

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



“OSTEOMALACIA”

COMO POSIBLE CAUSA DE DESECHO EN GANADO HOLSTEIN

POR:

GUSTAVO CRUZ GUILLÉN

T E S I S

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

POR:

GUSTAVO CRUZ GUILLÉN

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

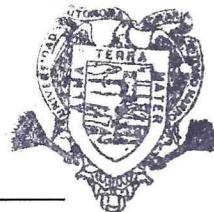
APROBADO POR EL JURADO:



M.C. MARCO ALFREDO HERNÁNDEZ VERA
Presidente



M.C. JORGE ITURBIDE RAMÍREZ
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal
UAAAN - UL

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**“OSTEOMALACIA”
COMO POSIBLE CAUSA DE DESECHO EN GANADO HOLSTEIN**

T E S I S

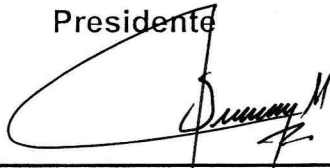
POR:

GUSTAVO CRUZ GUILLÉN

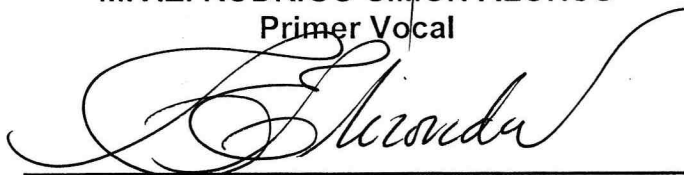
APROBADA POR EL JURADO CALIFICADOR:



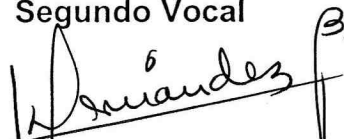
M.C. MARCO ALFREDO HERNÁNDEZ VERA
Presidente



M.V.Z. RODRIGO SIMÓN ALONSO
Primer Vocal



DR. CARLOS ELIZONDO VÁZQUEZ
Segundo Vocal



DR. JUAN D. HERNÁNDEZ BUSTAMANTE
Suplente

- ÍNDICE -

Resumen.....	V
Lista de cuadros.....	VII
I. Introducción.....	1
II. Objetivo.....	3
III. Revisión de literatura.....	4
3.1 Minerales importantes en el ganado lechero.....	4
3.1.1 Absorción y metabolismo de calcio y fósforo.....	6
3.1.2 Concentración normal de calcio y fósforo en la sangre.....	9
3.2 Esqueleto.....	10
3.2.1 Funciones del esqueleto.....	11
3.2.2 Estructura macroscópica de los huesos.....	12
3.2.3 Células del hueso.....	13

3.2.4	Propiedades fisicoquímicas del hueso.....	15
3.3	Desarrollo y crecimiento óseo.....	17
3.4	Principales enfermedades del bovino lechero en donde el calcio y el fósforo están disminuidos.....	19
3.5	Factores que predisponen a las deficiencias de calcio y fósforo.....	21
3.6	Métodos para la determinación de los minerales calcio y fósforo (Ca y P).....	23
IV.	Material y métodos.....	25
V.	Resultados y discusión.....	31
VI.	Conclusiones.....	38
VII.	Literatura citada.....	40

- LISTA DE CUADROS -

Edad estimada de los animales de acuerdo al grado de osificación vertebral.....	30
Valores de cenizas y materia orgánica en miligramos del hueso púbico de los 39 animales muestreados.....	32
Clasificación de los animales del estudio de acuerdo a la edad , cantidad de animales y el porcentaje que representan.....	33
Valores del análisis químico de las muestras de hueso púbico de animales sacrificados en el rastro, de acuerdo a su promedio por edad.....	34
Valores del análisis químico del hueso púbico de animales sacrificados en el rastro de acuerdo a la condición física en que llegaron.....	35
Correlación de los valores en miligramos de ceniza (mslg) de las muestras de hueso púbico y cresta ilíaca.....	36

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS:

POR DARME LA OPORTUNIDAD DE VIVIR, POR BRINDARME LA DICHA DE TENER A MIS PADRES, ASÍ COMO PERMITIR QUE CUMPLIESE MI SUEÑO DE SER MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA.

A MIS PADRES:

SR. JOSÉ REFUGIO CRUZ SIFUENTES.

SRA. AGUSTINA GUILLÉN CHAVARRIA.

POR HABERME DADO LA VIDA, SU CARIÑO Y TODO SU APOYO PARA LOGRAR TERMINAR MI CARRERA...
¡ LOS AMO !

A MIS HERMANOS:

MARGARITA, JOSÉ ANGEL, MA. DEL REFUGIO Y M.V.Z. MARTIN, POR QUE SIEMPRE ME APOYARON EN LOS MOMENTOS DIFÍCILES.

A MIS MAESTROS:

POR SU PACIENCIA, Y POR HABERME TRANSMITIDO SUS CONOCIMIENTOS SOBRE ESTA HERMOSA CARRERA, LA MEDICINA VETERINARIA.

A MI ASESOR:

M.V.Z. MARCO ALFREDO HERNÁNDEZ VERA, POR TODA SU PACIENCIA Y CONSEJOS EN LA ELABORACIÓN DE ESTE TRABAJO.

A LOS MÉDICOS RESPONSABLES DEL RASTRO MUNICIPAL DE TORREÓN, COAH.:

M.V.Z. ALFONSO GARIBAY, M.V.Z. RUBEN ESPINO MEDINA, M.V.Z. PATRICIA COMPEAN, POR TODO SU APOYO PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO.

A MI ALMA MATER:

POR QUE EN ELLA ENCONTRÉ EL CAMINO AL CONOCIMIENTO DE LA MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA.

- RESUMEN -

Se analizaron 49 muestras óseas de vacas sacrificadas en el rastro con la finalidad de comprobar la existencia de osteomalacia, para lo cual se determinó el peso de las cenizas del hueso púbico que resultaron de 2.0 gr cada muestra (haciendo posteriormente la uniformidad de las cenizas en miligramos correspondientes a 1.0 gr) y también se investigó la posible correlación entre las cenizas del hueso púbico y las de la cresta ilíaca. Los animales se clasificaron en tres grupos de acuerdo a las siguientes características morfológicas: emaciadas en postración, emaciadas en pie y obesas en postración. Se utilizaron 10 vacas como grupo testigo. Se encontró que los animales de 3 y 6 años de edad representan la mayoría con 25.60 y un 23.10% respectivamente. Los animales de 3.5, 2.5 y 5.5 años representan el 15.40%, el 12.80% y el 10.20%. Con el menor número de animales están las animales de 4, 4.5 y 5.5 años correspondiendo a un 2.60% cada uno de ellos.

En cuanto los valores en miligramos de cenizas se observó que las vacas de 6.5 años tuvieron el menor valor (370.40 ± 28.94 mg). Las de 3 años (415.70 ± 98.23 mg). Las de 2.5 (437.60 ± 71.72 mg). Los de valores más altos fueron para las de 3.5 años (541.90 ± 149.06), 5.5 años (576.30 ± 0) y por último las de 4.5 años (585.70 ± 0). Sin embargo, estas tres últimas edades presentan una mayor cantidad en miligramos de cenizas por gramo de muestra, se encuentran por debajo de 600 mg de cenizas por 1.0 gr de muestra lo cual se considera patológico. Para los animales testigo con un promedio de 4 años (482.17 ± 66.25) también se encuentran por debajo de los 600 mg de ceniza por 1.0 gr de muestra.

Comparando los valores de cenizas de las vacas testigo con las vacas problema, al analizar los resultados no se encontraron diferencias estadísticamente significativas con excepción de las vacas obesas en postración, en donde sí se encontró una diferencia significativa al nivel de $p > 0.05$.

Al hacer la comparación entre los valores de las cenizas de los huesos púbicos y de la cresta ilíaca, se obtuvo una media de 471.80 ± 80.63 mg de ceniza para el hueso púbico y de 455.70 ± 107.23 mg de cenizas para la cresta ilíaca. Habiendo una correlación lineal simple para los valores de pubis y la cresta ilíaca del 65.40%, pero estadísticamente no hubo una diferencia significativa.

I. INTRODUCCIÓN.

En el ganado lechero la suplementación con minerales traza puede no tener un gran impacto directo en la producción de leche, pero su deficiencia afecta a la fertilidad del hato, la salud y longevidad de las vacas. Aunque los requerimientos de muchos microminerales son bajos, aún así, pueden ser el principal nutriente limitante para que el hato alcance su potencial de producción.

Los desórdenes de nutrición mineral van desde deficiencias agudas o toxicidades, con signos clínicos bien marcados y cambios patológicos. En algunos casos pueden ser confundidos con deficiencias de energía, proteína o bien con parasitosis.

Los requerimientos de macrominerales en el ganado lechero son altos y específicos por la cantidad de leche que produce.

La leche es rica en calcio y fósforo, por lo que estos elementos se consideran los minerales más importantes sin menospreciar a los considerados como traza.

Las funciones del calcio y el fósforo son la formación de la base mineral de huesos y dientes, participan en una amplia gama de reacciones metabólicas.

Las enfermedades metabólicas donde intervienen estos minerales se refieren a fallas en la matriz ósea de su mineralización o mantenimiento. Estas se manifiestan con anormalidades que ocurren en los huesos en crecimiento o en adultos durante el proceso normal de moldeamiento y remodelación de los mismos. En el caso de las vacas lecheras, durante el parto, el parto y después del parto, los niveles sanguíneos de calcio se ven modificados, ocasionando trastornos importantes como la paresia puerperal.

Otros de los trastornos causados por deficiencias de calcio y fósforo son, el raquitismo en animales jóvenes, la osteoporosis y la osteomalacia en el adulto. Dichos padecimientos pueden producir debilidad, claudicación, disminución de la producción de leche y en casos más severos la postración del animal, originando que los animales sean desechados para su sacrificio.

II. OBJETIVOS.

- 1). Determinación del peso de las cenizas del hueso púbico para comprobar la osteomalacia en bovinos lecheros sacrificados en el rastro.
- 2). Buscar si existe correlación entre las cenizas del hueso púbico y la cresta ilíaca.

III. REVISIÓN DE LITERATURA.

3.1. MINERALES IMPORTANTES EN EL GANADO LECHERO.

Los minerales son esenciales en la vida de los animales. Las enfermedades consuntivas, la caída del pelo, el pelaje despigmentado, la anemia, la pérdida de apetito, las anomalías óseas, la escasa fertilidad y la pica, son síntomas clínicos que a veces indican carencias minerales en todo el mundo (Fajardo *et al.* , 1989).

Todos los tejidos animales y todos los alimentos contienen elementos minerales o inorgánicos en cantidades y proporciones muy variables. Los elementos inorgánicos constituyen las cenizas que persisten después de la incineración (Underwood, 1981).

En la actualidad se cree que 22 elementos son esenciales para las formas superiores de vida animal. Comprenden 7 minerales principales o macronutrientes (Ca, P, K, Mg, Cl y S) y 15 elementos minerales micronutrientes (Fe, I, Zn, Cu, Mn, Co, Mo, Se, Cr, Es, Va, F, Si, Ni y As) (Underwood, 1981; Richardson, 1997).

Los requerimientos de minerales en el ganado de leche son altos y más bien específicos por la cantidad de leche que produce la vaca. La leche es esencialmente rica en calcio y fósforo (Rueda, 1988). Por lo cual se considera a estos minerales

como los más importantes para las vacas lecheras. Se analizan juntos debido a sus interacciones y porque la alimentación de uno de ellos afecta la utilización del otro. La cantidad de vitamina D en la ración afecta también la utilización de ambos elementos (Bath *et al.*, 1982).

Las funciones del calcio y el fósforo predominan cuantitativamente, por ser estos elementos para formar la base mineral de huesos y dientes (Underwood, 1981; Ruckebusch *et al.*, 1994), y se encuentran también en grandes cantidades en la leche (Bah *et al.*, 1982).

Estos dos minerales que proporcionan resistencia, forma y rigidez a los huesos para proteger los tejidos blandos constituyen un depósito mineral del que pueden movilizarse para emergencias nutritivas y metabólicas (Underwood, 1981; Richardson, 1997) durante los periodos de necesidad mayor; como por ejemplo, durante el crecimiento, los comienzos de la lactación, cuando la producción de leche es máxima y salen del cuerpo en la leche, grandes cantidades de esos dos elementos (Ca y P) (Bath *et al.*, 1982; Collier *et al.*, 1984; Timmermans *et al.*, 1995).

De esta manera, el calcio y el fósforo de los huesos actúan como reguladores importantes de las cantidades presentes en sangre y como tampones contra breves deficiencias en la dieta (Alba, 1971; Underwood, 1981).

Además de sus funciones como un componente importante de huesos y dientes, el fósforo participa en una amplia gama de reacciones metabólicas que intervienen en la transferencia de energía (Underwood, 1981; Bath *et al.*, 1982). En este aspecto, el fósforo puede considerarse como el elemento mineral clave en la fisiología nutritiva del animal. Además, el fósforo es un componente integral de las moléculas de proteínas de los tejidos blandos del organismo y de los ácidos nucleicos y sus derivados, que son de importancia vital en la multiplicación celular y en la transmisión del código genético (Alba, 1971; Underwood, 1982). Severas deficiencias de fósforo en el ganado reduce el apetito, eficiencia alimenticia y retardo en el crecimiento (Kincaid *et al.*, 1981).

El calcio y el fósforo también participan en la coagulación de la sangre y conservación de la excitabilidad neuromuscular (Maynard *et al.*, 1981; Travis y Goff, 1987; Blood y Henderson, 1993).

3.1.1. ABSORCIÓN Y METABOLISMO DE CALCIO Y FÓSFORO.

En los rumiantes, el calcio de la dieta es absorbido por el intestino delgado según las necesidades del organismo. La absorción de calcio aumenta en los animales adultos, durante periodos de gran demanda como la gestación y lactancia o después de un periodo de deficiencia de calcio. Los factores nutricionales que

modifican la eficacia con que se absorbe el calcio incluyen, la naturaleza de la dieta, la cantidad de calcio y fósforo que hay en el alimento. El calcio de la leche está casi disponible en su totalidad para absorberse, pero el calcio de las dietas que contienen forraje sólo se encuentra disponible en aproximadamente 50 %. La complementación de grano a toda alimentación con forraje mejora mucho la disponibilidad de calcio.

El fósforo lo absorben los animales jóvenes tanto de la leche como de las dietas que contienen forraje con gran disponibilidad (80-100 %), pero esta disponibilidad es mucho más baja (50-60 %) en los animales adultos (Blood y Henderson, 1993).

La concentración de calcio y fósforo en el suero es mantenido dentro de un estrecho rango bajo la influencia de la hormona paratiroidea y la vitamina D3 (Tohome y Bilezikian, 1996), a través de receptores específicos en órganos blanco principales, como lo son el riñón, el intestino y el hueso (Collier *et al.*, 1984; Ureña *et al.*, 1993; Wasserman and Fullmer, 1995). Dichos órganos constituyen el mayor aporte de la entrada y salida del calcio de la sangre (Bronner y Stein, 1995).

El metabolismo del calcio y fósforo está modificado por tres hormonas: dos hipercalcémicas (vitamina D3 y paratohormona) y una hormona hipocalcémica; calcitonina (CT) (Martin *et al.*, 1995) que secreta la glándula paratiroides. La

hormona paratiroidea (HPT) se secreta en respuesta a la hipocalcemia. La hormona para tiroidea y la vitamina D3 combinadas estimulan la resorción ósea y la vitamina D3 por sí sola estimula la absorción intestinal del calcio (Brown *et al.*, 1995). El calcio pasa a la sangre procedente del tejido óseo y de los intestinos cuando su concentración aumenta en el suero por arriba de lo normal, se inhibe la secreción de HPT y se estimula la secreción de CT. El aumento de la concentración de CT obstaculiza la resorción ósea y la disminución de la concentración de la HPT baja la absorción de calcio (Travis y Goff, 1987; Blood y Henderson, 1993; Ruckebusch *et al.*, 1994; Tohome y Bilezikian, 1996).

El mecanismo regulador del calcio trabaja en forma constante en la vida del animal, utilizando el calcio y el fósforo circulantes como autorreguladores y los huesos como una reserva (Alba, 1985).

Debido a la estrecha relación entre el calcio, el fósforo y la vitamina D, la nutrición adecuada de éstos depende de tres factores:

- 1.- Suficiente aporte de cada elemento.
- 2.- Equilibrio correcto entre estos.
- 3.- La presencia de vitamina D (Maynard *et al.*, 1981).

El equilibrio entre calcio y fósforo está definido como de 2:1 y 1:1. Los excesos de cualquiera de estos elementos tienden a hacer que el otro sea menos digerible (Alba, 1971; Maynard *et al.*, 1981; Bath *et al.*, 1982; Etgen y Reaves, 1985).

3.1.2. CONCENTRACIÓN NORMAL DE CALCIO Y FÓSFORO EN SANGRE.

La raza, el sexo, la edad, tipo de producción, la alimentación, la época del año, etc., son algunos de los factores que influyen en la concentración de Ca y P en la sangre. Sin embargo, no hay un acuerdo general, en cuanto a que dirección y de que magnitud es la variación de esos minerales debido a los factores mencionados (Spross y Pérez, 1982).

En los mamíferos, los rangos normales de calcio en la sangre se encuentran entre 9-11 mg/ dl (Spross y Pérez, 1982; Fawcett, 1986; Travis and Goff, 1987; Guyton, 1994), en general, promedia aproximadamente 10 mg/dl (Runnells *et al.*, 1968; McDonald, 1991; Ruckebusch *et al.*, 1994), la concentración normal de fósforo es de 4-6 mg/dl (Spross y Pérez, 1982; Hernández *et al.*, 1989; Guyton, 1994).

Cuando el contenido de calcio en la sangre disminuye en cantidad 8 mg/dl, se observa la excitabilidad del animal. Si el contenido de calcio se acerca a 6 mg/dl, el

animal entra en un estado de tetania. Cuando el contenido de calcio en sangre se aproxima a 3 mg/dl el animal muere (Runnells *et al.*, 1968).

3.2 ESQUELETO.

El término esqueleto se aplica al armazón de consistencia dura que soporta y protege los tejidos blandos de los animales (Sisson *et al.*, 1982; Fawcett, 1986).

En zoología, el término se usa en una aceptación más extensa incluidas todas las estructuras de soporte y protección. Cuando estas organizaciones están situadas en la parte externa constituyen el exosqueleto, un ejemplo de éstas son los caparazones de muchos invertebrados, las escamas de peces, las conchas de las tortugas, y las plumas, pelo y pezuñas de los vertebrados superiores. El endosqueleto está rodeado de tejidos blandos (Sisson *et al.*, 1982; Ville, 1988). El ser humano y todos los vertebrados son los únicos animales que poseen esqueletos internos de gran desarrollo y eficiencia (Griffin y Novick, 1976; Ville, 1988), que se encuentran articulados y dan apoyo y firmeza al cuerpo, al mismo tiempo que permite el movimiento de las partes así vigorizadas (Griffin y Novick, 1976).

El esqueleto se puede dividir en tres partes: 1) axial, 2) apendicular y 3) esplácnico.

El esqueleto axial comprende la columna vertebral, las costillas y el cráneo. El esqueleto apendicular está constituido por los huesos de los miembros. Y el esqueleto esplácnico o visceral está formado por varios huesos que se desarrollan en el parénquima de algunas vísceras u órganos blandos, por ejemplo, el *os penis* del perro (Sisson *et al.*, 1982).

3.2.1 FUNCIONES DEL ESQUELETO.

La principal función del esqueleto es sostener el cuerpo y darle forma. Para que un animal pueda levantarse del suelo y moverse sobre su superficie se requiere de un material duro y consistente que sostenga los tejidos blandos contra la fuerza gravitacional, al mismo tiempo que sea un armazón recio donde se inserten los músculos (Fawcett, 1986; Ville, 1988), así como también la armadura para proteger órganos delicados como el corazón y pulmones, entre otros (Ville, 1988; Ruckebush *et al.*, 1994).

Además de estas funciones mecánicas, desempeña una función metabólica importante como depósito de calcio movilizable, que puede ser tomado o depositado a medida que lo exige la regulación homeostática de la concentración de calcio y fosfato en la sangre y en los otros líquidos del cuerpo (Underwood, 1981; Burger *et al.*, 1995).

El hueso tiene una notable combinación de propiedades físicas: alta resistencia a la tracción y a la compresión, mientras que al mismo tiempo tiene cierta elasticidad y la ventaja de ser un material relativamente ligero de peso (Fawcett, 1986).

A pesar de su fuerza y dureza, el hueso es un material dinámico, que está siendo renovado continuamente y que experimenta una permanente reconstrucción durante la vida del individuo (Burger *et al.*, 1995).

Es considerado como un órgano hematopoyético, ya que la médula es la fuente de hemáties, hemoglobina, leucocitos y plaquetas (Sisson *et al.*, 1982; Ville, 1988).

3.2.2 ESTRUCTURA MACROSCÓPICA DE LOS HUESOS.

En general, los huesos son de dos tipos: el compacto o cortical y el esponjoso. El hueso esponjoso se encuentra en la región metafisiaria (unión de diáfisis y epífisis) de huesos largos y es la región más activa desde el punto de vista metabólico. El hueso compacto, se presenta en la corteza y diáfisis, está muy calcificado, pero metabólicamente es menos activo (Ruckebush *et al.*, 1994).

Con pocas excepciones, los huesos están recubiertos por el perostio, una capa de tejido conjuntivo especializado, dotado de potencia osteogénica, es decir, que tiene la capacidad de formar hueso (Kowalski, 1981). Falta el perostio en los extremos (epífisis) de los huesos largos cubiertos por cartilago articular (Sisson *et al.*, 1982; Fawcett, 1986). También está ausente en los sitios donde ligamentos y tendones se insertan en el hueso. La cavidad medular de la diáfisis y la cavidad de los huesos esponjosos están recubiertos por el endostio, fina capa celular que también posee capacidad osteogénica (Fawcett, 1986).

La médula ocupa el intersticio de los huesos esponjosos y la cavidad medular de los huesos largos (Sisson *et al.*, 1982; Ville, 1988). Hay dos variedades de médula en el adulto, la roja y la amarilla. En los animales jóvenes solamente hay médula roja, pero después es reemplazada por la médula amarilla. La médula roja contiene varios tipos de células y es una sustancia formadora de sangre, mientras que la amarilla, es casi en su totalidad tejido adiposo (Sisson *et al.*, 1982).

3.2.3 CÉLULAS DEL HUESO.

En los huesos que crecen activamente se distinguen cuatro tipos de células óseas: células osteoprogenitoras, osteoblastos, osteocitos y osteoclastos. Aunque los tres primeros se consideran ordinariamente como tipos celulares distintos, hay

pruebas convincentes de que uno puede transformarse en otro y es evidentemente más razonable considerarlos como estadios funcionales diversos de un mismo tipo celular (Fawcett, 1986).

CÉLULAS OSTEOPROGENITORAS. Se les encuentra sobre ó cerca de las superficies libres del hueso; en el endostio, y en la capa más interna del perostio. Las células osteoprogénitoras están activas durante el crecimiento normal de los huesos y pueden ser estimuladas durante toda la vida adulta con la función de la reorganización interna del hueso, en la curación de las fracturas o en la reparación de otras formas de lesiones. Bajo cualquiera de estas condiciones, se multiplican y se transforman en osteoblastos formadores de hueso.

OSTEOBLASTOS. Son responsables de la formación de la matriz ósea y se encuentran invariablemente en el frente de avance del hueso que crece o se desarrolla. Se encuentran en la superficie del hueso (Kowalski, 1981).

OSTEOCITOS. Las células principales del hueso completamente formado son los osteocitos, que residen en el interior de la sustancia intersticial calcificada. En su desarrollo, un osteocito es un osteoblasto que ha quedado rodeado de matriz ósea, sufre una cierta desdiferenciación citológica pero permanece activo. El fenómeno de la osteólisis es un proceso fisiológico activo mediante el cual la matriz ósea que

rodea inmediatamente a los osteocitos es modificada y sus minerales son reabsorbidos (Kowalski, 1981; Fawcett, 1986).

OSTEOCLASTOS. Se encuentran en áreas de reabsorción ósea. En la renovación y remodelación de los huesos que tienen lugar en los animales en crecimiento, siempre hay osteoclastos más abundantes en aquellas zonas que están sufriendo reabsorción (Fawcett, 1986).

3.2.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL HUESO.

Los huesos secos están formados por dos componentes principales: uno es la materia orgánica; el otro, las sales inorgánicas (Kowalski, 1981). En una proporción aproximada de 1:2 (Sisson *et al.*, 1982).

La materia orgánica está formada por fibras de colágeno. En los mamíferos adultos, alrededor del 90 a 95 % de la materia orgánica corresponde al colágeno (Guyton, 1994). La materia orgánica proporciona al tejido óseo solidez y elasticidad, y la mineral le transmite dureza (Sisson *et al.*, 1982; Fawcett, 1986).

La mayoría (>99 %) del calcio total del cuerpo se encuentra en el esqueleto y dientes. La pequeña fracción restante (1 %) se encuentra ubicada en todas las

células y en el espacio extracelular (Dukes y Swenson, 1981; Maynard *et al.*, 1981; Coles, 1989; Tohme y Bilezikian, 1996).

El fósforo aproximadamente se encuentra en un 80 a 85 % en los huesos y dientes (Dukes y Swenson, 1981; Coles, 1989) y un 10 % en el músculo esquelético (García *et al.*, 1995).

En el adulto, el hueso contiene (en peso húmedo) aproximadamente la siguiente composición:

1. Agua..... 25%
2. Cenizas..... 45%
3. Sustancia orgánica..... 30%

(Kolb, 1978; Dukes y Swenson, 1981).

En los mamíferos el contenido de las cenizas del hueso es aproximadamente el siguiente:

1. Calcio.....36-37%
2. Fósforo.....17-19%
3. Magnesio.....0.8%

(Kolb, 1978; Dukes y Swenson, 1981; Maynard *et al.*, 1981).

Sobre la base del peso seco, el contenido mineral del hueso constituye entre el 65 y el 70 % y el resto corresponde a la fracción orgánica, de la cual del 95 al 99 % es colágeno, que por calentamiento en solución acuosa se convierte en gelatina (Dukes y Swenson, 1981).

3.3 DESARROLLO Y CRECIMIENTO ÓSEO.

Las hormonas tiroideas tienen función importante para el crecimiento, desarrollo y renovación normal del hueso (Britto *et al.*, 1994; Klaushofer *et al.*, 1995).

El primitivo esqueleto embrionario está formado de cartílago y tejido fibroso, del cuál se desarrolla el hueso (Kowalski, 1981; Sisson *et al.*, 1982). Este proceso se denomina osificación u osteogénesis, y está realizado esencialmente por células productoras de hueso llamadas osteoblastos (Burger *et al.*, 1995). "Cualquier célula que tenga la propiedad de ser capaz de depositar una matriz que se calcifique sin morir en el proceso, es un osteoblasto " (Sisson *et al.*, 1982).

Se distinguen dos tipos de osificación: intramembranosa y endocondral.

El hueso que se forma directamente en el tejido conectivo primitivo recibe el nombre de osificación intramembranosa, y el que se forma de los cartílagos

preexistentes se llama de osificación intracartilaginosa o endocondral (Kowalski, 1981; Sisson *et al.*, 1982; Fawcett, 1986).

Durante el desarrollo embrionario y el crecimiento postnatal, existe una capa interna de células formadoras de hueso, los osteoblastos, en contacto directo con el hueso. En el adulto, los osteoblastos asumen una forma de reposo (células osteoprogenitoras). Sin embargo, si un hueso es lesionado, se reactiva la capacidad formadora de hueso de éstas células: toman la apariencia de osteoblastos típicos y participan en la neoformación de hueso (Fawcett, 1986).

El hueso durante su desarrollo, está sujeto a una serie de enfermedades y cuando se fractura es capaz de cicatrizar (Sisson *et al.*, 1982).

Un hueso fresco tiene un color blanco amarillento; cuando se macera o hierve se hace más blanco. Es muy duro y resistente a la presión. Su fuerza de compresión es de 1.4 Kg/cm² aproximadamente, y su fuerza de tensión media es de 1.054 Kg/cm² (Sisson *et al.*, 1982).

3.4 PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL BOVINO LECHERO EN DONDE EL CALCIO Y EL FÓSFORO ESTÁN DISMINUIDOS.

HIPOCALCEMIA (Paresia puerperal, fiebre de leche). Es un desorden hipocalcémico del ganado lechero, económicamente importante, que ocurre durante el periodo del parto. Normalmente ocurre dentro de las 72 horas después de la parición. Se caracteriza por hipocalcemia, debilidad muscular generalizada, colapso circulatorio y pérdida de conocimiento. Cerca del parto, la lactación crea una gran demanda repentina por calcio. Casi todas las vacas presentan algún grado de hipocalcemia en este tiempo. La incidencia en la raza Jersey se ha reportado hasta de 12.40 a 30.00 % y en la raza Friesian de 2.10 a 3.90 % (Travis y Goff, 1987). Vaquillas primerizas rara vez presentan la fiebre de leche. La incidencia se incrementa del segundo parto en adelante. La raza Jersey es de más alto riesgo (Curtis *et al.*, 1984; Blood y Radostits, 1992).

RAQUITISMO. Es una enfermedad ósea asociada con deficiencias de calcio, fósforo o vitamina D. Se presenta en animales jóvenes en crecimiento, en la cual, la matriz cartilaginosa y la matriz osteoide formada durante la remodelación ósea, fallan al mineralizarse (Travis y Goff, 1987). Las alteraciones en el hueso son evidentes en el límite osteo-cartilaginoso de las costillas (característico engrosamiento nodoso) y en el límite entre la epífisis y diáfisis de los huesos largos (hinchado y ensanchado "en copa de champagne"). El hueso raquíptico es más corto

que el normal con desviaciones muy marcadas (varismo), sus extremidades están engrosadas y con gran facilidad se producen fracturas o incurvaduras (Hutyra *et al.*, 1973; Marcato, 1990; Blood y Radostits, 1992).

OSTEOMALACIA. Está asociada con deficiencias de calcio, fósforo y vitamina D. Se caracteriza por dolor de huesos y articulaciones, marcha rígida, cojera moderada alternativa de una extremidad a otra, chasquidos al caminar y arqueamiento del lomo (Blood y Radostits, 1992). Se denomina frecuentemente "raquitismo de los adultos". El término osteomalacia se utiliza para describir la falta de mineralización de la matriz ósea como en el raquitismo (Travis y Goff, 1987), pero que se diferencia en que la osteomalacia se presenta sólo en los animales adultos. Se manifiesta, bien cuando la reabsorción de sales minerales del tejido óseo es excesiva, con el fin de hacer frente a la demanda mineral del organismo cuando esta se encuentra aumentada (por ejemplo, vacas gestantes o en lactación), o bien cuando la alimentación carece de minerales. El esqueleto se hace muy frágil y las fracturas son muy frecuentes. Los huesos se hacen blandos y doblables (Hutyra *et al.*, 1973; Marcato, 1990).

OSTEOPOROSIS. Se caracteriza morfológicamente, por atrofia e insuficiente formación de tejido óseo, en el cual el hueso asume un aspecto poroso (Hutyra *et al.*, 1973; Marcato, 1990). Existe una disminución de la masa ósea y resistencia, el cual resulta en un incremento en el riesgo de fracturas (Taxel y Prestwood, 1996)

FIBROSIS DE LA MÉDULA ÓSEA. Consiste en una destrucción localizada con descalcificación simultánea del tejido óseo, el cual es sustituido por tejido fibroso que prolifera como un tumor. Se presenta con mayor frecuencia, en correlación con el raquitismo y la osteoporosis. La etiología coincide con las enfermedades antes mencionadas y actúan como factores desencadenantes las acciones mecánicas irritantes reforzadas sobre la estructura ósea que se ha reblandecido (Hutyra *et al.*, 1973).

3.5 FACTORES QUE PREDISPONEN A LAS DEFICIENCIAS DE CALCIO Y FÓSFORO.

En la actualidad los animales sufren más una deficiencia de minerales que en tiempos pasados. Esto es cierto por dos razones:

1) La cantidad de minerales de los alimentos naturales, especialmente de los poco digeribles es menor. Esto se debe a que el contenido mineral del suelo disminuye en las secciones agrícolas más antiguas. 2) La producción de la vaca ha aumentado grandemente, lo cual incrementa los requerimientos de minerales (Etgen y Reaves, 1985).

Los animales pueden tener un suministro inadecuado de minerales en relación con sus necesidades. Alba, 1971; Kolb, 1972; Maynard *et al.*, 1981; Bath *et*

al., 1982; Etgen y Reaves, 1985, reportan que pueden presentarse deficiencias en:

1.- Falta de minerales en el suelo, ya que algunos suelos nunca tuvieron minerales suficientes, en tanto que otros han sido agotados de los suyos por el cultivo intensivo y continuo.

2.- Falta de minerales en la ración prueba que el forraje o el alimento insuficiente o raciones pobres en contenido de minerales pueden provocar carencias de éstos en el ganado lechero.

3.- Relación Ca:P de la ración. El equilibrio entre calcio y fósforo está definido en un rango que varía de 2:1 y 1:1 . Los excesos de cualquiera de estos elementos tienden a hacer que el otro sea menos digerible.

4.- Falta de vitamina D en la ración. El calcio y el fósforo de una ración no pueden ser asimilados apropiadamente si no está presente la vitamina D. Esta vitamina se encuentra más abundante en el heno curado en el campo y el organismo la produce cuando se expone a los rayos ultravioleta del sol.

5.- Edad y nivel de producción. A medida que aumenta la edad, disminuye el aprovechamiento de las sales minerales. Durante la gestación y lactación aumenta el aprovechamiento de éstas sales.

3.6 MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE MINERALES (CALCIO Y FÓSFORO).

DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE Ca Y P EN SUERO.

Aunque se puede utilizar también plasma si se utiliza un anticoagulante que no dependa del calcio para su actividad. Estos anticoagulantes son citrato de sodio, oxalato de sodio y heparina. Hay una amplia variedad de técnicas químicas disponibles para la determinación de calcio. La más exacta es la espectrometría de absorción atómica, aunque el fotómetro de llama también da resultados exactos (Coles, 1989).

DETERMINACIÓN RÁPIDA DE CALCIO Y MAGNESIO EN CENIZAS DE HUESO.

Los huesos de elección son las vértebras de la cola o las costillas, desproveerlas de la carne adherida, eliminar la médula, después cortarla en pequeños trozos.

Seleccionar las muestras de huesos para obtener aproximadamente 200 gr de cenizas y ponerlas en una cápsula de sílice tarada. Incinerar a 700°C, por 20 minutos, dejar que se enfríen las cenizas y pesarlas (Davies, 1990).

Peso de la ceniza =X mg añadir X /40 ml de ácido anhídrico al 25 % y calentar lentamente por 10 minutos, para disolver las cenizas, pasar la solución obtenida a una probeta graduada provista de tapón, hasta obtener un volumen final de X / 2 ml (Davies, 1990).

Cálculo = título X 500 = gr de Ca por Kg de ceniza de hueso.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS.

Se emplearon 49 vacas Holstein de las cuales a 29 se les tomó una muestra del pubis por medio de un corte realizado con una segueta para metal.

De las 10 vacas restantes, se tomaron dos muestras, una del pubis y la segunda de la cresta ilíaca para su correlación.

Se utilizaron 10 vacas como grupo testigo.

Los animales utilizados fueron facilitados por el Rastro Municipal de Torreón, Coahuila, de las vacas que llegan para el sacrificio.

Las características de los animales para el estudio, son las siguientes:

- Animales emaciados y en postración.
- Animales emaciados en pie.
- Animales obesos y en postración.
- Animales sanos (testigos).

Una vez obtenidas las muestras se llevaron al Laboratorio de Producción Animal de la Universidad (U.A.A.A.N.- U.L.) donde se les hicieron dos pruebas: la determinación de materia seca y la determinación de ceniza, por medio de los siguientes procedimientos.

DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA (secado en horno).

1.- Principio:

La humedad libre de las muestras se expulsa por medio de aire caliente en circulación. La cantidad de material que quede luego de remover la humedad es la materia seca.

Este procedimiento es usado para materia seca seguido por determinación de ceniza para determinar materia orgánica.

2.- Equipo:

- a).- Horno con sistema de circulación de aire a 105°C.
- b).- Cajas de aluminio para materia seca.

3.- Procedimiento:

- a).- Pesar las muestras,
- b).- Colocar las cajas de aluminio en la estufa a 105°C por 24 horas
- c).- Sacar y enfriar a temperatura ambiente.
- d).- Pesar.

4.- Cálculos:

$$\% \text{ de M.S.} = \frac{(\text{peso de caja} + \text{muestra seca}) - (\text{peso caja})}{(\text{peso de caja} + \text{muestra verde}) - (\text{peso de caja})} \times 100$$

DETERMINACIÓN DE LA CENIZA.

1.- Principio:

Eliminación de todos los materiales carbonosos por combustión.

2.- Material:

- a).- Crisoles de porcelana.
- b).- Mufla.
- c).- Desecador.

3.- Procedimiento:

- a).- Dos gramos de la muestra se colocan en los crisoles.
- b).- Introducir los crisoles con las muestras dentro de la mufla.
- c).- A una temperatura de 550 a 600°C en la mufla y mantenga la temperatura por 2 horas.
- d).- Sacar los crisoles de la mufla y colocarlos en el desecador, enfriar y por último pesarlos.

4.- Cálculos:

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{\text{Peso de la ceniza}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Una vez que se obtuvo el peso % de la ceniza, éste es restado de 100 para conocer el % de materia orgánica.

$$\% \text{ de materia orgánica} = 100 - \% \text{ de ceniza.}$$

El peso de las cenizas en un gramo de materia seca libre de grasa (MSLG) se utilizó para el diagnóstico de osteomalacia, donde una disminución por debajo de 600 mg (60 %) se considera patológico (Candanosa *et. al.*, 1996).

El estudio estadístico para hacer el análisis de varianza se realizó mediante el programa de microsoft office excell para windows '98.

La edad de los animales se determinó de acuerdo a las características esqueléticas.

La madurez de la canal se determina evaluando el tamaño, la forma y la osificación de los huesos y cartílagos, en especial los cambios que suceden en las apófisis espinosas de las vértebras. Los cambios en la osificación de los cuerpos vertebrales se presentan primero en la parte posterior de la columna (vértebras sacras) y en etapas posteriores de maduración avanzan presentándose en las vértebras lumbares primero y en las torácicas después. El tamaño y la forma de las costillas (rib bones) son también importantes dentro de las consideraciones a tomar

para evaluar diferencias en madurez de la canal. Se reconocen cinco grupos de madurez, que se designan como: A, B, C, D, E. Las relaciones aproximadas entre la madurez fisiológica de los grupos (de A hasta E) y la edad cronológica al momento del sacrificio se detallan en el siguiente cuadro:

Grupo de madurez	Edad aproximada
A	9 a 32 meses
B	30 a 42 meses
C	42 a 72 meses
D	72 a 96 meses
E	más de 96 meses

* Para mejor manejo de esta tabla se hizo la conversión en años.

Cuadro No. 1. Edad estimada de los animales de acuerdo al grado de osificación de las vértebras.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el cuadro No. 2, se presentan los 49 animales que se seleccionaron para el estudio y sus valores de ceniza en miligramos de las muestras del hueso púbico obtenidas en el rastro.

En el cuadro No. 3 se observa que de las 39 muestras obtenidas de los animales problema, las edades más numerosas corresponden a las de 3 y 6 años, ya que representan el 25.60 % y 23.10 %, respectivamente. Seguidos por los de las siguientes edades: 3.5 años (15.40 %), 2.5 años (12.80 %) y 5 años (10.20 %). Por último, los menores porcentajes, fueron para las edades de 6.5 años con un 5.10 % y los que tenían con 4.0, 4.5 y 5.5 años con 2.60 %, cada uno de ellos. Para los animales testigo (10 animales), los porcentajes fueron los siguientes, para los de 3.5 años el 30.0 %, los de 4.0 años el 40.0 % y los de 4.5 años el 30.0 %.

Característica	n	No. de animales	Cenizas (mg)
Emaciados en postración	12	1	386.9
		2	398.8
		3	357.4
		4	314.5
		5	547.5
		6	588.7
		7	553.4
		8	396.6
		9	272.3
		10	369.9
		11	341.5
		12	315.8
Emaciadas en pie	24	13	458.7
		14	527.0
		15	467.4
		16	512.1
		17	338.5
		18	399.4
		19	362.4
		20	492.0
		21	528.3
		22	556.3
		23	601.4
		24	585.2
		25	534.4
		26	783.0
Obesas en postración	3	27	198.8
		28	431.5
		29	416.4
		30	539.6
		31	445.4
		32	388.1
Testigo	10	33	506.2
		34	576.3
		35	531.7
		36	527.7
		37	773.9
		38	617.6
		39	470.8
		40	363.7
		41	421.5
		42	487.2
		43	533.4
		44	537.8
		45	530.1
		46	476.4
		47	428.3
		48	459.6
		49	583.7

Cuadro No. 2. Valores de las cenizas en miligramos del hueso púbico ordenados de acuerdo a las características físicas y el grupo testigo.

Edad (años)	No. de animales	% que representan
Animales problema		
2.5	5	12.8
3.0	10	25.6
3.5	6	15.4
4.0	1	2.6
4.5	1	2.6
5.0	4	10.2
5.5	1	2.6
6.0	9	23.1
6.5	2	5.1
Animales testigo		
3.5	3	30.0
4.0	4	40.0
4.5	3	30.0

Cuadro No. 3. Clasificación de los animales de estudio de acuerdo a la edad, cantidad de animales y el porcentaje que representan.

En el cuadro No. 4 se aprecia que las vacas de 6.5 años, son las que muestran el menor valor en miligramos de cenizas, siendo éste de 370.40 ± 28.94 mg. Las de 3 años con 415.70 ± 98.23 mg, y los animales de 2.5 años de edad con un valor de 437.60 ± 71.72 mg de cenizas. Por otro lado, podemos observar que las vacas que tuvieron los valores más altos, fueron las de 3.5 años con 541.90 ± 149.06 mg, las vacas de 5.5 años con un valor de cenizas de 576.30 ± 0 mg, y por último los animales con 4.5 años de edad con un valor de 585.70 ± 0 mg. Sin embargo, al hacer un análisis de todas las edades de las vacas, considerando que las últimas edades obtuvieron los valores de cenizas más altos, todas se encuentran

por debajo del valor de 600 mg por gramo de muestra (60 %), lo cual se considera patológico según Candanosa *et al.* (1996).

Edad (años)	No. de animales	\bar{x} mslg * cenizas (mg)
Animales problema		
2.5	5	437.60 ± 71.72
3.0	10	415.70 ± 98.23
3.5	6	541.90 ± 149.06
4.0	1	470.80 ± 0
4.5	1	585.70 ± 0
5.0	4	521.70 ± 49.07
5.5	1	576.30 ± 0
6.0	9	504.10 ± 125.23
6.5	2	370.40 ± 28.94
Animales testigo		
\bar{X} 4.0	10	428.17 ± 66.25

- muestra seca libre de grasa

Cuadro No. 4. Valores del análisis químico de las muestras de hueso púbico de animales sacrificados en el rastro, de acuerdo al promedio por edad.

Condición física	n	%	\bar{x} mslg * ceniza (mg)
Emaciados en postración	12	30.76	403.60 ± 103.47 ^a
Emaciados en pie	24	61.53	487.82 ± 111.35 ^a
Obesos en postración	3	7.70	620.76 ± 151.57 ^b
Testigos	10	100.00	482.17 ± 66.25 ^a

* muestra seca libre de grasa

literales iguales significa que no hubo diferencias estadísticas

literales distintas significa que si hubo diferencias estadísticas a nivel de $p > 0.05$.

Cuadro No. 5. Valores del análisis químico del hueso púbico de animales sacrificados en el rastro, de acuerdo a la condición física.

El cuadro No. 5, muestra las tres características físicas de las vacas que fueron analizadas para el estudio con su promedio en miligramos de ceniza junto con los valores de los animales testigo, de los cuales la mayor (61.53 %) fue el de las vacas emaciadas que llegaron en pie. Las vacas emaciadas en postración (30.76 %), y por último, los animales obesos en postración (7.70 %). Los valores inferiores corresponden a las vacas emaciadas en postración, los valores medios a las vacas emaciadas en pie y los valores más altos a las obesas en postración.

No. de muestra	mslg* mg ceniza hueso púbico	mslg* mg ceniza hueso de cresta iliaca
30	315.8	323.3
31	416.4	382.1
32	539.6	704.7
33	445.4	445.1
34	388.1	488.5
35	506.2	495.4
36	470.8	339.8
37	576.3	424.8
38	531.7	492.7
39	527.7	460.8
	$\bar{X} = 471.80 \pm 80.63$	$\bar{X} = 455.70 \pm 107.23$

* muestrá seca libre de grasa.

Cuadro No. 6. Correlación de los valores en miligramos de cenizas (mslg) de las muestras de hueso púbico y cresta ilíaca.

Con la finalidad de tener una comparación entre las cenizas de los huesos púbico y de la cresta ilíaca, al azar se analizaron 10 muestras de cada uno de estos huesos. Los valores medios del hueso púbico y cresta ilíaca, fueron de 471.80 ± 80.63 miligramos de ceniza, para el hueso púbico, teniendo valores mínimos y máximos, 315.80 y 576.30 mg de ceniza, respectivamente. En cuanto a los valores de la cresta ilíaca resultó un promedio de 455.70 ± 107.23 mg de cenizas, dentro de éstos se pudieron encontrar valores de 323.30 mg de cenizas como mínimo y 704.70 mg como máximo. Habiendo una correlación lineal simple para los valores de pubis y cresta ilíaca del 65.40 %. Estadísticamente no hubo una diferencia significativa (Cuadro No. 6).

Al analizar los resultados no se encontraron diferencias estadísticamente significativas con excepciones de las vacas obesas en postración comparándolas con las vacas testigo, en donde sí se encontró una diferencia significativa al nivel de $p > 0.05$.

VI. CONCLUSIONES.

Considerando que son muchos los animales que se llevan al rastro para su sacrificio y que de estos un número considerable son animales delgados o desnutridos y animales caídos (características que utilizamos para nuestro estudio), en los resultados obtenidos podemos notar que la mayoría (89.70 %) de los animales que se muestrearon para el análisis obtuvieron valores por debajo de 600 miligramos de cenizas por gramo de muestra, pero en este estudio los animales testigo tuvieron un valor medio de 482.17 mg/gr de muestra, que es inferior al promedio reportado por Candanosa *et al.* (1996) como valores normales.

Estos resultados parecen sugerir que en los establos lecheros de la Comarca Lagunera es posible que se estén presentando problemas metabólicos de los huesos y osteodistrofias, teniendo relación con desequilibrios en el metabolismo del calcio y del fósforo.

En bovinos, principalmente en las vacas productoras de leche, se pueden encontrar numerosas causas para que se presenten alteraciones en el equilibrio de Ca, P y vitamina D en la ración alimenticia como son la interferencia en la absorción de estos elementos en el intestino, la hipovitaminosis D, la pérdida de calcio y de fósforo por las heces y la orina a causa de diarreas, de insuficiencia renal y de acidosis metabólica que también incrementa la desmineralización ósea, así como la

gestación y algunas alteraciones hormonales de la glándula paratiroides y de los ovarios.

Por esta razón, es de importancia que en las explotaciones se tomen precauciones y se analicen los factores antes mencionados para poder prevenir los problemas metabólicos y los trastornos óseos, ya que las vacas postradas y con deformaciones son una causa por la que se desechan los animales aproximadamente en un 4.0 % (Millán, 1991) y que de haberlos diagnosticado en un principio pudieran haberse evitado, lo cual tiene una importancia económica para el productor que puede ser aportada por el médico veterinario que asesora técnicamente una explotación lechera justificando así una parte de sus honorarios.

VII. LITERATURA CITADA.

- (1) Alba, J. de (1971). Alimentación del Ganado en América Latina, 2a. ed., Ed. La Prensa Médica Mexicana, México. 94-98.
- (2) Alba, J. de (1985). Reproducción Animal, 1a. ed., Ed. La Prensa, México. 40, 41.
- (3) Bath, D.L., Dickinson, F.N., Tucker, H.A. y Appleman, R.D. (1982). Ganado Lechero, 2a. ed., Ed. Interamericana, México. 168-176.
- (4) Blood y Henderson (1993). Medicina Veterinaria, 6a, ed., Tomo I y II. Ed. Interamericana Mc Graw Hill, México. 957-971.
- (5) Blood, D.C. y Radostits, O.M. (1992). Medicina Veterinaria, 7a, ed. Vol. I y II, Ed. Interamericana-Mc Graw Hill, México. 496-499, 1188, 1302, 1303, 1306.
- (6) Britto, J.M., Fentan, A.J. and Holloway, W.R. (1994). Osteoblast Mediate Thyroid Hormone Stimulation of Osteoclastic Bone Resorption. Endocrinology 134:169-176.
- (7) Bronner, F. and Stein, W.D. (1995). Calcium Homeostasis-An Old Problem Revisited. J.Nutr. 125:1987S-1995S.

- (8) Brown, E.M., Pollak, M., WuChou,Y., Seidman, Ch.E., Seidman, J.G. and Hebert, S.C. (1995). The Cloning of Extracellular Ca- Sensing Receptors from Parathyroid and Kidney: Molecular Mechanisms of Extracellular Ca- Sensing. *J. Nutr.* 125:1965S-1970S.
- (9) Burger, E.H., Klein-Nulend, J., Van Der Plas, A. and Nijweide, P.J. (1995). Function of Osteocytes in Bone- Their Role in Mechanotransduction. *J. Nutr.* 125:2020S-2023S.
- (10) Candanosa de M. E., Quiroz R. G., Bouda , J. y Doubek, J. Memorias del XXII Congreso Nacional de Buiatría , (1996). Acapulco, Gro., México. 482-484.
- (11) Coles, E.H. (1989). *Diagnóstico y Patología en Veterinaria* 4a. ed. Ed. Acribia, España. 236-241.
- (12) Collier, R.J., McNamara, J.P., Wallace, CH.R. and Dehoff, M.H. (1984). A Review of Endocrine Regulation of Metabolism During Lactation. *J.Anim.Sci.* 59:498-505.
- (13) Curtis, C. R., Erb, H.N., Sniffen, C.J. and Smith, R.D. (1984). Epidemiology of Parturient Paresis: Predisposing Factors with Emphasis on Dry Cow Feeding and Management. *J. Dairy Sci.* 67:817-825.

- (14) Davies, E.T. (1990). Manual de Investigaciones Veterinarias. Técnicas de Laboratorio, Vol. II, Ed. Acribia, México. 13, 14, 23-27.
- (15) Dukes, H.H. y Swenson, M.J. (1981). Fisiología de los Animales Domésticos, Tomo I, Ed. Aguilar, México. 849-852, 890.
- (16) Etgen, W.M. y Reaves, P.M. (1985). Ganado Lechero, Alimentación y Administración, 1a. ed. Ed. Limusa, México. 97-98.
- (17) Fajardo, H., Viamonte, M.I. y Koivkon, G. (1989). Niveles de Sodio, Potasio, Calcio, Fósforo y Magnesio en Suero Sanguíneo de Vacas Lecheras en la Provincia de Granma. Revista Cubana en Ciencias Veterinarias, Vol. 20, No. 3. 275-282.
- (18) Fawcett, D.W. (1986). Tratado de Histología, 11a, ed., Ed. Interamericana-Mc Graw Hill, México. 199-236.
- (19) García, S.A., Castejón, M.F., De La Cruz, P.L.F., González, G.J., Murillo, L. de S. y Salido, R.G. (1995). Fisiología Veterinaria. Ed. Interamericana-Mc Graw Hill, España. 719-723.

- (20) Griffin, D.R. y Novick, A. (1976). Estructura y Función Animal, 1a. ed., Ed. C.E.C.S.A., México. 53-57.
- (21) Guyton, A. C. (1994). Fisiología y Fisiopatología. 5a, ed. Ed. Interamericana McGraw Hill, México. 619-621, 627, 628.
- (22) Hernández, H.M., Sumano, L.H., Mateos, T.G. y Lara, D.L.A. (1989). Tratamiento de la Hipocalcemia, la Hipomagnesemia y la Acetonemia en Bovinos. Veterinaria México. 20:317.
- (23) Hutyra, Marek, Manninger y Mócsy, (1973). Patología y Terapéutica Especial de los Animales Domésticos, 3a. ed., Ed. Labor, España. 618, 634-645.
- (24) Kincaid, R., Hillers, J.K. and Cronrath, J.D. (1981). Calcium and Phosphorus Supplementation of Rations for Lactating Cows. J.Dairy Sci. 64:754-758.
- (25) Klaushofer, K., Varga, F., Glantschnig, H., Fratzleman, N., Czerwenka, E., Leis, H.J., Koller, K. and Peterlik, M. (1995). The Regulatory Role of Thyroid Hormones in Bone Cell Growth and Differentiation. J.Nutr. 125:1996S-2003S.

- (26) Kolb, E. (1972). Microfactores en Nutrición, 1a. ed., Ed. Acribia, España. 190-195.
- (27) Kolb, E., (1978). Fisiología Veterinaria, Vol. II. Ed. Acribia, España 910.
- (28) Kowalski, K. (1981). Mamíferos, Manual de Teriología, Ed. H. Blume Ediciones, España. 13-15.
- (29) Marcato, P.S. (1990). Anatomía e Histología Especial de los Mamíferos Domésticos. Ed. Interamericana-Mc Graw Hill. España. 303-307.
- (30) Martin, T.J., Findlay, D.M., Houssami, S., Ikegame, M., Racopoulos, M., Moseley, J.M. and Sexton, P.M. (1995). Heterogeneity of the Calcitonin Receptor: Functional Aspects in Osteoclast and Other Sites. J. Nutr. 125:2009S-2014S.
- (31) Maynard, L.A., Loosly, J.K., Hintz, H.F. y Warner R.G. (1981). Nutrición Animal, 4a ed., Mc Graw Hill, México. 237-238.
- (32) McDonald, L.E. (1991). Endocrinología Veterinaria y Reproducción 4a. ed. Ed. Interamericana-Mc Graw Hill, México. 90,129.

- (33) Millán, S. F. Principales Razones de Desechos. Vet. Méx., XXII: 2, (1991).169-174.
- (34) Richardson, C. de W. (1997). Minerals and Vitamins For Dairy Cattle. http://www.hitechdeterg.co.nz/mnrl_vit.htm.
- (35) Rueda, A.N.R. (1988). Fisiología de la Lactancia. MVZnoticias Vol. VI, No. 51. 17-19.
- (36) Ruckebusch, Y., Phaneuf, L.P. and Dunlop, R. (1994). Fisiología de Pequeñas y Grandes Especies, Ed. Manual Moderno, México. 571-572, 641-647.
- (37) Runnells, R.A., Monlux, W.S. y Monlux, A.W. (1968). Principios de Patología Veterinaria, 1a. ed., Ed. C.E.C.S.A., México. 191.
- (38) Sisson, S., Grosman, J.D. y Getty, R. (1982). Anatomía de los Animales Domésticos, 5a. ed., Ed. Salvat, México. 22-28.
- (39) Spross, S.A.K. y Pérez, P.M. (1982). Contenido de Calcio y Fósforo en Sangre Yugular de Vacas Holstein en Diferentes Estados de Producción Láctea. Memorias de Investigación Pecuaria en México. 302-305.

- (40) Taxel, P., Prestwood, K.M. (1996). Estrogen for the Prevention and Treatment of Osteoporosis. *The Endocrinologist* ; 6:179-185.
- (41) Timmermans, J.A.H., Bindels, R.J.M. and Van Os, C.H. (1995). Stimulation of Plasma Membrane Ca Pump by Calbinding-D28K and Calmodulin is Additive in EGTA- Free Solutions. *J.Nutr.* 125:1981S-1986S.
- (42) Tohme, J.F., and Bilezikian, J.P. (1996). Diagnosis and Treatment of Hypocalcemic Emergencies. *The Endocrinologist*; 6:10-18.
- (43) Travis, L.E. and Goff, J. (1987). Interactions of Calcium, Phosphorus y Magnesium and Vitamin D that Influence theirs Status in Domestic Meat Animals. *J. Anim. Sci.* 65: 1727-1743.
- (44) Underwood, E.J. (1981). *Los Minerales en la Nutrición del Ganado*, Ed. Acribia, España. 1-15.
- (45) Ureña, P., Kong, X., Abou-Samara, AB., Jüppner, H., Kronenberg, H.M., Potts, J.T.Jr. and Sefre, G.V. (1993). Parathyroid Hormone (PTH)/PTH-Related Peptide Receptor Messenger Ribonucleic Acids are Widely Distributed in Rat Tissues. *Endocrinology* 133:617-623.

(46) Ville, C. (1988). *Biología*, 7a. ed., Ed. Mc Graw Hill, México. 402-404.

(47) Wasserman, R.H. and Fullmer, C.S. (1995). Vitamin D and Intestinal Calcium Transport: Facts, Speculations and Hypotheses. *J. Nutr.* 125:1971S-1979S.