

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
CHAPINGO, MEXICO

ESTADO MINERAL Y REPRODUCCION ESTACIONAL
DE VACAS LECHERAS EN QUINTANA ROO, MEXICO



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS
EN PRODUCCION ANIMAL

P R E S E N T A :

GERMAN MENDEZ EGUIA LIS

1989

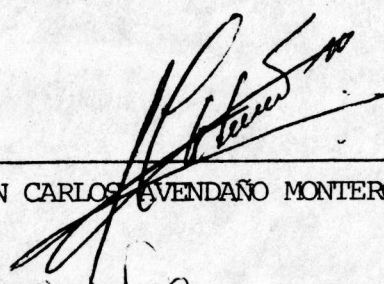
ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCION DEL M.Sc. MAXIMINO HUERTA BRAVO,
REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO EXAMINADOR INDICADO, COMO REQUISITO PAR -
CIAL PARA OBTENER EL GRADO DE **MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION ANIMAL, ES-
PECIALISTA EN NUTRICION.**

PRESIDENTE:



M. Sc. MAXIMINO HUERTA BRAVO

SECRETARIO:



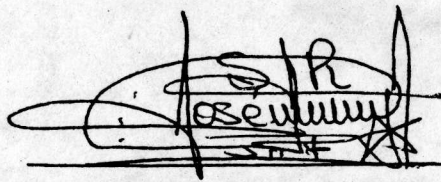
M.C. JUAN CARLOS AVENDAÑO MONTERO

VOCAL:



M.C. ARTEMIO CADENA MENESES

SUPLENTE:



M. Sc. JOSE SOLIS RAMIREZ

SUPLENTE:



Ph. D. MIGUEL GARCIA WINDER

22,335

mazh*

ESTADO MINERAL Y REPRODUCCION ESTACIONAL DE VACAS LECHERAS EN QUINTANA ROO, MEXICO

Méndez Eguía Liz, Germán

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fué determinar el estado mineral de vacas lecheras en dos épocas del año y diferentes estados fisiológicos. El estudio incluyó a 16 ranchos ubicados en la zona sur del Estado de Quintana Roo, en donde se muestreó el suelo, agua, forraje, suplemento mineral y suero sanguíneo de 20 vacas en cada rancho en dos épocas para determinar el contenido mineral. Las épocas fueron: octubre de 1987 (época 1) y enero de 1988 (época 2). Sin tomar en cuenta la época, la deficiencia de fósforo, cobre, zinc y magnesio en las vacas fué del 31%, 76%, 2% y 7%, respectivamente. Los análisis de suelo, agua, forraje y suplemento mineral corroboraron lo anterior. En la época 1, la concentración de cobre y zinc sérico fué menor ($p < .05$) en comparación con la época 2. El magnesio mostró la tendencia opuesta, mientras que la concentración de P fué igual en ambas épocas ($p > .05$). La concentración de fósforo, zinc y magnesio sérico no fué afectada por el estado de gestación de la vacas. La concentración de cobre sérico fué menor ($p < .05$) en las vacas no gestantes. Se detectó una relación negativa entre los niveles séricos de magnesio, cobre y zinc con la producción de leche. Finalmente, dos hallazgos encontrados: a) las vacas no gestantes tenían niveles de cobre séricos más bajos; y b) los niveles de cobre en la época 1 son más bajos; hacen pensar que el cobre se encuentra muy relacionado con una baja cantidad de partos ocurridos durante junio-julio (4% de partos/mes) contra septiembre-octubre (9.7% de partos/mes) durante el año de 1986.

CONTENIDO

	Página
Resumen	i
Contenido	ii
Indice de Cuadros	iv
Indice del Apéndice	v
Indice de Figuras	vi
Abreviaciones utilizadas	vii
 1. Introducción	 1
 2. Revisión de Literatura	 3
2.1 El consumo de energía y la infertilidad postparto .	3
2.2 La condición corporal y la infertilidad postparto .	5
2.3 Efecto de la disponibilidad del forraje sobre la reproducción	10
2.4 Efecto del clima sobre la reproducción	13
2.5 Aspectos generales en el estudio de los minerales .	16
2.6 Fuentes de minerales	17
2.6.1 El forraje	18
2.6.2 El suelo	19
2.6.3 El agua	21
2.7 Disponibilidad de los minerales	21
2.8 Detección de deficiencias minerales	22
2.9 Corrección de deficiencias	24
2.10 Fósforo	24
2.10.1 Disponibilidad del fósforo para el animal .	25
2.10.2 Deficiencia de fósforo	26
2.10.3 Deficiencia de fósforo y producción de leche	26
2.10.4 Deficiencia de fósforo y reproducción . . .	27
2.10.5 Detección de la deficiencia de fósforo . . .	29
2.10.6 Corrección de la deficiencia de fósforo . .	29
2.11 Cobre	33
2.11.1 Disponibilidad del cobre para el animal . .	33
2.11.2 Deficiencia de cobre	33
2.11.3 Deficiencia de cobre y producción de leche .	34
2.11.4 Deficiencia de cobre y reproducción	34
2.11.5 Detección de la deficiencia de cobre	36
2.11.6 Corrección de la deficiencia de cobre . . .	37

2.12	Zinc	39
2.12.1	Disponibilidad del zinc para el animal . . .	39
2.12.2	Deficiencia de zinc	39
2.12.3	Deficiencia de zinc y producción de leche .	40
2.12.4	Deficiencia de zinc y reproducción	40
2.12.5	Detección de la deficiencia de zinc	42
2.12.6	Corrección de la deficiencia de zinc	42
2.13	Magnesio	43
2.13.1	Disponibilidad del magnesio para el animal .	43
2.13.2	Deficiencia de magnesio y producción de leche	45
2.13.3	Niveles altos de magnesio	46
2.14	Calcio	46
2.14.1	Disponibilidad del calcio para el animal . .	46
2.14.2	Niveles altos de calcio	47
2.15	Cobalto	47
2.16	Selenio	48
2.17	Manganeso	49
2.18	Iodo	50
2.19	Hierro	51
3.	Materiales y Métodos	52
3.1	Descripción de la zona de estudio	52
3.2	Manejo del hato	54
3.3	Explotaciones lecheras estudiadas	55
3.4	Mediciones	57
3.5	Análisis de laboratorio	58
3.6	Análisis estadístico	59
4.	Resultados y Discución	62
4.1	Suelo	62
4.2	Agua	63
4.3	Forraje	65
4.4	Suplemento mineral	68
4.5	Suero	69
4.5.1	Relación entre minerales en suero y forraje .	69
4.5.2	Deficiencia de minerales	69
4.5.3	Efecto de época	73
4.5.4	Efecto de gestación	75
4.5.5	Efecto de lactancia	77
5.	Conclusiones	83
6.	Apéndice	84
7.	Literatura Citada	88

INDICE DE CUADROS

	Página
1 Efecto de la época de parto sobre el intervalo entre partos siguiente.	11
2 Concentración crítica de minerales y porcentaje de forrajes deficientes en Latinoamérica, base seca. . . .	17
3 Contenido y disponibilidad biológica de fósforo en los suplementos fosfóricos para los rumiantes.	32
4 Influencia del estado fisiológico de la vaca sobre el requerimiento de cobre.	35
5 Contenido y disponibilidad biológica de cobre en los suplementos minerales más comunes para los rumiantes. .	38
6 Influencia del estado fisiológico de la vaca sobre el requerimiento de zinc.	41
7 Contenido y disponibilidad biológica de zinc en los suplementos minerales más comunes para los rumiantes. .	43
8 Sales totales, pH y contenido mineral promedio y estimación de los requerimientos minerales cubiertos en vacas lecheras mediante el consumo de agua en Quintana Roo, México.	63
9 Porcentaje de las muestras de forraje analizadas y determinadas como deficientes en su contenido mineral en dos épocas de 16 hatos lecheros en Quintana Roo, México.	66
10 Contenido de proteína cruda y minerales de las principales especies consumidas por el ganado en 16 hatos lecheros de Quintana Roo, México.	67
11 Contenido mineral reportado y encontrado en el suplemento mineral consumido en la región y cálculo de los requerimientos cubiertos diarios en vacas lecheras mediante su consumo en Quintana Roo, México.	68

Página

12	Porcentaje de las muestras de suero que fueron deficientes en fósforo, cobre, zinc y magnesio por época de 16 hatos lecheros en Quintana Roo, México.	70
13	Niveles de significancia para los efectos de la gestación, época, lactancia e interacción gestación por época sobre los niveles séricos de fósforo, cobre, zinc y magnesio en vacas lecheras en Quintana Roo, México. .	72
14	Medias de mínimos cuadrados y sus desviaciones estandard de los efectos del estado fisiológico de los animales y época del año sobre la concentración de minerales en el suero de vacas lecheras en Quintana Roo, México.	73
15	Concentración de los elementos minerales en la mezcla mineral recomendada para la zona sur de Quintana Roo, México.	82

INDICE DEL APENDICE

Página

16	Concentración de minerales y pH del suelo de 12 explotaciones lecheras en Quintana Roo, México.	84
17	Contenido de sales totales, pH y minerales en el agua de bebida de 16 hatos lecheros en Quintana Roo, México; promedio de dos épocas.	85
18	Concentración de sales en el forraje en Quintana Roo, México; promedio por rancho por época.	86
19	Concentración de minerales en el suero de vacas lecheras en Quintana Roo, México; promedio por rancho por época. .	87

INDICE DE FIGURAS

	Página
1 Efecto del nivel nutricional postparto sobre la relación entre la condición corporal al parto (nutrición preparto) y el intervalo al primer estro.	9
2 Efecto de la suplementación mineral sobre el porcentaje de partos.	31
3 Ubicación de la zona y ranchos en estudio.	53
4 Distribución de las pariciones ocurridas en 1986 para 19 hatos lecheros en la zona sur de Quintana Roo, México. .	56
5 Relación entre la producción de leche y la concentración de cobre en el suero de vacas lecheras en la zona sur de Quintana Roo, México.	79
6 Relación entre la producción de leche y la concentración de zinc en el suero de vacas lecheras en la zona sur de Quintana Roo, México.	80
7 Relación entre la producción de leche y la concentración de magnesio en el suero de vacas lecheras en la zona sur de Quintana Roo, México.	81

ABREVIACIONES UTILIZADAS

Al	aluminio
Ca	calcio
Cd	cadmio
Cl	cloro
Co	cobalto
Cu	cobre
EDTA	etilen-diamino-tetraacético
F	flúor
Fe	hierro
g	gramo(s)
g/d	gramos por día
ha	hectárea
I	iodo
K	potasio
Kg	kilogramo
l/d	litros por día
mg	miligramo
Mg	magnesio
Mn	manganeso
Mo	molibdeno
Na	sodio
P	fósforo
pg/ml	picogramos/mililitro
pH	potencial hidrógeno
ppm	partes por millón
S	azufre
Se	selenio
ug/ml	microgramos por mililitro
Zn	zinc

1. INTRODUCCION

La desnutrición es comúnmente aceptada como una de las limitantes más importantes para la producción del ganado en los países tropicales. La insuficiencia de energía y proteína es, a menudo, la responsable de una producción animal subóptima. Sin embargo, muchos investigadores han observado producciones animales bajas pesar de la abundancia de alimentos. Lo que ha sugerido que desbalances minerales (deficiencias o excesos) en suelos o forrajes puedan ser los responsables de la baja producción y problemas reproductivos de los rumiantes en pastoreo en los trópicos (McDowell et al., 1984).

En 1981, el gobierno del Estado de Quintana Roo promovió la creación de un proyecto denominado Programa Lechero Estatal. Este programa contemplaba cubrir la demanda de leche fresca a través del impulso a los productores de leche (Castillo, 1987). En los hatos que componen dicho programa, fué notado que las pariciones del mes de julio representaban sólo el 4% de las pariciones anuales; en cambio durante octubre, las pariciones llegaban a representar el 7% (Ortiz, 1988). Estas diferencias en la cantidad de partos sugieren que durante los meses de octubre y enero (aproximadamente 9 meses atrás, respectivamente) existen condiciones ambientales que afectan la tasa de concepción de las vacas de manera muy marcada.

Es ampliamente conocido que los factores ambientales que influyen sobre la reproducción en el ganado son clima, nutrición y sanidad. Los factores climáticos incluyen a la precipitación pluvial, junto con la radiación solar y la temperatura, que actúan indirectamente sobre la producción y calidad del forraje (Snaydan, 1981); mientras que la temperatura y la humedad actúan en el animal sobre la duración del estro y fertilidad (Monty, 1984).

Dentro de los factores nutricionales, las deficiencias de proteína, energía, minerales, vitamina A y vitamina E afectan negativamente el desempeño reproductivo de los bovinos lecheros (Siebert et al., 1976; Segerson et al., 1977; Jackson, 1981; Baishya et al., 1982; McDowell et al., 1984). Los minerales relacionados con la reproducción son P, Cu, Zn, Co, Se, I, Mn y Fe (Hidiroglou, 1979; McDowell et al., 1984).

Dentro de las funciones esenciales de todo organismo, la reproducción es secundaria al crecimiento y lactancia y tiende a suprimirse en muchos estados patológicos (Erb y Martín, 1980; De Alba, 1985; Short, 1988). El medio externo es frecuentemente perjudicial a la reproducción. Algunas características ambientales están completamente fuera de toda posibilidad de ser modificadas por el hombre, pero muchas otras, sobre todo las nutricionales, están continuamente sujetas al manejo de la explotación animal. De esta manera, los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

- 1.- Determinar el contenido mineral de suelo, agua, forraje, suplemento mineral y suero sanguíneo de vacas lecheras durante dos épocas contrastantes en fertilidad del ganado en 16 ranchos pertenecientes al Programa Lechero Estatal de Quintana Roo.
- 2.- Determinar el estado mineral de las vacas en las diferentes etapas fisiológicas, así como en diferentes épocas del año.

2. REVISION DE LITERATURA.

Comúnmente los efectos de la nutrición sobre la reproducción han sido observados y medidos utilizando la energía consumida por el animal como variable. En la siguiente revisión se considerará la relación existente entre el consumo de energía sobre la infertilidad y el anestro postparto. Así mismo se discutirá brevemente el efecto directo del clima sobre la reproducción de los bovinos. Posteriormente se revisarán los efectos de los minerales sobre la reproducción y producción del ganado. Otras variables nutricionales como el nivel de proteína, podrían afectar también la reproducción postparto, pero sus efectos aún no son bien entendidos (Chalupa y Ferguson, 1988; Short, 1988). La carencia de vitamina A y vitamina E afectan negativamente la reproducción (Segerson et al., 1977; Jackson, 1981), sin embargo, la deficiencia de estas vitaminas no es común que ocurra en los bovinos en pastoreo en los trópicos (McDowell, 1985c).

2.1 El consumo de energía y la infertilidad postparto.

Las posibles razones por las cuales una vaca no queda gestante son cuatro: a) no muestra estro; b) no ovula; c) no ocurre la fertilización; o d) ocurren muertes embrionarias. De éstas, la razón principal por la cual las vacas y vaquillas no conciben son fallas en la manifestación del estro y la ovulación, lo cual comúnmente se conoce con el término de anestro (Baishya et al., 1982; Kinder et al., 1988).

Durante el anestro los folículos ováricos no se desarrollan, la producción de esteroides gonadales (progesterona y estradiol) es extremadamente baja, la ovulación no se presenta y las manifestaciones externas de estro se hallan ausentes; por lo tanto, no puede existir concepción cuando las hembras se encuentran en esta condición (Kinder et al., 1988).

Los principales períodos en los cuales existe anestro en el ganado bovino, y que consecuentemente reducen la eficiencia reproductiva son: a) la duración del período prepuberal en la

vaquilla; y b) el tiempo durante el cual se reinician los ciclos estrales después del parto. Ambos casos se ven afectados por muchas condiciones ambientales. Sin embargo, el factor principal que incide sobre la duración del período prepuberal y postparto es el nivel de consumo de alimento y energía (Dindorkar et al., 1982; Kinder et al., 1988).

La pubertad ocurre mientras el animal aún se encuentra creciendo, es decir los órganos sexuales se vuelven funcionales antes de que el crecimiento somático termine. La pubertad generalmente tiene lugar cuando el animal alcanza entre un 40 y 70% de su peso adulto. Si la cantidad de alimento es limitada durante el desarrollo prepuberal, la edad a la cual una vaquilla alcanza la pubertad se ve retrasada (González et al., 1975; Day et al., 1986). En bovinos, el alcanzar un peso crítico es necesario para que la pubertad se manifieste, sin embargo, Arije y Wiltbank (1971) mostraron que existe una relación entre la edad y el peso para la manifestación de la pubertad. Durante la pubertad existe la necesidad de un mayor consumo de energía, porque la vaquilla tiene grandes demandas metabólicas para continuar su crecimiento y mantener una buena condición corporal. Por lo tanto, éste es un período en el ciclo de vida de la vaquilla en donde un balance negativo de energía puede ocurrir fácilmente (Kinder et al., 1988).

El efecto de la alimentación alrededor del parto sobre la reproducción se encuentra bien documentado y es concluyente. La duración del anestro postparto se incrementa en vacas alimentadas con bajos niveles de energía durante las fases finales de la gestación (Zimmerman et al., 1960; Wiltbank et al., 1962, 1964; Hight, 1968; Dunn et al., 1969; Donaldson et al., 1970; Oxenreider y Wagner, 1971; Corah et al., 1974, 1975; Bellows y Short, 1978; Bellows et al., 1982; Grainger y McGowan, 1982). Además, la tasa de gestación se reduce cuando la energía consumida después del parto es insuficiente para cubrir el requisito animal (Wiltbank, 1964; Hight, 1968; King, 1968; Dunn et al., 1969; Nicol, 1977; Bellows y Short, 1978; Spitzer et al., 1978; Bartle et al., 1984; Ducker y Morant, 1984; Easdon et al.,

1985; Henricks y Rone, 1986; Richards et al., 1986).

Claramente, el postparto es un período de balance energético negativo debido a las demandas metabólicas para cubrir los requerimientos de la lactancia. Por lo que, si una vaca se encuentra en una condición corporal pobre al momento del parto, se vuelve difícil alimentarla con la suficiente energía como para compensar los requerimientos energéticos durante el postparto (Kinder et al., 1988). González (1978), Ducker y Morant (1984) y Easdon et al. (1985) encontraron que la producción de leche se correlaciona positivamente con el intervalo parto-primer estro y parto-concepción.

Mientras que una subalimentación reduce la eficiencia reproductiva del ganado, la sobre alimentación no resulta en ventajas extras (Bond y Weinland, 1978; Doornbos et al., 1984;), aunque Wright et al. (1987) encontraron que los efectos benéficos de una alta alimentación sobre el anestro postparto sólo fueron evidentes en aquellas vacas que se encontraban en una pobre condición corporal. Contrariamente, Spitzer et al. (1978) no encontraron efectos negativos de la subalimentación sobre el comportamiento reproductivo (porcentaje de fertilización, concepción y gestación).

En resumen, el período prepuberal y el período postparto son dos épocas críticas en la reproducción de las hembras bovinas, en donde balances negativos de energía pueden ocurrir fácilmente debido a las altas demandas para el crecimiento y la lactancia, respectivamente. Durante éstos períodos, un consumo deficiente de energía frecuentemente prolonga la duración del anestro (Kinder et al., 1988).

2.2 La condición corporal y la infertilidad postparto.

El comportamiento reproductivo de la vaca varía de acuerdo con la cantidad total de la reserva energética corporal (Wiltbank et al., 1962; Baker, 1969; Ducker y Morant, 1984). Las reservas corporales de energía se encuentran relacionadas con la cantidad de grasa almacenada en el cuerpo durante los diferentes estados

del ciclo reproductivo. Murray (1919) citado por Kinder et al. (1988), define a la condición corporal como "la proporción entre la cantidad de grasa y la cantidad de materia no grasa en el animal vivo". Ya que una disminución en el consumo de nutrientes resulta en la movilización de la grasa almacenada para ser utilizada como fuente de energía, entonces la condición corporal influencia la duración del anestro prepuberal y postparto (Kinder et al., 1988).

Louw et al. (1988) citado por Kinder et al. (1988) encontraron que las vacas que pierden peso durante la gestación presentaron un intervalo entre partos mayor y tienen un menor porcentaje de partos en comparación con las vacas que ganaban peso, mientras que Richards et al. (1986) encontraron que existía un incremento en el intervalo parto-estro y parto-ovulación cuando las vacas perdían condición al acercarse el parto. La disminución en condición corporal al acercarse el parto puede ser traducida como subalimentación preparto. Ducker y Morant (1984) encontraron que aquellas vaquillas en mediana condición y que se encontraban ganando peso en forma moderada presentaron las más altas tasas de preñez (80%), seguidas por las vaquillas en mediana condición que perdían peso, vaquillas en buena condición, y con las tasas de concepción más bajas (50%) aquellas vaquillas en pobre condición. Resultados similares fueron reportados por Leaver (1977).

Richards et al. (1986) estudiaron el efecto de 4 niveles energéticos alimenticios postparto y observaron que el tratamiento no tuvo importancia sobre el intervalo parto-estro. Al parecer, la condición al parto fué el factor más importante sobre el intervalo parto-estro y parto-gestación. Resultados similares fueron reportados por Román et al. (1983), Rutter y Randel (1984) y Wright et al. (1987). Wright et al. (1987) encontraron una relación negativa entre la condición al parto y el largo del anestro postparto; con cada unidad que se incrementaba la condición corporal se reducía el anestro en 43 días.

Warren et al. (1988) encontraron que las vacas que parieron en una condición mayor a 5 no fueron afectadas por los diferentes niveles alimenticios postparto. Rangel (1984) encontró que vacas en baja o alta condición al parto presentan las menores eficiencias reproductivas. Segura y Rodríguez (1987) encontraron que los animales en una buena condición, gestaron en mayor proporción (64.8%) que los de condición regular (34.0%; $p < .05$). González (1981) encontró que las vacas en buena condición presentaban una fertilidad al primer servicio de 56.3%, mientras que vacas en mala condición tuvieron 38.7% de fertilidad mediante inseminación artificial ($p < .01$). Cuando los animales fueron sometidos a monta natural, los resultados fueron 65.4 y 56.2%, respectivamente ($p < .01$).

Gauthier y Mauleon (1983) y Gauthier et al. (1983) encontraron que aquellas vacas que ganaban peso al inicio del postparto liberan más LH en respuesta a GnRH que las vacas que perdían peso, mientras que Menéndez (1980) reportó que una pobre condición corporal de las vacas reduce la respuesta a norgestomet y valerato de estradiol como sincronizantes del estro.

La forma en la cual la nutrición afecta el proceso reproductivo de la vaca es a través del sistema endócrino, siendo el eje hipotálamo-hipofisiario-gonadal el componente de dicho sistema (Kinder et al., 1988). Una serie de efectos hormonales y fisiológicos ocurren durante la transición entre el anestro, los ciclos estrales, la ovulación y la gestación. Las deficiencias nutricionales previenen o bloquean la ocurrencia de ésta serie de eventos y, conforme las reservas nutricionales se van creando, una liberación gradual del bloqueo permite que cada paso se reinicie en forma secuencial (Short, 1988).

El puente o mecanismo entre los aspectos nutricionales y los mecanismos fisiológicos aún no se conoce, aunque existen evidencias que sugieren que la glucosa sanguínea podría ser el mediador de dicha información (Oxenreider y Wagner, 1971; McClure et al., 1978; Rutter y Manns, 1987, 1988; Short y Adamas, 1988).

En general, a medida que el nivel nutricional se aumenta, ya sea preparto o postparto, el intervalo de tiempo entre el parto y el estro disminuye. Este efecto es más marcado en vacas jóvenes que aún se encuentran creciendo, en vacas con alta producción de leche y en vacas que han sufrido restricciones nutricionales moderadas o severas. El nivel nutricional puede ser estimado midiendo el consumo de alimento, pero en la mayoría de los sistemas de manejo, los cambios de peso o, aún mejor, los cambios en la condición corporal son más fácilmente medibles. La estimación de la condición corporal es una herramienta muy útil para el manejo nutricional (Bellows et al., 1971; Grainger y McGowan, 1982). En la práctica, la condición corporal se estima tomando una serie de medidas anatómicas en las vacas, las cuales nos dan una estimación de la cantidad de grasa que posee un animal (Grainger y McGowan, 1982; Weaver, 1987).

Un resumen de las interacciones entre el nivel nutricional preparto y el intervalo entre el parto y el primer estro se muestran en la Fig. 1. La nutrición preparto se muestra como la condición corporal al parto, y conforme ésta condición se mejora, existe una disminución no lineal en el intervalo parto-estro. Aumentar la condición corporal por arriba de seis tiene muy poco efecto adicional sobre el intervalo postparto. Aumentando el nivel nutricional después del parto también disminuye el intervalo parto-estro, pero éste efecto es más notorio en vacas que paren con una condición menor a cinco.

El enfoque más económico es el de manejar a las vacas gestantes para que tengan una condición corporal entre 5 y 7 al momento del parto y proporcionando un adecuado nivel energético después del parto. Cantidades excesivas en el consumo de energía serán necesarias después del parto para corregir las deficiencias existentes en vacas con una condición pobre al momento del parto (Short, 1988).

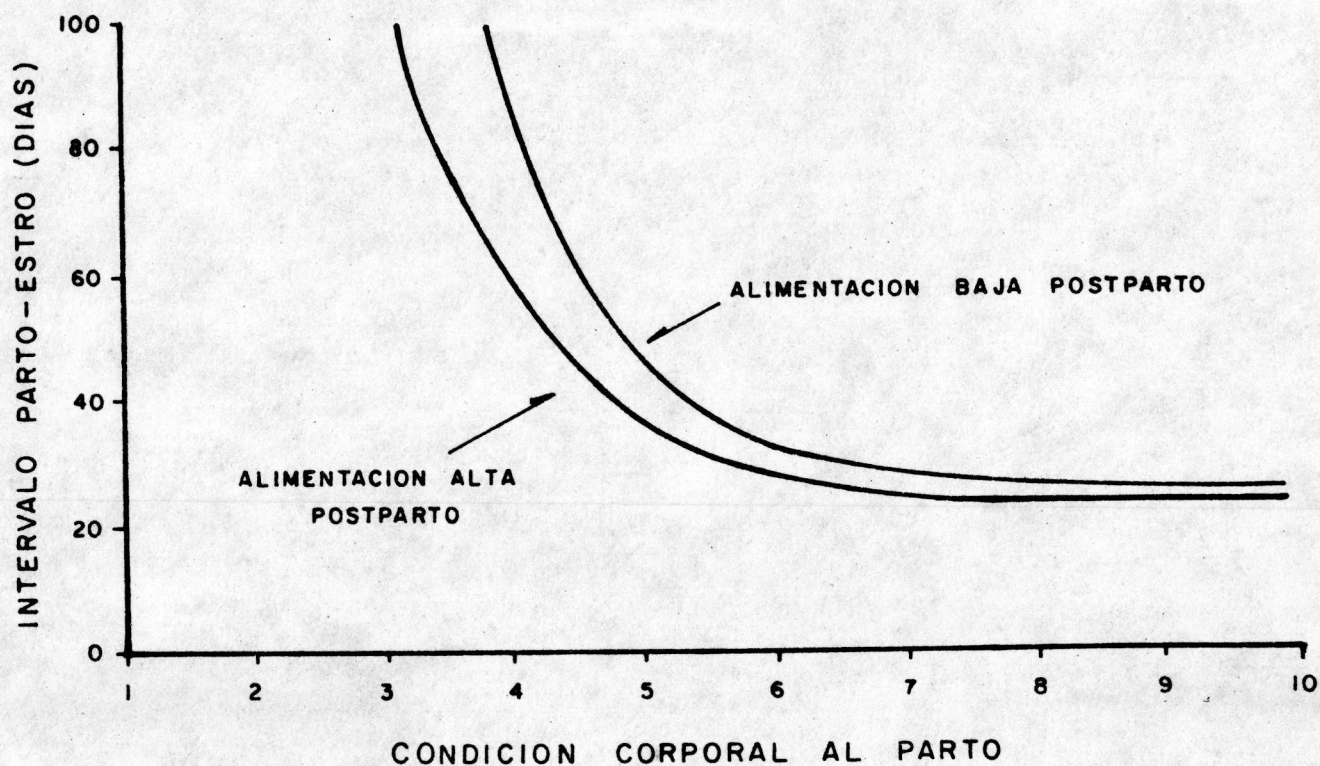


FIGURA 1. Efecto del nivel nutricional postparto sobre la relación entre la condición corporal al parto (nutrición preparto) y el intervalo al primer estro.

FUENTE: Short (1988)

2.3 Efecto de la disponibilidad del forraje sobre la reproducción.

La actividad reproductiva de las vacas varía en función de la estación del año, lo cual comúnmente se asocia con la disponibilidad del forraje. La mayor parte de la ganadería en los países tropicales comprende explotaciones extensivas con pastos de pobre calidad y rápida maduración, que escasamente ofrecen cubrir los requerimientos del ganado para su mantenimiento y producción (Pérez, 1977).

Considerando como factor determinante a la precipitación, es posible dividir al año en dos épocas bien definidas: Época seca y época lluviosa, las cuales van a influir de manera indirecta sobre la actividad reproductiva mediante la cantidad y calidad del forraje disponible (Snaydan, 1981; Hinzpeter, 1983).

Hinzpeter (1983) detectó en el Estado de Puebla, que el ganado de carne muestra anejos verdaderos y prolongados durante febrero y marzo, que corresponden a los meses de menor precipitación pluvial y menor calidad de los forrajes. Rincón et al. (1972) encontraron que el intervalo parto-concepción (días) de las vacas paridas en la época lluviosa (90.7) es menor que en la época seca (104.6) y ambos son inferiores a las obtenidas en la época intermedia semi-lluviosa (131.2 días). Bodisco et al. (1976) observaron que el ganado criollo presenta los menores intervalos parto-concepción y la mayor eficiencia reproductiva durante la época de lluvias. Martínez et al. (1986) observaron que aquellas vacas que paren en sequía tienen un intervalo parto-concepción mayor en un 15%. Resultados similares fueron encontrados por Donaldson (1962) y Morales et al. (1983).

González (1981) encontró que las vacas que paren en la época lluviosa empiezan a ciclar más rápido que aquellas vacas que parieron en la época seca. Las observaciones de este autor a través de varios años coinciden en señalar al mes de febrero como el mes de mayor fertilidad y frecuencia de celos, atribuyéndose lo anterior al efecto de una mejor alimentación durante los meses previos de octubre a diciembre, época tradicionalmente lluviosa y de buena calidad de los pastos. Sin embargo, Romero (1985)

reportó que la mayoría de las concepciones ocurren en marzo-mayo en donde hay una menor precipitación pluvial y menor disponibilidad de pasto. La mejor fertilidad fué relacionada con una menor humedad relativa y menor temperatura.

Linaires y Plasse (1966) reportaron que el porcentaje de partos en secas es del orden de 61.5%, mientras que en lluvias únicamente 38.5%. Sánchez et al. (1969) reporta para secas un 64% y para lluvias un 36% de pariciones. Peña y Plasse (1972) encontraron al estudiar 10 ranchos en Venezuela que los partos en secas eran en promedio 29% más altos en comparación con los partos ocurridos en lluvias, las diferencias fueron significativas en 6 de los ranchos estudiados. Menéndez et al. (1978) encontraron que durante la época de secas se obtuvo una mayor cantidad de partos (30%) en comparación con la época lluviosa. Esta época de partos (época seca) corresponde con las gestaciones ocurridas durante la época lluviosa en donde se observa una mayor disponibilidad de pasto.

En el Cuadro 1 se muestra el efecto de la época de parto sobre el intervalo entre partos subsiguiente. La mayoría de los autores coinciden en señalar a la época de secas como la estación que presenta los intervalos entre partos más largos, lo cual se asocia con la baja disponibilidad y calidad de los pastos.

CUADRO 1. Efecto de la época de parto sobre el intervalo entre partos siguiente.

	Intervalo entre partos (días)	
	Epoca seca	Epoca lluviosa
Bodisco <u>et al.</u> (1976)	405.0	398.4
Serrano <u>et al.</u> (1976)	525.2	466.4
Morales <u>et al.</u> (1983)	417.8	387.0
Rosales (1985)	544.0	427.5
Hinojosa y Segura (1986)	543.6	558.3
Martínez <u>et al.</u> (1986)	432.5	406.0

Rangel (1984) reporta que el intervalo entre partos es de 391 días cuando las vacas paren en la época de secas y de 618 días cuando paren en la estación de lluvias intensas. Las vacas que paren durante la sequía quedan gestantes en la siguiente estación de lluvias, mientras que las vacas que paren al final de las lluvias no llegan a quedar gestantes sino hasta el inicio de la siguiente época de lluvias, dando como resultado un intervalo entre partos mucho más largo. Resultados similares fueron encontrados por Balieiro et al. (1981).

Belloso et al. (1979), Grass et al. (1982), Hansen et al. (1982) y Hansen y Hauser (1983) estudiaron como el intervalo entre partos es afectado por la época de partos, y concluyeron que dentro de las principales causas de la baja eficiencia reproductiva se encuentran: a) períodos estacionales de subnutrición; b) deficiente alimentación preparto; c) la carga nutricional de la lactancia; d) amamantamiento y ordeño con apoyo; y e) el número de parto.

De Alba et al. (1978) realizaron un análisis de regresión simple entre el porcentaje de partos ocurridos por trimestre y el total de lluvia que antecedió a la concepción para ese parto. El coeficiente de correlación fué de 0.48 ($p < .05$). Resultados similares fueron encontrados por Plasse et al. (1972). González (1980) encontró que existe una alta correlación ($r = -.66$) entre la caída pluviométrica y el intervalo entre partos en animales mestizos mantenidos bajo condiciones naturales de pastoreo irregular y no suplementados. Ello ratifica la influencia benéfica de la calidad de los pastos y de los mejores niveles de alimentación durante la época de lluvias y meses siguientes sobre la actividad reproductiva, correspondiendo los períodos con diferencias significativas a las épocas de mayor y menor precipitación (Dávila y González, 1977; Rodríguez et al., 1974).

Además, en muchos de los estudios señalados se ha encontrado que la interacción de época por año es considerable sobre la fertilidad, lo cual indica que las épocas se comportan de manera diferente a través de los años, debido en gran magnitud al efecto pluviométrico cambiante durante el período de estudio.

En todos estos trabajos, el animal se ha encontrado a merced del ambiente natural fluctuante de clima y forraje. Sin embargo, algunos trabajos han sido realizados bajo una alimentación constante y adecuada a través del año en un clima no estremoso. Estudios realizados en México por Sánchez (1975), Chavira (1976) y Eversbuch (1978) indican que la distribución de partos es homogénea a través del año. Lozano *et al.* (1987) no encontró estacionalidad en el intervalo parto-estro por efecto de la época y el año, lo que demuestra que en condiciones de alimentación adecuada y sin fluctuaciones de disponibilidad de alimento antes y después del parto, el intervalo parto-estro no difiere en las distintas épocas de parición.

Por otro lado, Rojo (1976) encontró que bajo condiciones de buena alimentación y clima estremoso las vacas mostraban estacionalidad reproductiva, lo cual se relacionó con la temperatura, la humedad relativa y la interacción entre ambas. Resultados similares encontraron Román y Flores (1980). Finalmente, Ingraham *et al.* (1974), dando una buena alimentación a sus vacas y en un clima poco estremoso encontraron que la estacionalidad reproductiva existía, aunque no de manera muy marcada.

Los resultados de estudios realizados en pastoreo bajo condiciones tropicales, permiten concluir que existen diferencias en la actividad reproductiva de las vacas dependiendo de las estaciones del año, lo que se asocia con la disponibilidad del forraje en la mayoría de los casos, por ser el factor más limitante. Sin embargo, otros factores asociados o confundidos pueden estar afectando estos resultados.

2.4 Efecto del clima sobre la reproducción.

Los agentes climáticos incluyen efectos directos de la temperatura del aire, humedad, velocidad del viento y radiación solar sobre los animales (Turner, 1982; Johnson, 1984; Monty, 1984; Collier y Beede, 1985). Los efectos indirectos son sobre la cantidad y calidad del alimento así como enfermedades y

patógenos. Muchas de éstas interacciones son difíciles de medir con exactitud y se presentan solamente como tendencias mensuales o estacionales (Collier y Beede, 1985).

Es bién sabido que una reducción significativa en la fertilidad ocurre en vacas lecheras expuestas a los intensos calores del verano (Turner, 1982; Johnson, 1984; Monty, 1984; Collier y Beede, 1985). Los efectos de la tensión térmica en la reproducción del ganado lechero ocurren a través de varios y variados mecanismos. Estos incluyen los efectos adversos sobre el estro, concepción, función uterina, estado endócrino, muerte embrionaria y crecimiento fetal.

Estro. Los animales expuestos a un estrés calórico presentan una actividad sexual reducida (Monty, 1984). El largo del ciclo estral aumenta mientras que la duración del estro disminuye (Madan y Johnson, 1973; Abilay *et al.*, 1975).

Concepción. Las vacas en estrés térmico necesitan un mayor número de servicios por concepción y presentan un mayor intervalo parto preñez, lo cual es debido a fallas en la fertilización por los efectos negativos sobre el espermatozoide u óvulo (Johnson, 1984; Monty, 1984). Gwazdavskas *et al.* (1973) encontraron una correlación negativa entre el porcentaje de concepción y la temperatura rectal ($p < .05$) y uterina ($p < .01$). Dunlap y Vincent (1971) observaron que al elevar la temperatura ambiental de 21.1 a 32.2°C por 72 horas, la tasa de concepción caía de 42 a 0%.

Función uterina. Aquellas vacas en estrés calórico presentan una mayor probabilidad de tener su útero dentro del canal pélvico en los estadios tempranos del postparto (Monty, 1984).

Estado endócrino. Monty (1984) midió la concentración de progesterona en la sangre de vacas a los 50 días postparto y encontró que las vacas en estrés calórico tenían una mayor concentración de progesterona que las vacas en temperatura de confort (472 contra 197 pg/ml, respectivamente). Dicho incremento en la concentración de progesterona mostró una relación inversa con la tasa de concepción ($r = -.61$; $p < .05$). Resultados similares fueron reportados por Abilay *et al.* (1975) y Johnson (1984);

además, la concentración de hormona luteinizante puede disminuir (Madan y Johnson, 1973; Johnson, 1984) o mantenerse sin cambio (Monty, 1984) y el estradiol disminuye (Abilay *et al.*, 1975; Johnson, 1984; Monty, 1984).

Muerte embrionaria. Un incremento en la temperatura corporal se encuentra asociada a cambios en las secreciones uterinas (composición o volumen) que pueden ser tóxicas para el embrión (Johnson, 1984; Monty, 1984). Thatcher *et al.* (1988) encontraron que el estrés térmico durante el período preovulatorio y postovulatorio incrementan la incidencia de embriones retardados o anormales en vaquillas superovuladas.

Crecimiento del feto. El efecto de la tensión calórica durante el último tercio de la preñez fué investigado por Johnson (1984), y encontró que los becerros cuyas madres se encontraban en tensión térmica disminuían su crecimiento comparado con los becerros de madres no estresadas.

Turner (1982), realizó un experimento con un grán número bovinos de carne en Australia bajo condiciones comerciales. Se implementó una época de empadre durante los meses de mayor temperatura ambiental para observar la relación entre temperatura rectal y fertilidad. Sus resultados muestran que al incrementarse la temperatura rectal de 38.5°C a 39°C se reducen en un 3% las pariciones (vacas paridas/vacas expuestas). Al aumentar la temperatura rectal a 40°C se reducen en un 17% los partos, a 41°C en un 43% y a 41.5°C en un 62%. Además, aquellas vacas preñadas y que llegaron al término de la gestación tuvieron una temperatura rectal de 39.39°C en promedio, lo cual fué inferior ($p < .05$) a aquellas vacas preñadas que no parieron (muerte embrionaria) y a aquellas con ciclos anormales (39.61 y 39.84°C, respectivamente). El promedio de depresión en la fertilidad causada por el estrés calórico para razas británicas fué del 25% y para las cruas de cebú con británicas del 10%. Turner (1982), concluyó, que mientras la magnitud del efecto térmico varía con la adaptación genética del animal a las condiciones ambientales, la relación entre temperatura rectal y reducción de la fertilidad es independiente entre las diferentes razas y entre vacas lactantes

o secas. Monty (1984), encontró, que a un incremento de la temperatura ambiental por encima de 30°C la temperatura rectal comienza a ascender.

Johnson (1984) asegura que "aunque existen numerosos efectos indirectos del clima sobre el animal, parece ser que las influencias térmicas inhibitorias sobre la concepción, asociados con procesos fisiológicos, hormonales y termorreguladores son los factores primarios". Sin embargo, hay que hacer notar que en todos los estudios señalados, incluyendo a Johnson (1984), la nutrición animal se encontraba en un buen nivel o constante, y las condiciones de temperatura fueron las únicas variantes.

Algunos esfuerzos han sido realizados para disminuir el efecto negativo del clima sobre los bovinos. Hernández (1983) dió baños de agua refrescantes diarios de las 12 a las 13 horas a vacas lecheras y encontró que el tratamiento mejoró la fertilidad en comparación con el testigo (76 y 20% para razas europeas y 65% y 37% en el cruce de europeo por criollo, respectivamente). Wolf y Monty (1974) encontraron en Arizona resultados similares.

2.5 Aspectos generales en el estudio de los minerales.

La nutrición mineral se convirtió en un área de investigación muy interesante desde los primeros descubrimientos de que muchas manifestaciones clínicas de enfermedades en el hombre y animales no podían ser explicadas en base al actual conocimiento en medicina, pero que se relacionaban con desbalances minerales (Barradas, 1980).

Frecuentemente, los ganaderos de los países tropicales no suplementan a su ganado en pastoreo con minerales, con la posible excepción de sal común (NaCl). Por lo tanto, los rumiantes en pastoreo dependen en gran medida del forraje para satisfacer sus requerimientos minerales; sin embargo, los forrajes en pocas ocasiones logran cubrir el requerimiento de minerales para el animal. Muestra de esto son los datos presentados en el Cuadro 2 referente a la concentración mineral de 2615 muestras de forraje analizadas de América Latina, donde niveles deficientes, o en el

CUADRO 2. Concentración crítica de minerales y porcentaje de forrajes deficientes en Latinoamérica, base seca.

Elemento	Requerimiento (NRC, 1988) ^a	Número de muestras analizadas	Concentración crítica en el forraje	Porcentaje de los forrajes debajo de la concentración crítica
Ca	.43 %	1123	.30 %	31.1
P	.28 %	1129	.30 %	72.8
Mg	.20 %	290	.20 %	35.2
K	.90 %	198	.80 %	15.1
Na	.18 %	146	.10 %	59.5
Fe	50 ppm	256	100 ppm	24.1
Cu	10 ppm	236	10 ppm	46.6
Zn	40 ppm	177	50 ppm	74.6
Mn	40 ppm	293	40 ppm	21.0
Mo	2 ppm	133	3 ppm	86.4
Co	0.1 ppm	140	0.1 ppm	43.1

FUENTE: McDowell et al. (1977).

a Requerimiento para una vaca de 450 Kg de peso vivo produciendo 7 Kg de leche/día.

límite de la deficiencia, fueron notados en muchas de las muestras (McDowell et al., 1977).

Los elementos minerales que tienen más posibilidades de faltar en condiciones tropicales son P, Na, Co, Cu, I, Se y Zn. En algunas regiones y bajo condiciones específicas Ca, Mg, Fe, K y Mn pueden estar deficientes, mientras que los excesos de F, Mo y Se son extremadamente perjudiciales (McDowell et al., 1984). Las deficiencias de minerales en el animal ocurren porque existe una insuficiente cantidad del mineral en la dieta o por un exceso de uno o más minerales que provocan la deficiencia de otro. Por el contrario, la toxicidad generalmente es el resultado de una concentración elevada de cierto mineral en la dieta del animal (forraje, suplementos, suelo y agua).

2.6 Fuentes de minerales.

Bajo las condiciones comunes de los trópicos, el ganado cuenta con 3 fuentes de minerales: El forraje, el suelo y el agua. Usualmente el forraje aporta la mayoría de los elementos en la mayor proporción. Sin embargo, el suelo y el agua bajo ciertas condiciones pueden contribuir con una cantidad considerable de ciertos minerales (McDowell, 1985b).

2.6.1 El forraje.

Las plantas toman los elementos esenciales de la solución del suelo en cantidades necesarias para satisfacer sus propios requerimientos y de esta manera satisfacen muchos de los requerimientos de los animales. Además, las plantas también toman ciertos elementos que no son esenciales para ellas, pero que si lo son para los rumiantes en pastoreo, como el Co y el I (McDowell, 1985b).

La concentración de minerales en el forraje depende de la interacción de varios factores, entre los cuales se incluye el suelo, la especie vegetal, el estado de madurez de la planta, el rendimiento, el manejo de la pastura y el clima (Gomid y Aguilar-Zometa, 1978; Underwood, 1981; McDowell *et al.*, 1984; McDowell, 1985a).

Suelo. La composición mineral de todos los vegetales refleja, en diverso grado, la naturaleza del terreno donde fueron cultivados. La planta suele responder ante deficiencias minerales en el suelo mediante una reducción en su crecimiento, una disminución en el contenido tisular del elemento deficiente, o más frecuentemente ambos fenómenos a la vez (Conrad y Avila, 1978; Underwood, 1981).

La ocurrencia natural de la mayoría de las deficiencias minerales en rumiantes, está asociada con regiones específicas y se encuentra directamente relacionada con las características del suelo. Las formaciones geológicas jóvenes y alcalinas contienen una mayor abundancia de elementos trazas que las formaciones más viejas, más ácidas y con mayor formación de arena gruesa. A medida que el pH del suelo se incrementa, la disponibilidad y absorción del Fe, Mn, Zn, Cu y Co por el forraje decrece, mientras que el Mo y el Se se incrementan (Conrad y Avila, 1978; McDowell *et al.*, 1984; McDowell, 1985a).

Especie vegetal. Las diferencias genéticas entre plantas afectan la concentración mineral tisular de las mismas. Underwood (1981) y McDowell (1985a), han revisado la literatura al respecto y concluyen que diferentes géneros, especies o variedades de

plantas forrajeras, creciendo en el mismo suelo, presentan diferente contenido mineral. Las hierbas y leguminosas tienen más Cu, Zn, Mo y Co que las gramíneas, mientras que lo contrario sucede con el Se y Mn (Conrad y Avila, 1978; McDowell, 1985b).

Estado de madurez. En la mayoría de las circunstancias el P, K, Mg, Na, Cl, Cu, Co, Fe, Se, Zn y Mo disminuyen con la madurez de la planta. La concentración de Ca no es afectada por el estado de madurez (McDowell *et al.*, 1984; McDowell, 1985a). El efecto de la madurez de la planta sobre el contenido mineral del forraje es debido a un proceso natural de dilución y al traslado de nutrientes a la raíz.

Clima, manejo y rendimiento. El clima, el manejo de forrajes y el rendimiento de los forrajes, afectan la composición mineral de la planta. En praderas con más de una especie, la presión de pastoreo influirá radicalmente a la especie forrajera predominante y cambiará su relación tallo/hoja, teniendo como resultado que el contenido mineral de la planta también sea afectado. Incrementando el rendimiento de forraje por unidad de superficie se extraen más rápido los minerales del suelo, de modo que esas granjas con mayor producción de forraje son las más propensas a las deficiencias de minerales por el agotamiento de los minerales en el suelo (Conrad y Avila, 1978; Gomid y Aguilar-Zometa, 1978; McDowell *et al.*, 1984; McDowell, 1985a). Los efectos del clima se ven reflejados en el rendimiento y madurez del forraje (Van Soest, 1978).

2.6.2 El suelo.

La ingestión de suelo es también un factor importante en la nutrición animal. Normalmente es considerado que el suelo influye la producción animal mediante la cantidad y calidad de forraje que produce en la secuencia suelo-planta-animal. Existe además el efecto directo suelo-animal ya que el consumo de suelo puede ser considerable, de tal manera que la ingestión de Cu por esta vía puede ser más de diez veces que el consumo en el forraje (Barradas, 1980; McDowell, 1985a).

La importancia de los minerales del suelo como fuentes dietéticas depende de la cantidad de suelo ingerido, de la relación entre la concentración mineral en el suelo con la del forraje y la facilidad del rumiante para solubilizar y absorber los minerales derivados del suelo. La magnitud de la solubilización, absorción y retención de los elementos minerales del suelo por el animal depende de las propiedades del suelo (contenido del elemento, poder de absorción, tamaño de partícula, etc), la calidad del forraje ingerido, la composición de los líquidos digestivos (pH, elementos contenidos, ciertos agentes) y del estado nutricional mineral del animal (McDowell, 1985a).

McDowell (1985a), revisó la importancia de la ingestión de suelo de manera involuntaria por el animal, y concluyó, que la cantidad de suelo que se ingiere es altamente variable (90 a 1600 g/d). La ingestión de suelo afecta la salud del animal de muy diversas maneras: a) suministrando elementos minerales esenciales; b) mediante una acción física sobre el forraje incrementando la disponibilidad de la ración; c) afecta la disponibilidad de elementos minerales en el tracto digestivo; d) baja el consumo de alimento por el animal; e) mediante un efecto abrasivo causando erosión del epitelio ruminal y dientes; y f) suministra elementos no deseables (pesticidas, metales pesados, etc). Se ha encontrado por ejemplo, que en Nueva Zelanda la ingestión anual de suelo es en promedio de 600 Kg para vacas lecheras. El consumo de suelo es capaz de decrecer la absorción aparente y verdadera de P y Cu (CAB, 1980; McDowell, 1985a).

Bajo condiciones de campo, la ingestión de suelo se encuentra relacionada primeramente con la disponibilidad de forraje, altura de pastoreo y plantas con raíces superficiales. La mayoría del suelo se ingiere junto con raíces que se encuentran por encima de la zona de crecimiento del forraje, siendo el polvo que se encuentra sobre las hojas y tallos sólo una pequeña porción del total. Otros factores que favorecen la ingestión de suelo son: drenaje pobre, estructura débil, alta capacidad de carga animal y población alta de lombrices (McDowell *et al.*, 1984; McDowell, 1985a).

2.6.3 El agua.

Todos los minerales esenciales en la nutrición animal se encuentran presentes en el agua, aunque la concentración de estos es generalmente inadecuada para satisfacer los requerimientos diarios. Shirley (1985), calculó, en base a las concentraciones medias de minerales en los Estados Unidos reportados durante los años 1957-1969 (NRC, 1974), que el agua de bebida podía cubrir el 19% de las necesidades de NaCl para vacas lecheras; del 5 al 8% de Ca; del 4 al 11% de Mg; 20-45% de S; P, 1%; K, 1%; Zn, 2%; Cu, 2%; Fe, 1%; Co, 12%; Mn, 6% y Se 1%. Sin embargo, cuando el agua presenta un alto contenido de sales, los aportes de Na, Cl, Ca, Mg y S pueden ser mucho mayores (Shirley, 1985).

2.7 Disponibilidad de los minerales.

Existe una gran falta de datos acerca de la disponibilidad de minerales para el animal, particularmente de elementos traza de fuentes vegetales. Perdomo et al. (1977) estudiaron la digestibilidad aparente en ovejas de 8 minerales a 3 estados de madurez del forraje en 4 especies tropicales. La digestibilidad y retención de Ca, P, Na y Cu, tendieron a disminuir con la madurez, mientras que la disponibilidad de Mg y Fe se incrementaron hasta las 8 semanas de edad de los 4 pastos. El intervalo de digestibilidad (porcentaje) para cada mineral fué el siguiente: Ca, 12.7-37.0; P, 21.9-41.4; Mg, 56.5-64.5; K, 18.6-89.2; Na, 24.8-79.8; Fe, 25.3-65.6; Cu, 48.6-64.0 y Zn, 18.2-74.5. Para ilustrar la variabilidad existente en la disponibilidad mineral, Thompson y López (1978) discuten algunos de los factores que tienen influencia en la utilización del P para las diferentes especies animales, de los cuales se pueden señalar como los más importantes al tipo de alimento en la ración, sexo, nivel de grasa y energía en la dieta, forma química del elemento, nivel nutricional del animal, medio ambiente, hormonas, enfermedades y parásitos, niveles proteínicos y de elementos traza, interacción con otros nutrientes y minerales, agentes quelantes, la naturaleza física de las fuentes de P y de los otros ingredientes en la dieta (especialmente tamaño de

partícula), procesamiento del alimento, relación Ca:P y edad del animal. Jacobson et al. (1976) reportaron digestibilidades verdaderas de P en vacas lecheras entre diferentes dietas de 50 a 64%.

2.8 Detección de deficiencias minerales.

Los análisis para determinar las formas minerales disponibles en el suelo pueden suministrar indicios de deficiencias en el ganado, pero a menudo son difíciles de interpretar y no son confiables (por la gran cantidad de factores que afectan el paso de un mineral desde el suelo hasta el animal). Las correlaciones minerales encontradas entre suelo, plantas y tejidos animales son altamente variables entre localidades y frecuentemente bajas o no existentes (Conrad et al., 1980).

El análisis del contenido mineral de las plantas consumidas por los animales en pastoreo es de gran ayuda para predecir el estado mineral de los rumiantes. Sin embargo, existen diversos factores que deben considerarse al realizar análisis con esta finalidad. Ellos son: 1) grandes variaciones ocurren en el contenido mineral de las plantas; 2) la mayoría de los animales consumen muchas especies diferentes de plantas en diferentes estados de madurez, las cuales están creciendo en diferentes tipos de suelo; 3) consumo, digestibilidad, absorción y disponibilidad de elementos minerales son complejos y controlados por muchos factores; y 4) las muestras pueden estar contaminadas con suelo (McDowell et al., 1984; McDowell, 1985a).

Es virtualmente imposible saber el consumo total de materia seca del ganado en pastoreo. La calidad del forraje en un alto grado determina el consumo. Aunque 2% del peso corporal es considerado como un estimador del consumo de materia seca por el ganado, ellos consumen menores cantidades si el forraje es de baja calidad (Van Dyne et al., 1980; McDowell et al., 1984). Al verse afectados los consumos, se afectan también los requerimientos (porcentaje del elemento en la dieta). Sin

embargo, los análisis de forraje son preferibles a los de suelo, mientras que análisis apropiados de tejidos y fluidos animales han demostrado ser más precisos para evaluar la contribución de la dieta total en satisfacer los requerimientos minerales del ganado (Conrad y Avila, 1978; McDowell et al., 1984; McDowell, 1985b).

Muchos investigadores han observado diferencias en la concentración de minerales entre épocas. Por ejemplo, variaciones estacionales y anuales han sido reportadas para P, Cu y Mg (Lane et al., 1968; Rowlands et al., 1974; Ross y Holliday, 1976; Bauer et al., 1979; Flores et al., 1979; Velázquez y Mata, 1979; Barradas, 1980; García et al., 1982). Las variaciones estacionales en la concentración mineral en el suero, resultan en parte de cambios en el balance nutricional entre la cantidad ingerida y los requerimientos de mantenimiento y producción (Rowlands et al., 1974).

Cuando la información clínica, patológica y bioquímica del animal es combinada y analizada junto con el análisis químico de la dieta y sus componentes, es posible detectar y definir cualquier anomalía nutricional de origen mineral, aún cuando ésta sea leve (Underwood, 1981).

Puesto que los forrajes tropicales contienen menos minerales durante la época seca (Bauer et al., 1979; Mtimuni, 1982, citado por McDowell 1985a), es lógico pensar que el ganado que padece sufre deficiencias en dicha época. Por el contrario, numerosos estudios muestran que las deficiencias de minerales son más frecuentes en la época lluviosa (Valdivia et al., 1974; Bauer et al., 1979).

Durante la época húmeda, el incremento de la deficiencia mineral no se encuentra relacionado a la concentración mineral en los forrajes, sino al incremento de los requerimientos. En esta época, las fuentes de proteína y energía son suficientes (especialmente al inicio de la época de lluvias, cuando la calidad del pasto es buena), el ganado gana rápidamente peso y los requerimientos minerales son altos. Durante la época seca, cuando la proteína y energía no son suficientes, los animales

pierden peso y disminuyen los requerimientos minerales del ganado (Fick et al., 1978; McDowell et al., 1984).

2.9 Corrección de deficiencias.

Una de las formas más comunes y fáciles de recuperar el nivel adecuado de un mineral en el organismo animal es mediante el suplemento de sales minerales; no obstante, en la suplementación aún existen muchas limitantes de resolver. Las limitantes en relación a los programas de suplementación mineral en diversas regiones tropicales incluyen: 1) Insuficientes datos de análisis químicos y biológicos para determinar cuales minerales son requeridos y en que cantidades; 2) falta de datos sobre el consumo mineral necesario de los suplementos formulados; 3) información inexacta o poco confiable de los ingredientes minerales utilizados en las mezclas minerales; 4) suplementos que contienen cantidades inadecuadas o desbalanceadas de minerales; 5) mezclas minerales estandarizadas que no son flexibles para diversas regiones ecológicas (por ejemplo, suplementos que contienen Se distribuidos en regiones con concentraciones tóxicas de Se en los forrajes y agua); 6) ganaderos que no cumplen con las instrucciones y recomendaciones técnicas del fabricante (por ejemplo, la diluyen con sal adicional); y 7) dificultades en el transporte, almacenamiento y costo de suplementos minerales (McDowell et al., 1984).

2.10 Fósforo.

Es ampliamente aceptado que los cultivos necesitan grandes cantidades de P para una buena producción, y que suelos muy ácidos o muy básicos tienen una baja disponibilidad del mismo. La deficiencia a un pH bajo es causada principalmente por la considerable fijación de fosfatos por sesquióxidos libres de Fe y Al y por componentes de arcillas. Por otro lado, en pH por arriba de 7.0 los iones de Ca y Mg, así como la presencia de carbonatos de estos metales, causan la precipitación del P en el suelo, y su disponibilidad decrece (Sánchez, 1981; McDowell et

al., 1984). La aplicación de fertilizantes fosfóricos a los terrenos para intentar solucionar la deficiencia para las plantas es una práctica recomendable en suelos con pH neutro (Sánchez, 1981; Underwood, 1981).

El contenido de P en la mayoría de los vegetales disminuye significativamente al aproximarse su fase de madurez. La especie, el suelo, la traslocación de nutrientes y el manejo de la pastura influyen severamente el contenido de P en la planta (Underwood, 1981; McDowell et al., 1984).

2.10.1 Disponibilidad del fósforo para el animal.

La absorción del P ocurre en el intestino delgado mediante proceso activo y es estimulada por la 1,25-dihidroxi- α -colecalfiferol (NRC, 1988). La cantidad de P absorbida por el animal depende de la fuente de P, la cantidad ingerida, la relación Ca:P, pH intestinal, edad del animal y niveles dietéticos de Ca, Fe, Al, Mn, K, Mg y grasas (NRC, 1980; Kutsky, 1981; NRC, 1988).

Se ha enfatizado que una determinada relación Ca:P en la dieta es necesaria para la adecuada utilización de estos dos elementos. En los rumiantes, las dietas con una relación tan amplia como 7:1 han sido satisfactorias en el comportamiento animal, siempre y cuando los niveles de P estén ligeramente por encima del nivel requerido (NRC, 1980; NRC, 1988). Además, el reciclaje de P en la saliva es capaz de cambiar la relación entre Ca y P presente en el intestino delgado en comparación con lo encontrado en la dieta (NRC, 1988).

El contenido de proteína de los forrajes desciende al mismo tiempo que el del P, de modo que en los rumiantes en zonas deficientes de P pueden existir complicaciones por deficiencia de proteína y frecuentemente también de energía, que incluso pueden ser factores dominantes en la nutrición (Underwood, 1981). Existe una alta correlación positiva simple entre el contenido de P, proteína y digestibilidad en los forrajes tropicales (Jacobson et al., 1976; NRC, 1988).

2.10.2 Deficiencia de fósforo.

La deficiencia mineral más común en el ganado es la falta de P. Los signos de la deficiencia de P no son fácilmente reconocidos, excepto en los casos más severos cuando los huesos se ponen frágiles, hay un debilitamiento general, pérdida de peso, enflaquecimiento, rigidez y masticamiento de madera, rocas, huesos y otros objetos. La masticación anormal de objetos también puede ocurrir con otras deficiencias dietéticas (Conrad y Avila, 1978; McDowell et al., 1984; McDowell, 1985b).

La deficiencia de P en el bovino lechero es caracterizada por una tasa de crecimiento lenta, reducida eficiencia en la utilización del alimento y apetito deprimido. La reducida eficiencia alimenticia a menudo ocurre antes de que el apetito sea afectado. Además, se deteriora la producción de leche y la reproducción (Jacobson et al., 1976; Thompson y López, 1978; NRC, 1988).

La deficiencia de P se caracteriza por un crecimiento inferior al normal. Esta alteración rara vez se aprecia sino hasta después de que la hipofosfatemia ha progresado y se haya producido una pérdida apreciable del P acumulado en el esqueleto (Underwood, 1981). La pérdida de apetito, que se hace más intensa según progresa la deficiencia de P, constituye el principal factor causal del crecimiento reducido y del decaimiento. El animal que padece una deficiencia de P consume menos alimento y además lo utiliza peor que el animal normal. La menor eficiencia en la utilización de los alimentos es debida a una reducción en la digestibilidad de los nutrientes (Durand y Kawashima, 1980; Huerta, 1987) y a una alteración en el metabolismo energético originado por un contenido de P inferior al normal en las células y fluidos (Underwood, 1981).

2.10.3 Deficiencia de fósforo y producción de leche.

Debido a que la secreción de leche es continua, el suministro de P a la glándula mamaria también debe ser continuo, de tal modo que la deficiencia de P reduce la producción de leche

(NRC, 1988). Además, la deficiencia de P reduce el consumo de alimento y la eficiencia de utilización de los alimentos, que a su vez reducen la producción de leche (Underwood, 1981).

Existe alrededor de 1 g de P en 1 Kg de leche. Así, cuando los requerimientos de P se expresan en porcentaje de la dieta, las necesidades de P se incrementan con el nivel de producción de leche de la vaca (NRC, 1988). De ésta manera, la producción de 5 Kg de leche por una vaca no gestante (450 Kg de peso vivo) incrementa las necesidades de P en un 85%.

Fué demostrado hace más de medio siglo (Theiler et al., 1924) que el agotamiento de las reservas minerales resulta en última instancia en una menor producción de leche, y que el suministro del mineral adecuado incrementa la producción de ésta. Suplementar más allá de lo recomendado no ha resultado en producción adicional de leche (Jacobson et al., 1976; Zapata et al., 1978; NRC, 1988).

Jacobson et al. (1976) encontraron que la concentración de P sérico es menor durante la lactancia en comparación con el período seco; y que durante el inicio de la lactancia la concentración de P sérico es menor en comparación del final.

2.10.4 Deficiencia de fósforo y reproducción.

La deficiencia de P afecta la reproducción de la vaca lechera (McDowell, 1985b). El deterioro del comportamiento reproductivo va asociado con una alteración de los ciclos estrales, reflejada en la inhibición, alteración o irregularidad del estro. La concepción resulta imposible o retrasada y, por consiguiente, disminuye la fertilidad (Underwood, 1981).

La baja tasa reproductiva observada en las zonas deficientes en P suele verse aún más complicada por efectos secundarios originados por un bajo consumo de alimento y a menudo por una deficiencia concurrente de energía, proteína y vitamina A (Butterworth, 1985). En dichas zonas, las reservas esqueléticas de P son típicamente bajas al comienzo de la gestación. El

desarrollo fetal no impone unas necesidades muy elevadas de P al inicio de la gestación y la madre se encuentra normalmente protegida contra la deficiencia de éste mineral mediante las reservas del esqueleto (Underwood, 1981). Las necesidades de P durante toda la gestación son de 300 g aproximadamente, de los cuales, 225 g son depositados en el feto en los dos últimos meses (NRC, 1988). Si las reservas son bajas al comienzo de la gestación, éstas pueden reducirse hasta el punto en que se vea afectada la fortaleza ósea y se produzcan fracturas u otros trastornos en la madre. Los huesos del feto no se calcificarán normalmente y su desarrollo se verá dificultado por una baja producción láctea de la madre. Por consiguiente, la gestación y el parto "normal", o incluso una cría regular, no constituye una evidencia totalmente satisfactoria de que la dieta sea adecuada en P para la reproducción (Underwood, 1981).

Sin embargo, este no es el caso más común de la deficiencia de P sobre la reproducción. En áreas deficientes de P, si un ternero es producido, las vacas pueden no entrar en un estro regular hasta que los niveles de P en el cuerpo son restaurados con una alimentación suplementaria de P o por la recesión de la lactancia (Jakovac et al., 1968; Zapata et al., 1978; McDowell et al., 1984).

Anestros y bajas tasas de concepción pueden manifestarse en hembras en edad de concebir con consumos deficientes de P. En la deficiencia de P, los niveles plasmáticos de P inorgánico bajan hasta niveles subnormales. Así, a diferencia de Ca, los niveles de P en plasma no se encuentran tan estrechamente regulados por los mecanismos homeostáticos (NRC, 1988).

Bajo deficiencias extremas de P, el ganado puede pasar de dos a tres años sin producir un ternero o sin entrar en estro (McDowell et al., 1984). El efecto de la suplementación con P y otros minerales se observa en la Fig. 2. En muchos de los casos, la respuesta benéfica al suplemento mineral sólo puede ser asegurada cuando el suministro de energía y proteína no es limitante (Doyle, 1987).

2.10.5 Detección de la deficiencia de fósforo.

La mejor forma de detectar la deficiencia de P en el animal es mediante el análisis de hueso y plasma sanguíneo. Valores de P por debajo de 11.5% en hueso sin grasa; de 17.6% en cenizas de hueso; y 45 ug/ml de P inorgánico en plasma, son indicativos de una deficiencia de P (McDowell et al., 1984). Un valor menor a 0.28% de P en el forraje es indicativo de una deficiencia en el animal (NRC, 1988), aunque este valor puede variar según se discute en las secciones 2.6, 2.8.1 y 2.12.

2.10.6 Corrección de la deficiencia de fósforo.

Una de las formas de corregir la deficiencia de P en los animales podría ser incrementando el contenido de P en los forrajes mediante la fertilización de los terrenos. Sin embargo, bajo condiciones prácticas la fertilización con P presenta varios inconvenientes, entre los cuales destacan los siguientes: 1) La considerable fijación de P por el suelo, y especialmente a pH no neutro (Sánchez, 1981); 2) una cantidad de P en el suelo tal que cubra los requerimientos de las plantas no asegura que éstas tengan una concentración tal que cubra los requerimientos de los animales en todo momento (Underwood, 1981; McDowell et al., 1984; Doyle, 1987); 3) Los altos costos del fertilizante, su transporte, almacenamiento y aplicación lo hacen prohibitivo en la mayor parte de las situaciones; y 4) La fertilización con P no se recomienda a menos que la producción de pasto se incremente notablemente (Underwood, 1981).

Por lo tanto, la única manera práctica de corregir la deficiencia de P es mediante la utilización de suplementos altos en P. Muchos experimentos han confirmado que la suplementación con P a vacas lecheras incrementa los niveles de P inorgánico en el suero y mejora la producción y reproducción de las mismas (Jacobson et al., 1976; Lebdoesoekojo et al., 1978; Zapata et al., 1978; NRC, 1988). Algunos subproductos, como la pollinaza y gallinaza, son fuentes importantes y económicas de P y muchos otros macro y microelementos. La utilización de fuentes

inorgánicas de P ha sido ampliamente estudiada y a menudo con resultados alentadores.

En la Fig. 2, se presenta un resumen de resultados acerca de la respuesta en el porcentaje de pariciones de vacas suplementadas con minerales. En promedio, la suplementación mineral puede significar un 27% mas de becerros si el porcentaje de pariciones de las vacas a suplementar es de 60.3%. Como el porcentaje de pariciones tiene un límite, a medida que las vacas a suplementar tienen porcentajes mayores de pariciones, la respuesta es menor. Por lo tanto, los beneficios económicos de la suplementación mineral serán mayores cuando el comportamiento reproductivo de las vacas a suplementar sea bajo. Además, considerando la tendencia de los datos, es probable que exista una deficiencia conjunta de otros minerales no suplementados, de proteína o de energía. En algunos trabajos revisados por Butterworth (1985), se demuestra que la combinación de suplementos minerales con suplementos proteínicos dan respuestas superiores a las obtenidas con minerales o proteína únicamente.

Butterworth (1985), revisó la literatura existente en ganado de carne en relación a la suplementación con fuentes de P sobre la producción de leche y la reproducción en el mundo, concluyendo que la suplementación con P ha incrementado la producción de leche o los pesos al destete en la mayoría de los casos hasta en un 40%. Sin embargo, los efectos de la suplementación con P en las diferentes formas de medir la fertilidad no han sido tan concluyentes, y a menudo fueron confusas. Hay que observar que en la mayoría de los casos reportados por Butterworth (1985), la suplementación mineral se realizó sin tener evidencia de que existiera una deficiencia en el animal o con suplementos no apropiados. Así mismo, pudieron haber existido deficiencias de otros nutrientes que limitaran la respuesta al suplemento fosfórico.

Las fuentes minerales de P comúnmente utilizadas y su disponibilidad biológica se muestran en el Cuadro 3. El fosfato dicálcico y los superfosfatos son buenas fuentes de fosfato mineral, pero los fosfatos de piedra son relativamente

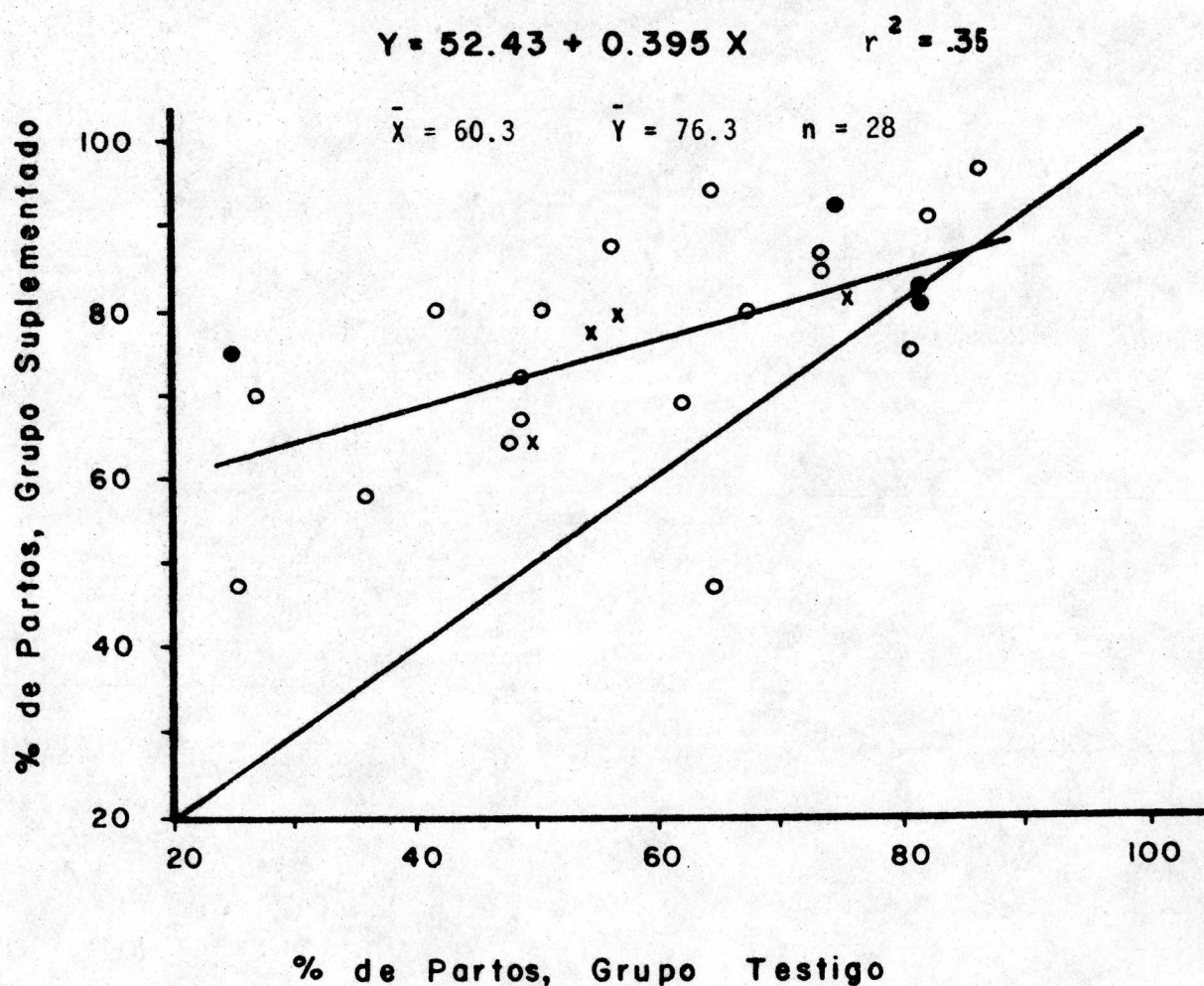


FIGURA 1. Efecto de la suplementación mineral sobre el porcentaje de partos.

Mineral suplementado

- Fósforo
- x Mezcla mineral completa
- Cobre

FUENTE: Lampkin (1961); Hill et al. (1969); Scharp (1979); Ingraham et al. (1987); McDowell et al. (1984); Butterworth (1985).

impalatables y la mayoría son demasiados altos en flúor para ser de uso seguro (McDowell *et al.*, 1984). A este respecto, se ha reportado que las rocas fosfóricas de México contienen generalmente un alto contenido de flúor (0.14-1.27%), cadmio ($10.4 \pm 7.03\%$) y aluminio ($1.32 \pm .72\%$) que pueden ser potencialmente tóxicos (Tejada y Merino, 1971; López y Rosiles, 1988). Por ejemplo, suponiendo un nivel de flúor del 0.5%, la suplementación con 93 g de roca fosfórica para cubrir el 50% de los requerimientos de P para vacas lecheras representaría un consumo de 0.47 g de flúor, lo cual está por encima del nivel máximo de seguridad (NRC, 1980). En algunos experimentos de suplementación fosforada se ha encontrado que el grupo no suplementado se comportaba mejor que los animales que consumían roca fosfórica (Bembridge, 1966; citado por Butterworth, 1985), lo cual podría estar relacionado con consumos altos de flúor y otros elementos.

CUADRO 3. Contenido y disponibilidad biológica de fósforo en los suplementos fosfóricos para los rumiantes.

Fuente	Porcentaje del elemento en el ingrediente	disponibilidad biológica
ácido fosfórico	23-25	alta
fosfato de sodio	21-25	alta
fosfato de potasio	22.8	alta
fosfato de amonio	20-24	alta
fosfato cálcico	18.6-21	alta
harina de huesos cocida	12.6 (8-18)	alta - media
fosfato dicálcico	18.5	media
fosfato tricálcico	18	media
roca fosfórica desfluorinada	13.3 (8.7-21)	media
fosfato fítico		media
fosfato blando	9.0	baja - media

FUENTE: Peeler (1972), Jacobson *et al.* (1976), Thompson y López (1978), McDowell *et al.* (1984), Necoechea y Márquez (1987).

2.11 Cobre.

Con la excepción de P, la deficiencia mineral más común del ganado en pastoreo es la falta de Cu (Underwood, 1981). Las deficiencias de Cu son más probables de ocurrir en suelos con drenaje pobre, alto pH, arenosos, turbosos o muy estercolados (Miller, 1979).

2.11.1 Disponibilidad del cobre para el animal.

El contenido de Cu y Mo en los terrenos es el principal factor determinante de la concentración de dichos elementos en los vegetales y, por consiguiente, de su valor como fuentes de Cu y Mo para los animales. En muchas regiones del mundo, resulta ser preocupante la deficiencia condicionada de Cu, la cual ocurre cuando niveles normales del elemento (6 a 16 ppm) son inadecuados para el animal porque existen concentraciones más altas de las normales de otros elementos, tales como Mo y S y otros factores que bloquean la utilización del Cu por el organismo (Pizzi et al., 1964; Camberos et al., 1965, 1967; Peterson y Walderen, 1977; Underwood, 1981).

Niveles altos de Fe, Cd, Zn, Ca, CaCO_3 , S, sulfatos y Mo en la dieta, así como la ingestión de suelo de origen calcáreo afectan adversamente la disponibilidad de Cu para el rumiante (CAB, 1980). Por ejemplo, a un nivel de 40 ppm de Zn en la dieta el hígado almacena el 4% del Cu que se encuentra en la dieta, mientras que cuando el Zn llega a 420 ppm en la dieta la retención desciende hasta el 1.5% (CAB, 1980).

2.11.2 Deficiencia de cobre.

Las deficiencias de Cu en rumiantes aparecen principalmente bajo condiciones de pastoreo. Los signos de la deficiencia de Cu incluyen diarrea, palidez de las membranas de los ojos y la boca, aspereza y decoloración del pelo en el cuerpo y alrededor del ojo, crecimiento lento y pérdida de peso, además de una reducción en la producción de leche (Miller, 1979; McDowell, 1985b; NRC,

1988). Otro signo de deficiencia es el desarrollo de huesos frágiles, particularmente los huesos largos, que se fracturan muy fácilmente a veces sin causa aparente. El ganado vacuno que muestra esas anormalidades en el esqueleto se mueve con paso de caballo y puede morir de repente al esforzarse; la examinación postmortem puede revelar pequeñas lesiones en el corazón. No todos estos signos aparecen necesariamente en todos los animales deficientes en Cu, y muchos pueden ser debidos a otras causas (McDowell et al., 1984).

2.11.3 Deficiencia de cobre y producción de leche.

La deficiencia de Cu es capaz de reducir la producción de leche, la magnitud con que ésta es afectada depende del tamaño de la deficiencia (Miller, 1979; NRC, 1988). Los requerimientos de Cu se incrementan con la lactancia. La concentración de Cu es de 0.1 mg/l, por lo que aún una producción moderada de leche es capaz de incrementar los requerimientos de Cu de manera importante (Cuadro 4).

Un exceso de Cu en la dieta tiene poco efecto sobre la concentración de Cu de la leche, con respecto a vacas que reciben una dieta adecuada en Cu; aunque la leche de vacas deficientes en Cu contiene menos Cu. La cantidad de Cu en la leche disminuye conforme se alarga la lactancia (Engel et al., 1964; NRC, 1988).

2.11.4 Deficiencia de cobre y reproducción.

El Cu se encuentra muy relacionado a la reproducción ya que es necesario para el mantenimiento de la gestación (evita la reabsorción del embrión), porque en la síntesis de progesterona se requieren de varias enzimas dependientes del Cu (Kutsky, 1981).

El requerimiento de Cu se incrementa con la gestación, debido a la deposición de Cu en el feto, placenta y fluidos (CAB, 1980). Durante las últimas etapas de la gestación, los requerimientos de Cu se incrementan de manera importante (Cuadro

4), de tal modo que las hembras gestantes son más susceptibles a presentar una deficiencia de Cu en comparación con las hembras no gestantes y no lactantes.

En vacas deficientes en Cu, el estro puede mostrarse menos intenso e incluso suprimirse. Otros efectos incluyen dificultades al parto, retención de placenta (Miller, 1979) y mortalidad prenatal, particularmente pérdidas embrionarias muy tempranas (Hidiroglou, 1979). McChowell (1968), demostró que una dieta con bajo Cu impide la implantación, induce la pérdida embrionaria y muerte fetal en ovejas hasta en un 50%. La fertilidad reducida es una de las primeras manifestaciones clínicas en la deficiencia de Cu (Hidiroglou, 1979). Una vez que la gestación ha pasado las primeras etapas, la deficiencia de Cu no puede provocar el aborto. Además, la vaca es capaz de suministrar la suficiente cantidad de Cu al feto aún cuando sus reservas sean bajas; es decir, los becerros nacidos de madres deficientes en Cu contienen una concentración de Cu en el hígado similar a los becerros nacidos de madres suficientes en Cu (Engel *et al.*, 1964).

CUADRO 4. Influencia del estado fisiológico de la vaca^a sobre el requerimiento de cobre.

Estado fisiológico	Requerimiento (mg de Cu/día)		Necesidades con respecto a mantenimiento, %
	neto	dieta ^b	
Mantenimiento	2.8	70	100
Lactancia			
5 l/d	3.3	82.5	118
10 l/d	3.8	95	136
Gestación			
7 meses	3.86	96.5	138
9 meses	4.94	123.5	176

FUENTE: CAB (1980)

a 450 Kg de peso vivo

b Coeficiente de absorción de 0.04

Por otro lado, el estradiol y la progesterona, así como también la administración de dietilestilbestrol, incrementan los niveles de ceruloplasmina en el suero de humanos y ratas (Hidiroglou, 1979; Kutsky, 1981). La ceruloplasmina es una enzima que contiene el 95% del Cu que se encuentra en el suero (Martín et al., 1986). La relevancia de estos hallazgos en rumiantes no es clara. Money et al. (1967) encontró que la administración de estrógenos a ovejas y carneros durante 3 meses no afectó la concentración de Cu en el suero o hígado, mientras que Hidiroglou (1979) reportó que en vacas preñadas el contenido de Cu y ceruloplasmina es mayor, encontrándose la máxima concentración durante el quinto mes de gestación.

2.11.5 Detección de la deficiencia de cobre.

La determinación de Cu en la dieta o en el pasto tiene un valor limitado en el diagnóstico y de hecho puede ser seriamente engañosa a menos que otros elementos interrelacionados con el Cu, particularmente Mo y S, sean también determinados (Underwood, 1981; McDowell et al., 1984).

Los niveles de Cu en suero están influenciados por la edad, gestación, enfermedad, así como la ingestión de Cu, Mo y S. La interacción de Cu, Mo, S y sulfatos ocurre principalmente en el intestino (McDowell et al., 1984) en donde estos elementos secuestran al Cu (Kutsky, 1981). Además el Fe, Zn y Ca compiten por la absorción con el Cu (Kutsky, 1981). De menor importancia resultan ser los complejos formados entre Cu, Mo y S en el rumen (Underwood, 1981).

La concentración de Cu en hígado se ve afectada por el Cu que se ingiere en los alimentos. También influyen sobre ellas las cantidades y proporciones de Mo y sulfato inorgánico, la ingestión excesiva de Zn y de carbonato de Ca y otros componentes de la dieta (Underwood, 1981).

El hígado es el principal lugar de reserva de Cu en el organismo. Existe una relación lineal positiva entre la concentración de Cu en el hígado y de Cu en el suero cuando la

cantidad de Cu en hígado es baja (menor a 25-75 ppm). Sin embargo, cuando la concentración en hígado sobrepasa éste valor, la concentración en el suero no se ve afectada ya que ha alcanzado su concentración normal en el suero, que es de 0.65 a 1.4 ug/ml (Claypool et al., 1975; Conrad y Avila, 1978). En otras palabras, una concentración de Cu mayor a 0.65 ug/ml de suero en bovinos indica una no deficiencia, sin embargo, no indica el nivel de reservas de Cu en el hígado.

Una concentración en hígado menor de 25-75 ppm o menor de 0.65 ug/ml en plasma sugieren una deficiencia del mineral (McDowell et al., 1984).

2.11.6 Corrección de la deficiencia de cobre.

La aplicación de fertilizantes que contienen Cu sobre los terrenos pobres en dicho elemento, aumenta de modo invariable el contenido de Cu de los pastos y puede determinar también un incremento de su rendimiento (Underwood, 1981). Este tratamiento de Cu es mucho menos eficaz en los terrenos muy calcáreos. La cantidad y la frecuencia de las aplicaciones precisas para asegurar que los pastos continúen siendo fuentes apropiadas para los animales varían con las condiciones del suelo y del clima. En la mayor parte de las zonas deficientes en Cu, resulta suficiente un único tratamiento de 6 a 8 Kg de sulfato de Cu/ha, para elevar los niveles de Cu en los pastos de 2-4 ppm hasta 6-10 ppm. Los terrenos deficientes en Mo suelen ser de reacción ácida o cuando más neutra y normalmente se crían en ellos pastos que son muy pobres en Mo, con frecuencia poseen menos de 0.1 ppm. Solamente los pastos de los terrenos alcalinos pueden presentar naturalmente elevadas concentraciones de Mo, mientras que un pH bajo favorece la captación de Cu por la planta (Sánchez, 1981; Underwood, 1981).

Aparte de la fertilización con Cu, otra de las formas más usadas para prevenir las deficiencias es mediante la utilización de sales con Cu para lamer o en los concentrados, además de subproductos altos en Cu (por ejemplo, pollinaza) (Underwood,

1981). Las fuentes inorgánicas suplementarias de Cu más comunes, su contenido del elemento y disponibilidad biológica se muestran en el Cuadro 5.

Otros métodos para corregir la deficiencia de Cu que son menos utilizados por ser caros y poco prácticos, incluyen la inyección subcutánea de glicinato de Cu, la adición de sales de Cu en el agua para beber, o la aspersión de compuestos cúpricos sobre los forrajes, especialmente cuando éstos responden con una mayor producción (Smith, 1975; Smith y Moon, 1976; Carter y Day 1977; Hunter, 1977).

Uno de los métodos más prometedores para el futuro es el uso de dispositivos de liberación controlada con Cu: balas de cristal (atrapadas en el rumen, implante subcutáneo atrás de la oreja o intramuscular en el cuello), cilindros de plástico en el rumen, y partículas de óxido de Cu en forma de alambre alojadas en el abomaso. Este método aunque muy prometedor, todavía presenta algunos inconvenientes, por lo que se sigue investigando (Doyle, 1987).

CUADRO 5. Contenido y disponibilidad biológica de cobre en los suplementos minerales más comunes para los rumiantes.

Fuente	Porcentaje del elemento en el ingrediente	disponibilidad biológica
sulfato cúprico	25	alta
cloruro cúprico	37	alta
carbonato cúprico	53	media
nitrate cúprico	34	media
sulfato cúprico	40	media
óxido cúprico	80	baja

FUENTE: Ammerman y Miller (1972), McDowell et al. (1984), NRC (1988).

2.12 Zinc.

El Zn funciona como un activador y constituyente de más de 200 diferentes enzimas que se encuentran envueltas en el metabolismo de ácidos nucleicos, síntesis proteínica y metabolismo de carbohidratos y aminoácidos, formación de los huesos, metabolismo de la energía, utilización de la vitamina A, crecimientos microbial en el rumen y muchos otros (Miller, 1970; Saraswat y Arora, 1972; Arora et al., 1973; Sonawane y Arora, 1976; Underwood, 1981).

2.12.1 Disponibilidad del zinc para el animal.

La composición de la dieta modifica la disponibilidad del Zn para el animal. Algunos minerales son antagonistas con el Zn, tales como Cu, Fe y Ca que compiten por la absorción y Co, Mn y Se que secuestran al Zn (Kutsky, 1981). Los fitatos no limitan la utilización del Zn en el rumiante. La absorción del Zn ocurre principalmente en el abomaso e intestino delgado (NRC, 1988).

El ganado vacuno exhibe una tolerancia considerable a consumos altos de Zn. El límite de tolerancia depende principalmente de los contenidos relativos de Ca, Cu, Fe y Cd con los cuales el Zn interactúa en el proceso de absorción y utilización (McDowell et al., 1984).

El nivel de absorción de Zn por el rumiante depende de su estado fisiológico; para vacas en mantenimiento y gestación se calcula un coeficiente del 0.2, mientras que para vacas lactantes de 0.3 (CAB, 1980).

2.12.2 Deficiencia de zinc.

Los primeros efectos de la deficiencia de Zn incluyen reducción del consumo, tasa de crecimiento y eficiencia alimenticia, seguido por desórdenes en la piel. Los signos visuales de la deficiencia de Zn incluyen secamiento, escamosidad y agrietamiento de la piel de la cabeza, cuello, parte ventral, escroto y piernas (McDowell et al., 1984). Los rumiantes

deficientes en Zn son altamente susceptibles a infecciones secundarias no específicas y a menudo mueren por esta causa (Miller, 1970).

2.12.3 Deficiencia de zinc y producción de leche.

La deficiencia de Zn provoca que la producción de leche se deprima (Miller, 1979). Voelker et al. (1969), incrementaron la producción de leche mediante la suplementación con fuentes de Zn cuando vacas lecheras consumían una dieta a base de ensilaje de maíz con 25 ppm de Zn.

El contenido de Zn en la leche generalmente se encuentra alrededor de 4 ppm (rango de 3 a 5) en base húmeda (Miller, 1970). Las necesidades de Zn para la producción de leche son altas, de tal modo que una vaca produciendo una cantidad moderada de leche es capaz de incrementar sus requerimientos de Zn de manera importante (Cuadro 6).

Cuando las vacas consumen una dieta rica en Zn, el contenido de Zn en la leche no sobrepasa 8 ppm, aún cuando la dieta llegue a 700 ppm (Miller, 1979). Estos resultados sugieren que en la ubre existe un mecanismo que evita el exceso de Zn en la leche. Con una dieta baja en Zn, las vacas conservan sus reservas reduciendo la cantidad que va a la leche. Reduciendo la concentración de 40 a 17 ppm de Zn en la dieta se disminuyó en un 23% el Zn de la leche. Los cambios en el contenido de Zn en la leche ocurren rápidamente (alrededor de una semana) después de que exista un cambio en la dieta y son acompañadas por cambios en la absorción y metabolismo del Zn (Neathery et al., 1973). El consumo de una dieta semipurificada conteniendo 6 ppm de Zn redujo el contenido de Zn en la leche de 7.0 a 2.3 ppm en 19 semanas (Miller, 1979).

2.12.4 Deficiencia de zinc y reproducción.

Las necesidades de Zn son mayores durante la gestación debido a la deposición de Zn en el feto, placenta y fluidos (CAB,

1980). Durante el último tercio de la gestación, los requerimientos de Zn se incrementan de manera importante (Cuadro 6).

Espermatogénesis, crecimiento testicular y el desarrollo de los órganos sexuales primarios y secundarios en el macho y todas las fases de los procesos reproductivos en la hembra desde el estro al parto y lactancia, pueden ser afectados severamente por la deficiencia de Zn (McDowell *et al.*, 1984). Mortalidad embrionaria temprana y fallas de implantación en la mucosa uterina han sido reportados en ovejas debido a una deficiencia de Zn (Hidoroglou, 1979). Dichos efectos son en su totalidad reversibles mediante la suplementación con Zn (Miller, 1979).

Investigaciones con corderos han indicado que los requerimientos de Zn para reproducción son mayores que para crecimiento: 17.4 ppm de Zn es adecuado para crecimiento, mientras que el crecimiento testicular y la producción de esperma se mejoró marcadamente con 32.4 ppm (NRC, 1988).

CUADRO 6. Influencia del estado fisiológico de la vaca^a sobre el requerimiento de zinc.

Estado fisiológico	Requerimiento (mg de Zn/día)		Necesidades con respecto a mantenimiento %
	neto	dieta ^b	
Mantenimiento	20.25	101.25	100
Lactancia			
5 l/d	40.25	134.20	133
10 l/d	60.25	200.80	198
Gestación			
90-180 días	21.25	106.75	105
180-270 días	26.55	132.75	131

FUENTE: CAB (1980)

a 450 Kg de peso vivo

b Coeficiente de absorción del Zn de 0.2 para vacas en mantenimiento y gestación; y 0.3 para vacas en lactancia.

Recientemente se descubrió que existe una relación inversa entre los niveles de progesterona y de Zn en la sangre en humanos. Al parecer, cuando se incrementa la progesterona los niveles de Zn en el suero se reducen. La significancia y el nivel de dicha relación es aún desconocida (Kutsky, 1981). Dufty et al. (1977) encontró que la concentración de Zn en el plasma de vaquillas durante el ciclo estral varió escasamente.

La deficiencia de Zn en rumiantes, al igual que en otras especies, tiene sus efectos más pronunciados de infertilidad sobre los machos que en las hembras (Hidiroglou, 1979).

2.12.5 Detección de la deficiencia de zinc.

Niveles bajos de Zn en suelos, plantas y tejidos animales han sido reportados por la mayoría de los países latinoamericanos (McDowell et al., 1984).

La deficiencia de Zn en los forrajes es común (Cuadro 2). Una concentración menor a 40 ppm en el forraje es indicativo de una deficiencia en el animal; mientras que una concentración menor a 0.6-0.8 ug/ml en el suero es indicativo de la deficiencia de este elemento (McDowell et al., 1984; NRC, 1988). La concentración de Zn en suero o plasma es rápida y marcadamente reducido con dietas muy deficientes. Sin embargo, la concentración de Zn no es muy influenciada por dietas marginalmente deficientes (Conrad y Avila, 1978; McDowell, 1985b).

2.12.6 Corrección de la deficiencia de zinc.

La forma más usada para prevenir y corregir la deficiencia de Zn es mediante la utilización de sales con Zn o mediante el uso de ciertos subproductos ricos en Zn (por ejemplo, pollinaza). Las fuentes inorgánicas suplementarias de Zn mas comunes, su contenido del elemento y disponibilidad biológica se muestran en el Cuadro 7.

CUADRO 7. Contenido y disponibilidad biológica de Zn en los suplementos minerales mas comunes para los rumiantes.

Fuente	Porcentaje del elemento en el ingrediente	Disponibilidad biológica
ZnCO ₃	52.1	alta
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	22.7	alta
ZnCl ₂	47.9	alta
ZnO	80.0	media
ZnSO ₄ ·H ₂ O	36.4	media
ZnS	67.1	baja

FUENTE: Ammerman y Miller (1972).

McDowell et al. (1984) reporta que la mayoría de las mezclas de sales minerales traza indican algo de Zn en la etiqueta, pero la mayoría de dichas mezclas comerciales contiene una cantidad insignificante de Zn con respecto al requerimiento del animal (de 0.56 a 9.3% del requerimiento diario para el animal).

2.13 Magnesio.

El 70% del Mg en el organismo se encuentra formando parte del esqueleto, mientras que el restante 30% se encuentra en su mayoría intracelularmente con 3 funciones principales: 1) Efectos en la membrana, incluyendo permeabilidad de las membranas, contracción muscular y conducción de los impulsos nerviosos; 2) regulación de los fluidos intracelulares, incluyendo el transporte de fosfatos, buferizante y activación de sistemas enzimáticos; y 3) regulación de la síntesis proteínica (Fontenot, 1980; Kutsky, 1981).

2.13.1 Disponibilidad del magnesio para el animal.

La cantidad de Mg que toman las plantas del suelo depende de la cantidad presente en el suelo, del grado de saturación, la naturaleza de otros iones intercambiables y del tipo de arcilla

(Sánchez, 1981). Generalmente, la mayoría de los forrajes son suficientes en su contenido de Mg (Cuadro 2).

La absorción y retención del Mg por el animal se encuentra relacionada con las necesidades corporales de Mg. La disponibilidad del Mg en forrajes oscila entre el 10 y 25%, y para los granos y concentrados entre 30 y 40% (Fontenot, 1980). Los requerimientos dietéticos de Mg del ganado varían con las especies y razas, su edad y proporción de crecimiento o producción y con la disponibilidad biológica en la dieta. Los requerimientos dietéticos de Mg también son influenciados por otros factores, incluyendo el contenido de proteína en la dieta y el estado de Mg del animal. En rumiantes maduros, el retículo-rumen es el sitio principal de la absorción de Mg. Las condiciones en el rumen como un pH alto afectan adversamente la absorción de Mg y por ende elevan los requerimientos dietéticos. Los niveles dietéticos altos de Ca y P reducen la absorción de Mg (Kutsky, 1981; McDowell et al., 1984). La disponibilidad del Mg en forrajes jóvenes y altamente digestibles es baja (Perdomo et al., 1977; Conrad y Avila, 1978).

Una concentración alta de proteína consumida en el alimento puede disminuir la absorción de Mg por el animal, en especial en aquellas dietas que producen altos niveles de amoníaco en el rumen. La explicación a esta interferencia es la formación de un complejo amonio-magnesio-fosfato que precipita y se vuelve insoluble a un pH cercano a la neutralidad, reduciendo la disponibilidad de los tres constituyentes. La ingestión alta de Na y K también afecta la absorción neta del Mg; en este caso, ellos compiten con el Mg por los sitios de absorción en el rumen (Barradas, 1980).

Las fuentes de Mg como el óxido de Mg, sulfato de Mg, y carbonato de Mg son bien utilizados por los rumiantes, mientras que el Mg en forma de dolomita lo es pobremente (Thompson y López, 1978). Una concentración de Mg en suero entre 10 y 20 ug/ml o de 20 a 100 ug/ml en la orina indican una deficiencia de Mg (McDowell et al., 1984).

2.13.2 Deficiencia de magnesio y producción de leche.

La leche contiene una cantidad substancial de Mg (.015%). Así, cuando los requerimientos de Mg se expresan en porcentaje de la dieta, las necesidades de Mg se incrementan con el nivel de producción de leche de la vaca (NRC, 1988). De esta manera, la producción de 5 Kg/día de leche por una vaca no gestante (450 Kg de peso vivo) incrementa las necesidades de Mg en un 29%.

Una vaca adulta posee aproximadamente 200 g de Mg, de los cuales sólo el 1% (2 g) se encuentran de manera directamente disponible para el animal, mientras que el restante 99% de "las reservas de Mg" no se encuentran disponibles fácilmente (Payne, 1977). Una producción de 10 Kg/día de leche implican un gasto de 1.5 g/día de Mg (lo que casi acabaría con el Mg disponible de la vaca). De esta manera, la deposición de Mg para la producción de leche depende en su mayoría de las entradas de Mg al animal a partir de la dieta.

La cantidad de Mg que entra al animal depende del consumo de Mg y de su disponibilidad. Así, un cambio brusco de una dieta normal a otra con inadecuada disponibilidad de Mg puede resultar en hipomagnesemia de 2 a 18 días (NRC, 1988). La hipomagnesemia es una enfermedad metabólica caracterizada por una baja concentración de Mg en el suero sanguíneo (alrededor de 10 ug/ml) y usualmente ocurre durante los estadios tempranos de la lactancia (Merchon y Custer, 1958). La hipomagnesemia clínica usualmente desemboca con la muerte del animal. Aunque no se caracteriza con la muerte, la incidencia de hipomagnesemia subclínica es mayor que el de hipomagnesemia clínica y las consecuencias económicas de una baja en la producción de leche son substanciales (Payne, 1977; Underwood, 1981).

En resumen, la producción de leche puede crear un desbalance entre las entradas y salidas de Mg en el animal dando lugar a hipomagnesemia. La hipomagnesemia a su vez reduce la producción de leche.

2.13.3 Niveles altos de magnesio.

La excreción urinaria de Mg es usualmente un reflejo de la cantidad absorbida. Cuando los rumiantes absorben Mg en exceso a sus requerimientos, éste es excretado en la orina (NRC, 1988). La toxicidad por Mg no se considera un problema práctico de importancia en vacas lecheras, aunque el máximo nivel tolerable se ha establecido en 0.4% (NRC, 1980) ó 0.5% (NRC, 1988), es decir 250% del requerimiento. Niveles de .61% causan diarreas (NRC, 1988).

2.14 Calcio

La deficiencia de Ca no es fácil que ocurra en los bovinos en pastoreo en el trópico. En general, con la excepción de suelos muy ácidos (pH <5.0), el contenido de Ca es adecuado para la mayoría de los pastos. Aún en los suelos ácidos que necesitan encalarse, éstos generalmente contienen suficiente Ca para el crecimiento de la planta; y el pobre crecimiento del forraje usualmente es causado por un exceso de Mn, Fe o Al soluble, antes que a los niveles de Ca (Barradas, 1980). Además, la mayoría de los pastos son suficientes en su contenido de Ca para el animal (Cuadro 2) y la concentración no cambia por efecto de la madurez (McDowell et al., 1984).

Por otro lado, no ha sido claramente demostrado la deficiencias de Ca en bovinos en pastoreo; excepto aquellas vacas produciendo grandes cantidades de leche o animales que pastan en suelos ácidos, arenosos u orgánicos en áreas húmedas (Fick et al., 1978; Barradas, 1980).

2.14.1 Disponibilidad del calcio para el animal.

Los mecanismos del transporte intestinal del Ca no se conocen en su totalidad. La absorción del Ca ocurre principalmente en el duodeno y yeyuno. La vitamina D es requerida para mantener el transporte activo, aunque la absorción también ocurre por difusión pasiva de iones. La cantidad de Ca que es

absorbida y que es disponible para el animal se encuentra en relación al consumo de Ca, el estado de Ca, la edad del animal, la cantidad de Ca que requiere, la forma química y fuente de Ca, al igual que otras interrelaciones con minerales (NRC, 1988). La disponibilidad del Ca disminuye conforme su consumo se incrementa. Cuando el consumo de Ca por el animal excede sus requerimientos, la absorción declina sin considerar la disponibilidad del mismo (NRC, 1980; NRC, 1988).

2.14.2 Niveles altos de calcio.

La interacción del Ca con otros minerales y nutrientes no minerales sugiere que tanto las deficiencias como excesos deben ser evitados. Aunque el exceso de Ca puede ser antagonista con otros minerales, especialmente P, Mg, Fe, Zn, I y Mn, el consumo de un 20 a 30% más de Ca con respecto a los requerimientos no causará ningún problema. Los mecanismos homeostáticos del animal tienden a protegerlo contra la absorción de cantidades excesivas de Ca; sin embargo, debido a las interrelaciones con otros nutrientes, especialmente P, el consumo de niveles altos o excesivos de Ca por períodos prolongados pueden tener un efecto detrimental en su desempeño productivo. Se considera que el consumo de niveles de Ca mayores al 1% (230% del requerimiento) en dietas completas pueden reducir los consumos de alimento, ocasionando menores producciones (NRC, 1980; NRC, 1988).

2.15 Cobalto.

La deficiencia de Co en los rumiantes es causa de una marcada reducción en la fertilidad. Las hembras con una deficiencia de Co presentan comúnmente una reducida manifestación del estro, ciclos estrales alargados e irregulares, una tasa de concepción baja y la involución uterina toma más tiempo (Hidiroglou, 1979).

Tassell (1967), reportó que en un rebaño Shorthorn que consumía pasto con una concentración de Co inadecuada, la tasa de concepción al primer servicio fué de 53%, comparada con 67%

cuando las vacas eran suplementadas con Cu y 93% cuando las vacas recibían suplementación con Cu y Co.

La deficiencia de Co en rumiantes es difícil de diagnosticar basándose únicamente en los signos clínicos y patológicos. La deficiencia de Co suele ser detectada en base a la concentración de Co en hígado; una concentración menor a 0.05-0.07 ppm es indicador de deficiencia en bovinos (McDowell et al., 1984). La única forma segura de establecer una deficiencia de Co es por medio de observar y medir la respuesta después de la administración de Co oral o inyecciones de vitamina B₁₂, en términos de aumento de apetito, ganancia de peso y fertilidad.

2.16 Selenio.

El duodeno es el sitio principal de absorción de Se y no existe absorción por el rumen o el abomaso (NRC, 1988). Una concentración de 0.2 ppm de Se provee un adecuado margen de seguridad para prevenir la deficiencia de Se en el ganado vacuno. Los requerimientos mínimos de Se pueden variar en función de la forma química del Se y otros compuestos en la dieta. Un consumo alto de sulfatos o Cu reducen la disponibilidad del Se para los animales, de tal manera que los requerimientos de Se serán mayores cuando exista un alto consumo de estos minerales que cuando el consumo sea bajo (Kutsky, 1981; McDowell et al., 1984).

Existe una interacción nutricional compleja entre el Se y la vitamina E, de tal manera que cualquiera puede reponer o alterar el requerimiento del otro, aunque no llega a reemplazarlo completamente (Kutsky, 1981).

Los signos de una deficiencia marcada de Se en la dieta de rumiantes incluyen el crecimiento reducido, la distrofia muscular de caracter nutricional (enfermedad del músculo blanco) y un pobre comportamiento reproductivo de los animales adultos (McDowell et al., 1984).

La glutatión peroxidasa es una enzima que contiene Se y que se encuentra envuelta en la transformación de la prostaglandina E y la prostaglandina F a la prostaglandina G. Cuando los animales consumen una dieta deficiente en Se, la actividad de la glutatión peroxidasa disminuye, principalmente en el plasma (Kutsky, 1981; McDowell et al., 1984).

En los animales deficientes en Se existe una alta mortalidad embrionaria que ocurre entre la tercera y cuarta semana después de la concepción, lo cual es relativo el tiempo de implantación. Esta mortalidad puede ser prevenida por Se pero no por vitamina E ni por un antioxidante (Hidiroglou, 1979; McDowell et al., 1984).

La deficiencia de Se afecta adversamente al esperma, éste pierde motilidad y no madura normalmente. En las hembras, la deficiencia de Se disminuye la viabilidad del óvulo e incrementa la incidencia de retención de placenta (Julien et al., 1976; Segerson et al., 1977; Kutsky, 1981). Estos problemas reproductivos pueden ser aliviados mediante el suministro de Se y vitamina E a los animales deficientes. Los problemas reproductivos de la deficiencia de Se son más marcados en las hembras que en los machos.

2.17 Manganeso.

El Mn es un activador de sistemas enzimáticos en muchas rutas metabólicas y es también un constituyente de ciertas metaloenzimas. Además, se encuentra relacionado en la síntesis de esteroides y hormonas gonadales (Hidiroglou, 1979; Kutsky, 1981).

Los principales signos clínicos de infertilidad en el ganado lechero causados por un bajo consumo de Mn incluyen anestro, ciclos estrales irregulares y de baja intensidad. El desarrollo folicular es a menudo pobre y frecuentemente no ocurre la ovulación (Wilson, 1966). También han sido encontrados abortos y ovarios císticos en las hembras deficientes en Mn (Hidiroglou, 1979).

Aunque el Mn se encuentra en la mayoría de los tejidos corporales en bajas concentraciones, sólo cuando los forrajes y tejidos contienen concentraciones extremadamente bajas, la deficiencia de Mn resulta en una reproducción reducida y alterada (Underwood, 1981). Una concentración menor a 6 ppm en hígado es indicativo de una deficiencia en el animal (McDowell et al., 1984).

Ya que la mayoría de los forrajes tropicales cumplen con los requerimientos de Mn para vacas lecheras (Cuadro 2), parece poco probable la aparición de una deficiencia de Mn (Tassell, 1967). McDowell et al. (1984) asegura que las deficiencias de Mn son raramente reportadas en las regiones tropicales.

2.18 Iodo.

El iodo influencia las funciones reproductivas por su vital función en la glándula tiroides. Así, las fallas reproductivas en el caso de deficiencia de iodo son manifestaciones secundarias de disfunción de la tiroides; resultando en irregularidad en el estro o anestro total, retención de placenta, abortos y crías muertas en las hembras (Hidiroglou, 1979), mientras que en los machos se reduce el libido (McDowell et al., 1984).

La deficiencia severa de iodo puede ser diagnosticada simplemente bajo evidencia clínica de bocio. Las formas menos severas de bocio o deficiencia de iodo son mas difíciles de diagnosticar y así, el peso y la estructura histológica de la glándula tiroides, y la medición de tiroxina en suero, son usados para establecer el estado que el elemento guarda en el animal. La concentración de iodo en la leche es extremadamente susceptible a los cambios en la ingesta dietética y es utilizado para establecer la deficiencia (McDowell et al., 1984).

2.19 Hierro.

El Fe en el organismo tiene 3 funciones principales: Transporte de oxígeno, respiración celular y diversos sistemas enzimáticos. El Fe es esencial para el crecimiento y desarrollo y se le encuentra distribuido por todo el cuerpo (Kutsky, 1981).

El Fe también se ha asociado con la reproducción. Manickam et al. (1977) encontraron que el contenido de Fe en el suero era mayor en las vacas con estros regulares con respecto a las vacas con estros irregulares y que repetían servicios. Algunos otros autores también han encontrado relación entre Fe y reproducción en bovinos lecheros. Sin embargo, no ha sido reportada evidencia de que la deficiencia de Fe ocurra en ovinos y bovinos bajo condiciones naturales, excepto como el resultado de enfermedad o infestación parasitaria. Por otro lado, el Fe es abundante en todos los alimentos y forrajes de consumo animal (Cuadro 2) y la deficiencia en un bovino adulto parece poco probable (Hidioglou, 1979; McDowell et al., 1984).

3. MATERIALES Y METODOS

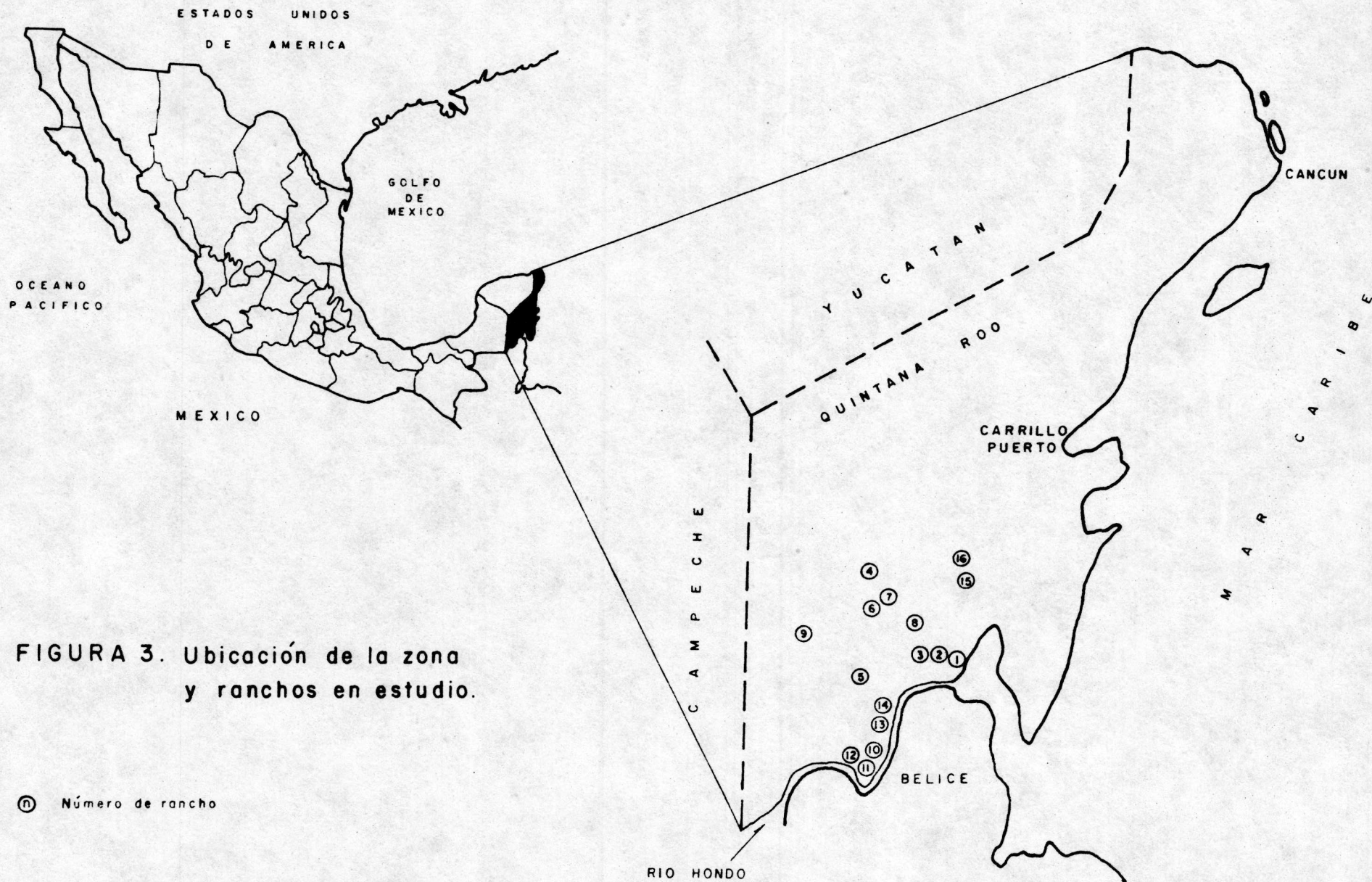
3.1 Descripción de la zona de estudio.

Localización. El Estado de Quintana Roo se encuentra localizado en el sureste del territorio mexicano (Fig. 3). Forma parte de la península de Yucatán, entre los paralelos 18°00' y 21°31' latitud norte y los meridianos 86°40' y 89°30' longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limita al norte con el Golfo de México, al sur con Belice, al este con el mar Caribe, al oeste con el Estado de Campeche, al noroeste con el Estado de Yucatán y al suroeste con Guatemala (Castillo, 1987).

Clima. La zona de estudio comprende los climas $Aw''_1(x')(i')$ y $Aw''_1(x')i$; que son climas cálidos húmedos con lluvias en verano y parte del invierno con ligeras variaciones en pluviosidad y oscilación térmica (García, 1981). La temperatura media anual es de 26.1°C. La precipitación pluvial varía de 1280 a 1300 mm anuales. Los vientos predominantes son los alisos, que soplan casi todo el año, principalmente en verano (Castillo, 1987).

Hidrografía. El Estado presenta características geológicas, litológicas y estructurales muy particulares, lo que ha originado la presencia de un manto acuífero de agua dulce de dimensiones reducidas. En la zona norte existen gran cantidad de lagunas que se forman en los valles tectónicos alargados, los cuales se encuentran revestidos de material impermeable, mientras que en la zona sur existen pequeños arroyos de tipo torrencial que casi no se utilizan. El agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento para fines domésticos y ganaderos (Castillo, 1987).

Suelo. La zona de estudio se localiza a nivel del mar con topografía plana. La mayor porción de los suelos son delgados, de origen calcáreo y formación reciente (período terciario y cuaternario). Dentro de los factores que ocasionan la mala calidad de los suelos resaltan la pedregosidad, poca profundidad, textura arcillosa o areno-arcillosa, drenaje superficial rápido y drenaje interno lento (Castillo, 1987).



Vegetación. La vegetación predominante es la selva alta mediana subperenifolia y subcaducifolia (Castillo, 1987). Algunas de las especies mas comunes son: El chico-zapote (Acharas zapota), caoba (Swietenia macrophylla), pucté (Bucida buceras) y ramón blanco (Brosimum alicastrum).

3.2 Manejo del hato.

Mediante el Programa Lechero Estatal, el gobierno proporciona asistencia técnica a los ganaderos. Cada una de las unidades ganaderas cuenta con el apoyo de un técnico agrícola, un médico veterinario zootecnista y un ingeniero agrónomo zootecnista, los cuales se encargan del funcionamiento del rancho en todos los aspectos.

Los ranchos en estudio cuentan con un mínimo de 45 y un máximo de 90 vacas. Las razas existentes son: Holstein (43% de la población total), Suizo Pardo (7%), cebú (3%), Holstein cruzado con cebú (10%) y Suizo Pardo cruzado con cebú (37%).

Los animales pastorean todo el año y reciben diversos suplementos en algunas ocasiones, tales como concentrado, melaza, pasto de corte (Pennisetum purpureum) y sales minerales, especialmente en la época de secas. Los pastos utilizados en mayor proporción son guinea (Panicum maximum) y estrella (Cynodon plectostachyus) y en menor proporción el pasto jaragua (Hyparrhenia rufa); sin embargo, algunos de los potreros presentan una gran cantidad de malezas, muchas de las cuales son consumidas por los animales (chichibé, guano, altaniza, etc.).

En algunos de los ranchos las vacas son ordeñadas dos veces al día, mientras que en otros sólo lo hacen una vez. Las vacas quedan gestantes combinando la inseminación artificial con la monta natural. No existe una época de empadre definida, el empadre es continuo en todos los ranchos.

3.3 Explotaciones lecheras estudiadas.

El Programa Lechero Estatal de Quintana Roo se encuentra dividido en dos zonas de operación: La zona norte y la zona sur. Para 1987, la zona sur contemplaba alrededor de 70 unidades lecheras (V. Mateo, comunicación personal).

En ese mismo año se analizó la distribución de los porcentajes de pariciones de todas las unidades lecheras pertenecientes al Programa Lechero Estatal de la zona sur del Estado para el año de 1986; de las cuales se seleccionaron 16 en base a los siguientes criterios: (1) Que fueran unidades grandes; (2) que fueran unidades estables; y (3) que tuvieran más de dos años de estar trabajando. Con los datos anteriores se elaboró la Fig. 4.

En la Fig. 4, la línea punteada señala el porciento de pariciones esperado para cada mes en caso de que éstas fueran constantes a través del año (6.8%)^a. Las líneas continuas ejemplifican un 25% más y un 25% menos de lo esperado, de tal modo que la gráfica se muestra como las desviaciones observadas con respecto a lo esperado. En la gráfica se pueden observar dos épocas extremas: Una con un menor ($p < .05$) porcentaje de partos (junio y julio) y otra con un mayor ($p < .05$) porciento de partos (septiembre y octubre). Estas observaciones sugieren que pocas vacas paren en junio-julio porque pocas vacas quedan preñadas durante septiembre-octubre del año anterior. Análogamente, muchas paren en septiembre-octubre porque muchas vacas quedan preñadas durante diciembre-enero (9 meses atrás). Es decir, que deben existir ciertas características especiales para que las vacas queden cargadas o no con cierta facilidad en dichas épocas.

a Para cada uno de los 19 ranchos se calculó el porcentaje de partos de las vacas por año (número de vacas que parieron en el año entre el número total de vacas), el resultado fue 81.60% de partos por año en promedio (valor máximo, 96.15% y valor mínimo 59.41%). Dividiendo 81.6% de partos/año entre 12 meses/año da como resultado 6.8% de partos/mes; es decir, que se debería de esperar en promedio 6.8% de pariciones cada mes. Cabe mencionar que todos y cada uno de los 19 ranchos mostraron las mismas tendencias reproductivas estacionales, independientemente del porcentaje de partos anual.

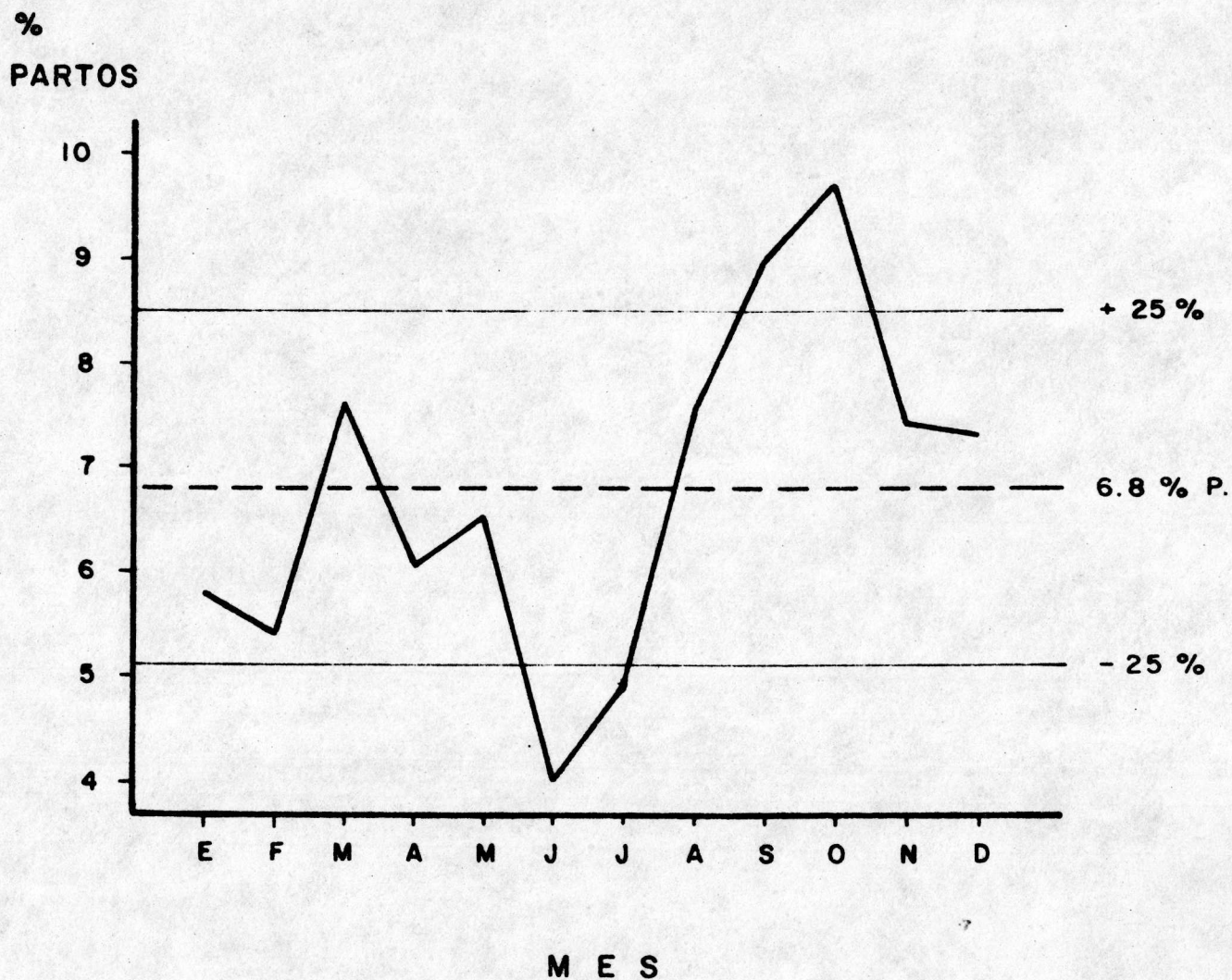


FIGURA 4. Distribución de las pariciones ocurridas en 1986 para 16 hatos lecheros en la zona sur de Quintana Roo, México.

3.4 Mediciones.

En este trabajo fueron analizados los minerales P, Cu y Zn en el animal por su relación directa con la reproducción. Aunque el Mg no se encuentra directamente relacionado con la reproducción, éste elemento fué analizado debido a que existen indicios de deficiencia en la zona (M. Huerta, comunicación personal).

Los muestreos de suelo, agua, forraje y suplemento mineral fueron utilizados para apoyar y explicar los hallazgos encontrados en el suero sanguíneo, así como también para conocer el origen de los problemas minerales y proponer soluciones en base a éstos. El criterio de deficiencia de minerales en el forraje y el animal estuvo en concordancia con McDowell et al. (1977) y McDowell et al. (1984), respectivamente.

Para satisfacer los objetivos planteados se llevaron a cabo dos muestreos de campo; el primer muestreo se realizó en octubre de 1987 (en donde quedan gestantes menos animales) y el segundo muestreo durante enero de 1988 (en donde quedan gestantes más animales) para cada rancho.

Para evaluar el estado mineral del animal, 20 vacas de cada rancho (10 gestantes y 10 no gestantes) fueron seleccionadas al azar en cada época. Todos estos animales fueron evaluados subjetivamente, en forma visual, con el fin de detectar posibles signos de deficiencias minerales (McDowell et al., 1984). A cada animal se le tomaron 10 ml de sangre por punción de la vena yugular, en tubos de ensaye deionizados (Fick et al., 1979). Los tubos fueron colocados en un baño de agua con hielo hasta la separación del suero (de 10 a 12 horas después del sangrado). Una vez separado, el suero fué congelado y almacenado en botellas de plástico para su análisis posterior. En estas muestras se determinaron las concentraciones de P, Mg, Cu y Zn.

Con la finalidad de conocer el contenido mineral de los forrajes, en ambas épocas, se tomaron muestras del forraje, considerando aquellas, especies y parte de las plantas que eran más consumidas por los animales en cuestión. Para lograr lo

anterior se contó con el apoyo del ganadero y su experiencia, se observó a los animales de 1 a 2 horas durante el pastoreo, y se determinaron los puntos de cicatrización del forraje. Una vez secadas al sol, las muestras fueron analizadas por nitrógeno total, P, Mg, Cu, Zn y Ca.

Debido a que se considera que las aguas del Estado de Quintana Roo presentan un alto contenido de sales (SARH, 1977), se realizó un muestreo del agua de consumo animal en las dos épocas. Las muestras de agua fueron recolectadas en botellas de plástico deionizadas, en aquellos lugares en donde los animales tomaban su agua (bebederos, estanques, ríos, etc). Las determinaciones realizadas fueron pH, conductividad eléctrica, Ca, Mg, Na, K, P, Cu, Zn y sulfatos.

Debido a que el contenido mineral del suelo es relativamente estable y a que no se esperan variaciones estacionales en el contenido mineral del mismo, el suelo fué muestreado solamente en una ocasión, en enero de 1988. La muestra de suelo fué tomada de la parte superficial del terreno (0-15 cm) en diferentes punto de cada rancho. Las muestras fueron secadas al aire y almacenadas en bolsas de plástico. Las determinaciones realizadas incluyeron pH, Ca, Mg, P, Cu, Zn y Fe.

Con la finalidad de estimar el aporte total de minerales para los animales, se obtuvieron muestras del forraje de corte y del suplemento mineral. Al forraje se le practicaron los mismos análisis que al resto de los pastos. Al suplemento mineral de la región (existe un solo tipo de mezcla comercial para todos los ranchos) se le determinó P, Mg, Cu, Zn, Ca, Mn y Se.

3.5 Análisis de laboratorio.

Los análisis de pH (potenciométrico, relación suelo:agua de 1:2), P (Bray P-1), Fe (extraído con EDTA, relación 1:2 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica), Mg y Ca (extraídos con acetato de amonio 1.0 N, pH 7.0, relación 1:5, y determinados por volumetría con EDTA) en el suelo (Chapman y Pratt, 1961) fueron elaborados por el departamento de suelos de

la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Los análisis de pH, conductividad eléctrica, Mg, Ca, S, Na y K (totales) en el agua (Greenberg, 1980) fueron realizados por el departamento de irrigación de la UACH. Se determinó nitrógeno total mediante el procedimiento microkjeldalh (A.O.A.C., 1975). Las determinaciones de P en suero, forraje, agua y suplemento mineral fueron evaluadas siguiendo la metodología de Harris y Popat (1954), descrita por Fick et al. (1979). El resto de las determinaciones de Mg, Cu, Zn, Ca, Mn y Se, fueron analizadas por espectrofotometría de absorción atómica (Fick et al., 1979; Perkin-Elmer, 1976). La sensibilidad de las determinaciones (la concentración mínima que podía ser detectada) fué la siguiente: P, 0.5 ug/ml; Mg, 0.3 ug/ml; Cu, 0.04 ug/ml; Zn, 0.05 ug/ml; Ca, 64 ppm; Mn, 5 ppm y Se, 7 ppm.

Por diversas causas ajenas al estudio (venta de ganado y lluvias) no fué posible muestrear suelo en los ranchos 5, 8, 9 y 12; forraje en los ranchos 5, 7, 8, 9 y 12 en la época 2; y suero en los ranchos 5, 7, 9 y 12 en la época 2.

3.5 Análisis estadístico.

Los muestreos de minerales en suero fueron analizados de la siguiente manera:

- 1.- Se determinó la relación lineal y cuadrática entre el contenido mineral en el suero (variable dependiente) con respecto al del forraje (variable independiente). La concentración del mineral en el suero y forraje se obtuvo como el promedio aritmético de todas las muestras para cada rancho en ambas épocas.
- 2.- Se calculó el porcentaje de muestras de suero que eran deficientes en cada uno de los cuatro minerales medidos en las épocas 1 y 2. Se detectó la diferencia entre épocas mediante la prueba de ji-cuadrada de dicha proporción de muestras de suero deficientes en minerales (Steel y Torrie, 1985).

3.- Mediante un análisis de varianza, en donde la concentración del mineral en la vaca dependía de la época de muestreo, estado de gestación, estado de lactancia, rancho al que pertenece, genotipo de la vaca y a las interacciones de genotipo por época, genotipo por gestación y gestación por época. Cabe mencionar que aunque algunos de los ranchos presentaban varios genotipos, algunos otros presentaban sólo un genotipo; por lo que existe algo de confusión entre los efectos de rancho y genotipo. Sin embargo, un análisis previo para eliminar efectos confundidos demostró que no existe diferencia en los resultados obtenidos con el modelo estadístico propuesto.

Este análisis fué llevado a cabo mediante el procedimiento GLM en el paquete estadístico SAS (Barr et al., 1979). Las diferencias entre medias fueron evaluadas mediante la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1985).

El modelo utilizado fué el siguiente:

$$Y_{ijklm} = u + E_i + G_j + L_k + R_l + RA_m + G*E_{ij} + RA*E_{im} + RA*G_{jm} + e_{ijklm}$$

de donde:

Y_{ijklm} = concentración mineral en el suero (P, Cu, Zn, Mg)

u = media poblacional

E_i = efecto fijo de la i-ésima época $i = 1...2$

G_j = efecto aleatorio de la j-ésima gestación $j = 1...2$
(gestante y no gestante)

L_k = efecto aleatorio de la k-ésima lactancia $k = 1...2$
(lactante y no lactante)

R_l = efecto fijo del l-ésimo rancho $l = 1...16$

RA_m = efecto aleatorio del m-ésimo genotipo $m = 1...5$

$G*E_{ij}$ = interacción gestación por época, aleatorio

$RA*E_{im}$ = interacción de genotipo por época, aleatorio

$RA*G_{jm}$ = interacción de genotipo por gestación, aleatorio

e_{ijklm} = error experimental; normal e independientemente distribuido, con media 0 y varianza r^2_e .

- 3.- Se relacionó, mediante correlación lineal y cuadrática, la concentración del mineral en el suero promedio por rancho (variable dependiente) con la producción de leche promedio por rancho durante los 3 meses anteriores a la fecha de muestreo (variable independiente). Se tomó el promedio de ambas épocas para cada uno de los ranchos.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Una vez considerados los análisis de la información obtenida en el estudio, los resultados serán presentados y discutidos en el siguiente orden: Suelo, agua, forraje, suplemento mineral y suero sanguíneo. Por último se presentarán algunas recomendaciones para los ganaderos de la región y para futuras investigaciones en relación con el tema.

4.1 SUELO.

En el Cuadro 16 del apéndice se muestra el contenido mineral del suelo para cada uno de los ranchos muestreados. En promedio, la concentración mineral del suelo fué la siguiente (ppm): Ca 9835, Mg 1318, Fe 1.89, Zn 2.94, P 4.3 y Cu 0 ppm. El pH del suelo fué en promedio 7.3. De acuerdo a la clasificación del suelo en base a su contenido mineral (McDowell *et al.*, 1985a; Tavera, 1985), el contenido de Ca y Mg es alto en todos los ranchos; para Fe, el 67% de los ranchos tienen niveles medianos y el 33% son buenos; para Zn, el 58% es suficiente; en P todos los ranchos (excepto el rancho 2) son bajos y para Cu todos los ranchos resultaron ser deficientes.

El análisis de suelo realizado indica que para el forraje no deben de existir deficiencias de Ca, Mg y Fe, ya que la concentración de estos minerales en el suelo es adecuada. El pH del suelo sugiere que la acción fijadora sobre el P por parte del Fe no será grande (Sánchez, 1981). Además el pH resulta ser óptimo para el desarrollo vegetal (Tavera, 1985). Las concentraciones de P y Cu son muy bajas, lo cual causa una deficiencia de estos minerales en los forrajes y animales. Una posible solución es la fertilización con P y Cu, lo cual podría significar una mayor concentración de P y Cu en los forrajes (además de una mayor producción) y un mejor comportamiento animal.

4.2 AGUA.

En el Cuadro 8 se presentan los resultados del análisis de agua y una estimación de los requerimientos cubiertos en el animal mediante el consumo de ésta. Los datos corresponden al promedio de las dos épocas debido a que no hubo diferencias importantes entre ellas. El rancho 1 presenta un contenido de sales mucho mayor al de los demás, por lo que se hace la separación de éste. En el Cuadro 17 del apéndice se muestran los resultados del análisis de agua para cada uno de los ranchos.

CUADRO 8. Sales totales, pH y contenido mineral promedio y estimación de los requerimientos minerales cubiertos en vacas lecheras mediante el consumo de agua en Quintana Roo, México.

	Concentración de sales (ug/ml)		Requerimientos cubiertos ^a (%)	
	Rancho 1	Ranchos 2-16	Rancho 1 ^b	Ranchos 2-16 ^c
Sales totales	3872	546		
pH	7.19	7.25		
Ca	1079	145	75.3	16.9
Mg	396	106	59.4	26.5
Na	1006	71	167.6	19.7
Cl	1203	117	144.4	23.4
S	1669	148	250.0	37.0
K	26	5	0.8	0.3
P	6	6	0.7	1.1
Zn	0.2	0.2	1.5	2.5
Cu	*	*	0.0	0.0

a El porcentaje de los requerimientos cubiertos en el animal se calcularon suponiendo un consumo de agua de 30 ó 50 l/día, un consumo de materia seca de 10 Kg/día y los requerimientos para una vaca de 400 Kg de peso vivo con 7 Kg/día de leche (NRC, 1988).

b Consumo de agua estimado (Weeth y Hunter, 1971), 30 l/día (es menor en base a la elevada concentración de azufre en el agua).

c Consumo de agua estimado, 50 l/día (Shirley, 1985).

* No detectado. Límite de detección < 0.04 ug/ml.

Shirley (1985), calculó, en base a la concentración media de minerales en los Estados Unidos reportados durante los años 1957-1969 (NRC, 1974), que el agua de bebida podía cubrir el 19% de las necesidades de NaCl para vacas lecheras, del 5 al 8% de Ca, del 4 al 11% de Mg, menos del 1% para P, 20-45% de S, K 1%, Zn 2% y 2% de Cu. Lo anterior concuerda con los datos encontrados para Na, Cl, P, S, K, Zn y Cu en los ranchos 2 al 16, aunque el aporte de Ca y Mg son más del doble que lo reportado (Cuadro 8).

El nivel máximo de Ca en el agua reportado por el NRC (1974) es de 173 ug/ml y para Mg, 137 ug/ml. Estos valores resultan ser ligeramente superiores a los aquí encontrados (Cuadro 8). Ya que el agua que toman los animales es extraída de pozos, es de esperarse que la salinidad del agua se encuentre en función de la salinidad del suelo. En efecto, en el Cuadro 16 del apéndice se muestra que el contenido de Ca y Mg en el suelo es alto lo cual se manifiesta en los altos contenidos de Ca y Mg en el agua.

Un caso muy serio es el rancho 1, en donde el animal ingiere un exceso de Ca, Mg y S (Cuadro 8). Al parecer existe infiltración de agua marina al pozo de este rancho, ya que sólo a 5 Km se encuentran las costas del mar Caribe (Fig. 3). La magnitud del desbalance metabólico y fisiológico que esto puede ocasionar es difícil de cuantificar; aunque en este rancho la concentración de P y Cu séricos son de las mas bajas (Cuadro 19 del apéndice).

El nivel máximo tolerable (NRC, 1980) por el animal de Ca es 1% de la dieta (230% del requerimiento) y para Mg es de 0.5% de la dieta (250% del requerimiento). En el rancho 1, el agua cubre el 75% de los requerimientos para Ca y el 59% para Mg. No parece probable que se manifieste toxicidad en los animales por el consumo de ésta agua. Sin embargo, sí parece probable que tales consumos de Ca y Mg interfieran en la disponibilidad y utilización del P en el animal.

La concentración de azufre en el agua del rancho 1 fué alta (1669 ug/ml). Weeth y Hunter (1971), establecieron que una concentración de 1129 ug/ml de azufre en el agua de bebida

tuvieron efectos adversos muy marcados en la productividad de vaquillas Hereford. Camberos et al. (1965, 1967), reportaron que una concentración alta de sulfatos en el agua de bebida provocaba la deficiencia condicionada de Cu en rumiantes. Por lo tanto, la baja concentración de P y Cu en el suero de las vacas en el rancho 1 es probable que se deba, al menos en parte, a las elevadas cantidades de Ca, Mg y S en el agua.

4.3 FORRAJE.

En el Cuadro 18 del apéndice se muestra la concentración promedio de minerales en el forraje por rancho y por época. En este capítulo no se hará referencia a diferencias entre ranchos ya que los resultados entre ellos son muy similares (los ranchos en estudio tienen características de manejo, clima y vegetación muy similares).

En el Cuadro 9 se muestra la distribución de las muestras de forraje en base a su contenido mineral. Se puede observar que la mayoría del forraje presenta una concentración deficiente de P y Cu en ambas épocas. La deficiencia de Zn y Mg en el forraje fué menos importante, encontrándose que ninguna muestra era menor a 40 ppm de Zn en la época 2. En cuanto a Ca, sólo una de las 67 muestras analizadas fué menor a 0.30%. Estos resultados son similares a los reportados por McDowell et al. (1977) para P, Cu y Mg; aunque los valores de Zn y Ca son menos deficientes (Cuadro 2). Anteriormente se había señalado (sección 4.1) que el contenido de P y Cu en el suelo de estos ranchos eran muy bajos, mientras que los niveles de Zn, Mg y Ca eran buenos; lo cual parcialmente explica los resultados aquí mostrados, ya que la composición mineral del forraje refleja la naturaleza del terreno donde fueron cultivados (Conrad y Avila, 1978; Underwood, 1981).

En el Cuadro 10 se presenta el contenido de proteína y minerales de aquellas especies vegetales que son más consumidas por el ganado. Los pastos guinea, estrella, jaragua y taiwán son

generalmente bajos en P y Mg, muy bajos en Cu y suficientes en Zn y Ca. Además, el zacate taiwán es muy bajo en proteína. Por otro lado, las especies nativas muestran un contenido de proteína y minerales generalmente adecuado para las necesidades del animal.

CUADRO 9. Porcentaje de las muestras de forraje analizadas y determinadas como deficientes en su contenido mineral en dos épocas de 16 hatos lecheros en Quintana Roo, México.

Elemento	Criterio de ^a deficiencia	Epoca 1 ^b	Epoca 2 ^c
P	< .30 %	75.61	46.15
Cu	< 10 ppm	56.10	56.00
	< 5 ppm	0.00	28.00
Zn	< 40 ppm	32.50	0.00
Mg	< .20 %	29.27	26.92
Ca	< .30 %	2.40	0.00

a Criterio de deficiencia de acuerdo con McDowell et al. (1977).

b 41 muestras de forraje analizadas.

c 26 muestras de forraje analizadas.

Dentro de las especies forrajeras, consideración especial debe hacerse al chichibé (Sida acuta) y altaniza (Parthenium hysterophorus). Estas hierbas crecen en el potrero después de que los pastos guinea y estrella han desaparecido por sobrepastoreo. Su contenido mineral y proteínico fué satisfactorio (Cuadro 10), son de amplia distribución por la región, muy apetecibles y persistentes. En caso de que el sobrepastoreo persista, estas especies tienden a desaparecer, dejando su lugar a gramas nativas y muchas otras especies invasoras. Así mismo, el huashim (Leucaena leucocephala) es alto en Zn (551 ppm), Cu (19.5 ppm) y Ca (1.4%), Cuadro 10.

CUADRO 10. Contenido de proteína cruda y minerales de las principales especies consumidas por el ganado en 16 hatos lecheros de Quintana Roo, México.

Nombre científico	Nombre común	Contenido de minerales					
		Proteína	P	Mg	Ca	Cu	Zn
		%	-----	%	-----	----- ppm	-----
<u>Panicum maximum</u>	Guinea	8.78	.22	.23	.62	2.89	93.02
<u>Cynodon plectostachyus</u>	Estrella	11.51	.31	.19	.46	6.22	70.73
<u>Hyparrhenia rufa</u>	Jaragua	5.93	.16	.11	.58	1.10	47.33
<u>Pennisetum purpureum</u>	Taiwán de corte	3.63	.21	.16	.39	3.87	58.30
<u>Sida acuta</u>	Chichibé	15.85	.32	.42	1.55	15.95	73.64
<u>Parthenium hysterophorus</u>	Altaniza	24.26	.47	.31	2.85		93.70
<u>Leucaena leucocephala</u>	Huashim	14.46	.32	.28	1.40	19.50	551.13
<u>Brosimun alicastrum</u>	Ramón blanco	16.48	.34	.43	1.68	8.45	83.95
<u>Sabal mauritiformis</u>	Guano	17.36	.23	.25	.64	14.14	59.95
<u>Cecropia obtusa</u>	Guarumbo	19.77	.32	.39	.14	211.57	73.74
<u>Eupatorium</u> sp.	Pata de lagarto	20.00	.24	.57	.88	13.70	39.67
<u>Clitoria mexicana</u> , <u>Mimosa hemiendyta</u> y <u>Cassia</u> sp.	Leguminosas	17.22	.24	.21	1.27	11.49	88.25

4.4 SUPLEMENTO MINERAL.

En el Cuadro 11 se presentan los resultados del análisis del suplemento mineral que se suministra en la región. En todos los minerales la concordancia entre lo reportado y lo analizado es buena, excepto para Mn (7.45 veces más) y para Cu (menos de la mitad). Suponiendo un consumo de 50 g/día de suplemento mineral (Houser et al., 1978), se calculó el porcentaje de los requerimientos de minerales que serían cubiertos en el animal mediante el consumo de dicho suplemento, en el Cuadro 11 se puede observar que en todos los casos el aporte es poco, especialmente Mg, Cu, Zn y Se.

CUADRO 11. Contenido mineral reportado y encontrado en el suplemento mineral consumido en la región y cálculo de los requerimientos cubiertos diarios en vacas lecheras mediante su consumo en Quintana Roo, México.

Elemento	Reportado -----	Encontrado ppm -----	Requerimiento ^a Cubierto (%)
Ca	130000	94757	11.02
P	50000	47455	7.65
Mg	3333	5036	1.26
Cu	80	30	1.50
Zn	80	156	1.95
Mn	200	1491	18.64
Se	0	0	0.00

- a El porcentaje de los requerimientos que son cubiertos por el suplemento se calcularon tomando como base un supuesto consumo de 50 g/día de suplementos mineral, un consumo de materia seca de 10 Kg/día y los requerimientos para una vaca de 400 Kg de peso vivo con una producción de 7 Kg/día de leche.

4.5 SUERO.

4.5.1 Relación entre minerales en suero y forraje.

Se detectó una relación importante entre la concentración de Zn en el suero y Zn en el forraje.

Zn en suero = $1.380 \pm .15 + .0000864 \pm .00001$ Zn² en forraje

$r^2 = .47$; $p < .05$
 $\pm$ desviación estándar

La relación entre P en suero y forraje fué baja ($p < .15$), posiblemente la relación no fué mayor por la alta interferencia que ejerce el Ca sobre la absorción del P (los niveles de Ca en forraje fueron altos, hasta 2.85%; Cuadro 10). La relación encontrada entre Cu en suero y forraje fué baja ($p < .48$), corroborándose lo dicho por varios autores (Underwood, 1981 y McDowell *et al.*, 1984) de que no se encuentra relación a menos que se relacione también con azufre y Mo del forraje. La relación entre el Mg en suero y forraje fué baja ($p < .24$). En el Cuadro 10 se mostró que los niveles de Mg en el forraje fueron altos (hasta 0.57%) lo cual explica la falta de relación, debido a que el animal desecha el exceso de Mg que consume (NRC, 1988). Payán *et al.* (1983) no encontraron relación entre el contenido mineral del suero y el contenido mineral del forraje, lo cual indica la poca confiabilidad de establecer la deficiencia de algún mineral en el animal basados únicamente en el análisis de forraje. Lo anterior es debido en parte a las complejas interrelaciones existentes entre los diferentes minerales y sus niveles en la dieta.

4.5.2 Deficiencia de minerales.

El Cuadro 19 del apéndice muestra la concentración promedio de minerales en el suero para cada rancho en ambas épocas. La cantidad de muestras de suero deficientes en P, Cu, Zn y Mg para las épocas 1 y 2 se resume en el Cuadro 12. En este caso tampoco se hace referencia a los diferentes ranchos, debido a que el comportamiento observado fué similar entre ellos.

CUADRO 12. Porcentaje de muestras de suero que fueron deficientes¹ en fósforo, cobre, zinc y magnesio por época de 16 hatos lecheros en Quintana Roo, México.

	EPOCA 1		EPOCA 2	
Fósforo ²	28.40 ^a	(243) ³	34.50 ^a	(171)
Cobre	81.56 ^a	(277)	67.25 ^b	(171)
Zinc	0.72 ^a	(287)	3.50 ^b	(171)
Magnesio	0.70 ^a	(255)	18.24 ^b	(159)

1 Criterio de deficiencia de acuerdo con McDowell *et al.* (1984)

2 Porcentajes con diferente letra en la misma línea son diferentes ($p < .05$).

3 Número de observaciones entre paréntesis.

Independientemente de las diferencias entre épocas, la deficiencia de P en el animal es del orden del 31%, en Cu del 76%, en Zn del 2% y para Mg del 7%. Los análisis minerales efectuados en suelo, agua, forraje y suplemento mineral muestran que el aporte total de P y Cu al animal es muy bajo, de Zn y Mg es adecuado, mientras que el aporte de Ca es elevado. Estos hallazgos concuerdan con los resultados de deficiencias de minerales en el ganado. Ya que la deficiencia de P y Cu es grave, se hace necesario garantizar un aporte extra de estos minerales a las vacas para cubrir las necesidades del animal.

La deficiencia de P aumentó de la época 1 a la época 2 de manera no importante ($p > .05$). Sin embargo, la deficiencia de Zn aumentó significativamente ($p < .05$) de la época 1 a la época 2. Esto es de poca importancia práctica, ya que la mayoría de los animales no presentan deficiencia de Zn. Aunque en la época 1, el 32.5% de las muestras de forraje fueron deficientes en Zn (Cuadro 9), el 32.5% de las muestras presentaron un buen contenido de Zn (mayor a 60 ppm), lo cual explica la baja cantidad de animales deficientes en Zn.

La deficiencia de Mg aumentó ($p < .05$) substancialmente de la época 1 a la época 2. Esto ocurrió principalmente en 4 de los ranchos: El rancho 13 presentó el 24% de sus animales deficientes; el rancho 14 presentó el 71% de sus animales deficientes; el rancho 15 un 67% de deficiencias; y el rancho 16,

el 71%. Los ranchos 13, 14 y 16 tienen ganado Holstein con las más altas producciones de leche en la zona (alrededor de 6 Kg/día, promedio en línea). Otros ranchos con ganado Holstein y producción de leche intermedia no presentaron deficiencia alguna. El rancho 15 posee ganado Suizo Pardo cruzado con cebú con producción de leche intermedia (4 Kg/día). Otros factores tales como manejo del hato, localización geográfica, suelos, agua, etc. no parecen ser la causa de este fenómeno. El porqué la deficiencia se presenta en la época 2 y no en la época 1 podría ser la producción de leche. En la época 1 la producción de estos cuatro ranchos era intermedia, mientras que en la época 2 se incrementó substancialmente. Más detalles sobre la relación de Mg sérico y producción de leche se proporcionarán más adelante.

El mismo análisis a través de las épocas indicó que la deficiencia de Cu es generalizada y grave, siendo mayor en la época 1 ($p < .05$). Recordar que en la época 1 menos vacas quedan preñadas y que en la época 2 más vacas quedan preñadas, lo que podría estar relacionado con los niveles de Cu en sangre. El Cu se encuentra muy relacionado a la reproducción ya que es necesario para el mantenimiento de la gestación y la fertilidad (Kutsky, 1981).

El forraje presentó los valores más altos de Cu en la época 1 y las deficiencias más marcadas en la época 2 (Cuadro 9) lo cual se contrapone a los valores de Cu en suero. La causa probable por la cual las deficiencias de Cu fueron mayores en época de lluvia que en época de seca podría estar relacionada con el consumo de azufre, debido a que una elevada ingestión de azufre por el animal causa la deficiencia de Cu aún cuando la concentración de Cu en la dieta sea la adecuada (Pizzi et al., 1964; CAB, 1980; Underwood, 1981; McDowell et al., 1984).

Al inicio de las lluvias se espera un rápido rebrote del pasto con alto contenido de N, existe una estrecha correlación positiva entre el contenido de azufre y el de nitrógeno en los forrajes, de tal modo que los forrajes que son altos en proteína usualmente son altos en azufre (NRC, 1988). Un mayor consumo de

azufre originado por una mayor concentración de azufre en el forraje podría explicar la deficiencia de Cu en la época de lluvias. Bauer et al. (1979) también encontraron una mayor cantidad de animales deficientes en Cu durante la época de lluvias.

Las deficiencias de Cu determinadas en el suero fueron confirmadas mediante la observación de los signos clínicos de deficiencia de Cu en el ganado (decoloración del pelo en el cuerpo y alrededor del ojo). No se detectaron signos clínicos de deficiencias o toxicidad de ningún otro mineral.

Se realizó un análisis de varianza en donde el nivel de P en el suero ($n = 405$) se encontraba en función de la gestación, de la época, lactancia y la interacción de gestación por época. El mismo análisis se efectuó para los niveles séricos de Cu ($n = 445$), Zn ($n = 455$) y Mg ($n = 379$). Los efectos de rancho, genotipo, genotipo por época y genotipo por gestación fueron eliminados desde un principio del modelo ya que el análisis de varianza mostró la poca importancia de estas variables. Cuando la gestación fué expresada en 3 niveles (vacía, 2/3 y 3/3 de gestación) ó 4 niveles (vacía, 1/3, 2/3 y 3/3 de gestación) los resultados fueron muy similares. En el Cuadro 13 se resume la significancia de las variables consideradas en el modelo y en el Cuadro 14 la comparación de medias para cada una de ellas.

CUADRO 13. Niveles de significancia para los efectos de la gestación, época, lactancia e interacción gestación por época sobre los niveles séricos de fósforo, cobre, zinc y magnesio en vacas lecheras en Quintana Roo, México.

EFFECTOS	P	Cu	Zn	Mg
Epoca	+	**	*	**
Gestación	+	**	ns	ns
Lactancia	ns	*	ns	*
Gestación * época	ns	ns	ns	ns

+ significancia a $p < .10$
 * significancia a $p < .05$
 ** significancia a $p < .01$
 ns no significativo

CUADRO 14. Medias de mínimos cuadrados y sus desviaciones estandar de los efectos del estado fisiológico de los animales y época del año sobre la concentración de minerales en el suero de vacas lecheras en Quintana Roo, México.

Variable	Nivel	P				Cu				Zn				Mg			
		----- ug/ml -----															
Epoca	1 lluviosa	a	52.92	± 17.1		a	0.5764	± .14		a	1.74	± 1.2		a	31.81	± 9.1	
	2 seca	a	49.84	± 14.7		b	0.6186	± .14		b	2.10	± 1.8		b	27.24	± 7.8	
Gestación	0 vacía	a	50.62	± 16.1		a	0.5733	± .15		a	1.90	± 1.5		a	29.31	± 8.7	
	1 gestante	a	52.60	± 15.8		b	0.6127	± .14		a	1.82	± 1.4		a	30.47	± 8.1	
Lactancia	0 seca	a	51.82	± 16.6		a	0.6033	± .14		a	1.58	± 1.4		a	30.27	± 8.9	
	1 lactante	a	51.45	± 15.3		b	0.5548	± .14		a	1.49	± 1.6		b	28.01	± 7.9	
Gest * Epoca	0 1		52.44	± 16.8			0.5609	± .15			1.74	± 1.2			31.25	± 9.0	
	0 2		48.34	± 15.4			0.5927	± .15			2.15	± 1.9			26.63	± 8.5	
	1 1		53.34	± 17.5			0.5924	± .13			1.74	± 1.2			32.35	± 9.2	
	1 2		51.42	± 14.1			0.6421	± .14			2.05	± 1.7			27.85	± 7.1	

a, b Medias con diferente inicial en cada columna para cada variable difieren significativamente a $p < .05$

± Desviación estandar de la media.

A continuación serán discutidos los efectos de la época, gestación y lactancia sobre la concentración de minerales en las vacas, haciendo referencia en todo momento a los Cuadros 13 y 14.

4.5.3 Efecto de época.

El nivel de P en suero tendió a ser mayor en la época 1, aunque el efecto no fué significativo. Bauer *et al.* (1979) y Velásquez y Mata (1979) también encontraron que los niveles de P en suero tienden a ser mayores durante la época de lluvias en comparación con la época de secas. Lo contrario fué observado por Flores *et al.* (1979). Los niveles de Mg fueron mayores en la época 1 en comparación con la época 2 ($p < .01$). Flores *et al.* (1979) encontraron los mismos resultados mientras que Bauer *et*

al. (1979) y Velásquez y Mata (1979) encontraron la tendencia opuesta.

Contrario a lo aquí encontrado, era de esperarse que los niveles de P y Mg en suero fueran menores en la época lluviosa por dos razones: 1) La mayor cantidad del forraje durante ésta época incrementa el consumo total de energía y proteína por el ganado, que a su vez incrementa los requerimientos de minerales en el ganado. Un mayor requerimiento de minerales en el ganado provoca su deficiencia en el ganado a un mismo nivel de minerales en el forraje (Fick et al., 1978; McDowell et al., 1984); y 2) el mayor crecimiento del forraje durante la época de lluvias causa una acumulación y maduración del forraje al final de las lluvias; este forraje contiene generalmente una baja concentración de minerales que no alcanzan para cubrir el requerimiento animal (Conrad y Avila, 1978; Gomid y Aguilar-Zometa, 1978; McDowell, 1985a; Mislevey, 1985).

El nivel de Cu en suero fué mayor en la época 2 en comparación con la época 1 ($p < .01$). Bauer et al. (1979) encontraron los mismos resultados. El forraje presentó los valores más altos de Cu en la época 1 y las deficiencias más marcadas en la época 2 (Cuadro 9) lo cual se contrapone a los valores de Cu en suero. La causa probable por la cual las deficiencias de Cu fueron mayores en época de lluvia que en época de seca podría estar relacionada con el consumo de azufre, debido a que una elevada ingestión de azufre por el animal causa la deficiencia de Cu, aún cuando la concentración de Cu en la dieta sea la adecuada (Pizzi et al., 1964; CAB, 1980; Underwood, 1981; McDowell et al., 1984).

La época 1 mostró que los niveles de Zn en suero fueron menores ($p < .05$) en comparación con la época 2. En la época 1 el forraje contenía menos Zn que en la época 2 (Cuadro 9), lo cual concuerda con los resultados de Zn en el suero. Sin embargo, los niveles sanguíneos en ambas épocas son considerados como satisfactorios (McDowell et al., 1984) por lo que las diferencias entre épocas son de poca importancia práctica.

4.5.4 Efecto de gestación.

La concentración más alta de P sérico la tuvieron las vacas gestantes ($p < .10$) en comparación con las vacas no gestantes en un 4%; Murtuza et al. (1979) observaron el mismo efecto ($p < .05$). Los resultados de Lane et al. (1968) indicaron que los valores más altos de P en plasma lo alcanzan las vacas que se encuentran en el octavo y noveno mes de gestación. García et al. (1982) encontraron que las vacas en el segundo y tercer tercio de gestación tuvieron los valores más altos de P en suero en comparación con las vacas no gestantes o en el primer tercio de gestación. Esta diferencia en la concentración de P sérico se explica en base al mayor requerimiento de P durante los dos últimos meses de la gestación por parte del producto (NRC, 1988).

Tal como se esperaba, la concentración de Mg sérico no se afectó por el estado de gestación de la vaca. Los mismos resultados fueron reportados por Lane et al. (1968), Díaz y Pfander (1971) y Murtuza et al. (1979). Estos resultados se explican con base a que las necesidades de Mg por el feto no son grandes (CAB, 1980; NRC, 1988) y por tanto, no se esperaría un desbalance en la homeostasis del Mg.

Los niveles de Zn no fueron afectados por el nivel de gestación, aunque tendieron a ser inferiores en las vacas gestantes. Kutsky (1981) mencionó que la progesterona baja la concentración de Zn sérico de una manera aún no bien establecida. Una mayor concentración de progesterona originada por la gestación podría explicar la menor concentración de Zn sérico encontrada en este trabajo.

Los niveles de Cu en el suero fueron afectados por el nivel de gestación ($p < .01$), siendo mayores en las vacas gestantes que en las vacas vacías. Hidiroglou (1979) y Kutsky (1981) aseguran que la progesterona incrementa la concentración de Cu y ceruloplasmina en la sangre de humanos. Sin embargo, el efecto en rumiantes no ha sido plenamente comprobado (Money et al., 1967; Hidiroglou, 1979).

El requerimiento de Cu se incrementa con la gestación debido a la deposición de Cu en el feto, placenta y fluidos (CAB, 1980). Durante las últimas etapas de la gestación, los requerimientos de Cu se incrementan hasta en un 76%, de tal modo que las hembras gestantes son más susceptibles a presentar una deficiencia de Cu en comparación a las hembras no gestantes (CAB, 1980), lo cual difiere a los resultados encontrados.

En las vacas deficientes en Cu, el estro puede mostrarse menos intenso e incluso suprimirse, presentar dificultades al parto, retención de placenta y pérdidas embrionarias muy tempranas (Hidiroglou, 1979; Miller, 1979). La forma en la cual la nutrición afecta el proceso reproductivo de la vaca es a través del sistema endócrino (Kinder et al., 1988). Una serie de efectos hormonales y fisiológicos ocurren durante la transición entre el anestro, los ciclos estrales, la ovulación y la gestación. Las deficiencias nutricionales previenen o bloquean la ocurrencia de ésta serie de eventos y, conforme las reservas nutricionales se van creando, una liberación gradual del bloqueo permite que cada paso se reinicie en forma secuencial (Short, 1988).

Con base en lo anterior, es posible que aquellas vacas que presentan una concentración de Cu inadecuada sean incapaces de presentar una buena fertilidad y por tanto, no queden gestantes. Cuando la concentración de Cu aumente hasta su nivel normal, entonces las vacas podrán presentar estro y mantener la gestación; por lo tanto, las vacas gestantes presentarán una mayor concentración de Cu sérico en comparación con las vacas no gestantes (aún cuando las vacas gestantes tengan un mayor requerimiento de Cu).

Juntando los efectos de que en la época 1 existen los niveles más bajos de Cu (en donde las vacas presentan problemas para quedar gestantes) y el efecto de la gestación (las vacas no gestantes tienen menos Cu) se podría llegar a pensar que existe una relación importante entre la infertilidad estacional durante junio-julio y el nivel de Cu en suero observado en este trabajo. La única manera de llegar a concluir lo anterior sin lugar a

dudas es mediante la suplementación con Cu para observar si el efecto se mantiene.

Al igual que en este trabajo, McChowell (1968) y Peterson y Walderen (1977) encontraron problemas reproductivos en rumiantes, asociados a un insuficiente aporte de Cu por la dieta al animal. Incrementos en la fertilidad y porcentaje de pariciones hasta en un 200% han sido reportados por Hill et al. (1969), Butterworth (1985) e Ingraham et al. (1987) cuando el ganado deficiente en Cu es suplementado con sales de este mineral. Rowlands et al. (1977) no encontraron relación entre la fertilidad de vacas lecheras y la concentración de P y Cu sérico. Hay que hacer notar que las concentraciones de P y Cu en suero se encontraban dentro del rango normal, es decir que los animales no eran deficientes en dichos elementos. Es de esperarse que únicamente exista una relación importante con reproducción cuando los niveles de P y Cu (u otros minerales o nutrientes) sean bajos (Rowlands et al., 1977; Short, 1988), tal y como se encontró para el caso del Cu en este trabajo.

4.5.5 Efecto de la lactancia.

Cuando el nivel de lactancia (lactante o seca) se relacionó con la concentración de P, Cu, Zn y Mg en suero, se encontró que las vacas lactantes tienen las concentraciones más bajas de estos minerales, dicho efecto fué significativo ($p < .05$) para Cu y Mg (Cuadro 13 y 14).

En concordancia con estos resultados, Lane et al. (1968), Gutiérrez y Gómez (1977) y Murtuza et al. (1979) no encontraron diferencias entre los grupos de vacas lactantes y no lactantes en la concentración de P sérico, mientras que Rowlands et al. (1974) y Jacobson et al. (1976) concluyeron que las vacas lactantes presentaron niveles de P sérico menores ($p < .01$).

En cuanto al Mg, Lane et al. (1968) y Rowlands et al. (1974) encontraron que la concentración de Mg en plasma es mayor en vacas lactantes en comparación con las no lactantes ($p < .05$), lo cual es contrario a los resultados aquí mostrados. Murtuza et al.

(1979) no encontraron efecto de la producción de leche sobre el Mg sérico. Rowlands et al. (1974) encontraron que la concentración de Cu es mayor en las vacas lactantes, contrario a los resultados aquí encontrados.

Los resultados del presente trabajo indican que la producción de leche incrementa las necesidades de Cu y Mg para el animal, y consecuentemente, disminuye la concentración de dichos minerales en el suero. De esta manera, la producción de 5 litros de leche por una vaca no gestante (450 Kg de peso vivo) incrementa las necesidades de P en un 85%, de Cu en un 18%, de Zn en un 33% y Mg en un 29% (CAB, 1980; NRC, 1988) en relación a las necesidades para mantenimiento.

El balance que guarda un mineral en el animal, no es mas que el resultado de su historia anterior (Rowlands et al., 1977; CAB, 1980; NRC, 1988), entre la cantidad del mineral que llega al animal (forraje, suplemento, agua, etc.) y la cantidad del mineral que sale del animal (mantenimiento, gestación y lactancia). Así, resulta sensato pensar que el nivel de minerales en el suero animal se relacione con su nivel de producción de leche anterior a ese momento (por ejemplo, 3 meses atrás).

En un intento por relacionar la producción de leche con la concentración de minerales en el suero se realizó el siguiente análisis: Se calculó el promedio de minerales en el suero para cada uno de los ranchos y se relacionaron con su nivel de producción de 3 meses atrás. De esta manera, se encontró que el nivel de Cu, Zn y Mg en suero se asocia con el nivel de producción de leche (Figs. 5, 6 y 7). Contrario a lo que se esperaba, no se encontró relación una importante entre P en suero y producción de leche.

La Fig. 5 indica que los ranchos con una producción mayor a 4 Kg/día de leche presentan deficiencias de Cu (menor a 0.65 ug/ml de Cu sérico) y aunque ningún rancho fué deficiente en Zn y Mg, las Figs. 6 y 7 permiten predecir que los niveles de Zn serán deficientes (menor a 0.7 ug/ml de Zn sérico) cuando la producción sea de 6.75 Kg/día y que los niveles de Mg serán deficientes

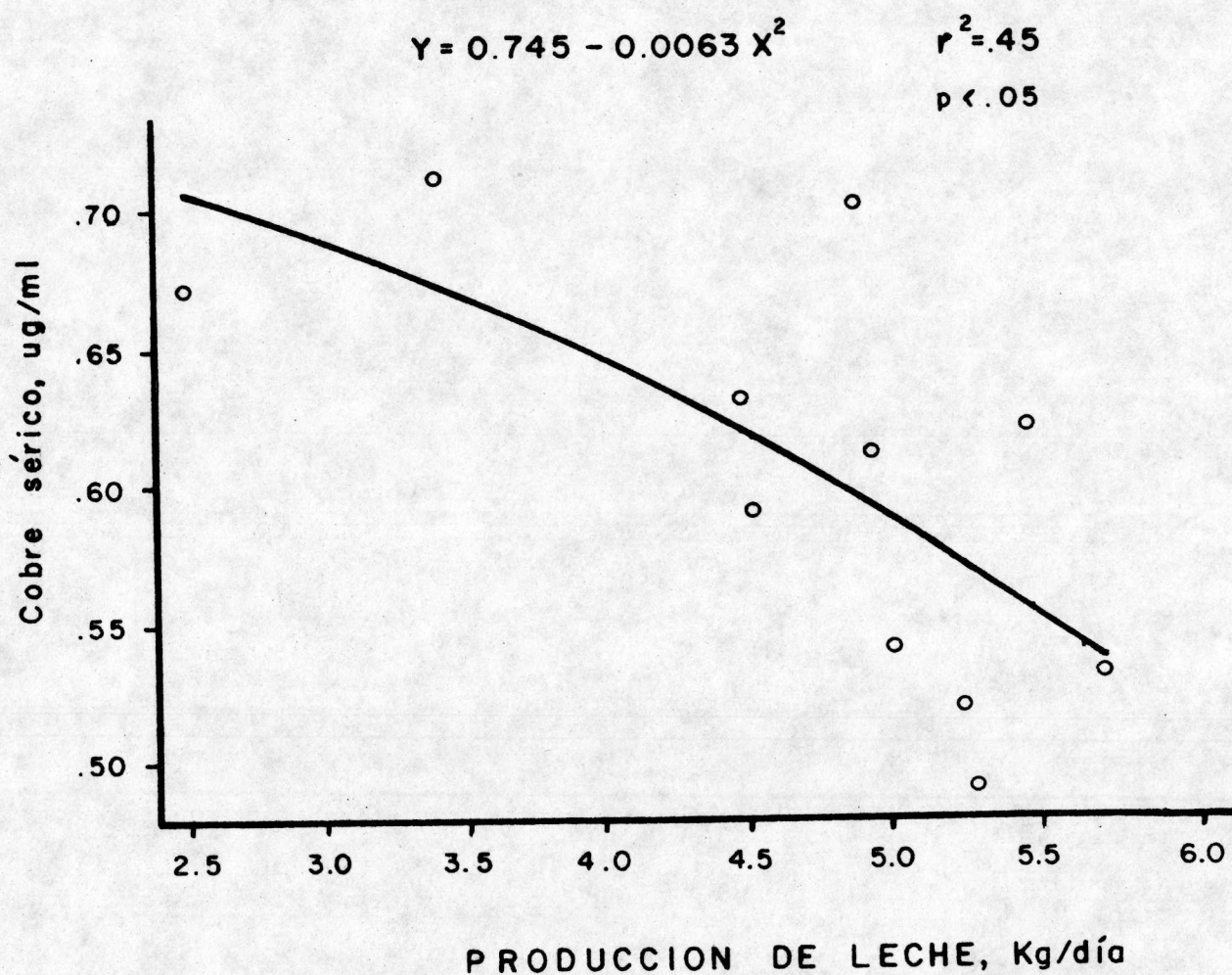


FIGURA 5. Relación entre la producción de leche y la concentración de cobre en el suero de vacas lecheras en la zona sur de Quintana Roo, México.

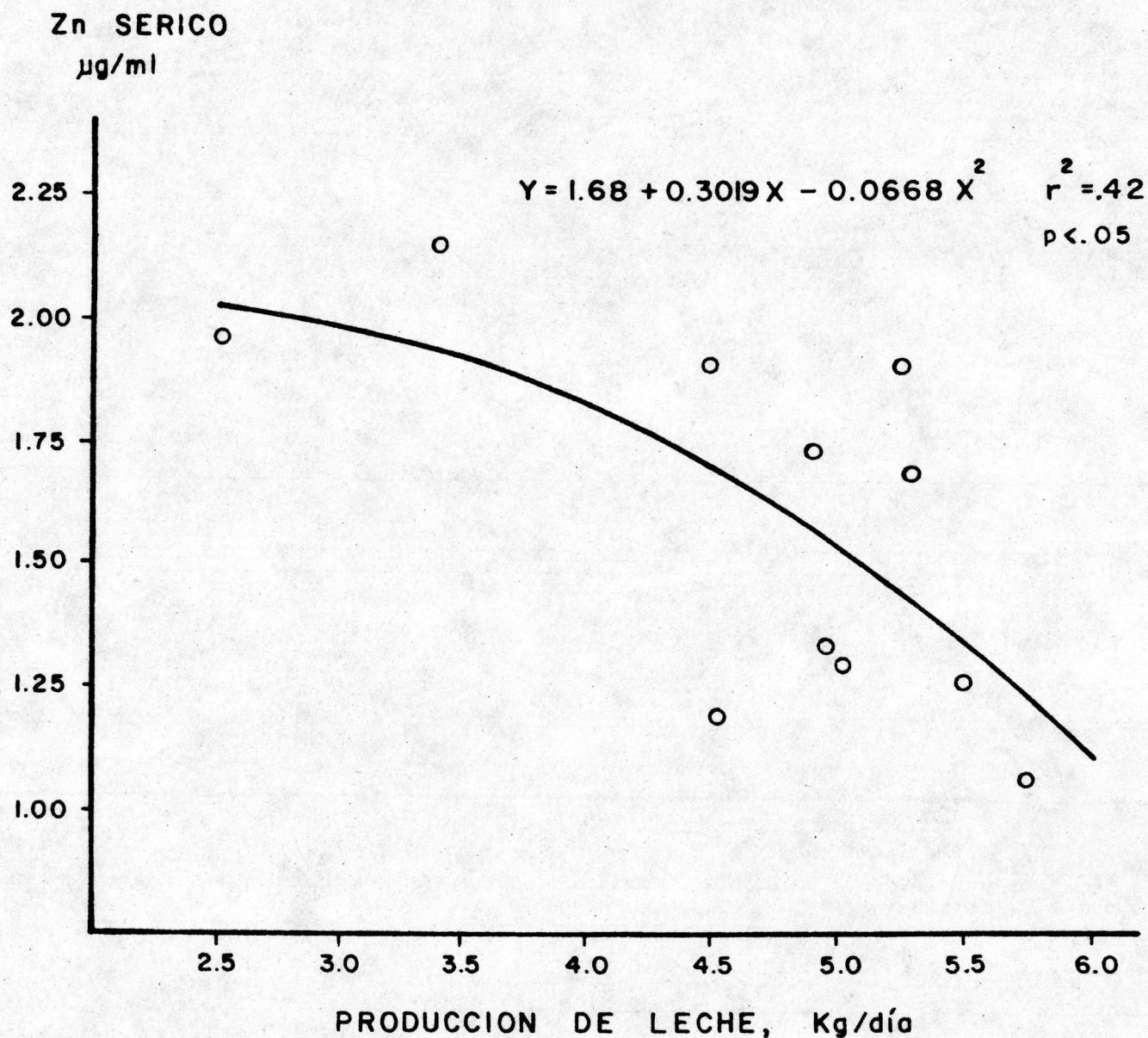


FIGURA 6. Relación entre la producción de leche y la concentración de zinc en el suero de vacas lecheras en la zona sur de Quintana Roo, México.

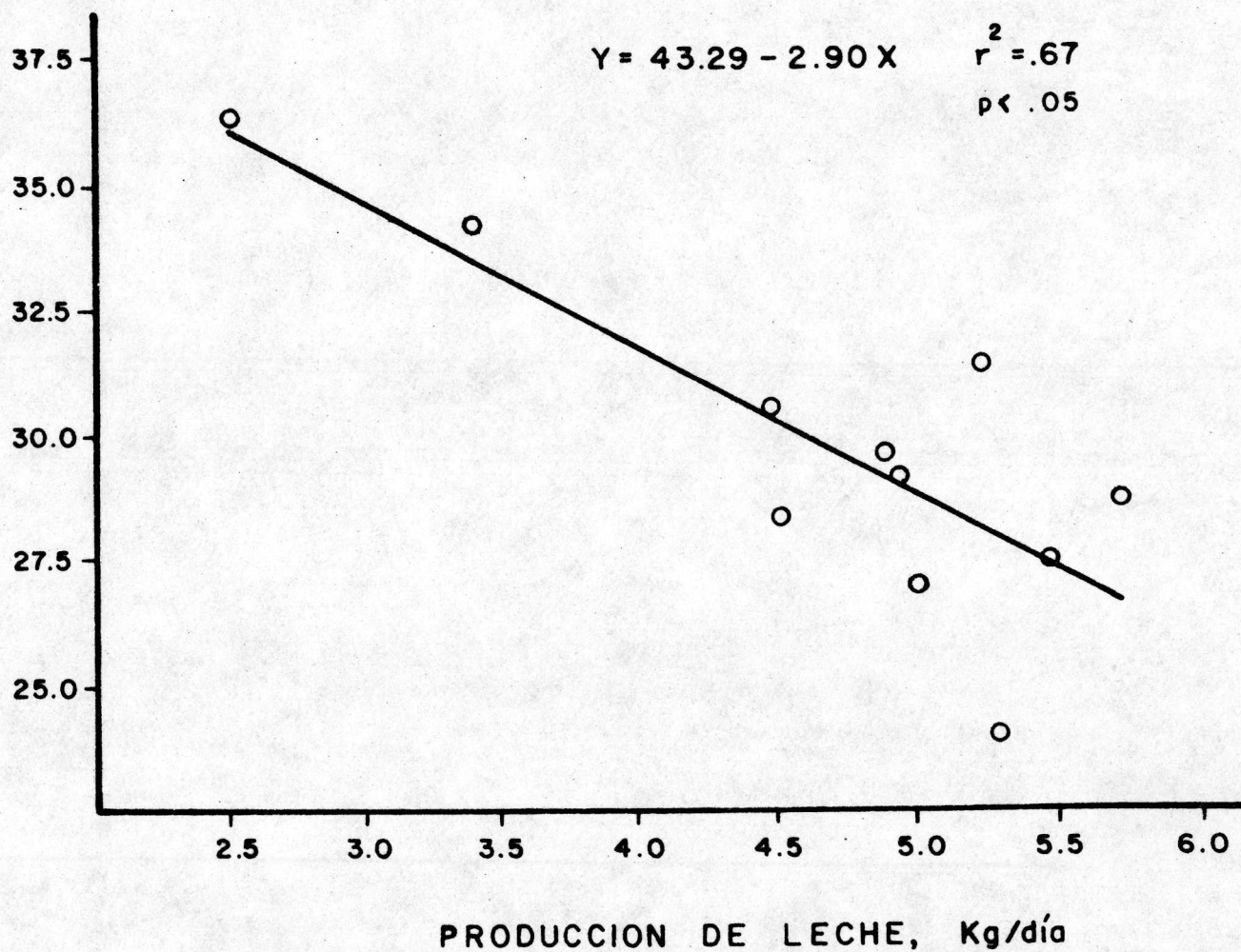
Mg SERICO $\mu\text{g/ml.}$ 

FIGURA 7. Relación entre la producción de leche y la concentración de magnesio en el suero de vacas lecheras en la zona sur de Quintana Roo, México.

(menor a 18 ug/ml de Mg sérico) cuando la producción de leche sea mayor a 8.7 Kg/día.

Información de experimentos con alimentación mineral controlada son necesarios para establecer mas claramente la relación entre la gestación y la producción de leche sobre el estado mineral de los animales. Además, sería recomendable realizar una suplementación con Cu (cubrir el 100% de los requerimientos de Cu) a los animales reproductores, para evaluar su efecto sobre la reproducción.

Actualmente, los ganaderos se encuentran utilizando otra mezcla mineral comercial diferente a la analizada, la cual en base a la etiqueta del producto cubre con la siguiente proporción de los requerimientos diarios para el ganado: Ca, 5%; P, 7%; Mg, 2.5%; Cu, 20%; Zn, 25%; Mn, 25% y Se, 12.5%. Este suplemento mineral, al igual que el otro, no cumple con los requerimientos necesarios. Por último, en base a los resultados aquí encontrados, se recomienda que los animales tengan a su alcance en todo momento una mezcla mineral similar a la que se muestra en el Cuadro 15. Esta recomendación se basa en los resultados de los análisis de minerales efectuados y siguiendo las recomendaciones de Houser et al. (1978).

CUADRO 15. Concentración de los elementos minerales en la mezcla mineral recomendada para la zona sur de Quintana Roo, México.

Elemento	Concentración del mineral en la mezcla recomendada	Requerimiento que pretende cubrir (%)
Ca	0	0
Mg	0	0
P	9 %	16
Cu	2000 ppm	100
Zn	4000 ppm	50
Co	10 ppm	50
Se	30 ppm	50

5. CONCLUSIONES.

Las concentraciones de P y Cu en suelo, agua, forraje, suplemento mineral y suero sanguíneo de las vacas son bajas, por lo cual se recomienda la suplementación de P y Cu para corregir su deficiencia en los animales.

La época más crítica de deficiencias de Cu en los animales es la época de lluvias.

La concentración de minerales en el suero sanguíneo es afectada por el estado fisiológico de las vacas. Siendo las vacas no gestantes las que presentan una menor concentración de Cu en comparación con las vacas gestantes, mientras que las vacas lactantes presentan una menor concentración de Cu y Mg en comparación con las vacas no lactantes. Así mismo, la concentración de Cu, Zn y Mg en el suero sanguíneo de vacas lecheras es menor en aquellos ranchos cuyos animales tienen una mayor producción de leche.

6. APENDICE

CUADRO 16. Concentración mineral y pH del suelo de 12 explotaciones lecheras en Quintana Roo, México.

No de rancho	MINERALES, ppm						pH
	P	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	
1	2.9	7796	1082	1.24	4.85	*	7.5
2	13.8	15130	1543	1.02	2.18	*	7.5
3	5.0	10281	1202	3.08	3.27	*	6.9
4	2.9	11924	1222	2.54	2.91	*	7.4
6	1.5	8858	2144	0.91	0.85	*	7.5
7	2.2	7234	1383	0.37	1.09	*	7.6
10	2.2	10922	1483	0.70	1.33	*	7.5
11	5.0	11523	1002	1.67	2.06	*	7.5
13	9.7	9158	1123	2.65	0.97	*	7.2
14	3.6	12244	1824	1.67	7.76	*	7.5
15	**	4729	501	1.59	6.42	*	7.1
16	2.9	8216	1303	2.86	1.58	*	7.2

* No detectado, límite de detección menor a 0.1 ppm.

** No detectado por el método usado (Bray-1).

CUADRO 17. Contenido de sales totales, pH y minerales en el agua de bebida de 16 hatos lecheros en Quintana Roo, México; promedio de dos épocas.

Número de rancho	Sales Totales ppm	pH	Cl	S	Ca	Mg	Na	K	P	Zn	Cu
							ppm				
1	3872	7.19	1203	1669	1080	396	1006	26	5.9	0.02	*
2	960	7.27	174	369	301	123	133	7	6.8	0.01	*
3	864	7.29	79	377	295	120	94	4	8.0	0.02	*
4	182	7.24	50	5	77	17	10	9	3.8	0.01	*
5	224	7.35	43	3	96	6	16	10	7.7	0.04	*
6	400	7.30	112	19	26	112	49	3	4.9	0.08	*
7	992	7.40	363	99	42	155	218	2	4.7	0.01	*
8	560	7.37	130	83	40	98	113	4	9.7	0.01	*
9	256	7.39	60	13	26	82	23	4	5.6	0.01	*
10	496	7.20	91	184	200	80	40	2	6.2	0.01	*
11	176	7.07	55	5	73	16	9	9	1.0	0.01	*
12	512	7.12	38	160	176	78	33	3	4.1	0.00	*
13	432	7.34	104	64	56	106	54	2	7.8	0.01	*
14	848	7.15	61	502	430	135	48	2	5.6	0.02	*
15	880	7.20	296	160	136	93	184	11	7.8	0.03	*
16	304	7.15	105	18	86	15	49	5	4.4	0.01	*

* No detectado. Límite de detección menor a 0.04 ppm.

CUADRO 18. Concentración de minerales en el forraje en Quintana Roo, México; promedio por rancho y por época.

RANCHO	MINERALES EN EL FORRAJE					EPOCA
	P %	Cu ppm	Zn ppm	Mg %	Ca %	
1	0.23	10.46	59.53	0.32	1.53	1
2	0.22	2.97	56.04	0.18	0.63	1
3	0.17	5.96	47.55	0.17	0.46	1
4	0.30	6.20	39.06	0.12	0.35	1
5	0.31	6.22	70.73	0.19	0.46	1
6	0.30	10.58	59.88	0.43	1.03	1
7	0.20	7.24	55.20	0.32	0.86	1
8	0.24	3.85	58.80	0.17	0.48	1
9	0.24	10.40	62.79	0.34	1.21	1
10	0.26	14.90	47.41	0.44	1.01	1
11	0.22	9.84	35.23	0.24	0.75	1
12	0.32	15.95	73.64	0.42	1.55	1
13	0.27	2.62	69.37	0.27	0.71	1
14	0.23	3.39	70.36	0.18	0.56	1
15	0.41	22.91	86.47	0.39	1.27	1
16	0.35	10.89	258.05	0.30	1.20	1
1	0.28	18.00	79.02	0.31	1.19	2
2	0.60	14.13	59.32	0.35	0.70	2
3	0.59	22.58	148.21	0.31	1.09	2
4	0.23	7.01	58.85	0.14	0.35	2
6	0.34	5.18	117.51	0.24	0.52	2
8	0.23	3.39	70.36	0.18	0.56	2
10	0.41	18.24	162.53	0.54	2.36	2
11	0.21	4.49	160.14	0.16	0.51	2
13	0.24	5.53	84.65	0.18	0.57	2
14	0.27	8.74	53.72	0.31	0.89	2
15	0.21	8.12	134.72	0.43	1.41	2
16	0.39	5.90	233.78	0.49	2.39	2

Epoca 1, octubre

Epoca 2, enero

CUADRO 19. Concentración de minerales en el suero de vacas lecheras en Quintana Roo, México; promedio por rancho y por época.

RANCHO	MINERALES EN EL SUERO				EPOCA
	P	Cu	Zn	Mg	
	-----	-----	ug/ml	-----	
1	42.47	0.50	1.15	25.10	1
2	49.16	0.56	1.09	26.73	1
3	52.95	0.66	1.99	28.79	1
4	59.45	0.53	1.48	26.40	1
5	52.97	0.52	2.01	31.77	1
6	70.37	0.57	1.45	28.01	1
7	61.22	0.55	2.66	29.53	1
8	38.48	0.74	1.73	30.37	1
9	37.36	0.68	2.42	37.37	1
10	61.81	0.60	1.79	41.83	1
11	37.57	0.73	2.45	37.92	1
12	56.63	0.54	3.63	38.59	1
13	59.68	0.51	1.99	37.72	1
14	54.29	0.51	1.13	30.42	1
15	42.83	0.61	1.50	40.63	1
16	75.87	0.48	0.98	43.19	1
1	24.29	0.58	1.65	28.85	2
2	54.24	0.67	1.42	28.23	2
3	50.23	0.60	3.91	32.18	2
4	56.73	0.65	1.15	30.29	2
6	48.16	0.66	1.21	30.22	2
8	51.52	0.66	1.73	28.80	2
10	56.10	0.74	5.67	30.85	2
11	59.06	0.70	2.57	30.37	2
13	55.00	0.52	2.30	25.00	2
14	51.52	0.49	2.74	17.61	2
15	38.30	0.67	1.40	18.67	2
16	65.02	0.57	1.14	16.83	2

Epoca 1, octubre

Epoca 2, enero

7. LITERATURA CITADA

- Abilay, T. A., H. D. Johnson y M. Madan. 1975. Influence of environmental heat on peripheral plasma progesterone and cortisol during the bovine estrous cycle. *J. Dairy Sci.* 58:1836.
- Ammerman, C. B. y S. M. Miller. 1972. Biological availability of minor mineral ions: A review. *J. Anim. Sci.* 35:681.
- A.O.A.C. 1975. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 11a Ed. U.S.A.
- Arije, G. F. y J. N. Wiltbank. 1971. Age and weight at puberty in Hereford heifers. *J. Anim. Sci.* 33:401.
- Arora, S. P., E. E. Hatfield, F. C. Hinds y U. S. Garrigus. 1973. Influence of dietary zinc on the activity of blood vitamin A, alcohol dehydrogenase and carbonic anhydrase in lambs. *Indian J. Anim. Sci.* 43:140.
- Baishya, N., S. V. Morant, G. S. Pope y J. D. Leaver. 1982. Rearing of dairy cattle. 8. Relationships of dietary energy intake, changes in live weight, body condition and fertility. *Anim. Prod.* 34:63.
- Baker, A. A. 1969. Post partum anoestrus in cattle. *Austr. Vet. J.* 45:180.
- Balieiro, E. S., H. M. Silva, G. G. Carneiro y A. E. W. Salvo. 1981. Eficiência reprodutiva de um rebanho Guzerá explorado para leite. II. Intervalo entre partos. *Arq. Esc. Vet. UFMG, Belo Horizonte.* 33:489.
- Barradas, H. 1980. Interrelationships Among the Mineral Content of Soils, Forages and Cattle in the Central and Northern Regions of Veracruz, México. Thesis of Master in Science. Department of Dairy Sci. Michigan State Univ. U.S.A.
- Barr, J. A., J. H. Goodnight, J. P. Sall, W. H. Blair y D. M. Chilco. 1979. SAS User's Guide. SAS Inst. Inc. Raleigh, North Carolina, U.S.A.
- Bartle, S. J., J. R. Males y R. L. Preston. 1984. Effect of energy intake on the postpartum interval in beef cows and the adequacy of the cow's milk production for calf growth. *J. Anim. Sci.* 58:1068.
- Bauer, B., E. Galdo, L. R. McDowell, M. Koger, J. K. Loosli, H. Conrad, R. C. Littell y C. B. Ammerman. 1979. Situación mineral del ganado de carne en Beni, Bolivia. *A.L.P.A. Mem.* 14:25.
- Belloso, E. S., G. Soto y R. González. 1979. Eficiencia reproductiva en bovinos de doble propósito. *A.L.P.A. Mem.* 14:123.

- Bellows, R. A. y R. E. Short. 1978. Effects of precalving feed level on birth weight, calving difficulty and subsequent fertility. *J. Anim. Sci.* 46:1522.
- Bellows, R. A., R. E. Short, D. C. Anderson, B. W. Knapp y O. F. Pahnish. 1971. Cause and effect relationships associated with calving difficulty and calf birth weight. *J. Anim. Sci.* 33:407.
- Bellows, R. A., R. E. Short y G. V. Richardson. 1982. Effects of sire, age of dam and gestation feed level on dystocia and postpartum reproduction. *J. Anim. Sci.* 55:18.
- Bodisco, V., G. Sosa, M. E. Herrera y E. García. 1976. Reproducción en ganado mestizo y Pardo Suizo. *A.L.P.A. Mem.* 11:66.
- Bond, J. y B. T. Weinland. 1978. Effect of level of feeding on growth, reproductive performance and milk production of beef females. *Livest. Prod. Sci.* 5:159.
- Butterworth, M. H. 1985. *Beef Cattle Nutrition and Tropical Pastures*. Longman Inc. U.S.A.
- CAB. 1980. *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock*. Commonwealth Agricultural Bureaux (CAB). The Gresham Press, England.
- Camberos, H. R., H. D. Figueiras, N. A. Marcilise y J. C. Pizzi. 1967. Acción de las aguas salobres sobre el metabolismo mineral de los rumiantes. I. Cobre, molibdeno y sulfatos inorgánicos. *Gaceta Veterinaria*. 29:148.
- Camberos, H. R., N. A. Marcilese, H. D. Figueiras y R. M. Valsecchi. 1965. Estudios preliminares sobre pluricarencia de oligoelementos. *Gaceta Veterinaria*. 27:99.
- Carter, E. D. y H. R. Day. 1977. Copper fertilizer for pasture and sheep production on lateritic podzolic soils in South Australia. I. Initial effects on virgin soil. *Agr. Rec.* 4:9.
- Castillo, E. 1987. *Lechería Tropical*. Programa Lechero de Quintana Roo. Comisión Coordinadora del Programa Lechero del Estado de Quintana Roo. Editorial Regina de los Angeles, S.A. México.
- Chalupa, W. y J. D. Ferguson. 1988. La importancia de la nutrición en la reproducción de la vaca alta productora. In: R. Herrera y M. García (Ed.) *La Importancia de la Nutrición en la Reproducción de Bovinos*. pp 41-68. Sem. Int. Centro de Ganadería. Chapingo, México.
- Chapman, H. D. y P. F. Pratt. 1961. *Methods of Analysis os Soils, Plants and Waters*. Division of Agric. Sci. Univ. of California.
- Chavira, S. N. 1976. *Comportamiento Reproductivo del Ganado Cebú y sus Cruzas en un Hato del Estado de Yucatán*. Tesis de Maestría en Ciencias. Rama de Ciencia Animal. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tabasco. México.

- Claypool, D. W., F. W. Adams, H. W. Pendell, N. A. Hartmann, Jr., y J. F. Bone. 1975. Relationship between the level of copper in the blood plasma and liver of cattle. *J. Anim. Sci.* 41:911.
- Collier, R. J. y D. K. Beede. 1985. Thermal stress as a factor associated with nutrient requirements and interrelationships. In: L. R. McDowell (Ed.) *Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates*. pp 59-71. Academic Press, Inc. U. S. A.
- Conrad, J. H. y J. Avila. 1978. Predicción de las deficiencias minerales en los rumiantes basados en suelo, planta y tejido animal. In: L. R. McDowell y J. H. Conrad (Ed.) *Simp. Latinoam. sobre Invest. en Nutrición Mineral de los Rumiantes en Pastoreo*. pp 164-169. Univ. de Florida, U.S.A.
- Conrad, J. H., J. C. Sousa, M. O. Mendes, W. G. Blue y L. R. McDowell. 1980. Iron, manganese, sodium and zinc interrelationships in a tropical soil, plant and animal system. In: L. S. Verde y A. Fernández (Ed.) *IV World Conference on Anim. Prod.* pp 48-53. Buenos Aires, Argentina.
- Corah, L. R., T. G. Dunn y C. C. Kaltenbach. 1975. Influence of prepartum nutrition on the reproductive performance of beef females and the performance of their progeny. *J. Anim. Sci.* 41:819.
- Corah, L. R., A. P. Quealy, T. G. Dunn y C. C. Kaltenbach. 1974. Prepartum and postpartum levels of progesterone and estradiol in beef heifers fed two levels of energy. *J. Anim. Sci.* 39:380.
- Dávila, A. y C. González. 1977. Comportamiento reproductivo post parto en novillas tipo "mosaico perijanero". *Iera Jorn. Nac. sobre Ganadería de Doble Propósito*. Enero 12-16, 1977. Machiques, Venezuela.
- Day, M. L., K. Imakawa, D. D. Zalesky, R. J. Kittok y J. E. Kinder. 1986. Effects of restriction of dietary energy intake during the prepubertal period on secretion of luteinizing hormone and responsiveness of the pituitary to luteinizing hormone-releasing hormone in heifers. *J. Anim. Sci.* 62:1641.
- De Alba, J. 1985. *Reproducción Animal*. La Prensa Médica Mexicana. México.
- De Alba, J., R. Celis y B. W. Kennedy. 1978. Reproducción de un hato de bovinos de doble propósito en la región de la Huasteca. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 10:3.
- Diaz, G. y W. Pfander. 1971. Algunos constituyentes sanguíneos y capacidad reproductiva. *A.L.P.A. Mem.* 6:173.
- Dindorkar, C. V., S. J. Muzaffar y A. S. Kaikini. 1982. Note on the effect of feeding extra energy diets to anoestrous cattle. *Indian J. Anim. Sci.* 52:1228.

- Donaldson, L. E. 1962. Some observations on the fertility of beef cattle in north Queensland. *Austr. Vet. J.* 38:477.
- Donaldson, L. E., J. M. Bassett y G. D. Thorburn. 1970. Peripheral plasma progesterone concentration of cows during puberty, oestrous cycles, pregnancy and lactation and the effects of undernutrition or exogenous oxytocin on progesterone concentrations. *J. Endocrinol.* 48:599.
- Doornbos, D. E., R. A. Bellows, P. J. Burfening y B. W. Knapp. 1984. Effects of dam age, prepartum nutrition and duration of labor on productivity and postpartum reproduction in beef females. *J. Anim. Sci.* 59:1.
- Doyle, P. T. 1987. Supplements other than forages. In: J. B. Hacker y J. H. Ternouth (Ed.) *The Nutrition of Herbivores*. pp 429-464. Academic Press Inc. Second Int. Symp. on the Nutrition of Herbivores. Australia.
- Ducker, M. J. y S. V. Morant. 1984. Observations on the relationships between the nutrition, milk yield, live weight and reproductive performance of dairy cows. *Anim. Prod.* 38:9.
- Dufty, J. H., J. B. Bingley y L. Y. Cove. 1977. The plasma zinc concentration of non-pregnant, pregnant and parturient Hereford cattle. *Aust. Vet. J.* 53:519.
- Dunlap, S. E. y C. K. Vincent. 1971. Influence of postbreeding thermal stress on conception rate in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 32:1216.
- Dunn, T. G., J. E. Ingalls, D. R. Zimmerman y J. N. Wiltbank. 1969. Reproductive performance of 2-year-old hereford and angus heifers as influenced by pre- and post-calving energy intake. *J. Anim. Sci.* 29:719.
- Durand, M y R. Kawashima. 1980. Influence of minerals in rumen microbial digestion. In: Y. Ruckebusch y P. Thivend (Ed.) *Digestion Physiology and Metabolism in Ruminant*. pp 375-408. MTP Press Limited, Lancaster. Londres.
- Easdon, M. P., J. M. Chesworth, M. B. E. Aboul-Ela y G. D. Henderson. 1985. The effect of undernutrition of beef cows on blood hormone and metabolite concentrations post partum. *Reprod. Nutr. Develop.* 25:113.
- Engel, R. W., W. A. Hardison, R. F. Miller, N. O. Price y J. T. Huber. 1964. Effect of copper intake on concentration in body tissue and on growth, reproduction and production on dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 23:1160.
- Erb, H. N. y S. W. Martin. 1980. Interrelationships between production and reproductive diseases in Holstein cows. Age and seasonal patterns. *J. Dairy Sci.* 63:1918.
- Eversbuch, G. J. C. 1978. Indices Reproductivos de un Hato de Ganado Charolais comparado con Cebú (Raza Brahman) y sus Cruzas en el Trópico Mexicano. Tesis Profesional. Univ. Nal. Autónoma de México. México.

- Fick, K. R., L. R. McDowell, P. H. Miles, N. S. Wilkinson, J. D. Funk, J. H. Conrad y R. Valdivia. 1979. Métodos de Análisis de Minerales para Tejidos de Plantas y Animales. Anim. Sci. Department. Univ. de Florida. U.S.A.
- Fick, K. R., L. R. McDowell y R. H. Houser. 1978. Situación actual de la investigación mineral en América Latina. In: L. R. McDowell y J. H. Conrad (Ed.) Simp. Latinoamericano sobre Investigaciones en Nutrición Mineral de los Rumiantes en Pastoreo. pp 170-184. Univ. de Florida. U.S.A.
- Flores, A., J. R. Flores, R. Pérez, M. T. Cabezas, R. Bressani y L. R. McDowell. 1979. Estado de nutrición mineral del ganado de carne de la costa sur de Guatemala. A.L.P.A. Mem. 14:26.
- Fontenot, J. P. 1980. Magnesium in ruminant nutrition. In: J. L. Shell y J. P. Fontenot (Ed.) Magnesium in Animal Nutrition. pp 4-81. Natl. Feed Ingredients Assoc. (NFIA).
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. Univ. Nal. Autónoma de México. México.
- García, J., F. Larios y M. E. Pérez. 1982. Concentración de calcio, fósforo y magnesio en sueros de bovinos cebú en condiciones de pastoreo y en clima semicálido húmedo. Téc. Pec. Méx. 42:54.
- Gauthier, D. y P. Mauleon. 1983. Influence of dietary intake and weight variation on LH release after gonadotrophin-releasing hormone (GnRH) injection during the post-partum period of the nursing cows. Reprod. Nutr. Develop. 23:829.
- Gauthier, D., M. Terqui y P. Mauleon. 1983. Influence of nutrition pre-partum plasma levels of progesterone and total estrogens and post-partum plasma levels of luteinizing hormone and follicle stimulating hormone in suckling cows. Anim. Prod. 37:89.
- Gomid, J. A. y A. T. Aguilar-Zometa. 1978. Composición mineral de los forrajes cultivados bajo condiciones tropicales. In: L. R. McDowell y J. H. Conrad (Ed.) Simp. Latinoam. sobre Invest. en Nutrición Mineral de los Rumiantes en Pastoreo. pp 39-46. Univ. de Florida. U.S.A.
- González, C. 1978. Comportamiento reproductivo y producción de leche en vacas. A.L.P.A. Mem. 13:169.
- González, C. 1980. Alteraciones de la reproducción en vacas mestizas de doble propósito en una zona tropical. IXo. Cong. Int. Reprod. Anim. Art. Insem. Madrid, España. 4:636.
- González, C. 1981. Factores que afectan la fertilidad al primer servicio en vacas mestizas. VIIIA. Reunión Latinoam. Prod. Anim. Res. F-21. Sto. Domingo, Rep. Dominicana.
- González, P. E., R. Ruiz, D. LeFever, A. Denham y J. N. Wiltbank. Puberty in beef heifers. III. Induction of fertile estrus. J. Anim. Sci. 40:1110.

- Grainger, C. y A. A. McGowan. 1982. Review: The significance of pre-calving nutrition of the dairy cow. In: K. L. MacMillan y V. K. Taufa (Ed.) Proc. of the Conf. on Dairy Production from Pastures. pp 134-171. Clark and Matheson Ltd., Hamilton, New Zealand.
- Grass, J. A., P. J. Hansen, J. J. Rutledge y E. R. Hauser. 1982. Genotype x Environmental interactions on reproductive traits of bovine females. I. Age at puberty as influenced by breed, breed of sire, dietary regimen and season. J. Anim. Sci. 55:1441.
- Greenberg, A. E., J. J. Connors y M. A. H. Franson. 1980. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. American Public Health Assoc., American Water Works Assoc. y Water Pollution Control Federation (APHA, AWWA y WPCF). Washington, U.S.A.
- Gutiérrez, H. y L. J. Gómez. 1971. Hematocrito, hemoglobina, calcio y fósforo en hembras romosinuanas en la sabana de Bogotá. A.L.P.A. Mem. 6:173.
- Gwazdavskas, F. C., W. W. Thatcher y C. J. Wilcox. 1973. Physiological, environmental and hormonal factors at insemination which may affect conception. J. Dairy Sci. 56:873.
- Hansen, P. J., D. H. Baik, J. J. Rutledge y E. R. Hauser. 1982. Genotype x Environmental interactions on reproductive traits of bovine females. II. Postpartum reproduction as influenced by genotype, dietary regimen, level of milk production and parity. J. Anim. Sci. 55:1458.
- Hansen, P. J. y E. R. Hauser. 1983. Genotype x Environmental interactions on reproductive traits of bovine females. III. Seasonal variation in postpartum reproduction as influenced by genotype, suckling and dietary regimen. J. Anim. Sci. 56:1362.
- Henricks, D. M. y J. D. Rone. 1986. A note on the effect of nutrition on ovulation and ovarian follicular populations in the individually fed post-partum beef heifers. Anim. Prod. 43:557.
- Hernández, J. F. 1983. Influencia de los baños refrescantes sobre el comportamiento productivo y reproductivo de razas especializadas y cruzadas en el trópico subhúmedo Aw(o). Vet. Méx. 14:6.
- Hidiroglou, M. 1979. Trace elements deficiencies and fertility in ruminants: A review. J. Dairy Sci. 62: 1195.
- Hight, G. K. 1968. Plane of nutrition effects in late pregnancy and during lactation on beef cows and their calves to weaning. N. Z. J. Agric. Res. 11:71.
- Hill, M. K., S. D. Walker y A. G. Taylor. 1969. Effects of "marginal" deficiencies of copper and selenium on growth and productivity of sheep. N. Z. J. Agric. Res. 12:261.

- Hinojosa, J. A. y J. C. segura. 1986. Eficiencia reproductiva de un hato cebú comercial bajo condiciones tropicales. II. Intervalo entre partos. Vet. Méx. 17:255.
- Hinzpeter, P. E. 1983. Anestro de Bovinos Productores de Carne en ciertas Epocas del Año en la Zona Tropical del Norte del Estado de Puebla. Tesis Profesional. Univ. Nal. Autónoma de México. México.
- Houser, R. H., L. R. McDowell, K. R. Fick y R. Valdivia. 1978. Evaluación de suplementos minerales para rumiantes. In: L. R. McDowell y J. H. Conrad (Ed.) Simp. Latinoam. sobre Invest. en Nutrición Mineral de los Rumiantes en Pastoreo. pp 197-203. Univ. de Florida. U.S.A.
- Huerta, B. M. 1987. Composición y Valor Nutritivo para Rumiantes de algunos Subproductos Lignocelulósicos. Mimeógrafo. Departamento de Zootecnia. Univ. Autónoma Chapingo. Chapingo. México.
- Hunter, A. P. 1977. Some nutritional factors affecting the fertility of dairy cattle. N. Z. Vet. J. 25:305.
- Ingraham, R. H., D. D. Gillette y W. D. Wagner. 1974. Relationship of temperature and humidity to conception rate of Holstein cows in subtropical climate. J. Dairy Sci. 57:476.
- Ingraham, R.H., L. C. Kappel, E. B. Morgan y A. Srikanthakumar. 1987. Correction of subnormal fertility with copper and magnesium supplementation. J. Dairy Sci. 70:167.
- Jackson, P. S. 1981. A note of the possible association between plasma B-carotene levels and conception rate in a group of winter-housed dairy cattle. Anim. Prod. 32:109.
- Jacobson, N. L., K. D. Wiggers, M. H. Wiggers y G. N. Jacobson. 1976. Phosphorus in dairy cattle and goat nutrition. In: R. L. Preston, N. L. Jacobson, K. D. Wiggers, M. H. Wiggers y G. N. Jacobson (Ed.) Phosphorus in Ruminant Nutrition. Natl. Feed Ingredients Assoc. (NFIA). U.S.A.
- Jakovac, M., D. Supe y K. Mikuler. 1968. Phosphorus deficiency as one of the causes of reproductive disorders in cattle. Nutr. Abstr. Rev. 38:694.
- Johnson, H. D. 1984. Heat stress on fertility and plasma progesterone. Reproduction des Ruminants en Zone Tropicale. pp 419-431. Pointe-a-Pitre (F.W.I.). 8-10 juin 1983. INRA Publ.
- Julien, W. E., H. R. Conrad, J. E. Jones y A. L. Moxon. 1976. Selenium and vitamin E and incidence of retained placenta in parturient dairy cows. J. Dairy Sci. 59:1954.
- Kinder, J. E., M. S. Robinson y K. Imakawa. 1988. Influencia de la nutrición sobre la endocrinología reproductiva de la vaca productora de carne. In: R. Herrera y M. Garcia (Ed.) La Importancia de la Nutrición en la Reproducción de Bovinos. pp 7-23. Sem. Int. Centro de Ganadería. Chapingo, México.

- King, J. O. L. 1968. The relationship between the conception rate and changes in body weight, yield and SFN content of milk in dairy cows. *Vet. Rec.* 83:492.
- Kutsky, R. 1981. *Handbook of Vitamins, Minerals and Hormones*. (2a Ed.). Van Nostrand Reinhold Company. U.S.A.
- Lampkin, G. H. 1961. Studies on the production of beef from the zebu cattle in East Africa. III The value of feeding a phosphatic supplement. *J. Agric. Sci. Camb.* 57:39.
- Lane, A. G., J. R. Campbell y G. F. Krause. 1968. Blood mineral composition in ruminants. *J. Anim. Sci.* 27:766.
- Leaver, J. D. 1977. Rearing of dairy cattle. 7. Effect of level of nutrition and body condition on the fertility of heifers. *Anim. Prod.* 25:219.
- Lebdosoekojo, S., C. Ammerman, N. Raun, J. Gómez y R. Litell. 1978. Suplementación mineral del ganado en pastoreo en los llanos orientales de Colombia. *A.L.P.A. Mem.* 13:47.
- Linares, T. y D. Plasse. 1966. Caracteres reproductivos en un hato Brahman de Venezuela. *A.L.P.A. Mem.* 1:155.
- López, R y R. Rosiles. 1988. Determinación de veintitrés elementos minerales en roca fosfórica utilizada como suplemento para alimentación animal. *Vet. Mex.* 19:237.
- Lozano, R. R., M. A. Asprón, E. González y C. G. Vásquez. 1987. Estacionalidad reproductiva de vacas *Bos indicus* en el trópico mexicano. *Téc. Pec. Méx.* 25:192.
- Madan, M. L. y H. D. Johnson. 1973. Environmental heat effects on bovine luteinizing hormone. *J. Dairy Sci.* 56:1420.
- Manickam, R., C. A. Gopalakrisnahn, G. Ramanathan, M. Mookkappan y R. Nagarajan. 1977. Studies on the relationships between trace elements and fertility in cows. *Indian J. Anim. Res.* 11:23.
- Martín, D. W., P. A. Reyes, V. W. Rodwell y D. K. Granner. 1986. *Bioquímica de Harper*. (10a Ed.). pp 665. El Manual Moderno, S. A. de C.V. México.
- Martínez, F., M. Queijeiro y H. Guimond. 1986. Ganadería Lechera en el Trópico Húmedo de México. Experiencia de una Década en la Chontalpa. Nestle.
- McChowell, J. 1968. The effect of experimental copper deficiency on growth, reproduction and haemopoiesis in the sheep. *Vet. Rec.* 83:226.
- McDowell, L. R. 1985a. Contribution of tropical forages and soil toward meeting mineral requirements of grazing ruminants. In: L. R. McDowell (Ed.) *Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates*. pp 165-188. Academic Press, Inc. U.S.A.

- McDowell, L. R. 1985b. Detection of mineral status of grazing ruminants. In: L. R. McDowell (Ed.) Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. pp 339-357. Academic Press, Inc. U.S.A.
- McDowell, L. R. 1985c. Vitamin nutrition for ruminants. In: L. R. McDowell (Ed.) Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. pp 409-429. Academic Press, Inc. U.S.A.
- McDowell, L. R., J. H. Conrad, G. L. Ellis y J. K. Loosli. 1984. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. Univ. de Florida y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internac. U.S.A.
- McDowell, L. R., J. H. Conrad, J. Thomas, L. E. Harris y K. R. Fick. 1977. Nutritional composition of Latin American forages. Trop. Anim. Prod. 2:273.
- McClure, T. J., C. D. Nancarrow y H. M. Radford. 1978. The effect of 2-Deoxy-D-glucose on ovarian function of cattle. Austr. J. Biol. Sci. 31:183.
- Menéndez M. 1980. Condición física al parto, su efecto en la reproducción de vacas tratadas con hormonas esteroides y destete temporal. Rev. Mex. Prod. An. 12:34.
- Menéndez, A., D. Guerra, J. Dora y M. L. Pérez. 1978. Influencia de la época del año sobre la presentación de partos en las vacas cebú en las condiciones de Cuba. A.L.P.A. Mem. 13:176.
- Merchon, M. M. y F. D. Custer. 1958. Tetany in cattle on winter rations. I. A clinical report. J. Amer. Vet. Med. Ass. 132:396.
- Miller, W. J. 1970. Zinc nutrition of cattle: A review. J. Dairy Sci. 53:1123.
- Miller, W. J. 1979. Copper and zinc in ruminant nutrition. In: B. O'Dell, E. R. Miller y W. J. Miller (Ed.) Copper and Zinc in Poultry, Swine and Ruminant Nutrition. Nat. Feed Ingredients Assoc. (NFIA). U.S.A.
- Mislevy, P. 1985. Forages for grazing systems in warm climates. In: L. R. McDowell (Ed.) Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. pp 73-103. Academic Press, Inc. U.S.A.
- Money, D. F. L., K. J. Hogan y S. H. Hare. 1967. The effects of an oestrogenic preparation on blood and liver copper concentrations and teat length of sheep. N. Z. J. Agric. Res. 10:345.
- Monty, D. E. 1984. Early embryo death in cattle during thermal stress. Reproduction des Ruminants en Zone Tropicale. pp 285-300. Pointe-a-Pitre (F.W.I.). 8-10 juin 1983. I.N.R.A. Publ.
- Morales, H., J. A. Aguilar y J. A. Hinojosa. 1983. Comportamiento reproductivo de un hato Holstein en la Chontalpa, Tabasco. II. Período de gestación e intervalo entre partos. Vet. Méx. 14:74.

- Murtuza, Md., M. D. Pandey y J. S. Rawat. 1979. Concentration of certain minerals in the serum of Haryana cattle under various physiological states. *Indian Vet. J.* 56:95.
- Neathery, M. W., W. J. Miller, D. M. Blackmon, F. M. Pate y R. P. Gentry. 1973. Effects of long term zinc deficiency on feed utilization, reproductive characteristics and hair growth in the sexually mature male goat. *J. Dairy Sci.* 56:98.
- Necoechea, R. R. y M. L. Márquez. 1987. Manual de Aditivos y Suplementos para la Alimentación Animal. (2a Ed.). pp 14. El Manual Agropecuario. México.
- Nicol, A. M. 1977. The influence of plane of nutrition immediately post-calving on the performance of beef cows. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 37:103.
- NRC. 1974. Nutrient and Toxic Substances in Water for Livestock and Poultry. Natl. Acad. Sci. Washington, D. C.
- NRC. 1980. Mineral Tolerance of Domestic Animals. Natl. Acad. Sci. Washington, D. C.
- NRC. 1988. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Natl. Acad. Sci. Washington, D. C.
- Ortiz, M. G. 1988. Análisis Estático y Dinámico de la Producción de Leche en el Estado de Quintana Roo. Tesis Profesional. Univ. Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Oxenreider, S. L. y W. C. Wagner. 1971. Effect of lactation and energy intake on post-partum ovarian activity in the cow. *J. Anim. Sci.* 33:1026.
- Payán, M., R. Díaz, M. Pérez y F. Castillo. 1983. Contenido mineral en suero, pelo de capa y pelo de cola de bovinos Holstein, Hereford, cebú y Pardo Suizo bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. *Téc. Pec. Méx.* 45:61.
- Payne, J. M. 1977. Metabolic Diseases in Farm Animals. pp 84-99. William Heinemann Medical. Books Ltd. London.
- Peeler, H. T. 1972. Biological availability of nutrients in feeds: Availability of major mineral ions. *J. Anim. Sci.* 35:695.
- Peña, N. y D. Plasse. 1972. Distribución de partos a través del año en ganado Brahman y su relación con la precipitación. *A.L.P.A. Mem.* 7:33.
- Perdomo, J. T., L. Shirley y C. F. Chicco. 1977. Availability of nutrient minerals in four tropical forages fed freshly chopped to sheep. *J. Anim. Sci.* 45:1114.
- Pérez, I. F. 1977. Posibilidades de los pastos en el trópico. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 11:119.
- Perkin-Elmer. 1976. Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry. Perkin-Elmer Corp. Connecticut, U.S.A.

- Peterson, R. G. y D. E. Walderen. 1977. A survey of dairy herds in the Fraser valley of British Columbia to determine possible causes of unsatisfactory reproductive performance. *Can. J. Anim. Sci.* 57:395.
- Plasse, D., N. Peña, O. Verde, M. Koger y T. Linares. 1972. Influencias ambientales sobre la varianza de intervalos entre partos en Brahman registrado. *A.L.P.A. Mem.* 7:47.
- Pizzi, A., J. C. Monesiglio y N. García. 1964. Determinaciones de Cobre, Molibdeno y Sulfato en Pasturas. *Inst. Nal. de Tecnología Agropecuaria (INTA). Informe Técnico. Año III. No. 5. Balcare, Argentina.*
- Rangel, R. 1984. Evaluación de la Eficiencia Reproductiva de un Hato Cebú del Centro Regional Tropical Puyacatengo. Tesis Profesional. Univ. Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Richards, M. W., J. C. Spitzer y M. B. Warner. 1986. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 62:300.
- Rincón, E. J., O. Abreu, S. Labbey y T. Perozo. 1972. Efecto de la edad y producción de leche sobre el periodo de vacía y el número de servicios por concepción en vacas limoneras. *Agron. Trop.* 22:587.
- Rodríguez, A., V. Bodisco, M. Ramírez y E. García. 1974. Reproductivo del ganado lechero mestizo en el sur del lago de Maracaibo durante el año 1973. *Agron. Trop.* 24:201.
- Rojo, J. G. 1976. Fracaso reproductivo de la raza Holstein en Culiacán, Sinaloa, México. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 8:23.
- Román, H., J. J. Hernández y H. C. Rojas. 1983. Comportamiento reproductivo de ganado bovino lechero en clima tropical. 1. Características reproductivas de vacas Holstein y Suizo Pardo. *Téc. Pec. Méx.* 45:21.
- Román H. y L. Flores. 1980. Comportamiento reproductivo de vacas Holstein y Pardo Suizo en clima tropical. *Rev. Mex. Prod. Animal.* 12:51.
- Romero, A. 1985. Factores que Afectan el Comportamiento Reproductivo de los Bovinos en el Oriente de Yucatán. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Univ. Nal. Autónoma de México. México.
- Rosales, M. 1985. Evaluación del efecto de algunos factores maternos y ambientales sobre la eficiencia reproductiva en ganado cebú (Gyr). *Vet. Méx.* 3:221.
- Ross, J. G. y W. G. Halliday. 1976. Surveys of bovine blood chemistry in Scotland. II. Serum proteins, cholesterol, calcium, sodium, potassium and magnesium. *Br. Vet. J.* 132:401.
- Rowlands, G. J., W. Little y B. A. Kitchenham. 1977. Relationships between blood composition and fertility in dairy cows - a field study. *J. Dairy Res.* 44:1.

- Rowlands, G. J., W. Little, R. Manston y S. M. Dew. 1974. The effect of season on the composition of the blood of lactating and non-lactating cows as revealed from repeated metabolic profile tests on 24 dairy herds. *J. Agric. Sci. Camb.* 83:27.
- Rutter, L. M. y J. G. Manns. 1987. Hypoglycemia alters pulsatile luteinizing hormone secretion in the postpartum beef cow. *J. Anim. Sci.* 64: 479.
- Rutter, L. M. y J. G. Manns. 1988. Follicular phase gonadotropin secretion in cyclic postpartum beef cows with phlorizin-induced hypoglycemia. *J. Anim. Sci.* 66:1194.
- Rutter, L. M. y R. D. Randel. 1984. Postpartum nutrient intake and body condition: Effect on pituitary function and onset of estrus in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 58:265.
- Sánchez, C., A. Iturbide y O. Cordon. 1969. Caracteres reproductivos de un hato Brahman en Guatemala. *Rev. Fac. Med. Vet. y Zoot.* 2:43.
- Sánchez, G. J. A. 1975. Estimaciones sobre el Comportamiento Reproductivo del Ganado Indobrazil (*Bos indicus*) en Clima Tropical Húmedo. Tesis Profesional. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, N.L. México.
- Sánchez, P. 1981. Suelos del Trópico. Características y Manejo. Inst. Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (IICA). Costa Rica.
- Saraswat, R. C. y S. P. Arora. 1972. Effect of dietary zinc on the vitamin A level and alkaline phosphatase activity in blood sera of lambs. *Indian J. Anim. Sci.* 42:358.
- S.A.R.H. 1977. Estudio Agrológico Semidetallado de la Cuenca del Arroyo Ucum, Q. Roo. Subsecretaría de Planeación. Dirección Agrológica. Publ. No. 11. México.
- Scharp, D. W. 1979. Effect of adding superphosphate to the drinking water on the fertility of dairy cows. *Aust. Vet. J.* 55:240.
- Segerson, E. C. Jr., F. A. Murray, A. L. Moxon, D. R. Redman y H. R. Conrad. 1977. Selenium/Vitamin E: Role in fertilization of bovine ova. *J. Dairy Sci.* 60:1001.
- Segura, U. y O. L. Rodríguez. 1987. Efecto de diversos manejos de la lactación sobre la fertilidad de ganado cebú en trópico subhúmedo, con la utilización de inseminación artificial y monta natural. *Tec. Pec. Méx.* 25:61.
- Serrano, G., G. Sosa, J. E. Rodríguez y A. Fuentes. 1976. Fertilidad de un rebaño de vacas Holstein y Pardo Suizas en Venezuela. *A.L.P.A. Mem.* 11:64.

- Shirley, L. R. 1985. Water requirements of grazing ruminants and water as a source of minerals. In: L. R. McDowell (Ed.). Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. pp 37-57. Academic Press, Inc. U.S.A.
- Short, R. E. 1988. Efectos de la nutrición sobre el anestro postparto y la infertilidad del ganado productor de carne: Una revisión general. In: R. Herrera y M. García (Ed.) La Importancia de la Nutrición en la Reproducción de Bovinos. pp 24-40. Sem. Int. Centro de Ganadería. Chapingo, México.
- Short, R. E. y D. C. Adams. 1988. Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. Can. J. Anim. Sci. 62:29.
- Siebert, B. D., M. J. Playne y L. A. Edye. 1976. The effects of climate and nutrient supplementation on the fertility of heifers in north Queensland. Proc. Aust. Soc. Animal Prod. 11:249.
- Smith, B. 1975. The effects of copper supplementation on stock health and production. I. Field investigations into the effects of copper supplementation on stock health in dairy herds with a history of post-parturient haemoglobinuria. N. Z. Vet. J. 23:73.
- Smith, B y G. H. Moon. 1976. Hypocuprosis: The effect of administration of copper sulphate to cattle through the water supply. N. Z. Vet. J. 24:132.
- Snaydan, R. W. 1981. The ecology of grazed pastures. In: F.H.W. Morley (Ed.) Grazing Animals. pp 13-31. Elsevier Scientific Publishing Company, Netherlands.
- Sonawane, S. N. y S. P. Arora. 1976. Influence of zinc supplementation on rumen microbial protein synthesis in in vitro studies. Indian J. Anim. Sci. 46:13.
- Spitzer, J. C., G. D. Niswender, G. E. Seidel, Jr. y J. N. Wiltbank. 1978. Fertilization and blood levels of progesterone and LH in beef heifers on a restricted energy diet. J. Anim. Sci. 46:1071.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1985. Bioestadística. Principios y Procedimientos. 2a Ed. McGraw Hill. México, D. F.
- Tassell, R. 1967. The effects of diet on reproduction in pigs, sheep and cattle. VI: Cattle-protein, vitamins, minerals and other dietary substances. Br. Vet. J. 123:550.
- Tavera, G. 1985. Criterios para Interpretación y Aprovechamiento de los Reportes de Laboratorio para las Áreas de Asistencia Técnica. Publ. No. 3. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Delegación La Laguna, Coah. México.
- Tejada, I. y H. Merino. 1971. Composición química de rocas fosfóricas de México y su utilización como fuente de minerales en nutrición animal. Téc. Pec. Méx. 15-16:21.
- Thatcher, W. W., M. Drost y D. J. Putney. 1988. Mecanismos asociados con la sobrevivencia embrionaria en ganado;

- efectos del estrés térmico en sobrevivencia embrionaria y estrategias de manejo para mejorar las tasas de concepción. In: R. Herrera y M. García (Ed.) La Importancia de la Nutrición en la Reproducción de Bovinos. pp 1-6. Sem. Int. Centro de Ganadería. Chapingo, México.
- Theiler, A., H. H. Green y P. J. DuToit. 1924. Minimum mineral requirements in cattle. *J. Agric. Sci.* 27:291.
- Thompson, D. J. y T. López. 1978. Disponibilidad biológica de los macroelementos. In: L. R. McDowell y J. H. Conrad (Ed.) *Simp. Latinoamericano sobre Investigaciones en Nutrición Mineral de los Rumiantes en Pastoreo*. pp 146-155. Univ. de Florida. U.S.A.
- Turner, H. G. 1982. Genetic variation of rectal temperature in cows and its relationships to fertility. *Anim. Prod.* 35:401.
- Underwood, E. J. 1981. Los Minerales en la Alimentación del Ganado. Ed. Acribia. España.
- Valdivia, R., O. del Valle y M. Echevarría. 1974. Deficiencias de Minerales en la Alimentación del Ganado Bovino en la Zona de Pucallpa. Centro de Investigación. Inst. Vet. de Invest. Trop. y de Altura (IVITA). Dirección de Inv. Univ. Nal. Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Bolletín.
- Van Dyne, G. M., N. R. Brockington, Z. Szocs, J. Duek y C. A. Ribic. 1980. Large herbivore subsystems. In: A. J. Breymeyer y G. M. Van Dyne (Ed.) *Grasslands, Systems Analysis and Man.* p 333. Cambridge Univ. Press. Cambridge, Inglaterra.
- Van Soest, P. J., D. R. Mertens y B. Deinum. 1978. Preharvest factors influencing quality of conserved forages. *J. Anim. Sci.* 47:712.
- Velásquez, J. A. y A. Mata. 1979. Situación de la nutrición mineral en el estado de Monagas. *A.L.P.A. Mem.* 14:27.
- Voelker, H. H., N. A. Jorgensen, G. P. Mohanty y M. J. Owens. 1969. Effects of zinc supplementation to dairy cattle rations. *J. Dairy Sci.* 52:929 (Abstr.).
- Warren, W. C., J. C. Spitzer y G. L. Burns. 1988. Beef cow reproduction as affected by postpartum nutrition and temporary calf removal. *Theriogenology.* 29:997.
- Weaver, L. 1987. Effects of nutrition on reproduction in dairy cows. *Bov. Reprod.* 3:513
- Weeth, H. J. y J. E. Hunter. 1971. Drinking of sulfate water by cattle. *J. Anim. Sci.* 32:277.
- Wilson, J. G. 1966. Bovine functional infertility in Devon and Cornwall: Response to manganese therapy. *Vet. Res.* 79:562.
- Wiltbank, J. N., W. W. Rowden, J. E. Ingalls, K. E. Gregory y R. M. Kock. 1962. Effect of energy level on reproductive phenomena of mature Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 21:219.

- Wiltbank, J. N., W. W. Rowden, J. E. Ingalls y D. R. Zimmerman. 1964. Influence of post-partum energy level on reproductive performance of Hereford cows restricted on energy intake prior to calving. J. Anim. Sci. 23:1049.
- Wolf, L. K. y D. E. Monty. 1974. Physiologic response to intense summer heat and its effect on the estrous cycle of nonlactating and lactating Holstein Friesian cows in Arizona. Am. J. Vet. Res. 35:187.
- Wright, I. A., S. M. Rhind, A. J. F. Russel, T. K. Whyte, A. J. McBean y S. R. McMillen. 1987. Effects of body condition, food intake and temporary calf separation on the duration of the post-partum anoestrous period and associated LH, FSH and prolactin concentrations in beef cows. Anim. Prod. 45:395.
- Zapata, O., R. Rubio y H. Anaya. 1978. Respuesta productiva y reproductiva del ganado lechero al uso de un polifosfato. A.L.P.A. Mem. 13:46.
- Zimmerman, D. R., H. G. Spies, H. L. Self y L. E. Casida. 1960. Ovulation rate in swine as affected by increased energy intake just prior to ovulation. J. Anim. Sci. 19:295.

