiene ácido siálico. Fue la última en ser descrita y parece desempeñar un papel importante al evitar la agregación y precipitación de las partículas coloidales (coagulación) al impedir que el calcio de las caseínas se separe. También el calcio y en menor escala el sodio y el potasio, forman parte de las caseínas, y son muy importantes las formas de fosfato tricálcico por el gran aporte nutricional de este catión que se origina vía el consumo de leche y derivados.

Las proteínas del suero muestran un distinto comportamiento frente al calor si se les compara con las caseínas. Precipitan a unos 70°C, encerrando en su coágulo partículas de grasa y caseína. Otra condición importante, atribuida a una fracción de las albúminas, la beta es que cuando se desnaturaliza, es absorbida por las partículas de caseína, lo que traería dificultades en la formación de un coágulo consistente, necesario para elaborar algunos tipos de quesos (28).

### 2.1.3.4. GRASAS

La cantidad de grasa que puede contener la leche varía entre 2.5 y 5.0% con un promedio de 3.75%, dependiendo de la raza de bovinos y su estado de nutrición; aunque se determina que deberá contener un mínimo de 3.0%. Es con este 3.0% mínimo que se expende la mayor parte de la leche que se consume en el mercado. Las partículas que forman la emulsión tienen un diámetro entre 3 y 4  $\mu$ . Están formadas por triglicéridos (98 a 99%) caracterizados por ser en su gran mayoría formados por ácidos grasos totalmente saturados o monoinsaturados, como el oleico; escasamente entre el 4 y 5% de la totalidad de los ácidos grasos son poliinsaturados, entre los cuales prevalece el ácido linoleico (29).

Una característica poco común entre las grasas disponibles en los alimentos, en general se da en el caso de la leche: el 8% del total es de cadena corta, es decir, tienen entre 4 y 10 átomos de carbono en su molécula, y son el butírico, caproico, cáprico y caprílico. Los dos primeros, arrastrables por vapor de agua, dan el clásico aroma que se percibe cuando se hierva leche. Esta presencia de ácidos de cadena corta, un tanto inusitada en alimentos, se debe a la absorción que de ellos realizan los rumiantes gracias al metabolismo de las bacterias del rumen sobre los alimentos que el animal ingiere.

La película o falsa membrana que recubre al glóbulo está formada por fosfolípidos lecitina (que tiene un gran poder emulsificante), glucolípidos, parte del colesterol total, lipoproteínas, carotenos y vitamina A. Esta alta complejidad de la partícula de grasa explica que su comportamiento no sea menos llamativo. Forma una perfecta emulsión que, aunque a veces parezca desaparecer por sobrenadar en recipientes con leche, basta agitar para comprobar que se dispersa nuevamente. Esta grasa tiene una densidad de 0.93.

La grasa de la leche se halla en un estado de sobrefusión, lo cual significa que permanece líquida en ella, a temperaturas en que debería estar sólida. Su temperatura de fusión se da a los 30°C y, sin embargo esta líquida por debajo de ella en la leche. Cuando se desea una perfecta distribución de la grasa en el envase se procede previamente a *homogenizarla*. Esta operación la realizan las usinas pasteurizadoras, que dejan pasar la leche a gran presión a través de membranas de poros microscópicos que otorgan aún menor diámetro a los glóbulos de grasa (28).

### 2.1.3.5. CARBOHIDRATOS ASIMILABLES

Se han detectado pequeñas cantidades de glucosa (0.1%), por lo que su presencia no implica mayor valor nutricional. Si lo tiene en cambio, la existencia de lactosa, cuya cantidad se evalúa entre 4.5 y 5.5%. Este disacárido, formado por glucosa y galactosa se origina de la glándula mamaria. Proporciona un suave sabor dulce a la leche, ya que su poder edulcorante es entre 5 y 6 veces menor que el de la sacarosa.

La síntesis de la lactosa tendría lugar por influjo del sistema lactosa-sintetasa, formada por dos enzimas: la  $\alpha$ -lactoalbúmina y la uridindifosfo-galactosil-transferasa. La lactosa está en dos formas isoméricas,  $\alpha$  y  $\beta$ , en la proporción de 40 y 60%, respectivamente, y 15 y 85% para la leche humana. es por esta razón que en las llamadas leches maternizadas, la industria ha tratado de semejar estas proporciones, ya que a la  $\beta$ -galactosa se le atribuye un efecto favorecedor sobre la flora intestinal del lactante, con predominio del lactobacilo *bifidus* (30).

Este azúcar favorece la presencia en la leche de bacterias formadoras de ácido láctico que ejerce favorable influencia en las condiciones sanitarias del producto y es motivo para su transformación en subproductos, tales como yoghurt, kefir, cuajadas, quesos, etc. La presencia de la lactosa origina problemas digestivos comunes en la población adulta que hace difícil su digestión. Normalmente, ésta se realiza en el yeyuno merced a la existencia de una enzima, la lactasa, que la hidroliza en sus dos componentes galactosa y glucosa. De esa forma, se absorben sus componentes sin inconvenientes. La cantidad de lactasa es abundantes en el lactante, pero a medida que el ser humano crece y, en especial, sino toma leche frecuentemente, comienza a desaparecer. Esto ha hecho pensar que la persistencia de la lactasa en los adultos es un fenómeno inducido.

Los estudios epidemiológicos han demostrado que los pueblos que mejor toleran la ingestión son los nórdicos, mientras que algunas tribus africanas, que no utilizan leche en su alimentación habitual no la toleran en su mayoría. Es común encontrar en poblaciones como la nuestra entre el 10 y 15% de personas adultas que no toleran la leche por las razones antes mencionadas. Por ello, la industria lechera ha puesto en el mercado leches en las cuales se ha hidrolizado previamente la lactosa en valores de hasta el 80%, volviéndolas tolerables. Se presentan en forma líquida o de leches en polvo (28).

## **2.1.4. ELEMENTOS EN LECHE, SUERO Y QUESO**

### **2.1.4.1. COBRE**

El contenido de cobre en leche varía con la especie, estado de lactancia y alimentación del animal. En todas las especies el calostro es tan rico en cobre como la leche y generalmente disminuye cuando termina la lactancia. Beck (1941) encontró que la leche de ovejas sanas disminuyen desde 0.2-0.6µg/ml al comienzo de la lactancia, hasta 0.04-0.16 µg/ml varios meses después. Niveles anormales de cobre en leche de vaca y ovejas en pasturas deficientes en este elemento, han sido descritos en la literatura, con valores entre 0.01-0.02 µg/ml

Adicionando cobre a las diferentes dietas, se observa un efecto pequeño en el contenido final en la leche de vacas, cabras y mujeres. Después de 2-4 semanas de lactancia alrededor del 15% de cobre en leche de vaca es asociada con las grasas. Mientras que después de 15 semanas la proporción así asociada aumenta hasta 35% (31).

## **METABOLISMO**

### **ABSORCIÓN**

Es absorbido en estomago e intestino delgado. El grado de esta absorción es influenciado por la cantidad y forma química del cobre ingerido, por el nivel en la dieta de varios iones metálicos de sustancias orgánicas y por la edad del animal. Existe evidencia limitada que la absorción desde el intestino es regulado de acuerdo a la necesidad corporal del mismo (32).

El cobre aparece en el alimento en muchas formas y combinaciones químicas las cuales afectan su disponibilidad en el animal. El cobre en red y en forma de óxido es menos disponible que las sales solubles en agua o los carbonatos. La aparición relativa de sales de cobre en la sangre está en el siguiente orden:  $\text{CuCO}_3 > \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 > \text{CuSO}_4 > \text{CuCl}_2 > \text{Cu}_2\text{O} > \text{Cu}^\circ$  (13).

Cambios en las formas químicas de cobre en las plantas afecta la disponibilidad para el ganado, la hierba verde fresca es menos efectiva en promover al cuerpo almacenar cobre, en comparación con forraje o hierba seca (33).

## **EXCRECIÓN**

En todas las especies estudiadas una alta proporción del cobre ingerido aparece en las heces. Mucho de este normalmente no se absorbe pero la excreción activa ocurre por medio de la bilis. Cartwright y Wintrobe (1964) han estimado que de los 2-5 mg/día/Cu ingerido por el hombre, 0.6-1.6 mg (32%) es absorbido, 0.5-1.3 mg es excretado en la bilis, 0.1-0.3 mg pasan directamente al intestino y 0.01-0.06 mg aparecen en la orina. Valores reportados para concentración urinaria de cobre en humanos y por la pequeña cantidad excretada diariamente en la orina son extremadamente variables. Giorgio y colaboradores (1964) estimaron la excreción urinaria de 20 adultos sanos siendo  $21 \pm 5.2 \mu\text{g/día/Cu}$ , este valor es comparable con los niveles principales de  $30 \mu\text{g/día/Cu}$  reportados mucho antes por Van Ravesteyn (1944) pero es mucho mas bajo que los  $60 \mu\text{g/día/Cu}$  dados por el promedio urinario de hombres adultos reportados por Schroeder y colaboradores (1966). En la enfermedad de Wilson los niveles pueden alcanzar  $1500 \mu\text{g/día/Cu}$ . En nefrosis el exceso urinario de cobre ocurre como un complejo Cu-proteína no dializable, parcialmente como ceruloplasmina.

Cantidades insignificantes de cobre se pierden en el sudor y flujo menstrual normal. La pérdida en la leche durante la lactancia humana es aproximadamente  $0.4 \text{ mg/día/Cu}$ , pero esto no es una evidencia que imponga un stress nutricional.

## **COBRE EN ALIMENTOS Y DIETAS**

Quesos, y leche, son fuentes relativamente pobres en el contenido de cobre con valores entre  $0.03\text{-}0.29 \text{ ppm}$ .

## **TOXICIDAD**

El envenenamiento crónico puede ocurrir en animales bajo condiciones de alimentación natural como una consecuencia de consumo excesivo de cobre, contenido en sales o mezclas, provenientes del uso discreto de purgantes que contienen cobre, contaminación de los alimentos con compuestos de cobre en fuentes agrícolas o industriales y al dar a cerdos cobre adicional como estimulante del crecimiento. En todos los animales la ingestión continua en exceso produce su acumulación en los tejidos, especialmente en el hígado. La capacidad hepática para almacenar y tolerar altas ingestas varía grandemente entre especies (31).

Interacciona metabólicamente con otros elementos tales como el Zn, Fe, Cd y Mo, esto no permite dar un máximo o mínimo de seguridad tolerable de los niveles de cobre (34).

### **2.1.4.2. ZINC**

El contenido en leche varía con la especie, estado de lactancia y niveles en la dieta. En las vacas el consumo de zinc en una dieta contiene únicamente 6 mg/Kg/Zn. En todas las especies el calostro es 3-4 veces mas rico que la leche y los niveles bajan con el avance de la lactancia. En la leche disminuye desde 7-3.7 ppm después de 3 semanas, a 3.2 ppm para la sexta semana y 2.3 ppm después de 19 semanas.

Una alta proporción de valores descritos para leche de vaca están situados entre 2.5 y 5.0 ppm. En un estudio extensivo de leche de mercado en ciudades de Estados Unidos, Murthy y colaboradores (1965) obtuvieron un rango de 2.3-5.1 con un promedio nacional de 3.28 mg/lit/Zn. Una parte es asociada con las grasas y la mayor parte con la caseína.

La concentración en leche humana es apreciablemente más baja que la leche de vaca aunque si bien la variabilidad individual es alta. En un estudio con 25 mujeres se reporto un rango de 0.4-2.68 mg/lit. En otro estudio de 22 mujeres se obtuvo una media de  $1.34 \pm 0.94$  mg/lit (31).

## **METABOLISMO**

### **ABSORCIÓN**

El control homeostático del zinc en el cuerpo de acuerdo con sus necesidades se obtiene en parte a través de la regulación de la absorción. En la dieta se conoce por ser secuestrante en las células de la mucosa, donde empieza a formar proteínas inhibiendo de esta manera su transferencia a la seroalbumina y permitiendo la excreción del zinc secuestrado vía la descamación de la mucosa epitelial (31).

El cobre y otros metales inhiben la absorción del zinc. La competencia para empezar a ocupar sitios en el ligando o ligandos hasta la secreción pancreática en el lumen intestinal provee otra oportunidad a estos metales a inhibir la absorción. Ingestas bajas de calcio pueden mitigar los efectos de la deficiencia (33).

### **EXCRECIÓN**

En el ser humano principalmente el zinc no absorbido y el administrado intravenosamente se excreta vía las heces. Este patrón de excreción fue seguido en dietas normales y dietas altas. Prasad y colaboradores (1971) hallaron en el sudor de individuos sanos un promedio de  $1.15 \pm 0.3$  µg/ml.

La mayor parte de este se presenta en la fase acuosa, no asociado con los elementos celulares como ocurre con el hierro. En pacientes deficientes de zinc el nivel medio en el sudor se redujo a  $0.6 \pm 0.27 \mu\text{g/ml}$ . En base a esto un individuo sano que secreta 4 l/día de sudor puede perder 4 mg/ml y un individuo deficiente de zinc alrededor de 2 mg/día (31).

## **ZINC EN ALIMENTOS Y DIETAS**

Algunas leches en fórmula para niños tienen menor contenido de zinc que la leche de vaca y provee insuficiente zinc. Suplementos con 4 mg/lit mostraron un incremento en el crecimiento, aumentando el nivel en plasma y disminución en la incidencia de disturbios por función gastrointestinal en bebés y no fue acompañada por un signo de toxicidad. Recientemente se ha encontrado en adultos y niños signos de deficiencia de zinc cuando reciben una nutrición únicamente parenteral por varias semanas (34).

## **TOXICIDAD**

Es relativamente no tóxico en mamíferos, aves, vacas y humanos exhiben tolerancia considerable a altas ingestas. La extensión de la tolerancia depende grandemente en la naturaleza de la dieta, particularmente si contiene calcio, hierro, cobre y cadmio, con los cuales interacciona en el proceso de absorción y utilización. Por esta razón estudios de niveles mínimos tóxicos en la dieta resultan significativos cuando es conocida y definida la posición de la dieta y el animal con respecto a estos elementos (35, 36).

Es también un antagonista metabólico del cadmio, tanto que altas tomas de zinc pueden dar alguna protección agonista de los efectos tóxicos potenciales del incremento de exposición con cadmio (31).

### **2.1.4.3. HIERRO**

El contenido de hierro en la leche de vaca depende de la edad ó época de lactación. Un aumento anormal de hierro en la leche se atribuye generalmente a procesos de contaminación durante el almacenamiento de la misma. El contenido en la leche varía entre 0.23 y 1.4 ppm, existiendo claras diferencias estacionales (37).

## **METABOLISMO**

### **ABSORCIÓN Y EXCRECIÓN**

El hierro presente en el organismo puede dividirse en dos componentes principales, funcional y almacenado. El componente funcional consiste en gran parte del hierro contenido en la hemoglobina circulante, con cantidades menores en los tejidos del organismo, en la mioglobina y en diversas enzimas hemo y no hemo. Aunque la carencia de hierro en los tejidos es mas difícil de definir, tanto anatómica como fisiológicamente, desde el punto de vista de la salud la carencia más obvia de la hemoglobina provoca anemia.

El hierro almacenado no tiene ninguna otra función fisiológica más que de servir como reserva para reemplazar las perdidas del componente funcional. El organismo contiene depósitos de hierro en forma de ferritina y de hemosiderina en el hígado, el bazo y la medula ósea. En un hombre adulto sin deficiencia de hierro, el hierro almacenado asciende aproximadamente a una cuarta parte del hierro total del organismo. En cambio, cuando las necesidades fisiológicas son altas, como en los niños pequeños y en las mujeres durante la menstruación, los depósitos son a menudo escasos o nulos.

La biodisponibilidad alimentaria y las necesidades fisiológicas influyen en la absorción y en los requerimientos en la dieta. Se han elaborado estimaciones de las necesidades de hierro para dos planos nutricionales que presuponen diferentes situaciones de los depósitos orgánicos de hierro (38).



## **HIERRO EN ALIMENTOS Y DIETAS.**

La mayoría de los productos vegetales utilizados en la alimentación de los animales domésticos poseen concentraciones amplias y variables de hierro, dependiendo de la especie vegetal y del tipo de suelo en que se cultivan las plantas.

Los alimentos de origen animal, con la excepción de la leche y de los productos lácteos son ricos en hierro, Leibscher (1958) da las siguientes cifras medias para tipos representativos de estos alimentos: harina de pescado, 381; harina de carne, 439; leche desnatada en polvo, 52 mg/Fe/Kg (ppm) de la sustancia seca (23).

## **TOXICIDAD**

La ingestión de cantidades excesivas puede originar la inhibición de la actividad de muchas enzimas. La cantidad consumida debe ser grande debido a que sólo una pequeña proporción del hierro ingerido es absorbida a partir del tracto gastrointestinal. La inhalación de polvos de hierro puede causar una pneumoconiosis benigna y puede resaltar los efectos dañinos del bióxido de azufre y de otros carcinógenos (39).

#### **2.1.2.4. PLOMO**

Los niveles en leche de vacas sanas reportan 0.062 a 0.515 ppm y en leche de oveja 0.11-0.15 ppm. Dosificaciones a las vacas con sales de plomo producen un marcado incremento de los niveles en la leche. El contenido en leche de mercados en ciudades estadounidenses presentaron un rango desde 0.02-0.08 ppm con diferencias no significativas entre ciudades y con un promedio nacional en peso de 0.05 ppm o alrededor de 50 µg/lit (31).

### **METABOLISMO**

#### **ABSORCIÓN**

La absorción presente en alimentos es aproximadamente del 5-10% en humanos, y de  $1.3 \pm 0.8\%$  en ovejas y conejos. La retención de plomo inhalado es del orden de 30-50% y es mayor cuando el tamaño de partícula es más pequeña. La absorción y retención de plomo ingerido es afectado por los niveles en la dieta de Ca, P, Fe, Cu y Zn. Tomas bajas de calcio y fósforo incrementan la absorción plomo y la retención disminuye cuando la dieta de calcio aumenta por encima de los requerimientos (40).

#### **EXCRECIÓN**

En el ser humano el plomo absorbido llega a sangre y se distribuye a tejidos blandos, el remanente se almacena en tejido óseo. El plomo sanguíneo puede ser gradualmente excretado vía biliar y en las heces. En la oveja, el plomo no es retenido si menos de 3 mg son ingeridos diariamente, el cual es equivalente a alrededor de 3 ppm de la dieta seca. En el becerro no se observo retención de plomo sobre un periodo de 100 días a una dieta ingerida de 0.9 ppm de plomo, muy ligera retención ocurrió a 10 o 11 ppm de plomo y apreciable retención fue aparente a 102 ppm de plomo (3 mg/100 días o 0.03 mg/día/Pb) (31).

## **PLOMO EN ALIMENTOS Y DIETAS.**

Mitchell y Aldous (1974) han agotado su atención al potencial peligro a la salud de las grandes cantidades de plomo que pueden aparecer en alimentos enlatados infantiles. Leches evaporadas enlatadas promediaron 202  $\mu\text{g}/\text{lt}$  de plomo, comparadas con 40  $\mu\text{g}/\text{lt}$  de plomo en leche y jugo de frutas para la alimentación infantil. De productos alimenticios envasados en vidrio o aluminio, solo mostraron 1% de plomo con niveles en exceso de 200  $\mu\text{g}/\text{lt}$ . El contenido de 168 muestras de frutas enlatadas vendidas en Inglaterra tuvieron un rango de 0.02-8.16 ppm con una media de 0.94 ppm, 60 de las cuales demostraron estar sobre el límite reglamentario de 2 ppm. Una fuente más peligrosa de plomo en niños es el alto contenido en pinturas desde las empleadas en las paredes en el hogar hasta las de juguetes y artículos escolares (41).

## **TOXICIDAD**

El envenenamiento crónico es caracterizado particularmente por efectos neurológicos, disfunción renal tubular y anemia, daños al sistema nervioso central (causando encefalopatía y neuropatía), especialmente en niños con baja tolerancia al plomo, en ellos se presentan daños físicos al cerebro con secuelas permanentes, incluyendo problemas en la conducta e hiperactividad. La anemia es un rasgo común de envenenamiento crónico, la cuál afecta la síntesis del grupo hemo y a los glóbulos rojos que presentan fragilidad y una vida corta, también afecta el metabolismo del hierro y cobre (31).

### **2.1.4.5. CADMIO**

La concentración de cadmio en leche de vaca varía con la raza. Muestras de leche de diferentes vacas fluctuaron entre 0.013 y 0.485 ppm. Leche comercial de diferentes ciudades de los Estados Unidos promediaron de 17 a 30 µg/lit, el peso promedio fue 26 µg/lit, con una variación significativa desde un periodo de muestreo y de una ciudad a otra. El nivel de cadmio en la leche de otras especies ha sido poco estudiada.

## **METABOLISMO**

### **ABSORCIÓN Y EXCRECIÓN**

Este elemento es pobremente absorbido en la mayor parte de las dietas probablemente alrededor del 3-8% en el hombre. La excreción es muy lenta, solo 0.01% es excretado diariamente a través de la orina. En investigaciones con vacas y ovejas en desarrollo que recibieron una dieta adicional de cadmio, la absorción es del orden de 5-11% y la excreción fue principalmente por las heces. Se absorbe mejor al ser inhalado (10-40%) que ingerido. Este se distribuye de los pulmones hacia los tejidos acumulándose en hígado y riñones (31).

### **CADMIO EN ALIMENTOS Y DIETAS**

Los ostiones son excepcionalmente ricos en cadmio con 3-4 ppm en peso húmedo. En caracoles marinos y anchoas enlatadas pueden aparecer también estos niveles, todos los demás alimentos presentan niveles mucho más bajos. La leche y la carne son fuentes pobres excepto en el riñón (31).

La porción comestible de frutas, vegetales y nueces generalmente contienen 0.04-0.08 ppm, presentando altas concentraciones en vegetales cultivados en suelos fertilizados con superfosfato o tratados con  $CdCl_2$  (42).

### **TOXICIDAD**

Es tóxico virtualmente en todos los sistemas del cuerpo, sea ingerido o inhalado. Han sido observados cambios histológicos en riñones, hígado, tracto gastrointestinal, testículos, corazón, páncreas, huesos y vasos sanguíneos, proteínas plasmáticas. Ha sido asociado con enfisema y otros disturbios pulmonares crónicos. La anemia es una manifestación común de toxicidad crónica por cadmio en todas las especies, debido al menos en parte a su antagonismo metabólico al cobre y hierro (31).

### 2.1.4.6. NÍQUEL

El nivel promedio en leche de vacas y calostro ha sido reportado con valores de 0.03 y 0.1 ppm respectivamente. Estos niveles no se incrementaron cuando las raciones de las vacas se complementaron con carbonato de níquel o con un consumo diario de 365 a 1,835 mg de níquel adicional (31).

## METABOLISMO

### ABSORCIÓN Y EXCRECIÓN

En varios estudios en humanos es evidente una absorción pobre y excreción predominante en las heces. Así Perry y Perry (1960) hallaron en la orina de 24 adultos sanos niveles de 10-70  $\mu\text{g}/\text{lt}$  con un promedio de excreción urinario total de alrededor de 30  $\mu\text{g}/\text{Ni}/\text{día}$ . Sunderman (1965) obtuvo valores bajos, con una media de excreción total urinario cercano a 20  $\mu\text{g}/\text{Ni}/\text{día}$ . Heces colectadas de 10 adultos sanos durante 3 días obtuvieron 14.2  $\mu\text{g}/\text{Ni}/\text{día}$  en base seca, dando una media de eliminación en las heces de  $258 \pm 126 \mu\text{g}/\text{Ni}/\text{día}$  aproximadamente 20 veces más que la orina.

Datos para ruminantes y otras especies de granjas son escasos; pero O'Dell y colaboradores (1955) reportaron que los becerros excretan más de 20 veces níquel tanto en heces como en la orina cuando consumen una porción normal. Cuando esta porción fue complementada con 62.3, 259 y 1000 ppm como carbonato de níquel los animales excretaron solo 2.7, 1.9 y 4.3% respectivamente de la excreción total en la orina. Solamente a los dos niveles más altos de la complementación tuvo una retención significativa en los tejidos observados (43).

### NÍQUEL EN ALIMENTOS Y DIETAS

El contenido en alimentos ha tenido poca atención, hasta ahora. Bertrand y Machebouf (1926) reportaron niveles de 1.5-3.0 ppm para los vegetales y valores mucho menores con rangos de 0.15-0.35 ppm para frutas, tubérculos y granos. Concentraciones de este orden fueron confirmados en un estudio posterior por Shroeder y asociados (1961). Estos investigadores también establecieron niveles muy bajos en alimentos purificados y en la mayor parte de alimentos de origen animal, en particular leche, músculo de res y otros productos diarios (31).

## **TOXICIDAD**

El níquel es relativamente no tóxico, tanto que la contaminación en alimentos, no presenta un peligro serio a la salud. Una alta incidencia de neoplasia en el tracto respiratorio y dermatitis ha sido observada entre trabajadores en refineries de níquel y ha sido implicado como un cancerígeno pulmonar en fumadores de tabaco. La administración oral ha demostrado agravar el eccema en manos de 9 de 12 pacientes en contacto alérgico a níquel. Los autores incluyen que la ingestión de pequeñas cantidades dentro de rangos fisiológicos pueden ser de gran importancia en mantener el eccema en las manos en contactos extremos con el metal.

La salud, alimentación, producción y composición de leche, en vacas no se ve afectada por complementos a la dieta de carbonato de níquel a 50 y 250 ppm, al alimentar a becerros de granja con 62.5 y 250 ppm como carbonato de níquel tuvieron un efecto similar, pero en alimentos con 1,000 ppm tuvieron una gran depresión y la retención de nitrógeno disminuyo significativamente. En otro experimento O'Dell y colaboradores (1955) observaron una disminución lineal en la alimentación del ganado vacuno ingerido como cloruro de níquel cuando fue aumentado de 50 a 100 y a 200 ppm (44).

### **2.1.4.7. CROMO**

Hace algunos años niveles medios de 57 y 13 ng/g fueron reportados para el calostro y leche de vaca respectivamente. Estos valores posteriormente, se compararon con 10 ng/g dados por Schroeder y colaboradores (1962) y los 8 ng/ml para leche de vaca sin diluir obtenidos mas recientemente por Hambige (1971). Este investigador también examino 14 muestras de leche en mujeres y reporto una media de 11.6 ng/ml (rango 6.4-18.5 ng/ml)

## **METABOLISMO**

### **ABSORCIÓN Y EXCRECIÓN**

Compuestos inorgánicos de cromo son pobremente absorbidos en animales y humanos, a un límite de 1-3% o menos. La asimilación de diferentes compuestos de cromo a nivel fisiológico no evidencian que los complejos naturales en la dieta son mas disponibles que sales simples de cromo.

El cromo es excretado principalmente en la orina, sea ingerido o inyectado aunque pequeñas cantidades se pierden en las heces vía biliar, intestino delgado y posiblemente en la piel.

### **CROMO EN ALIMENTOS Y DIETAS**

El nivel de este elemento en diversos alimentos fué de: 44.88 ng/ml para levadura de cerveza y 10.21 ng/ml para pimienta negra a 1.75 ng/ml para corazón de gallina y 1.59 ng/ml para leche desnatada

### **TOXICIDAD**

El cromo hexavalente es mucho más tóxico que el cromo trivalente. Exposición crónica a restos de cromatos han sido correlacionados con incrementos en la incidencia de cáncer pulmonar, la administración oral de 50 ppm de cromato ha sido asociada con una mayor depresión y daños al hígado y riñones en animales de laboratorio (31).

### **2.1.4.8. SODIO**

La leche de vaca contiene al sodio con niveles que se encuentran entre 445 y 630 ppm, se encuentra tanto en solución como formando parte del sistema coloidal de las caseínas (5).

## **METABOLISMO**

### **ABSORCIÓN Y EXCRECIÓN**

Es esencial para que muchas sustancias consigan pasar a través de las membranas que rodean a las células, proporciona la presión osmótica suficiente para retener el agua necesaria. El sodio es escaso dentro de las células, la mayor parte está en el líquido extracelular (plasma y fluido que bañan los tejidos), cuyo volumen precisamente esta determinado por su contenido de sodio, pues este elemento actúa en cierto modo, de regulador del líquido (agua), ya que el exceso aumenta la retención de agua (es hidratante), mientras que cuando falta se facilita la salida del agua. Mediante el riñón se eliminan paralelamente el sodio y agua en las cantidades precisas para mantener el equilibrio necesario, también se elimina sodio mediante el sudor.

### **SODIO EN ALIMENTOS Y DIETAS**

Algunos alimentos naturales contienen ya suficiente sodio; así, los moluscos contienen 75-500 mg/100 g, pescados 75-200 mg/100 g, cangrejos 200-350 mg/100 g, carnes 80-120 mg/100 g, riñones 150-250 mg/100 g, clara de huevo mg/100 g, leche de vaca 500 mg/lt.

### **DEFICIENCIA.**

Los síntomas por deficiencia suelen ser: náuseas, falta de ácido en el jugo gástrico, pérdida del apetito, adelgazamiento, dolor de cabeza, calambres musculares en vientre y piernas, cansancio, apatía, letargo, agravamiento de insuficiencias suprarrenales. En casos serios se produce disminución del volumen sanguíneo, con espesamiento peligroso de la sangre y, como consecuencia de ello, pulso acelerado, tensión baja estando de pie, poca orina, aumento de la urea en la sangre, ojos hundidos, sequedad de la piel y mucosas y, en casos graves, alucinaciones, coma e incluso la muerte (45).



## 2.1.4.9. POTASIO

La leche de vaca contiene alrededor del 1% de sales, constituidas por cationes metálicos y aniones orgánicos e inorgánicos. El contenido en cenizas es del orden del 0.7% y uno de los elementos mas abundantes es el potasio, particularmente importante tanto desde el punto de vista nutritivo como por su contribución en el mantenimiento de la estabilidad de las caseínas (46).

## METABOLISMO

### ABSORCIÓN Y EXCRECIÓN

Interviene en el paso de muchas sustancias a través de la membrana celular, abunda más en el interior de las células que en los líquidos que la rodean. Interviene en la síntesis del glucógeno y de las proteínas, activación de sistemas enzimáticos y actividad muscular. En el musculo cardiaco y nervios es antagonico del calcio. Presenta interacciones con el sodio, cloro, magnesio y fósforo.

Se elimina principalmente por la orina, y se aumenta su salida por algunos medicamentos y sobre todo por la destrucción de proteínas. Al abundar en las células musculares depende, en cierto modo, de la masa de los musculos, así que cuando ésta disminuye se elimina mucho potasio; 75 g de proteínas representan hasta 2 g de potasio, también se elimina con el sudor.

### POTASIO EN ALIMENTOS Y DIETAS

Los alimentos ricos en potasio son muy numerosos. Se tiene de ejemplo a los siguientes:

Levadura seca de cerveza	1300-1800 mg/100 g
Legumbres secas	600-150 mg/100 g
Germen de trigo	700-1000 mg/100 g
Aguacates	400-700 mg/100 g
Patatas	300-600 mg/100 g
Chocolates	200-500 mg/100 g
Carne	150-400 mg/100 g
Leche de vaca	1400-1630 mg/l

También son ricos las melazas, aceitunas verdes, perejil, habas, guisantes, algunos mariscos, sardinas, atún en conserva, café y muchos otros.

## **DEFICIENCIA**

Los síntomas de carencia pueden ser variados, desde falta de apetito, sed, disminución de la motilidad intestinal y distensión abdominal con gases, hasta abolición de reflejos tendinosos, debilidad muscular (incluso parálisis en casos graves), cansancio, alteraciones renales, confusión mental y pérdida del glucógeno en los tejidos (45).

## **2.1.4.10. CALCIO**

De los constituyentes mayoritarios es particularmente importante el calcio, tanto desde el punto de vista nutritivo como por su papel en el estado físico y estabilidad de las caseínas. El contenido de calcio disminuye en las primeras semanas de lactancia y aumenta en las últimas (47).

### **METABOLISMO**

#### **ABSORCIÓN Y EXCRECIÓN**

Interviene en funciones tan importantes como la transmisión del impulso nervioso, coagulación de la sangre, contractibilidad y excitabilidad muscular (disminuyéndola), ritmo cardiaco, funcionamiento de las membranas celulares (transporta mensajes al interior de las células desencadenando procesos como la secreción hormonal), permeabilidad de los vasos capilares (disminuyéndola), activación de algunas enzimas y formación de los dientes y el sistema óseo (99 % está en el esqueleto y dientes) (45).

#### **CALCIO EN ALIMENTOS Y DIETAS**

Los alimentos que aportan niveles altos en la dieta (200-400 mg/100 g) son: mariscos, pescados, yema de huevo, tortillas y productos lácteos (queso y leche) (48).

La leche de vaca en promedio contiene entre 1170 y 1280 ppm (49).

Niveles medios de calcio en la dieta (100-200 mg/100 g) lo aportan los cereales en general, frutos, carnes y la mayoría de las verduras (5).

#### **TOXICIDAD**

Cuando aumenta excesivamente en la sangre (hipercalcemia) se pueden producir trastornos digestivos (falta de apetito, vómitos, estreñimiento, úlceras gástricas, a veces pancreatitis), calcificaciones en tejidos (en riñones, cornea y conjuntiva, tímpano, paredes de los vasos sanguíneos, pulmones, articulaciones, etc.), trastornos renales (exceso de orina, pérdidas de potasio, cálculos, insuficiencia), pulso acelerado y, si es muy alto, trastornos nerviosos (debilidad a veces crisis convulsivas) y psíquicos (somnia o agitación, delirios) y al final coma (35).

## **2.1.4.11. MAGNESIO**

En la composición salina de la leche se producen variaciones importantes que pueden contribuir a explicar las diferencias estacionales y regionales en el comportamiento de la leche. La leche del principio y final de lactación contiene menor cantidad de magnesio que de leches en lactación (50).

### **METABOLISMO**

#### **ABSORCIÓN Y EXCRECIÓN**

Solo se absorbe la tercera parte de lo ingerido, siendo favorecida su absorción por las vitaminas D y B (sobre todo B<sub>6</sub>), lactosa, proteínas animales, ácidos grasos de cadena media, sodio y hormona paratiroidea. La disminuyen el exceso de calcio o de fósforo, ácido oxálico (forma sales insolubles), ácidos grasos saturados y el alcohol. Inhibe la absorción del fósforo y del manganeso y presenta interacciones con el potasio, flúor y sobre todo con el calcio (45).

#### **MAGNESIO EN ALIMENTOS Y DIETAS**

Se encuentra ampliamente distribuido en todas las plantas. Fuentes excelentes son: los vegetales de hojas verdes y vísceras. El aporte de estos alimentos es de 200-400 mg/100 g. La leche y los cereales son una fuente relativamente pobre en magnesio (100-170 ppm) (49).

#### **TOXICIDAD**

Aportes excesivos de magnesio (más de 15 mg/Kg de peso diarios) producen diarrea. El nivel de magnesio en la sangre demasiado alto (que puede suceder por ejemplo en casos de insuficiencia renal, diabetes y ciertos tratamientos) produce disminución en la presión, somnolencia, náuseas, pulso lento, aumento de la glucosa y disminución del calcio sanguíneos, disminución de reflejos, poca orina y al final parálisis respiratoria o cardíaca y coma. Pero por vía oral es difícil que ocurra en individuos sanos con riñones normales (45).

## **2.1.5. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN Y EMISIÓN ATÓMICA.**

Inicialmente los procedimientos analíticos oficiales para la determinación de elementos traza en alimentos estaban basados en determinaciones colorimétricas convencionales. En los últimos 25 años con el rápido desarrollo de la Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA) se ha producido una disminución en el uso de estas técnicas. No obstante los procedimientos colorimétricos son todavía de interés en muchos laboratorios de análisis de alimentos (51).

La EAA con llama, es una técnica analítica que gana popularidad a mediados de los 60's, cuando alrededor de 1,000 laboratorios la adoptaron para el análisis químico cuantitativo, con esta técnica es posible cuantificar 64 elementos en muestras de diferente origen y naturaleza.

El principio básico consiste en aspirar una solución que contiene el elemento a cuantificar, y que junto con los gases combustible y oxidante llegan a la llama. Dentro de ella, el elemento llega a su estado atómico y se efectúa el proceso de absorción de la radiación por los átomos libres y neutros. La radiación que pasa a través de la llama proviene de una lámpara de cátodo hueco, esta fuente de radiación es específica para cada elemento. Un detector junto con el sistema electrónico marca la absorbancia, la cual es usada para calcular la cantidad del elemento presente en la muestra por comparación con una curva de calibración. Es una técnica altamente específica y casi libre de interferencias, se obtienen límites de cuantificación del orden de 1 µg/ml para la mayor parte de los elementos.

La EAA en el área de alimentos es usada principalmente en análisis nutricionales para determinar el nivel de elementos esenciales tales como hierro, zinc, magnesio o calcio presentes en el producto. De manera paralela juega un papel importante en la determinación de elementos contaminantes tales como el mercurio, plomo, cadmio, cromo entre otros. (52).

La Espectrofotometría de Emisión Atómica con llama (también llamada espectrofotometría de emisión de llama o fotometría de llama) ha encontrado amplia aplicación en el análisis cuantitativo principalmente para sodio, potasio y litio, en tejidos y líquidos biológicos. En esta técnica no se emplea fuente de radiación, la temperatura dentro de la llama es suficiente para llevar los elementos a su estado atómico y excitarlos, al retornar espontáneamente desde el estado excitado al estado basal emiten radiación que es posible detectarla como energía de emisión. De manera similar a la EAA, en la emisión atómica la muestra es introducida a la llama a través del sistema nebulizador mezclada con los gases combustible y oxidante (53).

En la siguiente tabla se muestran los elementos, las longitudes de onda así como el límite de detección para cada uno de los elementos cuantificados por esta técnica.

### ESPECIFICACIONES DEL INSTRUMENTO (54)

Elemento	$\lambda$ (nm)	Llama	Límite de detección ( $\mu\text{g/ml}$ )
Cadmio (Cd)	228.80	Aire/Acetileno	0.002
Calcio (Ca)	422.67	N <sub>2</sub> O/Acetileno	0.002
Cromo (Cr)	357.87	Aire/Acetileno	0.004
Cobre (Cu)	324.75	Aire/Acetileno	0.003
Fierro (Fe)	248.33	Aire/Acetileno	0.008
Plomo (Pb)	217.00	Aire/Acetileno	0.01
Magnesio (Mg)	258.21	Aire/Acetileno	0.0005
Níquel (Ni)	232.00	Aire/Acetileno	0.004
Potasio (K)	766.49	Aire/Acetileno	0.002
Sodio (Na)	589.00	Aire/Acetileno	0.0007
Zinc (Zn)	213.86	Aire/Acetileno	0.001

## **2.1.6. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

En México al igual que en otros países del mundo se utilizan las aguas residuales provenientes de las zonas urbanas e industriales para el riego agrícola, provocando además de los beneficios esperados, la dispersión de contaminantes tóxicos que causan degradación y contaminación de los suelos, plantas y mantos freáticos, dentro de estos contaminantes se encuentran entre otros los metales pesados que afectan la cadena natural agua-suelo-planta. (56)

Actualmente México ocupa el segundo lugar en el mundo en el uso de aguas residuales con fines agrícolas, siguiendo a la República de China. En nuestro país se riegan actualmente 370000 hectáreas y el Estado de Hidalgo contribuye con el 22% de dicha superficie (55).

De esta forma, el estado de Hidalgo a través principalmente del Distrito de Riego 063, es receptor de las aguas residuales de la Ciudad de México (1033 millones de m<sup>3</sup> anuales) de los cuales el 95% son utilizados para regar tierras de cultivo, que producen 95000 toneladas de productos agrícolas, principalmente forrajes, hortalizas, verduras y granos. Estos productos se distribuyen en el centro del país y un gran porcentaje de estas hortalizas se distribuyen y consumen en el Distrito Federal y zona conurbada (57, 58).

Hasta hace poco, el Distrito de Riego 063 comprendía 25 municipios ahora sólo abarca 23, entre ellos se encuentra Ixmiquilpan. La población que abarca dicho distrito es de 626759 hab. De esta 264998 es población urbana y 359762 es población rural. Su densidad de población es de 111.98 hab/Km<sup>2</sup>, la población económicamente activa es de 189034. De acuerdo a las cifras del distrito, la superficie total que abarca es de 541411 hectáreas de las que el 16% son de riego; 33% de temporal; 48% ganadera y 3% forestal (59).

El Valle del Mezquital localizado en la parte Sur del Estado de Hidalgo ha utilizado por más de 60 años el riego con aguas residuales provenientes de la ciudad de México y área metropolitana, sin embargo su uso no se ha restringido debido a la escasez de la precipitación pluvial de la región. No obstante las ventajas que ofrece el uso de estas aguas en la agricultura, su composición en los últimos años ha venido sufriendo importantes variaciones en la calidad para ser destinada al riego agrícola (17).

Por su cercanía a la zona metropolitana de la Ciudad de México, el Valle del Mezquital recibe las aguas residuales a través de diversos canales, originalmente por el Tajo de Nochistongo, y actualmente por las salidas del Gran Canal, el Emisor Poniente y el Emisor Central. Aparte de estas aguas, la región también recibe un

volumen importante de aguas blancas. De esta forma, el territorio es irrigado no solo por aguas negras, sino también por aguas blancas y aguas mezcladas (59).

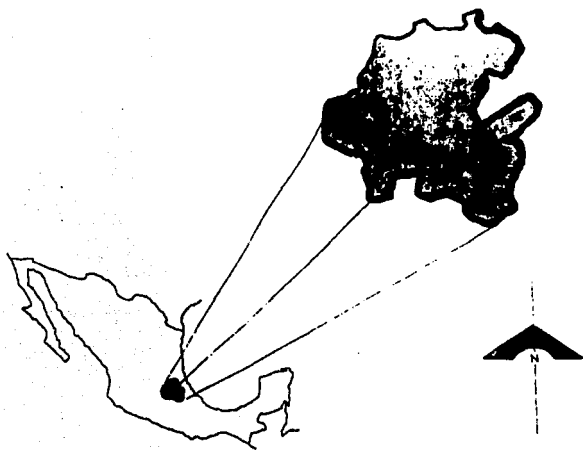
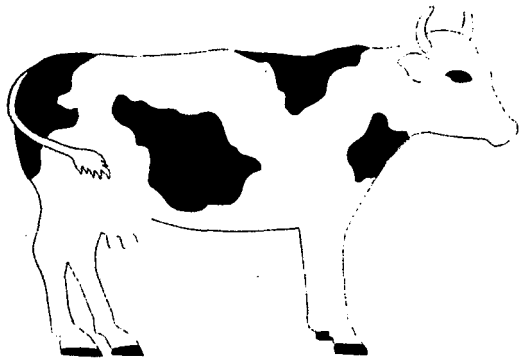
El municipio de Ixmiquilpan ocupa una parte muy importante dentro de la zona del Valle del Mezquital y, probablemente, es la zona agrícola más rica, puesto que ha tenido un amplio desarrollo; además de abastecer de productos agropecuarios a sus alrededores así como a los municipios de Actopan y Tasquillo. Se localiza en la parte central del Estado de Hidalgo. Su extensión territorial es de 20885 Km<sup>2</sup> y cubre el 1.6% de la República Mexicana, con una población de 48699 habitantes (1980).

La principal red que comunica la cabecera del municipio de Ixmiquilpan con su capital Pachuca a solo 84 Km y con el Distrito Federal a 225 Km es una carretera asfaltada. La porción territorial cuenta con una importante red de riego durante todo el año, y ofrece una producción agrícola anual muy importante para la economía del municipio. En este sentido los cultivos más importantes son: jitomate, frijol, maíz, tomate, alfalfa, cebada, avena, girasol y árboles frutales entre otros por lo que; respecto al área de temporal se cultiva principalmente: maíz, trigo y cebada.

El área de pastizales y matorrales también es aprovechada, la primera satisface en gran medida las necesidades de pastoreo y la segunda tiene gran importancia pecuaria y ecológica en el lugar (60).



## **LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los fertilizantes, plaguicidas, aguas residuales para riego, así como la deposición atmosférica hacen frecuente la presencia de elementos contaminantes que son ya comunes en los suelos de cultivo, de donde son fácilmente absorbidos por las plantas y representan las principales vías de acceso de sustancias al organismo humano y animal, en este caso el ganado bovino, a partir de los cuales se obtiene las muestras que fundamentan el presente estudio.

Dentro de estos contaminantes se tienen los elementos metálicos, presentes en los alimentos y que deben su presencia a diferentes causas que van desde su aporte a partir de una fuente natural hasta su industrialización y distribución. Algunos elementos considerados como constituyentes juegan un papel importante en el metabolismo normal, por ejemplo: Ca, K, Na, Se, Fe, Mn, Cu, etc. y otros que se consideran elementos contaminantes y pueden ser tóxicos como: Cd, Pb, Hg, Be, As, etc.

Al ser el queso y leche dos alimentos de consumo humano se requiere poner especial atención en el contenido nutricional a través de la evaluación del Análisis Proximal y conocer si este no está siendo afectado por la presencia de diversos contaminantes entre ellos los metales pesados.

En el caso del suero del queso, el análisis proximal y la cuantificación de metales pesados es importante, ya que este se utiliza como alimento para otros animales como cerdos, los cuales forman parte de la dieta del hombre.

Los alimentos consumidos por el hombre son casi siempre, sistemas complejos de muy diversos componentes. Para su estudio y comprensión estos componentes se han dividido en dos categorías; macrocomponentes con tres grupos: Carbohidratos, Lípidos y Proteínas, y microcomponentes con dos grupos: Minerales y Vitaminas.

Como los alimentos se manejan en grandes cantidades, requieren para su análisis métodos sencillos y baratos. Desde hace tiempo se ideó una marcha analítica que cumple con esos requisitos y logra cuantificar de manera aproximada cuatro de los cinco grupos contenido de humedad, cenizas, proteína cruda y fibra cruda. Por diferencia de 100, se calculan los carbohidratos asimilables en forma muy genérica y se conoce como análisis proximal.

En el presente trabajo se realizó el análisis proximal y la cuantificación de Pb, Cd, Cr, Ni, Fe, Cu, Zn, Na, K, Mg y Ca, en muestras de leche, suero del queso y queso provenientes de 5 establos del municipio de Ixmiquilpan Hidalgo, cuyos nombres son los siguientes: Los Pinos, La Coralilla, Villagran, Bascajay y Chichimecas para determinar si existe una disminución en el aspecto nutricional de la leche, suero y queso así como evaluar los niveles de elementos constituyentes y contaminantes.

Se eligió el Municipio de Ixmiquilpan por ser una zona agrícola muy importante de la República Mexicana, así como porque es una zona que se riega con aguas residuales provenientes de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, las cuales resultan un factor muy importante para el transporte y contaminación de los alimentos.

#### **4. OBJETIVO GENERAL**

Realizar el análisis proximal así como la cuantificación de Pb, Cd, Cr, Ni, Fe, Cu, Zn, Mg, Na, K y Ca mediante la técnica de Espectrofotometría de Absorción y Emisión Atómica con llama, en leche, queso tipo Oaxaca y suero de queso provenientes del municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

⇒ Realizar un muestreo al azar y sin reemplazo de leche, queso tipo Oaxaca y suero de queso en 5 establos del municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo.

⇒ Determinar el contenido de Humedad, Cenizas, Proteína cruda, Grasa cruda y Carbohidratos asimilables en leche, queso tipo Oaxaca y suero de queso.

⇒ Evaluar el contenido de Pb, Cd, Cr, Ni, Fe, Cu, Zn, Mg y Ca, en suero de queso, leche y queso tipo Oaxaca, mediante la técnica de Espectrofotometría de Absorción atómica con llama.

⇒ Evaluar el contenido de Na y K, del suero, leche y queso tipo Oaxaca, mediante la técnica de Espectrofotometría de Emisión Atómica con llama.

⇒ Comparar los resultados obtenidos con los descritos en la literatura y determinar si cumplen con la normatividad existente en relación a los elementos tóxicos.

## **5. HIPÓTESIS**

La realización del análisis proximal y la evaluación de metales pesados tanto constituyentes como contaminantes, en leche, queso tipo oaxaca y suero provenientes del Municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo permitirá determinar si la presencia de dichos metales influye en el contenido nutricional de estos alimentos.

## **6. MATERIAL**

### **Material e Instrumentos**

Pesafiltro

Crisol

Mechero

Matraz Kjeldahl de 800 ml PYREX

Matraz volumétrico de 500 ml PYREX

Butirómetro Gerber para leche

Butirómetro Gerber para queso

Parrilla de calentamiento

Estufa

Balanza Analítica SARTORIUS 2842

Mufla

Digestor LABCONCO

Destilador

Centrifuga para Gerber

Espectrofotómetro de Absorción Atómica PYE UNICAM SP 192

Lámparas de cátodo hueco para Cu, Zn, Mg, Fe, Pb, Ni, Cd, Cr y Ca PYE UNICAM

### **Reactivos**

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  MERCK

Agua desionizada

Solución concentrada de NaOH (1:1)

Polvo de zinc

NaOH 0.1 N

Alcohol iso-amílico

$\text{K}_2\text{SO}_4$  MERCK

$\text{H}_2\text{SO}_4$  MERCK

Hielo

HCl 0.1 N

Rojo de metilo 0.1 % en alcohol

Solución Patrón Titrisol de 1000 ppm para cada uno de los elementos a cuantificar  
MERCK

La pureza de los reactivos es grado analítico

## 7. METODOLOGÍA

### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN LECHE, SUERO Y QUESO.

Colocar 5 ml de muestra en un pesafiltro con tapa que ha puesto a peso constante a  $130^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ . Secar la muestra 1 hora en la estufa a  $130^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  con la tapa del pesafiltro a un lado. Retirar de la estufa, tapar, dejar enfriar en desecador y pesar a temperatura ambiente.

CÁLCULOS:

$$\% \text{Humedad} = \left[ \frac{A-B}{M} \right] \times 100$$

Donde:

A = Peso del pesafiltro más muestra

B = Peso del pesafiltro después de secar a la estufa.

M = Peso de la muestra en gramos. (NOTA: Para el queso se utilizan 5 g)

### DETERMINACIÓN DE CENIZAS EN LECHE, SUERO Y QUESO

Colocar 5 ml de muestra en un crisol (la muestra no debe sobrepasar el 50% del crisol) previamente puesto a peso constante en la mufla a  $600^{\circ}\text{C}$ . Calcinar la muestra para ello carbonizar primero con mechero hasta que no se desprendan humos y meter a la mufla cuidando que la temperatura no exceda de  $550^{\circ}\text{C}$  para evitar que los cloruros se volatilicen. Se suspende el calentamiento cuando las cenizas estén blancas o grises, aproximadamente 2 a 3 hrs, (si se observan puntos negros, se humedecen con unas gotas de agua destilada, se secan en la estufa a  $130^{\circ}\text{C}$  y se vuelven a calcinar). Enfriar en desecador y pesar.

CÁLCULOS:

$$\% \text{ Cenizas} = \left[ \frac{\text{Peso del crisol con cenizas} - \text{Peso del crisol}}{M} \right] \times 100$$

M= Peso de la muestra (NOTA: Para el queso se utilizan 5 g)

## **DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA EN LECHE, SUERO Y QUESO (MACROKJELDAHL)**

Se colocan 10 ml de muestra en un matraz Kjeldahl de 800 ml; se agregan 0.3 g de sulfato de cobre pentahidratado, 5 g de sulfato de potasio, 15 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se coloca el matraz en el digestor Kjeldahl, abrir el extractor del vacío y calentar hasta la total destrucción de la materia orgánica. La solución debe quedar completamente cristalina (1 a 2 hrs) enfriar. Diluir con 350 ml de agua destilada y enfriar sobre hielo.

Agregar 40 ml de una solución concentrada de NaOH (100 g en 100 ml de agua), que también ha sido enfriada sobre hielo, haciéndola resbalar lentamente por la pared del matraz de manera que se estratifiquen las dos soluciones. Adicionar 0.2 g de polvo de zinc y conectar el matraz a la trampa Kjeldahl, unida al refrigerante que esta conectado a una alargadera introducida en 50 ml de HCl 0.1 N, contenidos en un matraz Erlenmeyer de 500 ml y adicionar 5 gotas de indicador rojo de metilo 0.1% en alcohol.

Una vez conectado el matraz agitar para mezclar las dos capas e inmediatamente colocar en la parrilla ya caliente del destilador, regular la ebullición al inicio de ésta agitando de vez en vez. Destilar aproximadamente hasta un volumen de 250 ml. Suspender la destilación retirando primero el matraz con el destilado de manera que la alargadera quede por encima y antes de ap.p.ar la parrilla dejar destilar unos minutos con objeto de lavar la alargadera por dentro y después lavarla por fuera recogiendo los lavados en el mismo matraz. Titular el exceso de ácido con solución valorada de NaOH 0.1 N, hasta vire amarillo del indicador. Corregir mediante una determinación en blanco de los reactivos usados.

NOTA: Para el queso se utilizan 0.5 g de muestra en papel blanco y delgado, con todo y papel se introduce en el matraz kjeldahl.

### **CÁLCULOS:**

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{ml blanco} - \text{ml problema}) \times N(\text{NaOH}) \times 0.014 \times 100}{\text{Peso de la muestra en gramos}}$$

$$\% \text{ Proteína Cruda} = \% \text{ Nitrógeno} \times 6.38$$

**Donde:**

0.014 = meq Nitrógeno

6.38 = Factor de proteínas para leche y sus derivados (1).



## **DETERMINACIÓN DE GRASA CRUDA EN LECHE, SUERO Y QUESO**

Transferir 10 ml de  $H_2SO_4$  concentrado, enfriando a no más de 15°C, a un butirómetro de Gerber para leche.

Adicionar cuidadosamente 11 ml de muestra previamente homogenizada a no más de 15°C (lentamente al principio para evitar la mezcla) y 1 ml de alcohol iso-amílico. No debe adicionarse el alcohol directamente al ácido.

Colocar el tapón y sujetar el butirómetro por el cuello, agitar los líquidos totalmente con el tapón hacia arriba, teniendo cuidado de no quemarse y, especialmente, con posibles proyecciones de la mezcla ácida caliente. Cuando la cuajada se haya disuelto por completo continuar la agitación por 10 a 15 segundos para asegurar la digestión. En caso de leche homogeneizada la agitación debe ser 50% más prolongada.

Invertir el butirómetro varias veces para mezclar el ácido remanente en el cuello ya que el cuello estará muy caliente.

Centrifugar a 1000 rpm durante 5 minutos.

Leer el porcentaje de grasa sobre la escala, haciendo coincidir la base de la columna de grasa con el cero, por medio del ajuste del tapón.

En caso de que el número de butirómetro resulte muy grande, estos pueden colocarse en un baño de agua caliente (55-60°C) hasta el momento de efectuar las lecturas. De resultar difícil la separación de la grasa, se recomienda calentar los butirómetros hasta aproximadamente 65°C y repetir la centrifugación

NOTA: Para el queso se utilizan 3 g de muestra y un butirómetro para queso (61).

## **DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS ASIMILABLES EN LECHE, SUERO Y QUESO**

El contenido de carbohidratos asimilables se calcula por diferencia de 100 restando contenido de humedad, cenizas, proteína cruda, y grasa cruda (1).

## **DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS CONSTITUYENTES Y CONTAMINANTES EN LECHE Y SUERO**

Digerir 50 ml de muestra con 2 ml de  $\text{HNO}_3$  concentrado durante 2 horas a  $80^\circ\text{C}$  aproximadamente.

Dejar enfriar y adicionar 2 ml de  $\text{H}_2\text{O}_2$  concentrado, calentar durante 10 minutos, enfriar, aforar a 50 ml con agua desionizada, filtrar y leer en el espectrofotómetro de absorción atómica.

Hacer un blanco realizado de la misma manera empleando agua desionizada y preparar una curva de calibración con concentraciones conocidas para cada uno de los elementos a cuantificar.

## **DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN QUESO TIPO OAXACA**

Digerir 0.5 g de muestra con 5 ml de  $\text{HNO}_3$  concentrado durante 20 minutos a  $80^\circ\text{C}$  aproximadamente.

Dejar enfriar, agregar 2 ml de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , aforar a 25 ml con agua desionizada, filtrar y leer en el espectrofotómetro de absorción atómica.

Hacer un blanco realizado de la misma manera empleando agua desionizada y preparar una curva de calibración con concentraciones conocidas para cada uno de los elementos a cuantificar.

## **DETERMINACIÓN DE CALCIO Y MAGNESIO EN LECHE Y SUERO**

Tomar una alícuota de 2 ml de leche fresca y refrigerada, colocarla en un matraz volumétrico de 25 ml, agregar 2 ml de lantano al 2% y aforar con agua desionizada, filtrar y leer al Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Realizar un blanco y preparar una curva de calibración con concentraciones conocidas para cada uno de los elementos a cuantificar.

## **DETERMINACIÓN DE CALCIO Y MAGNESIO EN QUESO TIPO OAXACA**

Pesar 0.5 g de queso y digerir con 5 ml de  $\text{HNO}_3$  concentrado, calentar a  $80^\circ\text{C}$  aproximadamente 5 minutos, dejar enfriar, pasar a un matraz volumétrico de 25 ml, agregar 2 ml de lantano al 2%, aforar con agua desionizada, filtrar y leer en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica. Realizar un blanco y preparar una curva de calibración con concentraciones conocidas para cada elemento a cuantificar.

### **ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS MUESTRAS DE LECHE PROVENIENTES DE LOS DIFERENTES ESTABLOS.**

Se realiza un Análisis de Varianza con  $\alpha=0.05$  con un límite de confianza del 95% para determinar si existe diferencia significativa entre los establos muestreados. La hipótesis nula considera que todas las medias son iguales.

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

$$H_a = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$$

El criterio de aceptación de la hipótesis nula es de que si la F calculada es menor que la F de tablas o teórica, la hipótesis nula se acepta, lo que significa que no hay diferencia significativa entre los resultados obtenidos en los diferentes establos, mientras que si la F calculada es mayor que la F de tablas, entonces la hipótesis nula se rechaza y los datos obtenidos si muestran diferencia significativa .

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LAS MUESTRAS DE LECHE, SUERO Y QUESO EMPLEANDO UNA t DE STUDENT.**

Se realiza la t de Student para comparar los resultados de este trabajo con lo que reportan otros autores empleando una  $\alpha = 0.01$  con un límite de confianza del 99% , donde la hipótesis nula considera que las dos medias son iguales.

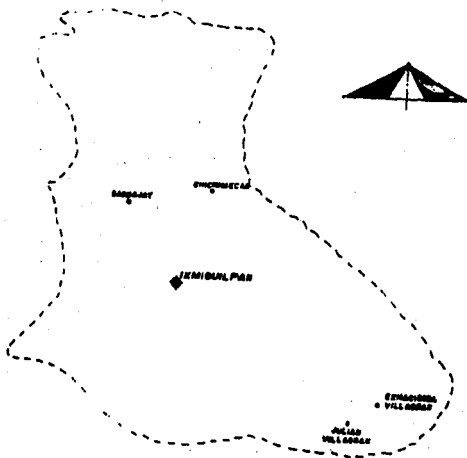
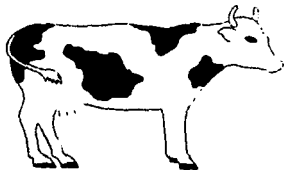
$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a = \mu_1 \neq \mu_2$$

El criterio de aceptación para aceptar o rechazar la hipótesis nula es de que si la t calculada es menor que la t de tablas o teórica, la hipótesis nula se acepta, lo que significa que no hay diferencia significativa entre los resultados obtenidos en este trabajo y lo que indican otros autores, mientras que si la t calculada es mayor que la t de tablas, entonces la hipótesis nula se rechaza y los datos obtenidos en este trabajo y lo que reporta la literatura si muestran diferencia significativa .

## UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE MUESTREO

Establo	Ubicación
Los Pinos	Ex-hacienda Villagran
Chichimecas	Chichimecas
Villagran	Julian Villagran
La Coralilla	Exhacienda Villagran
Bascajay	Bascajay



◆ CABECERA MUNICIPAL  
● POBLADO

## 8. RESULTADOS

### ANÁLISIS PROXIMAL DE LECHE, VALORES PROMEDIO.

<i>Establo</i>	<i>% Proteínas</i>	<i>% Humedad</i>	<i>% Cenizas</i>	<i>% Grasa</i>	<i>% Carbohidratos asimilables</i>
Chichimecas	3.558	85.848	0.795	3.0	6.799
Chichimecas	3.607	86.326	0.795	4.8	4.472
Chichimecas	3.689	87.390	0.803	6.1	2.018
Chichimecas	3.831	83.574	0.795	4.5	7.30
Villagran	2.713	89.932	0.958	3.2	3.197
Villagran	2.932	86.459	0.794	2.8	7.015
Villagran	2.206	84.045	0.789	6.0	6.960
La Coralilla	2.773	89.228	0.792	2.6	4.607
La Coralilla	2.971	86.595	0.80	5.8	3.834
La Coralilla	2.583	86.748	0.789	6.4	3.480
La Coralilla	2.354	86.685	0.792	6.2	3.969
Los Pinos	3.882	85.868	0.802	4.1	5.348
Los Pinos	3.162	86.593	0.794	4.5	4.951
Los Pinos	2.310	87.324	0.793	4.1	5.473
Los Pinos	3.158	85.616	0.798	4.3	6.128
Bascajay	3.548	86.387	0.796	5.0	4.269
Bascajay	3.658	90.918	0.790	2.8	1.834
Bascajay	3.752	84.435	0.606	5.2	6.007
Bascajay	3.487	88.197	1.002	4.8	2.514
μ	3.139	86.748	0.806	4.510	4.794

*tabla No. 1*

### VALORES PROMEDIOS EN LOS CINCO DIFERENTES ESTABLOS.

<i>Establo</i>	<i>% Proteínas</i>	<i>% Humedad</i>	<i>% Cenizas</i>	<i>% Grasa</i>	<i>% Carbohidratos asimilables</i>
Chichimecas	3.671	85.784	0.797	4.6	5.147
Villagran	2.617	86.812	0.847	4.0	5.724
La Coralilla	2.670	87.314	0.793	5.25	3.972
Los Pinos	3.128	86.350	0.796	4.25	5.475
Bascajay	3.611	87.484	0.798	4.45	3.656
μ	3.139	86.748	0.806	4.510	4.794

*tabla No. 2*

**CONCENTRACIONES PROMEDIO DE METALES CONSTITUYENTES  
DE LECHE DE VACA EN LOS DIFERENTES ESTABLOS.**

<i>Establo</i>	<i>Cu (ppm)</i>	<i>Zn (ppm)</i>	<i>Fe (ppm)</i>	<i>K (ppm)</i>	<i>Na (ppm)</i>	<i>Ca (ppm)</i>	<i>Mg (ppm)</i>
Chichimecas	0.073	3.370	0.687	1477.437	615.625	732.318	229.623
Villagran	0.255	4.830	0.633	1481.250	532.250	715.487	204.396
La Coralilla	0.244	3.127	1.185	1321.875	603.125	861.734	194.312
Los Pinos	0.268	4.480	0.808	1334.375	579.687	740.216	179.780
Bascajay	0.223	4.072	0.730	1307.812	565.625	762.306	162.065
$\mu$	0.212	3.975	0.808	1384.549	579.262	762.412	194.035

tabla No. 3

**CONCENTRACIONES PROMEDIO DE METALES CONTAMINANTES  
EN LECHE EN LOS DIFERENTES ESTABLOS**

<i>Establo</i>	<i>Pb (ppm)</i>	<i>Cd (ppm)</i>	<i>Ni (ppm)</i>	<i>Cr (ppm)</i>
Chichimecas	0.401	0.058	0.277	0.125
Villagran	0.553	0.103	0.308	0.083
La Coralilla	0.307	0.117	0.378	0.187
Los Pinos	0.501	0.122	0.390	0.212
Bascajay	0.540	0.172	0.346	0.100
$\mu$	0.460	0.114	0.339	0.141

tabla No. 4

**ANÁLISIS PROXIMAL DEL SUERO, VALORES PROMEDIO**

<i>Muestra</i>	<i>% Proteínas</i>	<i>% Humedad</i>	<i>% Cenizas</i>	<i>% Grasa</i>	<i>% Carbohidratos asimilables</i>
1	0.788	90.968	0.80	0.3	7.144
2	1.243	90.039	0.80	0.2	7.718
3	0.867	93.749	1.661	0.2	3.523
4	0.919	93.773	1.807	0.2	3.301
5	0.883	88.502	1.699	0.2	8.714
6	0.637	94.495	1.894	0.2	4.774
7	0.920	93.509	1.094	0.2	4.277
$\mu$	0.893	91.862	1.393	0.214	5.635

tabla No 5

### ANÁLISIS PROXIMAL DEL QUESO, VALORES PROMEDIO

Muestra	% Proteínas	% Humedad	% Cenizas	% Grasa	% Carbohidratos asimilables
1	18.882	52.871	3.728	17.5	7.019
2	18.553	53.905	3.728	18.0	5.814
3	18.882	53.388	3.466	19.0	5.264
4	18.553	56.306	4.621	20.0	0.519
5	20.60	52.783	4.873	21.0	0.744
6	20.830	52.270	3.728	22.0	1.172
7	19.412	55.775	3.728	20.0	1.085
8	19.324	50.390	4.873	20.0	5.413
μ	19.379	53.461	4.093	19.687	3.378

tabla No. 6

### CONCENTRACIONES PROMEDIO DE METALES CONSTITUYENTES EN SUERO Y QUESO.

	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
Suero	0.387	0.814	0.931	1929.71	313.58	414.12	456.34
Queso	2.702	33.205	22.331	1928.10	9439.52	4950.98	859.08

tabla No. 7

### CONCENTRACIONES PROMEDIO DE METALES CONTAMINANTES EN SUERO Y QUESO.

	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)
Suero	0.594	0.121	0.952	0.065
Queso	6.327	1.615	9.516	6.996

tabla No. 8

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ANÁLISIS PROXIMAL EN LECHE DONDE SI  $F_{calc} < F_{teo}$  SE ACEPTA HO**

Análisis	$F_{calc}$	$F_{teo}$	Decisión
Humedad	0.060	3.110	Se acepta
Cenizas	0.231	3.110	Se acepta
Proteínas	2.660	3.110	Se acepta
Grasa	0.827	3.110	Se acepta
Carbohidratos	1.144	3.110	Se acepta

*tabla No. 9*

Para el análisis proximal, en todos los casos se encuentra que no hay una diferencia significativa entre los datos obtenidos en diferentes establos.

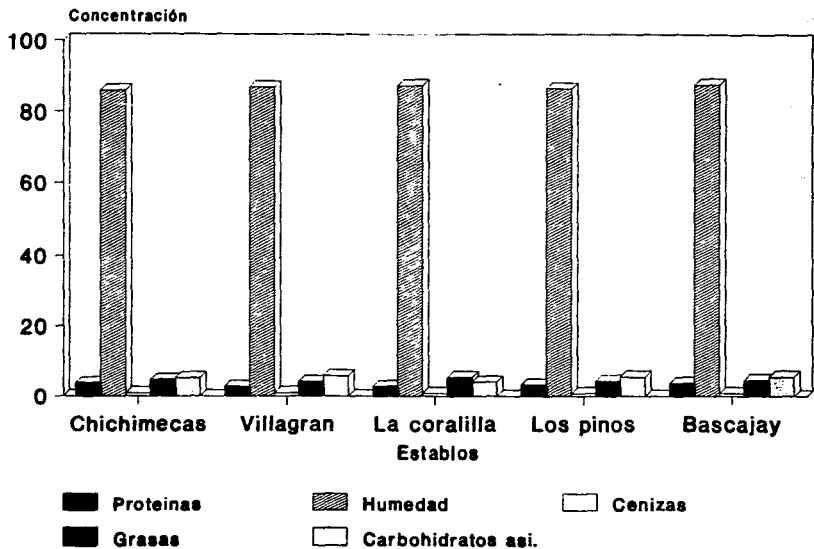
**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS ELEMENTOS CUANTIFICADOS, PARA LECHE, DONDE SI  $F_{calc} < F_{teo}$  ENTONCES SE ACEPTA HO**

Elemento	$F_{calc}$	$F_{teo}$	Decisión
Cobre (Cu)	2.626	3.110	Se acepta
Zinc (Zn)	9.530	3.110	Se rechaza
Hierro (Fe)	0.950	3.110	Se acepta
Potasio (K)	0.543	3.110	Se acepta
Sodio (Na)	8.089	3.110	Se rechaza
Calcio (Ca)	1.522	3.110	Se acepta
Magnesio (Mg)	2.123	3.110	Se acepta
Plomo (Pb)	1.716	3.110	Se acepta
Cadmio (Cd)	17.836	3.110	Se rechaza
Níquel (Ni)	2.955	3.110	Se acepta
Cromo (Cr)	1.657	3.110	Se acepta

*tabla No. 10*



## ANALISIS PROXIMAL EN LECHE PROVENIENTE DE IXMIQUILPAN HIDALGO.

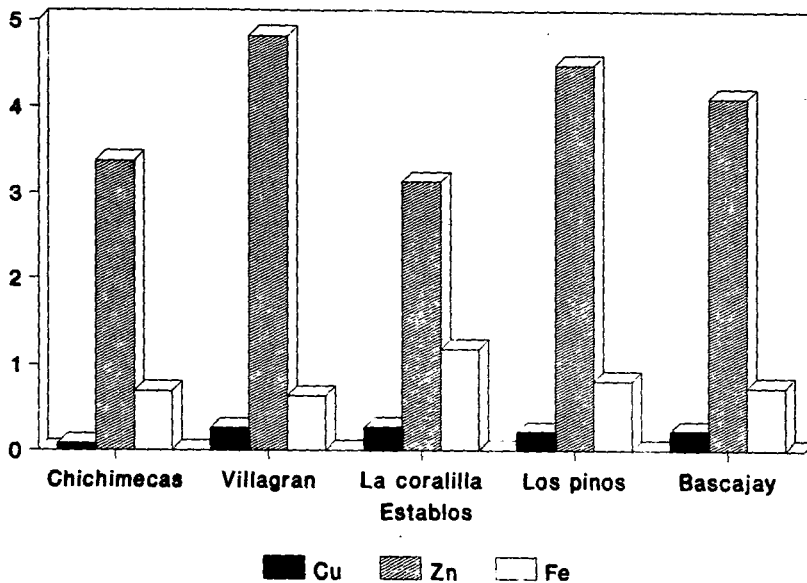


50

CONCENTRACION EN %

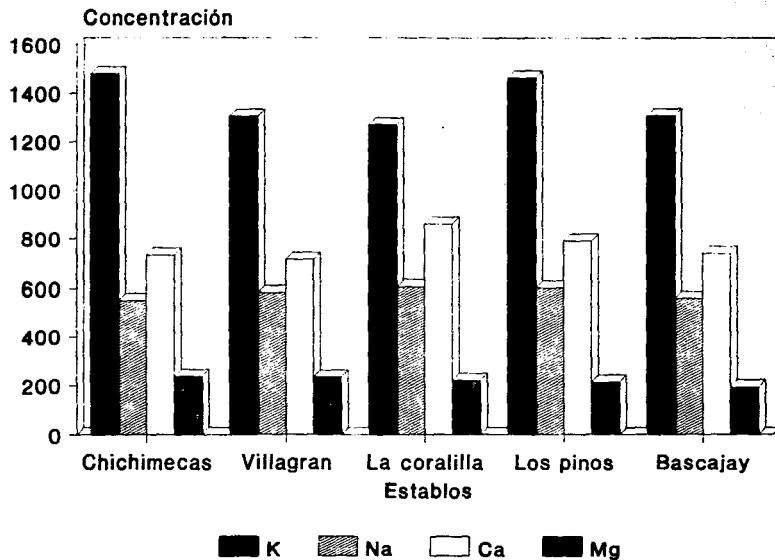
### MICRONUTRIENTES EN LECHE.

15



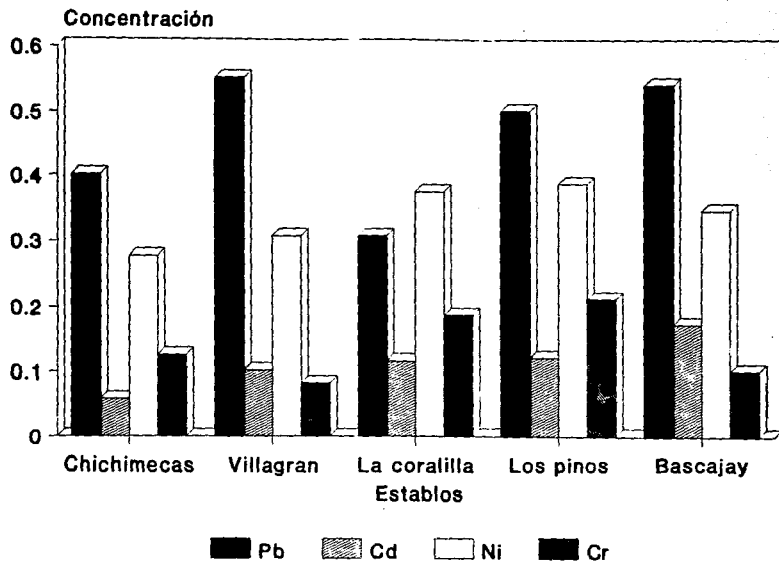
CONCENTRACION PPM

## MACRONUTRIENTES EN LECHE

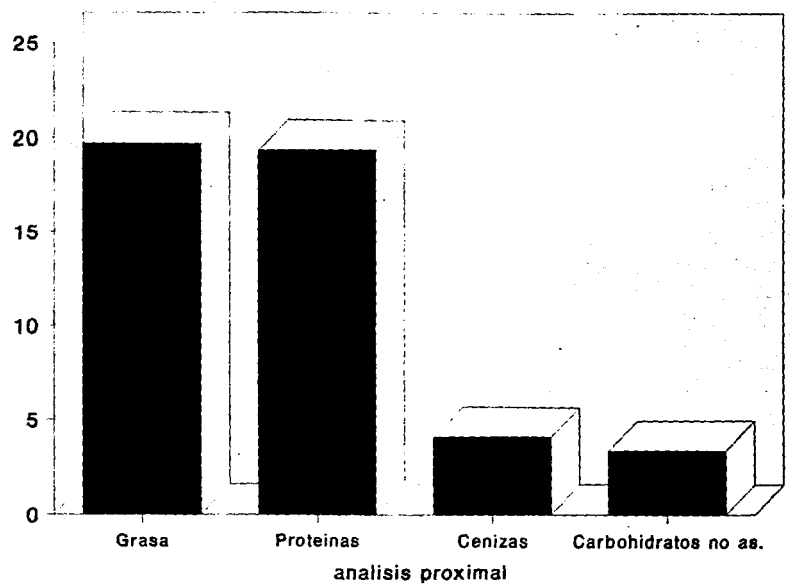


CONCENTRACION EN PPM

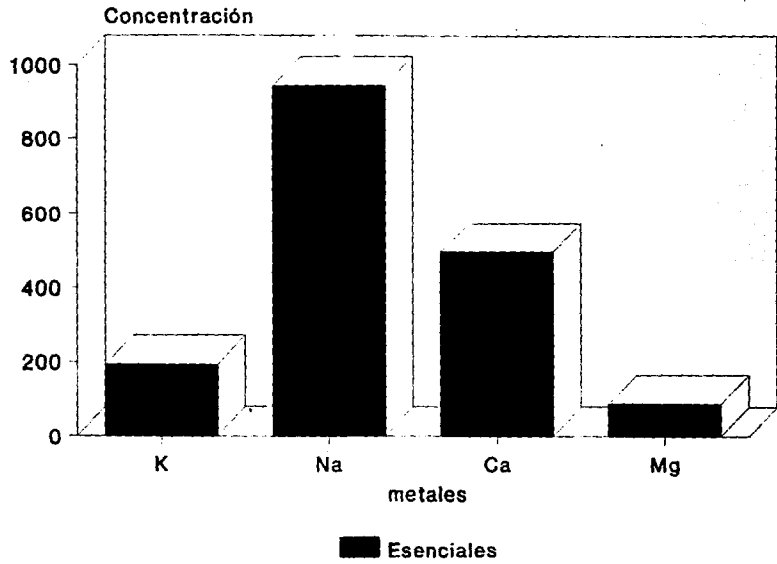
## CONTAMINANTES EN LECHE



### ANALISIS PROXIMAL DE QUESO

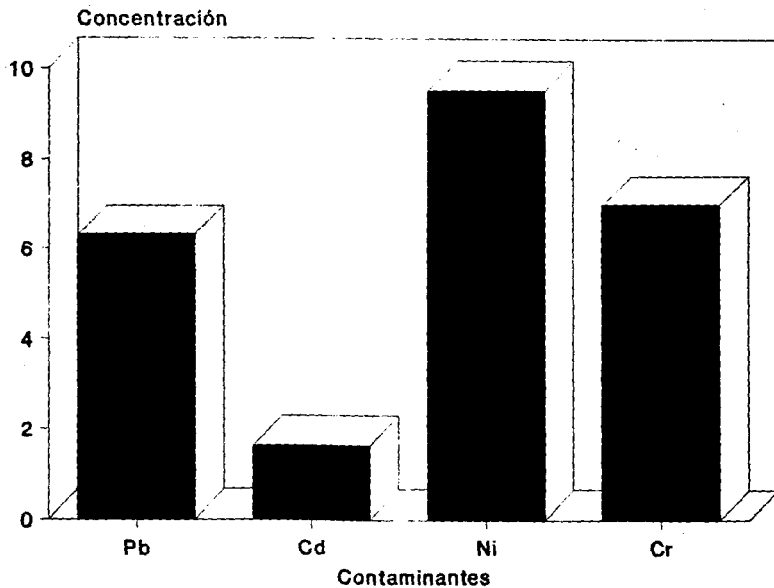


### MACRONUTRIENTES EN QUESO



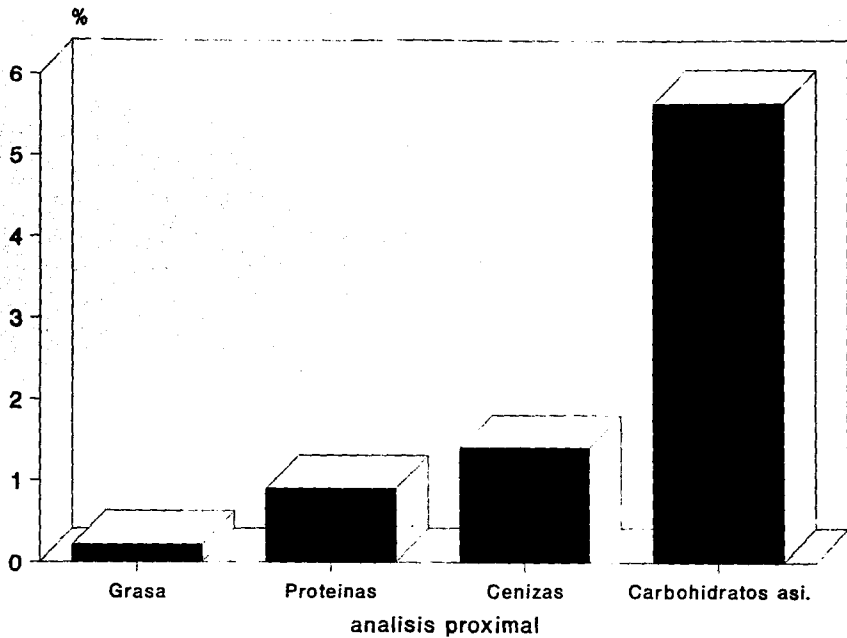
CONCENTRACION EN mg/100 g

### METALES CONTAMINANTES EN QUESO



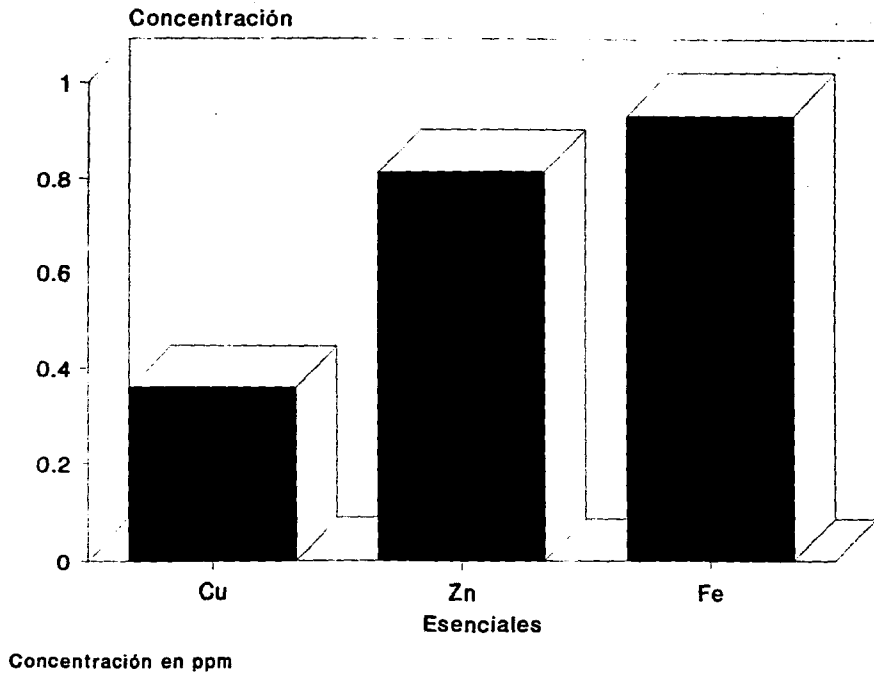
CONCENTRACION EN PPM

## ANALISIS PROXIMAL DE SUERO

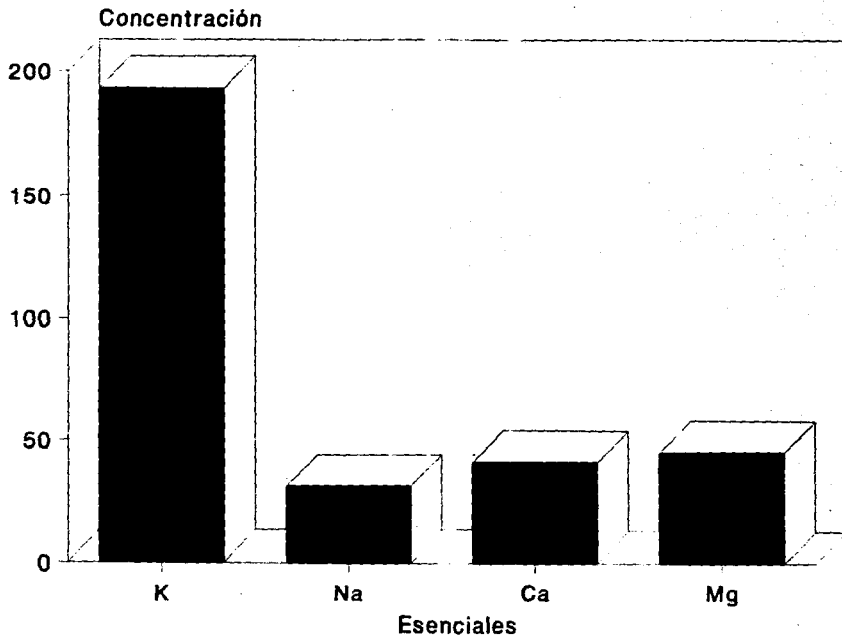




## MICRONUTRIENTES EN SUERO

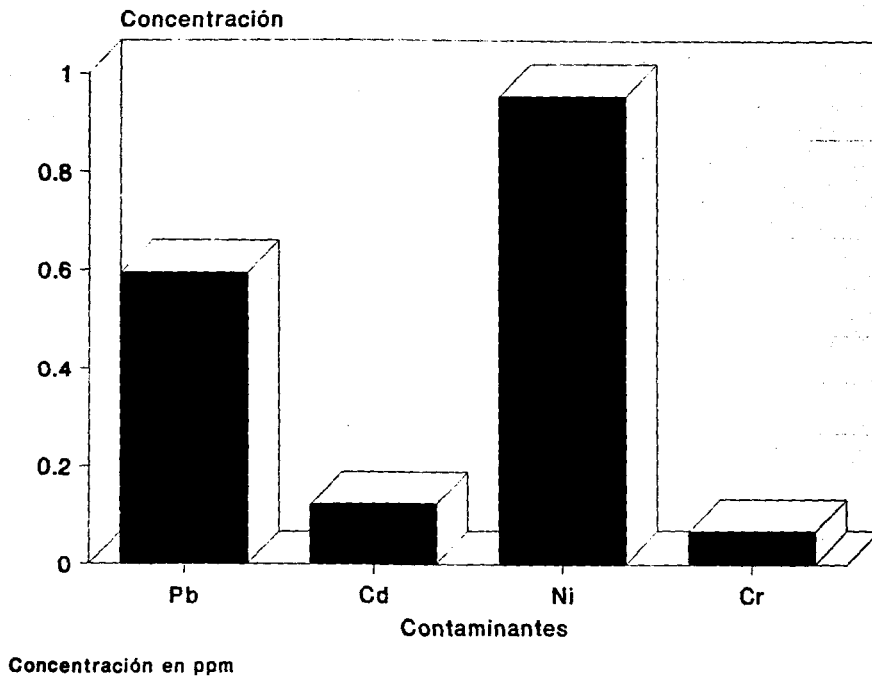


## MACRONUTRIENTES EN SUERO



Concentración en mg/100

## METALES CONTAMINANTES EN SUERO



**DATOS DESCritos EN LA LITERATURA POR DIFERENTES AUTORES PARA EL ANÁLISIS PROXIMAL Y PARA LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS CONSTITUYENTES Y CONTAMINANTES.**

**ANÁLISIS PROXIMAL DE LECHE (4).**

% HUMEDAD	% CENIZAS	% PROTEÍNAS	% GRASA	% CARBOHIDRATOS
87	0.7	3.38	3.75	5.0

**ANÁLISIS PROXIMAL DE SUERO (23).**

% HUMEDAD	% CENIZAS	% PROTEÍNAS	% GRASA	% CARBOHIDRATOS
93	0.7	0.9	0.4	5.0

**ANÁLISIS PROXIMAL DE QUESO (15, 61).**

% HUMEDAD	% CENIZAS	% PROTEÍNAS	% GRASA	% CARBOHIDRATOS
54	4.0	20	20	2.0

**CONCENTRACIÓN DE METALES CONSTITUYENTES EN LECHE**

AUTOR	Año	Na	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe
Voth J. L.	1963	---	----	----	----	-----	3.7	0.23
Godded	1966	500	1500	1250	100	0.03-1.7	----	0.3
Revilla A.	1967	500	1500	1250	100	-----	-----	----
Lercho M.	1969	470	1550	1280	92-236	0.26	3.5	1.4
Muillet	1975	445	1488	1225	110	0.127	4.41	0.442
Underwood	1977	500	1500	1200	100	0.2	4.0	0.5
Primo E.	1979	600	1500	1200	170	0.1	3.5	0.3
Underwood	1983	500	1500	1170	----	0.2	3.0-5.0	0.5
Badui	1990	580	1400	1177	121	-----	-----	----
Mahia L.	1991	-----	-----	-----	----	0.29	3.27	1.3
Castillo, L.	1993	-----	-----	-----	----	0.29	3.44	1.04
Gómez F. E.	1994	630	1629.5	910.8	311.6	0.25	2.45	0.40
Cruz R. J. L.	1995	579.26	1384.55	762.4	194.04	0.212	3.975	0.808

**CONCENTRACIÓN DE METALES  
CONTAMINANTES EN LECHE.**

AUTOR	Año	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)
Castillo G. L.	1993	0.062	0.013	-----	0.518
Santiago F.	1994	0.515	0.485	-----	-----
Cruz R. J. L.	1995	0.460	0.114	0.339	0.141

**ELEMENTOS CONSTITUYENTES EN SUERO.**

Autor	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
Juárez M.	0.325	0.675	0.334	431	1950	532	73
Cruz R. J. L.	0.387	0.814	0.931	313.58	1929.71	414.12	456.34

**ELEMENTOS CONTAMINANTES EN SUERO**

Autor	Año	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)
Cruz R. J. L.	1995	0.594	0.121	0.952	0.065

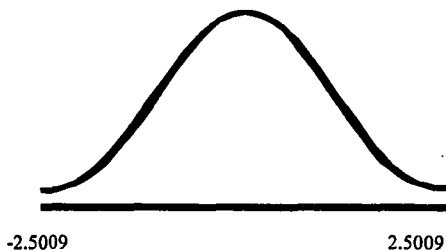
**ELEMENTOS CONSTITUYENTES EN QUESO**

Autor	Año	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
Juárez M.	1986	1.70	38.84	5.29	11930	1380	5790	161
Juárez M. y Hernández M.	1983	2.24	35.52	7.4	-----	-----	-----	-----
Cruz R. J. L.	1995	2.702	33.205	22.331	9439.52	1928.10	4950.98	859.08

## ELEMENTOS CONTAMINANTES EN QUESO

Autor	Año	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)
Cirugeda Delgado M. E.	1991	----	5.78	----	----
Diario Oficial	1994	0.5	-----	----	----
Cruz Reyes J. L.	1995	6.327	1.615	9.516	6.996

**Análisis Estadístico para leche, empleando " t de Student ", con un límite de confianza del 99 %.**



**Autores:**

1. Godded	7. Badui
2. Revilla	8. Castillo*
3. Underwood	9. Mahia
4. Primo	10. Castillo
5. Lercho	11. Voth
6. Muillet	12. Santiago

Elemento	Autor	$\mu$	$t_{calc}$
Cu	1	0.170	1.536*
	5	0.260	-1.951*
	6	0.127	3.188
	3	0.200	0.384*
	4	0.100	4.226
	9,10	0.29	-3.073
	8	0.25	-1.536*
Zn	11,9	3.70	1.357*
	5,4	3.50	2.510*
	6	4.41	-2.744
	3	4.00	-0.375*
	10	3.44	2.859
	8	2.45	8.579
Fe	11	0.23	5.838
	1,4	0.30	5.143
	5	1.40	5.778
	6	0.422	3.932
	3	0.50	3.157
	9	1.30	-4.785
	10	1.04	-2.204*
	8	0.4	4.150
K	1,2,3,4	1500	-2.415*
	5	1550	-3.434
	6	1488	-2.171*
	7	1400	-0.378*
	8	1629.5	-5.054

Elemento	Autor	$\mu$	tcalc
Na	1,2,3	500	7.379
	5	470	10.088
	6	445	12.345
	4	600	1.641*
	7	580	0.156*
	8	630	4.357
Ca	1,2	1250	-21.740
	5	1280	-23.085
	6	1225	-20.620
	3,4	1200	-19.500
	3	1170	-18.155
	7	1177	-18.469
	8	910.8	-6.539
Mg	1,2,3	100	10.476
	5	164	3.304
	6	110	9.355
	4	170	2.632
	7	121	8.123
	8	311.6	-13.235

tabla No. 11



## ELEMENTOS CONTAMINANTES DE LA LECHE.

Elemento	Autor	$\mu$	$t_{calc}$
Pb	12	0.515	-1.567*
	10	0.062	10.263
	8	1.03	-15.023
Ni	8	0.330	0.751*
Cd	12	0.485	-38.001
	10	0.013	10.476
	8	0.05	6.675
Cr	10	0.518	-18.198
	8	0.850	-34.353

tabla No. 12

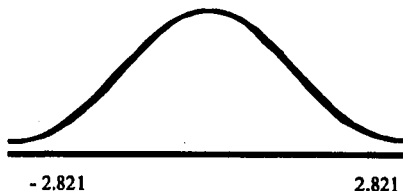
## ANÁLISIS PROXIMAL DE LA LECHE

ANÁLISIS	$\mu$	$t_{calc}$
% Humedad	87.0	-0.596*
% Cenizas	0.70	5.971
% Proteínas	3.38	-1,677*
% Grasa	3.75	2.767
% Carbohidratos	5.0	-0.614*

tabla No. 13

\* Datos que se encuentran dentro del límite de esta investigación, no tienen diferencia significativa con lo reportado por otros autores.

**Análisis Estadístico para suero, empleando el estadígrafo "t de Student", con un límite de confianza del 99 %.**



## ELEMENTOS CONSTITUYENTES DEL SUERO

<i>Elemento</i>	<i>Autor</i>	$\mu$	<i>t<sub>calc</sub></i>
Cu	1	0.325	0.730*
Zn	1	0.675	1.546*
Fe	1	0.334	6.058
K	1	195	-1.509*
Na	1	43.1	-3.417
Ca	1	53.2	-3.787
Mg	1	7.3	8.125

tabla No. 14

1. Juárez

## ANÁLISIS PROXIMAL DEL SUERO

<i>ANÁLISIS</i>	$\mu$	<i>t<sub>calc</sub></i>
% Humedad	93.0	-1.453*
% Cenizas	0.70	3.822
% Proteínas	0.90	-0.014*
% Grasa	0.4	-13.022
% Carbohidratos	5.0	0.769*

tabla No. 15

\* Datos que entran dentro de los límites de esta investigación, no tienen diferencia significativa con lo reportado por otros autores.

**Análisis Estadístico para queso utilizando la "t de Student", con un límite de confianza del 99 %.**



-2.896

2.896

1. Juárez

2. Juárez y M.

**METALES CONSTITUYENTES EN QUESO.**

<i>Elemento</i>	<i>Autor</i>	$\mu$	<i>t<sub>calc</sub></i>
Cu	1	1.70	3.069
	2	2.24	0.817*
Zn	1	38.34	3.502
	2	35.52	-1.579*
Fe	1	5.29	3.765
	2	7.40	3.299
K	1	138	-5.537
Na	1	1193	-5.851
Ca	1	579	-10.327
Mg	1	16.1	5.243

*tabla No. 16*

**METALES CONTAMINANTES EN QUESO**

<i>Elemento</i>	<i>Autor</i>	$\mu$	<i>t<sub>calc</sub></i>
Pb	3	0.5	4.389
Cd	4	5.78	-7.025

*tabla No. 17*

## ANÁLISIS PROXIMAL DEL QUESO

<i>Análisis</i>	$\mu$	<i>t<sub>calc</sub></i>
% Humedad	54.0	-0801*
% Cenizas	4.0	0.447*
% Proteínas	20.0	1.989*
% Grasa	20.0	-0.595*
% Carbohidratos	2.0	1.428*

tabla No. 18

\* Datos que entran dentro de los límites establecidos por esta investigación, no tienen diferencia significativa con lo reportado por otros autores.

## **9. DISCUSIÓN.**

Se cuantificaron los metales constituyentes y contaminantes, así como el análisis proximal del suero, leche y queso tipo Oaxaca provenientes del municipio de Ixmiquilpan, Hgo. El queso que se prepara en esta zona proviene de la totalidad de leche que llega al día, razón por la cual no se pudo realizar el análisis comparativo entre los distintos establos, de igual forma el suero presenta el mismo problema, ya que este se obtiene de la preparación del queso.

En las muestras de leche provenientes del establo Chichimecas se observa una disminución en la concentración de Cobre con respecto a los otros establos, con un nivel de concentración de 0.073 ppm, mientras que en los otros establos la concentración oscila entre 0.223 y 0.268 ppm (ver tabla No. 3) siendo el único elemento de los constituyentes que presenta esta variación. El elemento contaminante que presentó variación fue el Cadmio con un valor de 0.058 ppm siendo la concentración para los demás establos entre 0.103 y 0.172 ppm (Ver tabla No. 4).

En cuanto al análisis proximal de las muestras provenientes de este establo no se observó ninguna divergencia entre los resultados obtenidos con los diferentes establos (ver tabla No. 1).

En el establo La Coralilla se observó un ligero aumento en la concentración de Hierro donde la concentración fue de 1.185 ppm, mientras que en los otros establos la concentración oscila entre 0.633 y 0.808 ppm (ver tabla No. 3)

En el análisis proximal de las muestras provenientes de este establo se observó una ligera disminución en el contenido de proteínas 2.67%, y el de carbohidratos asimilables 3.975%, mientras que para proteínas se determinaron concentraciones entre 3.128 y 3.671% para los otros establos. Se observó un ligero aumento en el contenido de grasa 5.25%, mientras que para los restantes el contenido de carbohidratos es de 5.147 y 5.724% (Ver tabla No. 1)

En el establo Villagran se observa una variación en la concentración del elemento contaminante Cromo ya que se obtuvo una concentración de 0.083 ppm, mientras que en los diferentes establos oscila entre 0.100 y 0.212 ppm (ver tabla No. 4)

En el análisis proximal se observó un aumento en el contenido de cenizas y de carbohidratos con respecto a los diferentes establos analizados, puesto que el contenido de cenizas se determinó en 0.847% mientras que en los otros establos se encuentra entre 0.794 y 0.798%, el contenido de carbohidratos es de 5.25%, en tanto que para los demás establos se encuentra entre 4.0 y 4.6%. Las proteínas presentaron

una disminución en su contenido siendo de 2.617%, mientras que en los otros establos oscila entre 3.128 y 3.671%.(Ver tabla No 1).

El establo Bascajay es el que menor contenido de Magnesio tiene siendo 162.065 ppm mientras que en los restantes se tienen valores entre 179.78 y 229.623 ppm (Ver tabla No. 3).

El elemento contaminante en donde presento una mayor concentración fue el Cadmio siendo de 0.172 ppm mientras que en los restantes se encontraron valores entre 0.058 y 0.122 ppm (Ver tabla No. 4).

En el análisis proximal presenta una variación en el contenido de carbohidratos determinándose 3.656% mientras que para los siguientes establos el contenido de carbohidratos se determinó entre 5.147 y 5.724%.(Ver tabla No. 1)

En el establo Los Pinos es donde se cuantifico el mayor contenido de Cobre siendo de 0.268 ppm mientras que en los demás establos se encontraron valores entre 0.073 y 0.255 ppm (Ver tabla No. 3).

En este establo se presentaron dos elementos contaminantes en mayor concentración Níquel y Cromo teniendo valores de 0.390 y 0.212 ppm respectivamente, mientras que para los demás establos los valores de Níquel oscilaron entre 0.277 y 0.378 ppm y en el Cromo en los restantes establos los valores están entre 0.083 y 0.187 ppm (Ver tabla No. 4).

En el análisis proximal no presenta variaciones en comparación con los demás establos (Ver tabla No. 1).

Se realizó un Análisis de Varianza para determinar si hubo diferencia significativa entre las muestras de leche analizadas en este trabajo procedentes de los diferentes establos, observándose solo diferencia estadísticamente significativa para los niveles de concentración de Zinc, Sodio y Cadmio (Ver tabla No. 10).

Para el Análisis Proximal también se aplicó este Análisis de Varianza, obervando que no hay diferencia significativa entre los establos estudiados en este trabajo (Ver tabla No. 9).

Para las evaluaciones de metales en el Suero hubo una variación para el elemento constituyente Hierro en cuanto a la concentración ya que el valor mínimo no fue detectado y el valor máximo fue de 3.125 ppm (Ver tabla No 7), lo mismo ocurre para el elemento contaminante Níquel, en donde se determino la concentración desde 0.255 hasta 1.875 ppm (Ver tabla No. 8).

En el análisis proximal del Suero se encontraron variaciones en el contenido de cenizas puesto que sus valores se determinaron entre 0.8 y 1.894% (Ver tabla No. 5). En el Queso se encontraron variaciones para el elemento constituyente Hierro siendo la concentración entre 4.17 y 47.649 ppm (Ver tabla No. 7). Los que mayor variación presentaron fueron los elementos contaminantes Plomo, Cadmio y Cromo, para el Plomo los valores oscilaron entre 1.55 y 11.037 ppm, el Cadmio presentó valores desde 0.614 hasta 6.24 ppm, y el Cromo concentraciones desde no detectables hasta 20.01 ppm (Ver tabla No 8).

En el análisis proximal del queso se observan ligeras variaciones en el contenido de carbohidratos siendo de 0.519 hasta 7.019% (Ver tabla No. 6).

Al realizar el análisis estadístico a través de la t de Student para determinar si hay diferencia significativa entre lo reportado en este trabajo y lo descrito por otros autores para los tres alimentos aquí estudiados, leche, queso y suero se observa que de los elementos constituyentes solo tres de estos Hierro, Calcio y Magnesio presentan diferencia significativa con respecto a los otros autores.

En el elemento constituyente Calcio se encontró una concentración menor a la descrita en la literatura, poniendo de manifiesto una relación antagónica entre el Calcio y el Magnesio, es decir que existe competencia entre estos dos metales, así si el Calcio esta disminuido entonces el Magnesio elevará su concentración, tal es el comportamiento de dichos metales en este trabajo (Ver tablas No. 11, 14, 16).

Con respecto al análisis proximal para el caso de suero y leche, se observa que hubo diferencia significativa en el caso de cenizas y grasa al compararse con lo reportado en la literatura, mientras que el contenido de humedad, proteínas y carbohidratos no presentan diferencia, a diferencia del queso en donde no hay diferencia significativa en el análisis proximal aquí reportado y lo descrito en la literatura (Ver tablas No. 13, 15, 18 ).

En el caso de los metales contaminantes sólo de la leche y del queso se tienen datos reportados de los cuales al realizarles el análisis estadístico presentaron diferencia significativa en cada uno de los alimentos analizados (Ver tablas No. 12, 17).

## **10. CONCLUSIONES.**

Al término de este trabajo se cumplieron los objetivos inicialmente planteados puesto que se realizó el análisis proximal y se evaluaron los metales constituyentes y contaminantes de la leche, suero y queso procedentes del Municipio de Ixmiquilpan Hgo. obteniendo las siguientes conclusiones:

1. Del Análisis proximal realizado en muestras de leche, los valores encontrados muestran que no hay diferencia significativa entre los diferentes establos aquí estudiados, así como en los valores reportados por otros autores.
2. De los elementos constituyentes analizados en leche procedente de diferentes establos, los niveles de concentración para Zinc, Sodio y Cadmio presentaron diferencia significativa.
3. En la leche de vaca los niveles de concentración para los elementos constituyentes obtenidos en este trabajo caen dentro de los límites reportados por otros autores a excepción del Calcio y Magnesio, el Calcio estuvo por debajo y el Magnesio por arriba de los valores reportados.
4. En el caso de los elementos contaminantes analizados en leche, el Cromo es el que presenta diferencia significativa con los valores reportados por otros investigadores, que reportan valores superiores, mientras que el Níquel no presenta diferencia significativa con respecto a otros autores.
5. Los valores del Análisis Proximal del Suero cumplen con los resultados reportados en la literatura por lo que se concluye que no hay una disminución en el contenido nutricional de dicho alimento que es empleado en fórmulas infantiles y como alimento en si para otros animales.
6. En el Suero los resultados obtenidos para los elementos constituyentes no presentan diferencia significativa con otros autores, excepto Calcio que esta por debajo de los valores reportados mientras que el Magnesio se encuentra por arriba.
7. En el caso de los elementos contaminantes del Suero se concluye que no representan un peligro para la salud ya que la ingestión de dicho alimento no es importante.
8. Para el Análisis Proximal los resultados obtenidos en este trabajo cumplen con lo reportado por la literatura por lo que se concluye que no hay disminución en el contenido nutricional de dicho alimento.



9. En el Queso los resultados obtenidos para el contenido de elementos constituyentes están dentro de los límites establecidos por la literatura, siendo el Calcio y Magnesio elementos que no cumplen con los valores reportados en la literatura.
10. En los elementos contaminantes el resultado fue superior a lo reportado por la literatura esto debido en gran parte a su forma de elaboración, en el Plomo se rebasa considerablemente la normatividad por lo que se concluye que representa un peligro potencial al ingerir grandes cantidades de Queso proveniente de este Municipio.
11. A pesar de no contar con un valor comparativo en la bibliografía, los valores de Cadmio se considera que se encuentran en exceso.

## **11. BIBLIOGRAFÍA**

1. Aragón M<sup>a</sup> E., y Villa Novoa I.; "Prácticas de Laboratorio de Análisis de Alimentos"; Departamento de Alimentos y Biotecnología, División de Ingeniería, Facultad de Química, UNAM; México D. F., Febrero 1994, pp. 1-5, 8.
2. Belitz H. D.; "Química de los Alimentos"; 2<sup>a</sup> Edición; Editorial Acribia; Zaragoza España. (1985), pp. 377-378.
3. Comité Mixto de la FAO/OMS de Expertos en higiene de la Leche.; "Tercer Informe"; Roma Italia. 1986, pp. 1-6, 70-85.
4. Hart L.; "Análisis Moderno de los Alimentos"; Editorial Acribia Zaragoza, España, pp. 133-135.
5. Badui Dergal S.; "Química de los Alimentos"; 2<sup>a</sup> Edición; Editorial Alhambra Mexicana. México. 1990, pp. 581-589.
6. Valdés Martínez S. E. "Análisis de Leche y Productos Lácteos"; Tecnología de Alimentos. (1993) 28:3, 21-24.
7. Juárez M. y Alonso L.; "Estudio de Elementos Minerales durante el proceso de elaboración del Queso Cabrales"; Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment., (1986), 26:1, 123-129.
8. Charley H.; "Tecnología de Alimentos Procesados Químicos y Físicos en la Preparación de Alimentos"; Editorial Limusa México. 1987, pp. 380-383, 391.
9. Calero Carretero R., Carmona Carmona E., Merchán Navarro J., Gimeno Ortiz A., y Ventas García J. L.; "Calidad Bromatológica y Sanitaria de los Productos Lácteos en Extremadura". Alimentaria 91, (1991): 27-42.
10. Pérez Aparicio J. "La Leche Natural". Alimentaria 91. (1991): 41-226 .
11. Ruiz Iñiguez J. y Gómez R.; "Pago de la Leche por Calidad. Reto para el sector Lácteo Español". Alimentaria 89.(1989): 17-18.
12. Comité Mixto FAO/OMS de expertos gubernamentales sobre el código de principios referentes a la leche y productos lácteos. Informe Vigésimo, Segundo Periodo de sesiones, Sede Roma 5-9 de Nov. 1990, pp. 3-8.

13. Lerchea M.; "Inspección Veterinaria de la Leche"; Editorial Acribia S. A.; Zaragoza España. 1979, pp. 53-56, 237-244.
14. González M<sup>a</sup>. J.; "Contaminación de Alimentos por Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (PAH), Bifenilos Policlorados (PCBs) y Metales Pesados". Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment. (1985), 25:4, 507-520.
15. Yebra Biurru M. C.; "Estudio Comparativo de la Determinación de Calcio en Diversos Tipos de Leche por Espectrofotometría de Absorción Atómica Después de Distintos Tratamientos de Muestra". Alimentaria 91. (1991): 23-25.
16. Juárez M. y Hernández M.; "Contenido de elementos minerales en quesos del mercado español, determinados por Espectrofotometría de Absorción Atómica". Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment. (1983) 23:3, 417-426.
17. Velázquez H. A.; "Evaluación del contenido de metales pesados en la relación agua-suelo-planta del DDR Mixquiahuala". Pachuca Hidalgo. (1992), pp. 84.
18. Santo Domingo M<sup>a</sup>. A.; "La leche y los productos lácteos en la dietética actual". Alimentaria. (1993) 93:247, 29-32.
19. Revilla A.; "Tecnología de la leche, procesamiento, manufactura y análisis"; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; 2<sup>a</sup> Edición. Editorial IICA. San José Costa Rica. (1985), pp. 12-14, 33-34.
20. Horwar R. R.; "Sanidad Alimentaria". Editorial Acribia S. A. España. 1986, pp. 80-108.
21. Fennema R. O.; "Química de los Alimentos". Editorial Acribia S. A. España 1993, pp. 922-925.
22. Cenzano I., Vicente J. M.; "Nuevo Manual de Industrias Alimentarias". Mundi-Prensa Libros S. A. España. 1993, pp. 89-91.
23. Underwood E. J.; "Los Minerales en la Nutrición del Ganado"; 2<sup>a</sup> Edición; Editorial Acribia S. A. Zaragoza España. 1983, pp. 1-85, 92-126, 165-180.
24. Badui S.; "Propiedades y Usos del Suero de Leche"; Rev. Tecnol. Aliment. México. (1977) 12:5-10.

25. Morris B. J.; "The Chemical Analysis of foods and foods products"; Third Edition; Robert Kriegler Publishing Co. Inc. Philadelphia Denver. 1973, pp. 261-275.
26. Revilla A. K.; "Tecnología de la Leche"; Editorial Herrero Hermanos S. A. México D. F. 1985, pp. 11-17, 26-31, 114-119.
27. Porter J. W. G.; "Leche y Productos Lácteos". Editorial Acribia S. A. España. 1981, pp. 9-13.
28. Salinas R.; "Alimentos y Nutrición, Bromatología Aplicada a la Salud". Editorial El Ateneo. Buenos Aires Argentina. 1988, pp. 7-14.
29. Linder E.; "Toxicología de los Alimentos". Editorial Acribia S. A. Zaragoza España. pp. 106-113.
30. Alais C.; "Ciencia de la Leche". Editorial Continental S. A. De C. V. Tercera impresión. 1981, pp. 31-37, 345-367.
31. Underwood J. E.; "Trace Elements in Human and Animal Nutrition"; Fourth Edition; Academic Press. New York . 1977, pp. 13-268.
32. Barberá R. y Farré R.; "Biodisponibilidad de los elementos traza". Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment. (1992) 32:4, 381-399.
33. Dabeka W. R. and McKenzie D. A.; "Graphite-Furnance Atomic Spectrometric Determination and Survey of Total Aluminium, Copper, Manganese, Molybdenum and Tin in Infant Formulas and Evaporated Milks". Journal of AOAC International. (1992) 75:6, 954-963.
34. Hamilton R. P.; "Zinc Interference With Copper, Iron and Manganese" in Young Japanese Quail. Journal of Food Sciences. (1979) 44, 738-741.
35. Welsh O. S.; "Zinc Levels of the U. S. Supply-1909-1980". Food Technology. (1992), 70-76.
36. Lista de Dosis Máximas de Contaminantes recomendada por la comisión mixta FAO/OMS del Codex Alimentarius. Roma Italia; Primera serie, 1973, pp. 1-14.
37. López Mahia P.; "Elementos Traza en Leche Natural de Vaca". Alimentaria. (1991), 10: 45-47.

38. Informe de una Consulta Mixta FAO/OMS de Expertos para la Agricultura y la Alimentación; "Necesidades de Vitamina A, Hierro, Folato y Vitamina B<sub>12</sub>"; FAO. Roma Italia. 1991, pp. 39-41, 51-54, 59.
39. Duffus J., H. J.; "Toxicología ambiental". Ediciones Omega S. A. Barcelona España. 1983, pp. 83-94.
40. Mortvedt J. J.; "Micronutrientes en Agricultura". Editorial AGT. México D. F. 1983, pp. 606-607, 666-668, 688-689.
41. Shaffner M. R.; "Lead in Canned Foods". Food Technology. (1981), 12:60-64.
42. Filardo S.; "Cuantificación de Cadmio y Plomo en Leche Bronca de 9 Municipios del Estado de Hidalgo, en donde se utilizan aguas Residuales para regar los forrajes ". Rev. Soc. Quím. Méx. (1994) 38:3, 117-128.
43. Alegria Torán A.; "Níquel Funciones en el Organismo e Importancia en Alimentación". Alimentaria. (1987), 10:51-54.
44. García Pino C. A.; "Influencia de la Zona de Pastoreo sobre el Contenido de Níquel en la Leche de Vaca". Alimentaria. (1990) 10:33-35.
45. García Rollan M.; "Alimentación Humana, Errores y sus Consecuencias". Ediciones Mundi-Prensa; Madrid España. 1990, pp. 167-199.
46. Juárez M. y Martínez Castro I.; "Determinación de Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn en Leche de Mercado por Espectrofotometría de Absorción Atómica"; Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment. (1979) 19:1, 45-54.
47. Primo E.; "Química Agrícola III". Editorial Alhambra-España. 1979, pp. 462-463.
48. García E. A.; "Contenido de Calcio y Fósforo en Leches Procedentes del Principado de Asturias". Alimentaria. (1989) 4:13-14.
49. Kustsky R. J. ; "Handbook of Vitamins, Minerals and Hormones". Second Edition. Van Nostran. New York. pp. 492.
50. Amiot J.; "Ciencia y Tecnología de la Leche, Principio y Aplicaciones". Editorial Acribia S. A. Zaragoza España. 1991, pp. 42-43.

51. Herrador M. A., Jiménez A. M. y Asuero A. G.; "Elementos Traza en Alimentos, Determinación de Elementos Traza en Leche Mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama". Alimentaria. (1984) 154: 21-28.
52. Instrumentation for Quality Control. Food technology. (1986) 7: 88-90.
53. Skoog A. D. and West M. D.; "Química Analítica"; 4ª Edición; Editorial McGraw-Hill; Madrid, España, 1990.
54. Whiteside J. P.; "An introduction to Atomic Absorption Spectrophotometry"; Pye Unicam Ltd, York Street; Cambridge, England; February 1979.
55. Rodríguez Zavaleta C.; "Perspectivas del Uso de las Aguas Residuales en el Estado de Hidalgo"; Pachuca, Hidalgo, 1992, Resúmenes SARH, pp. 83.
56. Castillo Granada A. L., Arteaga Mejía M., Castillo González M. y Pérez Vega A.; "Evaluación de los Niveles de Contaminación por Metales Pesados (Pb, Cr, Cd, Cu, Zn, Fe) en aguas Residuales y Suelos de Cultivo en el Distrito de Riego 063 en el Valle del Mezquital, Hidalgo"; Pachuca, Hidalgo, 1992, Resúmenes SARH, pp. 86.
57. García Méndez T., Guajardo Viera R. y Flores Delgadillo L.; "Contenido de Metales Pesados, B, (A.B.S), Grasas y Aceites en las Aguas Residuales de Riego del D.D.R. 063, Mixquiahuala, Estado de Hidalgo, Primer Congreso Mexicano de Mineralogía, pp. 110-113.
58. Gordillo Martínez A. J. y Reyes Moctezuma V.; "Evaluación de Metales Pesados en tierras de cultivo del distrito de Riego 063 Mixquiahuala, Hidalgo, México"; Pachuca, Hidalgo, 1992, Resúmenes SARH, pp. 85.
59. Quadri de la Torre G.; "Aguas Residuales de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Impactos y Perspectivas"; Departamento del Distrito Federal.
60. Cortez A. J. J.; "Plan de Desarrollo Urbano y Arquitectónico en Ixmiquilpan Hidalgo"; Tesis, UNAM, 1985.
61. Nieto Villalobos Z. y Cañizo Suarez M<sup>a</sup>. E.; "Prácticas de Laboratorio Productos Lácteos"; Departamento de Alimentos y Biotecnología, División de Ingeniería, Facultad de Química, UNAM; México D. F., Febrero 1994, pp. 24-26, 42-43.