

01673  
5  
2ej-



**Universidad Nacional Autónoma de México**

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia  
División de Estudios de Posgrado

**EFEECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL PREPARTO SOBRE  
EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO Y PRODUCTIVO  
POSPARTO EN VACAS HOLSTEIN X CEBU  
EN EL TROPICO HUMEDO**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**T E S I S**

Que para obtener el grado de:  
**MAESTRO EN PRODUCCION ANIMAL**  
( Reproducción Animal )

P r e s e n t a :

**Manuel Dionisio Corro Morales**

Asesores: M.V.Z. M.P.A. Héctor Basurto C.  
M.V.Z. M.C. Fernando Livas C.  
M.V.Z. M.P.A. Antonio Porras A.





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

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

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

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

# CONTENIDO

I- INTRODUCCION .....	1
1.1 HIPOTESIS .....	3
1.2 OBJETIVOS .....	3
II.-REVISION DE LITERATURA .....	4
2.1 EFECTO DE LA NUTRICION EN LA REPRODUCCION .....	4
2.2 EFECTO DE LOS MINERALES EN LA REPRODUCCION .....	6
2.3 EFICIENCIA REPRODUCTIVA .....	10
III.- MATERIAL Y METODOS .....	13
3.1 LOCALIZACION .....	13
3.2 ANIMALES EXPERIMENTALES .....	13
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	13
3.4 ANALISIS ESTADISTICO .....	15
IV.- RESULTADOS .....	16
4.1 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL PREPARTO SOBRE LOS VALORES SERICOS DE MINERALES .....	16
4.2 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO .....	18
4.3 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL PREPARTO SOBRE LOS CAMBIOS DE PESO CORPORAL PREPARTO Y POSPARTO .....	20
4.4 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL SOBRE LA PRODUCCION LACTEA .....	22
V.- DISCUSION .....	23

5.1 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL PREPARTO SOBRE LOS NIVELES SERICOS DE FOSFORO Y MAGNESIO .....	23
5.2 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL PREPARTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO .....	25
5.3 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL PREPARTO SOBRE LOS CAMBIOS DE PESO CORPORAL.....	28
5.4 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL PREPARTO SOBRE LA PRODUCCIÓN LACTEA.....	31
5.5 CONCLUSIONES .....	32
VI.- LITERATURA CITADA .....	33

## LISTA DE CUADROS

<u>CUADRO</u>		<u>PAGINA</u>
1	Niveles séricos de fósforo durante el parto y posparto en vacas .....	40
2	Niveles séricos de magnesio durante el parto posparto en vacas.....	41
3	Niveles séricos de minerales en vacas durante diferentes eventos reproductivos.....	42
4	Efecto de la suplementación mineral parto sobre la involución uterina en vacas de diferente genotipo.....	43
5	Efecto de la suplementación mineral sobre el intervalo del parto al primer servicio posparto en vacas de diferente genotipo .....	44
6	Efecto de la suplementación mineral sobre el intervalo del parto a la concepción en vacas de diferente genotipo.....	45
7	Efecto de la suplementación mineral sobre los días en servicio en vacas de diferente genotipo.....	46
8	Efecto de la suplementación mineral sobre el número de servicios por concepción en vacas de diferente genotipo.....	47
9	Efecto de la suplementación mineral sobre la producción total de leche en vacas de diferente genotipo.....	48
10	Coefficientes de correlación entre la producción de leche acumulada a diferentes periodos de lactancia y los parámetros reproductivos .....	49

## LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>		<u>PAGINA</u>
1	Porcentaje acumulado de vacas con y sin suplementación mineral que completaron su involución uterina.....	50
2	Porcentaje acumulado de vacas con y sin suplementación mineral que presentaron su primer calor posparto.....	51
3	Cambios de peso corporal durante el parto y posparto en vacas suplementadas antes del parto.....	52
4	Cambios de peso corporal posparto en vacas de diferente genotipo durante los periodos parto y posparto.....	53
5	Variación del peso corporal posparto en vacas de diferente número de parto durante los periodos parto y posparto.....	54
6	Cambios de peso corporal durante diferentes eventos reproductivos en vacas suplementadas en el parto ...	55
7	Curva de producción de leche durante la lactancia en vacas suplementadas en el parto.....	56

## RESUMEN

**Corro Morales Manuel Dionisio.** Efecto de la suplementación mineral preparto sobre el comportamiento reproductivo y productivo posparto en vacas Holstein x Cebú en el trópico húmedo de México ( Bajo la dirección de los M.V.Z. Héctor Basurto C., Fernando Livas C. y Antonio Porras A.)

Se evaluó el efecto de la suplementación mineral preparto sobre el comportamiento reproductivo y productivo posparto, en 56 vacas de la craza Holstein x Cebú de un hato de producción de doble propósito, en clima Af (m) "w" (e). Se formaron dos grupos al azar, el grupo suplementado con 26 vacas y el grupo testigo sin suplementación con 29. El suplemento mineral se ofreció desde dos meses antes del parto, y al parto todas recibieron la suplementación mineral a libre acceso durante todo el periodo de lactancia. Los animales fueron pesados una vez por semana desde dos meses antes del parto hasta la siguiente concepción posparto. Al mismo tiempo se obtuvieron muestras sanguíneas cada 15 días para evaluar los niveles séricos de Fósforo y Magnesio por técnicas colorimétricas. Se realizaron exámenes ginecológicos a partir del día 15 posparto por palpación rectal para determinar los cambios en la involución uterina y el reinicio de la actividad ovárica así como la eficiencia reproductiva posparto, las cuales fueron evaluadas a través de la presentación del primer servicio posparto, intervalo del parto a la concepción, días en servicio y servicios por concepción. La detección de estros se realizó dos veces / día por un periodo de dos horas en cada vez. Se midió la producción diaria de leche durante toda la lactancia. Los niveles séricos de fósforo durante el preparto fueron diferentes ( $P < 0.01$ ) para el grupo suplementado y no suplementado ( $6.76 \pm 0.18$  mg / 100 ml y  $6.09 \pm 0.5$  mg / 100 ml respectivamente). No se encontraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) en los valores de Magnesio, para el grupo suplementado y no suplementado ( $1.94 \pm 0.61$  y  $1.82 \pm 0.62$  mg / 100 ml respectivamente), así como tampoco entre genotipos y número de parto ( $P > 0.05$ .) Durante el periodo posparto el nivel sérico de P fue significativamente superior ( $P < 0.02$ ) en el grupo suplementado ( $7.14 \pm 1.29$  mg / 100 ml), que en el testigo ( $5.54 \pm 0.27$  mg / 100 ml). El nivel sérico de Mg durante el posparto no tuvo cambios significativos ( $P > 0.05$ ). Sin embargo los valores estuvieron dentro del rango normal. Se encontraron efectos significativos ( $P < 0.001$ ) de la suplementación mineral sobre la involución uterina, la cual ocurrió 6.8 días antes en el grupo suplementado. No se encontraron efectos significativos en los intervalos del parto a primer servicio entre ambos grupos ( $166.8 \pm 85.8$  y  $155.5 \pm 79.6$  días respectivamente), días a concepción ( $211.7 \pm 100.7$  días y  $173.8 \pm 77.8$  días para el grupo suplementado y no suplementado respectivamente) y servicios por concepción ( $1.69 \pm 0.78$  y  $1.47 \pm 0.63$  spc respectivamente), sin embargo los días en servicio, fueron diferentes estadísticamente por efecto del tratamiento ( $P < 0.05$ ) y del genotipo ( $P < 0.01$ ). La ganancia de peso durante el periodo preparto, no fue diferente entre ambos grupos ( $P > 0.05$ ). Por el contrario el genotipo y número de parto tuvieron efectos significativos ( $P < 0.01$ ) sobre dicha variable.

Se encontraron diferencias estadísticas en la producción láctea por efecto del genotipo ( $P < 0.01$ ), pero no por tratamiento ( $P > 0.05$ ). Se concluye que la suplementación mineral preparto afectó los niveles séricos de Mg y P durante el periodo posparto. Sin embargo, aunque existieron efectos favorables sobre la involución uterina, la suplementación mineral por sí sola no es capaz de mejorar el reinicio de la actividad ovárica, ni los cambios de peso corporal y la producción láctea. Y algunos factores como el genotipo de las vacas podrían afectar el comportamiento reproductivo y productivo posparto.

# I.- INTRODUCCION

La eficiencia reproductiva constituye un elemento *fundamental*, tanto en la producción tropical como en las zonas templadas (Payne 1973). Para que exista una eficiencia reproductiva adecuada dentro de una explotación, es necesario que los demás componentes del proceso de producción, *mantengan* un equilibrio adecuado, en caso contrario el sistema de producción resulta ineficiente o poco productivo (Aluja 1984). De esta forma, cualquier cambio en la nutrición de los bovinos, tanto la carencia como el exceso, *influyen directamente* sobre su capacidad productiva y reproductiva.

Los nutrimentos que determinan una condición física y productiva adecuada en los bovinos, son: *energía, proteínas, minerales y vitaminas* (Zintzen 1972, Morrow 1980, Weaver 1987, Swason 1989). Sin embargo, el contenido de tales elementos en las dietas disponibles en las zonas tropicales muestran una gran variabilidad, que repercute en la eficiencia reproductiva, cuando se evalúa por el tiempo al reinicio de la actividad ovárica posparto, intervalos entre partos, servicios por concepción y edad a la pubertad y primer parto (Taylor y Chaves 1990). Aunque la carencia de energía en la dieta de los bovinos tiene efectos adversos en la reproducción, la deficiencia de otros nutrimentos específicos, particularmente minerales, han mostrado efectos *detrimentales* en la fertilidad del ganado. Dentro de ellos se incluyen al calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg). Los cuales tienen una relación muy estrecha, principalmente por ser componentes estructurales del hueso, además de participar en diferentes procesos metabólicos importantes, como *contracción muscular, absorción de carbohidratos en el intestino y transferencia de energía a nivel celular* entre otras funciones (Jacobson y col. 1977, Miller 1981). Debido a esto, la carencia de alguno de estos elementos en la dieta traerá como consecuencia un *desbalance* en el metabolismo que a su vez se verá reflejado en la productividad de los animales.

Por otro lado, la principal fuente de minerales en los bovinos mantenidos en condiciones extensivas en zonas tropicales, son los forrajes. Sin embargo, bajo tales circunstancias la carencia de minerales en la dieta es una de las causas de baja eficiencia reproductiva en las explotaciones, ya que no proporcionan las cantidades necesarias (McDowell y col 1984). Las características del suelo en las zonas tropicales, en su mayor parte contienen elementos como el aluminio que fijan los minerales y afectan su absorción por las plantas; además de otros factores como pH del suelo, estado de madurez de la planta y la época del año (Miles y McDowell 1983).

Las deficiencias de P se manifiestan como *anestros, bajos índices de concepción, abortos, mortalidad en becerros entre el nacimiento y el destete, pérdidas de peso, menor producción láctea* (McDowell y col. 1984). Por otra parte, las demandas de P varían en las diferentes etapas reproductivas. Así, durante el último tercio de la gestación las demandas de minerales son mayores

que en otras fases del proceso reproductivo, ya que el 75% del P y Mg de un becerro recién nacido se deposita en los dos últimos meses de la gestación (NRC 1978). Una baja disponibilidad de minerales en la dieta durante el parto, en la vaca causará un desbalance en la concentración de minerales al proporcionar los elementos necesarios para el feto a costa de sus reservas corporales. Como consecuencia disminuirá la ganancia de peso en este periodo, y en consecuencia una mala condición corporal al momento del parto, que a su vez repercute sobre la eficiencia productiva y reproductiva posparto. Aunque es bien conocido el efecto nocivo causado por la carencia de minerales en la producción, no es fácil proporcionar los suplementos minerales adecuados para los animales en pastoreo. Entre los métodos indirectos para suministrar estos elementos es a través del uso de fertilizantes que contengan minerales, alteración del pH en el suelo y el cultivo de ciertas especies de pastos. Sin embargo, a menos que las condiciones climáticas sean favorables, y que se produzca un aumento manifiesto en la producción de forrajes que pueda ser aprovechado por el ganado en pastoreo, el empleo de fertilizantes, desde el punto de vista económico resulta prohibitivo. Los métodos que resultan más económicos para suministrar minerales, son aquellos que consisten en su administración directa, y sobre todo que el animal tenga libertad para ingerir los suplementos durante todo el año (McDowell y col. 1984). Sin embargo, los costos de una fórmula mineral con elevada biodisponibilidad ( $\geq 90\%$ ) de los elementos, son altos.

Por otro parte la información de la literatura sobre la relación entre los minerales y la reproducción, en su mayor parte ha sido enfocada a los reportes de casos y observaciones clínicas, sin embargo existen pocos experimentos controlados que expliquen tales relaciones (Morrow 1980, Pugh y col. 1985). Por tanto deben buscarse alternativas que se apliquen durante los periodos críticos del ciclo reproductivo que aseguren un incremento en su eficiencia (Maas 1987).

Con base en lo anterior, se eligió realizar el presente estudio para evaluar el efecto de la suplementación de algunos minerales importantes (P y Mg) durante el periodo parto, y evaluar su efecto sobre la eficiencia reproductiva y productiva posparto, en un lote de vacas de la craza Holstein x Cebú bajo un sistema de producción de doble propósito.

## **1.1 HIPOTESIS**

La suplementación mineral antes del parto en vacas Holstein x Cebú mantenidas en pastoreo permite que retornen a la actividad ovárica posparto más rápidamente, la pérdida de peso corporal será menor y la producción láctea mayor, que las vacas que no recibían la suplementación mineral preparto.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 GENERAL**

Evaluar la eficiencia reproductiva y productiva posparto en vacas de la cruce Holstein por cebú en pastoreo, suplementadas con una mezcla mineral durante el periodo preparto.

### **1.2.2 ESPECIFICOS**

- A.- Evaluar el efecto de la suplementación mineral preparto sobre los niveles séricos de fósforo y magnesio desde 2 meses antes del parto hasta la siguiente concepción posparto.
- B.- Determinar las variables de eficiencia reproductiva posparto: involución uterina (IU), Intervalo parto-primer servicio (IPS), parto-concepción (IPC), servicios por concepción (SPC), Dias en servicio (DSERV) en las vacas con y sin suplementación mineral preparto.
- C.- Evaluar los cambios de peso corporal durante los periodos preparto y posparto, influenciados por la suplementación mineral.
- D.- Determinar la relación entre los niveles séricos de fósforo y magnesio con la actividad reproductiva y producción de leche, en las vacas con y sin suplementación mineral.

## II.- REVISION DE LITERATURA

### 2.1 EFECTO DE LA NUTRICION EN LA REPRODUCCION

La reproducción es el resultado de una serie de eventos fisiológicos que se suceden a lo largo de la vida del animal. Estos eventos están influenciados por diversos factores, en donde el ambiente representa el 80% de la variación y de estos el 50% esta determinado por el aporte de nutrimentos (Taylor y Chaves 1990, Lotthammer 1991). En condiciones donde la cantidad y calidad del alimento disponible no varía a lo largo del año, los problemas reproductivos que se puedan presentar son esporádicos. Sin embargo, en las condiciones de explotación extensivas tales como del trópico, las fluctuaciones en la disponibilidad y calidad de los nutrimentos son frecuentes, y en consecuencia existen alteraciones en la eficiencia reproductiva (Taylor y Chaves 1990).

Una nutrición adecuada en las vacas de producción, debe asegurar los siguientes eventos reproductivos: concepción y mantenimiento de la gestación, para producir un becerro vivo, al parto, así como su desarrollo adecuado hasta el destete, y además lograr la concepción en un corto tiempo después del parto (Maas 1987).

Los efectos de la nutrición sobre la reproducción han sido evaluados a través de la respuesta del animal a una oferta o carencia de energía, proteínas, minerales o vitaminas en la dieta. Los cuales variaran dependiendo del estado reproductivo en el cual se encuentre la hembra y el tiempo en que se prolongue la carencia (Zintzen H. 1972). Con esta variabilidad, ha sido difícil la evaluación de los efectos de la nutrición en la reproducción. El principal obstáculo en estas interpretaciones es la determinación del estado nutricional de la vaca. Para tal efecto, se ha utilizado como herramientas, los cambios de peso corporal y la estimación de la condición corporal (Maas 1987, Weaver 1987). Sin embargo tales parámetros pueden resultar de poca precisión ya que representan cambios ocurridos en periodos largos, mientras que la mayoría de los eventos reproductivos (ovulación, fertilización e implantación) ocurren en periodos cortos (Taylor y Chaves, 1990).

Un adecuado consumo de energía en el periodo preparto es necesario para asegurar el crecimiento normal del feto, la sobrevivencia y crecimiento del becerro y una buena eficiencia reproductiva posparto ( Maas 1987). Por tanto es importante que la hembra siempre se encuentre en un balance energético positivo aún antes del parto o del periodo seco (Lotthammer 1991)

El reinicio de la actividad ovárica y la involución uterina coincide con la máxima producción de leche (Villa-Godoy y col. 1988, Buttler and Smith 1989, Lotthammer 1991), en donde la vaca ante un déficit de nutrimentos (energía, proteínas y minerales) en la dieta, promueve los mecanismos

enzimáticos de la gluconeogenesis para utilizar las reservas corporales y suplir las deficiencias. Esta movilización puede ocasionar que la vaca sea más susceptible a desordenes metabólicos y en consecuencia pierda peso corporal y disminuye su eficiencia reproductiva (Zintzen 1972, Serjrsen and Sorensen 1982, Weaver 1987). Sin embargo, esto puede minimizarse cuando se corrige la alimentación (Zintzen H. 1972). Los problemas reproductivos manifestados como estros silenciosos, anestro, ovulación retardada o quistes foliculares son comunes ante un balance energético negativo. Por otra parte, la deficiencia de energía causa pérdidas de peso o disminución en la condición corporal, las cuales están correlacionadas negativamente con la fertilidad ( Oxenreinder and Wagner 1971).

Al respecto, Richards y col. (1986) mencionan que la condición corporal al parto es el factor mas importante, que influye en el reinicio de la actividad ovárica posparto. No obstante, parece ser que el estado nutricional antes del parto es más importante que durante el periodo posparto. Ya que se ha medido la relación entre la suplementación en el parto y los parámetros reproductivos posparto. Por ejemplo, Peters y Riley (1982), obtuvieron mejor eficiencia reproductiva posparto, en las vacas que llegan al parto con un peso y condición corporal adecuadas, que tratar de mejorar la condición corporal durante el posparto.

## **2.2 EFECTO DE LOS MINERALES EN LA REPRODUCCION**

Los desbalances de minerales (deficiencias o excesos) en suelos o forrajes, han sido considerados como los responsables entre otras causas de la baja producción y problemas reproductivos de los rumiantes en pastoreo en las zonas tropicales ( McDowell y col. 1984, Miles and McDowell 1983, McDowell y col. 1986).

Los minerales son requeridos dentro del proceso reproductivo, debido a su participación dentro del metabolismo. Sin embargo, la necesidad de un mineral puede cambiar durante las diferentes etapas del ciclo reproductivo (Hurley and Doane 1989). Cuando no se cubren las necesidades mínimas del animal, el comportamiento reproductivo se verá afectado antes que se manifestarse los signos clínicos de la deficiencia y generalmente cuando disminuye el consumo de alimento en forma secundaria existe un decremento en la ingestión de los minerales (Pugh y col. 1985).

Los minerales se han clasificado de acuerdo a las cantidades necesarias de los animales. Los llamados macrominerales: fósforo (P), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), que deben estar presentes en la dieta de los animales en cantidades que varían de 0.2% a 0.7% ; al contrario los elementos traza o microelementos como el Selenio (Se), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Cobalto (Co), Yodo(I) y el Zinc (Zn), de los cuales se requieren cantidades mínimas del orden de 0.5 a 50 ppm (NRC 1978). Se han demostrado que los minerales, principalmente Ca, P y Mg tienen una estrecha relación estrecha con los procesos reproductivos son el (Pugh y col 1985).

### **2.2.1 Calcio y Fósforo**

El nivel de Ca y P en la sangre son regulados por las hormonas paratiroides, calcitonina y la vitamina D. Las reacciones del metabolismo del Ca son más rápidas (absorción y excreción) que para el P, debido a que el nivel de Ca está relacionado con una homeostasis más estricta (Hors 1986); razón por la cual el perfil de Ca no se usa comúnmente como un estimador del aporte real de la ración. En cambio, el P sanguíneo sufre mayores variaciones y tiene una relación más estrecha con la cantidad ingerida en la dieta (Lotthammer 1988).

El Ca es el elemento mineral que se encuentra en mayor cantidad en el organismo y participa en una diversidad de funciones esenciales, principalmente como componente estructural del hueso; además es pieza clave en funciones metabólicas como: coagulación de la sangre, contracción muscular, transmisión del impulso nervioso y secreción de leche ( Campbell 1983, Littledike and Goff 1987, Hurley and Doane 1989).

Los cambios en las concentraciones de Ca pueden originar alteraciones en la función reproductiva, que se traducen en bajos índices reproductivos; por ejemplo, una reducción en el Ca sanguíneo puede demorar la involución uterina e incrementar la incidencia de distocias, retención placentaria y prolapsos uterinos (Morrow 1980). Lotthammer (1988) coincide con lo anterior y además menciona que si la relación de Ca : P es muy estrecha existe un retraso en la involución uterina y en el reinicio de la actividad ovárica posparto. Por otra parte un exceso de Ca puede causar una deficiencia de P, Mg, Zn, Cu y otros microelementos, por inhibir su absorción en el intestino (Hurley and Doane 1989). Zintzen (1972) encontró que cuando se combina un exceso de Ca con una baja ingestión de P se disminuye el aprovechamiento de los alimentos y puede causar desordenes en el metabolismo mineral, como raquitismo, osteomalacia e hipomagnesemia. Bonomi y col.(1988) en vacas productoras de carne encontraron que una baja relación Ca : P en la dieta , provocó una deficiencia de Zn, disminución en la producción láctea y una baja eficiencia reproductiva.

El P participa en la absorción de los carbohidratos en la mucosa intestinal mediante compuestos fosforilados; es componente estructural del trifosfato de adenosina (ATP) y forma parte de los ácidos nucleicos (Campbell 1983, Hurley and Doane 1989). A nivel ruminal el P participa en el mantenimiento de la actividad microbiana. De ahí que, los rumiantes deban cubrir dos tipos de necesidades: uno para el animal mismo y otro para los microorganismos del rumen (Ammerman and Goodrich 1983, Hurley and Doane 1989). De esta manera, se ha estimado que un aporte adecuado de P entre 10 - 12 g por día, mejora la digestibilidad de la fibra (Bass y col. 1981)

Por otro lado, las alteraciones en la concentración del P en el suero se han asociado con anomalías reproductivas. Por ejemplo, los signos clásicos de deficiencia incluyen bajos índices de concepción, anestro, disminución de la actividad ovárica y aumento en la incidencia de folículos císticos (Morrow 1969, Morrow 1980, McDowell y col. 1984, Pugh y col. 1985).

El estado mineral en los rumiantes pueden determinarse a través del estudio del suero o plasma sanguíneo, y los valores fuera del rango normal pueden ser indicativas pero no concluyentes del exceso o deficiencia de un mineral en particular (McDowell y col. 1986). Así mismo las concentraciones séricas de minerales pueden alterarse por diversas circunstancias como la hora del muestreo, el estado fisiológico de los animales y el tiempo que se tarda en analizar la muestra de sangre. Sin embargo, la determinación de las concentraciones séricas por las facilidades en la colección y manejo de las muestras, sigue siendo la técnica de elección (Foray y col. 1982).

Por otra parte, los niveles sanguíneos de minerales han sido estudiados en diferentes genotipos bajo diferentes sistemas de manejo, y condiciones climáticas, con la finalidad de relacionarlos con el estado fisiológico y nivel de producción. Así, Wilson y col. (1978) midieron en ganado Holstein, bajo condiciones intensivas de manejo, los niveles de Ca, P, y Mg al final de la gestación y encontraron valores promedio de 8.8, 3.43 y 1.64 mg / 100 ml respectivamente. También determinaron que al final de la gestación ocurre una hipocalcemia, hipofosfatemia e hipermagnesemia. Resultados similares fueron encontrados por Barton y col. (1981), en vacas adultas de razas lecheras, y concluyen que al momento del parto presentan hipocalcemia, hipofosfatemia e hipermagnesemia; y que la suplementación en el parto con P no modificó los niveles de Ca y Mg, pero si los niveles de P.

Otros autores como Pedrosa y col. (1986) estudiaron diferentes hatos productores de leche con cruza de Holstein x Cebú y Pardo suizo x cebú por 2 años en zonas tropicales en pastoreo, para determinar los valores de Ca, P, Cu, Zn, Fe, Na, K, y encontraron una interacción entre época del año y estado fisiológico para Ca, P y Fe; e interacción de época por hato para P, Cu y Fe; Los valores de Mg variaron de acuerdo con la época del año, y solo el P varió con el estado reproductivo. Los valores más altos fueron al inicio de la gestación y los más bajos al final de la gestación y posparto temprano.

También Agnes y Tozzi (1988), evaluaron los niveles de macro y microminerales durante la preñez y lactación en vacas lecheras bajo condiciones templadas, y encontraron que el P decrece al parto y se incrementa durante la lactancia; el Mg y Ca variaron de acuerdo a los diferentes estados fisiológicos.

Por otra parte, Morrow (1969) al relacionar los niveles de fósforo con el comportamiento reproductivo, en vaquillas de razas lecheras, encontró que cuando los niveles de P son bajos (3.9 mg / 100 ml) las vaquillas acumularon 2.8 servicios por concepción, mientras que aquellas con niveles más altos (6.6 mg / 100 ml) requirieron 1.3 de servicios por concepción. De igual forma, Gonzalez y col. (1984), en novillonas cruzadas (Holstein x Cebú y Pardo suizo x cebú) bajo condiciones tropicales, al tratar de relacionar los niveles de minerales (P, Na, K, Mg, Cu y Zn) con el estado reproductivo, solo encontraron que el Cu estuvo relacionado con la presencia de anestro o ciclicidad. Así los valores altos fueron para las novillonas ciclando y valores bajos para las novillonas en anestro. En forma similar, Jaskowski (1986), determinó los niveles de Cu, Mg, y P en sangre de vacas lecheras, desde 3 semanas antes del parto y hasta 30 días posparto. Todos los minerales se mantuvieron normales a excepción del P, en donde valores por abajo de 1.4 Mmol / litro estuvieron asociados con bajos índices reproductivos e infertilidad.

Por otro lado, Feyter y col. (1986) relacionaron los niveles de Mg sérico en vacas lecheras, con factores como el suelo, el tipo de pasto y el manejo. Y encontraron que las concentraciones de Mg

decrecen cuando aumenta la edad de la vaca, y se incrementan los valores cuando se mejora la condición física o se adiciona Mg en la dieta.

Carstairs y col. (1980) evaluaron la combinación de suplementación energética y mineral en ganado de carne, combinando 2 niveles de P con dos niveles de energía, y no encontraron ninguna diferencia entre días abiertos (rango de 114 a 126.6 días) y servicios por concepción (rango 2.2 a 2.6). Sin embargo las vacas suplementadas con fósforo tuvieron valores séricos más altos que aquellas que no recibieron la suplementación.

Hurley (1980) en novillonas de razas lecheras evaluó la influencia del nivel de suplementación con P sobre niveles de hormonas reproductivas, comportamiento durante el estro y niveles séricos de P inorgánico y Ca. Aunque, no encontró diferencias significativas entre los niveles hormonales (Estradiol, progesterona y hormona luteinizante) por efecto de la suplementación; si encontró diferencias en los valores séricos de P y Ca en los animales suplementados, desde 24 Hr antes hasta 96 Hr después de aplicar P<sub>gF2</sub> para la sincronización del estro. Otros autores, como Call y col. (1987), evaluando el efecto de suplementación con 3 niveles de P sobre el comportamiento reproductivo en vacas Holstein durante el parto, encontraron que las vacas que recibieron un aporte bajo de P (60% de las recomendaciones del NRC) perdieron más peso, produjeron menos leche y su comportamiento reproductivo fue mejor. No obstante, ellos llegaron a la conclusión de que la deficiencia de P per se no afectó el comportamiento reproductivo a menos que exista una carencia de energía.

El efecto de la suplementación mineral también ha sido evaluada en épocas críticas del ciclo reproductivo como lo es el parto y el periodo de empadre. Así, Doyle y col. (1988) suplementaron vacas productoras de carne en pastoreo desde 25 días antes del parto hasta el final de la época de empadre, y encontraron que las vacas suplementadas con P, P y Zn y Cu con Mn tuvieron menos días abiertos que las no suplementadas. Sisneros y Col. (1989) no encontraron diferencias en los porcentajes de gestación en vacas Bos indicus x Bos taurus con cría al pie, suplementadas desde el parto hasta el final de la época de empadre.

En otro experimento, realizado por López y col. (1989) bajo condiciones de trópico húmedo, encontraron que la suplementación mineral por periodos de 30 a 60 días antes de la época de empadre a vacas Bos indicus x B. taurus, mejora la tasa de concepción a primer servicio e incrementa los niveles de progesterona.

El efecto de la suplementación mineral también ha sido evaluada por su efecto sobre las crías de las vacas suplementadas, y se ha encontrado que los becerros fueron más pesados si sus

madres habían sido suplementadas antes del parto, además las vacas tuvieron un mayor peso y producción de leche que aquellas vacas testigo (Kondratenko, 1988).

En general, los resultados obtenidos han mostrado los beneficios de la suplementación mineral, sin embargo existen pocos experimentos controlados que expliquen las relaciones entre los minerales y la reproducción. Por tanto deben buscarse alternativas que se apliquen durante los periodos críticos del ciclo reproductivo que aseguren un incremento en su eficiencia (Maas 1987).

## 2.3 EFICIENCIA REPRODUCTIVA

La reproducción es un factor determinante en la eficiencia productiva tanto de las explotaciones con ganado productor de carne como de leche. La eficiencia reproductiva puede ser descrita como una medida de la habilidad de la vaca para quedar preñada y producir una cría viva. (Peters and Ball 1987, Zemjanis 1978). Desde el punto de vista biológico el índice de partos es la medida más apropiada de la fertilidad; sin embargo, el intervalo entre partos (IEP) es considerado como la mejor medida de la fertilidad desde el punto de vista económico (Zemjanis 1978, Payne 1973, Rice 1980, Peters 1984, Rivera y col. 1989). No obstante, el IEP es un parámetro medible a largo plazo, y por esa razón su determinación resulta inútil cuando se trata de determinar las fallas reproductivas o del manejo que ocasionan infertilidad.

Para lograr una eficiencia reproductiva óptima es necesario que las vacas queden gestantes en un plazo no mayor de 90 días posparto, de tal forma que sea posible obtener un IEP de 365 días, el cual se ha considerado como óptimo desde el punto de vista económico (Whitmore 1980, Peters y Ball 1987). Sin embargo estos parámetros pueden ser afectados por diversos factores como el clima (temperatura y humedad), genotipo (Bos indicus ó Bos taurus), objetivo zootécnico (producción de: carne, leche ó doble propósito), peso corporal, la nutrición (calidad y disponibilidad de forraje), manejo de la lactancia (efecto del amamantamiento directo) y época del año en que se presenta el parto (Peters y Riley 1982, Galina y Arthur 1989a, Rivera y col. 1989).

De acuerdo con lo anterior, se ha considerado que el ganado bovino mantenido bajo condiciones tropicales tiene una eficiencia reproductiva más pobre que el ganado de clima templado, expresado en términos del reinicio de la actividad ovárica posparto, medida a través de los intervalos del parto al primer calor posparto, entre partos, concepción y porcentaje de fertilidad. (Galina y Arthur 1989b). Así, Anta y col. (1989) observaron que las vacas que se encuentran en climas tropicales presentaron su primer calor posparto a los 78 días, mientras que las vacas de las zonas templadas lograron su primer calor a los 46 días posparto.

De igual forma, Berndtson and Pickett (1980) mencionan que las vacas que se encuentran produciendo leche bajo condiciones intensivas presentan su primer calor a los 20 - 30 días posparto, mientras que en el ganado especializado en la producción de carne esto ocurre después de los 85 - 90 días. Estas diferencias indican que el reinicio de la actividad ovárica posparto ocurre más tarde en las vacas de la zona tropical y en el ganado productor de carne.

Así mismo, se ha establecido que el estímulo del amamantamiento frecuente o intenso demora la manifestación natural del ritmo neuroendocrino que controla el factor hipotálamico responsable de la liberación de las gonadotropinas (GnRh), y como consecuencia se incrementa el intervalo del parto al primer estro posparto, de tal forma que cuando esta inhibición decrece ( por remoción temporal o definitiva del becerro) se elevan los niveles plasmáticos de GnRh y por tanto de gonadotropinas, lo que conduce a la reanudación de la actividad ovárica (Peters 1984, Peters y Riley 1982, Escobar y col. 1984).

Las diferencias encontradas en el comportamiento reproductivo por efecto del genotipo están determinadas en parte por las condiciones climáticas a donde se encuentren los animales, de tal manera que aquellas del tipo europeo ( B. taurus) tienen un mejor comportamiento reproductivo que las vacas del genotipo Bos indicus, cuando las primeras se encuentran en condiciones templadas. Sin embargo, las vacas B. taurus mantenidas en clima tropical tienen una vida productiva más corta, debido principalmente a una alta infertilidad y mortalidad (Galina y Arthur 1989a).

Para mejorar la expresión del potencial productivo y reproductivo del ganado de las zonas tropicales, se ha recurrido al cruzamiento de las dos especies mencionadas. No obstante los resultados en eficiencia reproductiva han sido variables. Al respecto, Martínez (1979), en un estudio con vacas Holstein puras y de la cruce F1 (Holstein x Cebú) mantenidas en clima tropical, no encontró diferencias en la presentación del primer calor posparto, siendo los valores de  $27.1 \pm 2.91$  y  $25.8 \pm 2.06$  días respectivamente. En otro estudio Derez y col. (1987) trabajando con el mismo tipo de vacas (Holstein x Cebú) bajo condiciones similares, encontró que los días abiertos variaron entre 48.7 y 74.6 días, dependiendo el peso corporal de las vacas.

En otro estudio realizado en condiciones tropicales, Escobar y col. (1984) compararon ganado cebú, criollo y F1 (Holstein x Cebú) con diferentes sistemas de crianza del becerro, encontraron que las vacas cebú aún sin la cría al pie tuvieron un mayor número de días abiertos ( $118.7 \pm 43.9$  días) que las vacas criollas y F1,  $79.6 \pm 32.8$  y  $106.7 \pm 32.8$  días respectivamente. Bajo similares condiciones climáticas, Fallas (1987) estudió el comportamiento reproductivo de vacas Holstein x Cebú bajo diferentes tipos de pasto y sistema de crianza de becerros y encontró un mejor comportamiento reproductivo en términos de días abiertos, en las vacas que estuvieron en pastos nativos y sin cría al pie.

La información existente sobre el comportamiento reproductivo de las vacas mantenidas en climas tropicales es amplia, no obstante, no queda claro aun las relaciones entre nutrición, cambios de peso posparto y nivel de producción de leche.

## III.- MATERIAL Y METODOS

### 3.1 LOCALIZACION

El estudio se realizó en el Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical (CIEEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada en el Municipio de Tlapacoyan, Ver., a 20° 4' de latitud norte, 97° 3' de longitud oeste. La altitud sobre el nivel del mar es de 151 m, con una precipitación pluvial de  $1980.7 \pm 431.5$  mm por año. La clasificación climática corresponde al tipo Af (m) "w" (e) cálido húmedo con lluvias todo el año. En esta área se han determinado tres épocas durante el año de acuerdo al balance hídrico mensual, siendo estas las siguientes: a) periodo con balance hídrico creciente y con altas temperaturas (meses de julio a octubre), b) periodo con balance hídrico creciente y temperaturas decrecientes (noviembre- febrero) y c) periodo con balance hídrico decreciente y con temperaturas crecientes (marzo- junio). (CIEEGT 1986).

### 3.2 ANIMALES EXPERIMENTALES

El presente trabajo tuvo una duración de doce meses, y se utilizaron 55 vacas de la craza Holstein x Cebú, de las cuales 38 fueron vacas F1 y 17 3/4 Holstein 1/4 cebú. 8 vacas fueron de primer parto, 16 de segundo, 14 de tercero y 17 de más de tres partos. Todas las vacas ingresaron al estudio a partir del 7° mes de gestación, al secado de la siguiente lactancia. Durante todo el experimento los animales pastorearon rotacionalmente en potreros establecidos con pasto Estrella santo domingo (*Cynodon nlefuensis*) con una carga de 2.5 U.A./Ha.

Después del parto, los primeros 5 días las vacas permanecieron con sus crías, posteriormente entraron al sistema de ordeña manual 2 veces al día, y se registró la producción diaria de leche individual. Todas las crías durante el estudio estuvieron en un sistema de amamantamiento restringido, y fueron destetados a los cuatro meses de edad, de acuerdo con el manejo establecido en el hato (CIEEGT 1986).

### 3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Las vacas antes del parto fueron divididas en dos grupos al azar, el grupo experimental con 26 vacas (19 vacas F1 y 7 3/4 Holstein x Cebú) fue suplementado con una mezcla mineral a libre acceso; y el grupo testigo con 29 vacas (19 vacas F1 y 10 vacas 3/4 Holstein x Cebú) no recibió suplementación mineral.

La suplementación mineral fue proporcionada en los potreros, suministrando 100 g por animal / día, desde los 60 días antes del parto. A partir del parto, y hasta el momento en que las vacas volvieron a quedar gestantes, el suplemento mineral se ofreció en ambos grupos. El suplemento mineral tuvo la composición siguiente: Calcio 120.0 g; Fósforo 110.0 g; Magnesio 20.0 g; Selenio 0.01g; Cbp 1000.0 g. Adicionalmente, después del parto todas las vacas recibieron una suplementación de 2.5 Kg de melaza con urea al 3 % al momento de la ordeña.

### **3.3.1 Manejo durante el parto**

Se registró la frecuencia del tipo de parto (distócico o eutócico), retención placentaria, piometra o metritis, en ambos grupos.

### **3.3.2 Pesaje de los animales**

Los animales fueron pesados una vez cada 15 días desde dos meses antes del parto hasta la siguiente concepción para cuantificar la ganancia o pérdida de peso corporal. Así mismo, se registró al momento del parto el peso de la madre y de la cría.

### **3.3.3 Análisis del comportamiento reproductivo**

El comportamiento reproductivo fue evaluado a través de: a) el tiempo requerido para la involución uterina total; b) tiempo posparto en que se reinició de la actividad ovárica. Para el primer caso, se practicaron exámenes rectales de los órganos reproductivos una vez por semana, a partir de los 15 días posparto y hasta el diagnóstico de gestación. Se consideró involución uterina completa cuando el cervix tenía un diámetro  $\leq 3.5$  cm, y los cuernos uterinos presentaron un diámetro  $\leq 3.0$  cm. Para la determinación del reinicio de la actividad ovárica se evaluó indirectamente a través de la presentación del estro posparto y se estimó el intervalo del parto al primer servicio posparto, el intervalo del parto a la concepción, y total de días en servicio, los cuales representan el tiempo promedio que una vaca tarda en gestarse a partir del primer estro y número de servicios por concepción.

La detección de calores se realizó dos veces por día. La primera observación de 6:00 a 10:00 horas y la segunda de 16:00 a 19:00 horas. La inseminación artificial se realizó entre 8 y 12 hrs después.

### **3.3.4 Extracción y análisis de muestras sanguíneas**

Se recolectaron muestras de sangre cada 15 días, desde 60 días antes del parto y hasta la concepción. La muestra fue obtenida por punción de la vena coccígea con una aguja de 20 g x 1 1/2 en tubos al vacío sin anticoagulante. Una vez obtenida la muestra se transportó al laboratorio a una temperatura media de 5° C. Y se centrifugó durante 15 min, para la obtención del suero. La determinación de la concentración de P y Mg se realizó por el método colorimétrico, mediante el uso de un espectrofotómetro marca Bausch & Lomb, de acuerdo con las técnicas analíticas ya establecidas (A.O.A.C 1984)

### **3.3.5 Análisis de producción láctea**

La producción de leche fue registrada diariamente desde el inicio de la lactancia hasta el final de la misma. se analizaron los registros productivos, determinando la producción láctea acumulada por trimestre y la producción total por lactancia.

## **3.4 ANALISIS ESTADISTICO**

La evaluación de los datos se realizó mediante un análisis de varianza multifactorial para un modelo completamente al azar, con dos tratamientos (suplemento y testigo), con dos variables independientes, genotipo (F1 ó 3/4 Holstein x Cebú) y número de parto (1, 2, 3 y 4 ó más partos). Las variables de respuesta fueron: a) niveles séricos de minerales (Fósforo y Magnesio) durante los periodos preparto y posparto; b) eficiencia reproductiva: tiempo de involución uterina, intervalo del parto al primer servicio, intervalo del parto a la concepción, días en servicio y servicios por concepción; c) peso corporal y d) producción láctea. Además se realizaron correlaciones y regresiones entre las variables reproductivas (intervalo del parto al primer servicio, y a la concepción) y la producción láctea ( producción mensual y acumulada).

## IV.- RESULTADOS

### 4.1 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL PREPARTO SOBRE LOS VALORES SERICOS DE MINERALES

#### 4.1.1 Niveles séricos de Fósforo

En el Cuadro 1 se muestran los valores de fósforo (P) en suero durante el preparto y posparto para ambos grupos. Durante el preparto, el nivel de fósforo para el grupo suplementado fue significativamente mayor ( $6.76 \pm 0.18$  mg / 100 ml) que para el grupo testigo ( $6.09 \pm 0.5$  mg / 100 ml) ( $P < 0.01$ ). A los 15 días antes del parto se observó una tendencia hacia menor concentración sérica, sin que existieran diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre días del preparto; de igual forma, los cambios en el nivel de fósforo no fueron atribuibles al grupo genético o al número de parto.

Durante el posparto se observaron diferencias significativas ( $P < 0.02$ ), por efecto del tratamiento y entre días posparto; el promedio general de P para el grupo suplementado fue de  $7.14 \pm 1.29$  mg / 100 ml, mientras que para el testigo fue de  $5.54 \pm 0.27$  mg / 100 ml.

#### 4.1.2 Niveles séricos de Magnesio

En el Cuadro 2 se presentan los niveles séricos de magnesio (Mg) durante diferentes días los periodos preparto y posparto. En el preparto, los promedios fueron de  $1.94 \pm 0.61$  y  $1.82 \pm 0.62$  mg /100 ml para el grupo suplementado y no suplementado respectivamente. No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre grupos, así como tampoco por efecto del número de parto y grupo genético.

Durante el posparto, el nivel sérico de Mg en el grupo suplementado ( $2.5 \pm 0.08$  mg / 100 ml) fue mayor que para el no suplementado ( $1.96 \pm 0.012$  mg / 100 ml), siendo la diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ). Por el contrario, no se encontró diferencia entre los tratamientos por efectos del genotipo y número de parto ( $P > 0.05$ ) El comportamiento de los valores séricos del Mg durante el posparto, no indicó algún cambio entre los diferentes días.

### **4.1.3 Niveles séricos de minerales durante diferentes eventos reproductivos posparto**

Los niveles de Mg y P durante la involución uterina (IU), días a primer servicio (DPS) y días a concepción (DC) se muestran en el cuadro 3. El nivel de P para todos los eventos reproductivos fue más alto ( $6.67 \pm 1.28$  mg / 100 ml) en el grupo suplementado en el parto, que para el grupo que no recibió la suplementación ( $5.41 \pm 1.69$  mg / 100 ml), siendo la diferencia estadística altamente significativa ( $P < 0.01$ ). Sin embargo, el genotipo y número de parto no tuvieron efectos significativos ( $P > 0.05$ ) sobre los diferentes eventos reproductivos (IU, DPS y DC). La concentración de Mg durante los eventos reproductivos (IU, DPS, DC), fueron estadísticamente diferentes con un alto nivel de significación ( $P < 0.01$ ), siendo mayores valores para el grupo suplementado ( $2.5 \pm 0.52$ .mg / 100 ml), que para el grupo sin suplemento ( $1.99 \pm 0.54$  mg / 100 ml). No obstante, el genotipo y el número de parto, no tuvieron influencia significativa ( $P > 0.05$ ) sobre los niveles de Mg.

## **4.2 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO**

### **4.2.1 Intervalo del parto a la involución uterina (IU)**

El Cuadro 4 muestra el intervalo del parto a la involución uterina completa, el cual fue menor ( $P < 0.001$ ) en las vacas que recibieron suplementación mineral ( $41.4 \pm 7.3$  días), en comparación con las que no la recibieron ( $47.7 \pm 6.4$  días). Esto es, que por efecto de la suplementación con minerales en el preparto las vacas completaron su involución uterina 6.3 días antes, que las vacas que no se suplementaron. Por el contrario no tuvieron efecto el genotipo y número de parto sobre la involución uterina ( $P > 0.05$ ).

En la figura 1 se observa que el 50 % de las vacas suplementadas alcanzaron su involución uterina entre los 35 y 40 días posparto, mientras que ese mismo porcentaje en el grupo no suplementado ocurrió entre los 40 y 45 días posparto. El tiempo mínimo a involución uterina fue de 28 y 35 días para los grupos suplementados y testigo respectivamente y el máximo fue de 56 días en ambos grupos.

### **4.2.2 Intervalo del parto al primer servicio posparto (IPS)**

En el Cuadro 5 se observa el intervalo del parto al primer servicio posparto, que fue para el grupo suplementado y no suplementado de  $166.8 \pm 85.8$  y  $155.5 \pm 79.6$  días respectivamente. En la figura 2 se aprecia que el 50 % de las vacas no suplementadas presentaron su primer servicio a los 150 días posparto, mientras que para las vacas suplementadas el mismo porcentaje se alcanzó hasta 180 días posparto.

El análisis estadístico no reveló ningún efecto significativo ( $P > 0.05$ ) por el tratamiento o el genotipo de las vacas. Sin embargo se observa una tendencia hacia menor tiempo para presentar el primer servicio en las vacas del genotipo F1 Holstein x Cebù ( $158.0 \pm 74.8$  días) en comparación con el genotipo 3/4 Holstein ( $166.5 \pm 96.5$  días), igual tendencia mostraron las vacas que no recibieron suplementación mineral preparto. El 95 % de los valores encontrados para días a primer servicio estuvieron alrededor de 132.11 y 125.19 días para el grupo suplementado y no suplementado respectivamente.

### **4.2.3 Intervalo del parto a la concepción (IPC)**

Cuando se realizó el análisis del efecto de suplementación y genotipo sobre el IPC, no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 6). Sin embargo, se observó la tendencia hacia menor IPC en las vacas del genotipo F1 ( $177.5 \pm 78.5$  días) y del grupo sin suplemento ( $173.8 \pm 77.8$  días), en comparación con las vacas 3/4 ( $216.9 \pm 90.0$  días), y del grupo suplementado ( $211.7 \pm 100.7$  días).

### **4.2.4 Total de días en servicio**

En el Cuadro 7 se puede observar que los días en servicio fueron menos en las vacas sin suplemento ( $18.3 \pm 30.2$  días) ( $P < 0.05$ ) y el genotipo F1 ( $20.55 \pm 34.2$  días) ( $P < 0.01$ ).

### **4.2.5 Servicios por concepción (SPC)**

Como se muestra en el Cuadro 8, el número de SPC, para el grupo suplementado y no suplementado fue de  $1.69 \pm 0.78$  y  $1.44 \pm 0.63$  SPC respectivamente. Cuando se realizó el análisis de varianza, no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) por efecto del tratamiento ni del genotipo de las vacas. El 54.5% de las vacas en estudio gestaron en su primer servicio, de las cuales, el 40% (12/30) pertenecían al grupo suplementado y el 60% (18/30) al grupo no suplementado.

## **4.3 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL PREPARTO SOBRE LOS CAMBIOS DE PESO CORPORAL PREPARTO Y POSPARTO**

### **4.3.1 Cambios de peso corporal durante el período Preparto**

En la Figura 3, se observan los cambios de peso corporal de ambos grupos. El grupo no suplementado tuvo un peso corporal promedio mayor desde el inicio del experimento; no obstante las diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ). Tampoco existieron diferencias en cuanto la ganancia diaria de peso (GDP) hasta el parto:  $0.687 \pm 0.341$  Kg / día y  $0.850 \pm 0.550$  Kg / día para los grupos suplementado y no suplementado respectivamente. Por el contrario las diferencias fueron estadísticamente significativas ( $P < 0.01$ ) en los cambios de peso, debido al genotipo (Figura 4) y al número de partos (Figura 5). Las vacas con mayor peso promedio fueron del genotipo F1 ( $511.9 \pm 25.5$  Kg) respecto al 3/4 ( $456.5 \pm 26.73$  Kg). De igual forma las vacas de 4 ó mas partos tuvieron mayor peso ( $520.5 \pm 25.6$  Kg) que las de menos partos.

Al parto, las vacas del grupo no suplementado fueron ligeramente más pesadas (504 Kg) que las vacas suplementadas (483 Kg), sin que existieran diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ). La suplementación mineral no influyó significativamente ( $P > 0.05$ ) el peso al nacimiento de las crías.

### **4.3.2 Cambios de peso corporal durante el período posparto**

Durante el periodo posparto ambos grupos perdieron peso (Figura 3), el promedio de peso perdido en este periodo fue de  $55.5 \pm 9.35$  Kg y  $60.6 \pm 8.9$  Kg para el grupo suplementado y no suplementado respectivamente. Sin que existieran diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) por efecto del tratamiento. Sin embargo, si existieron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.01$ ) por efecto del genotipo (Figura 4) y el número de parto (Figura 5), donde las vacas del genotipo 3/4 Holstein perdieron más peso ( $65.0 \pm 13.29$  Kg) que las vacas F1 ( $51.6 \pm 9.3$  Kg); estas pérdidas de peso corporal representan el 13.13 % y 9.3 % respectivamente con relación al peso alcanzado 15 días antes del parto.

Por otro lado, las vacas de diferente número de parto, mantuvieron la misma diferencia de pesos que en el preparto, las vacas de mayor peso fueron las de 4 ó más partos, mientras que las vacas de primer parto fueron las de menor peso, la diferencia entre estas fue de 89.1 Kg, siendo esta diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ). No obstante, la diferencias en los pesos corporales, los

porcentajes de peso vivo perdido en el posparto fueron similares para las vacas de uno, dos y más de cuatro partos, siendo estos valores de 11.7 %, 11.75 % y 12.64 % respectivamente, y las vacas de 3 partos perdieron el 15.3 % de su peso.

### **4.3.3 Cambios de peso corporal y su relación con los parámetros reproductivos**

La suplementación mineral en el preparto no influyó en los cambios de peso corporal en los diferentes eventos reproductivos. Se analizó el peso corporal encontrado en los diferentes eventos reproductivos, IU, DPS e IPC. No se encontraron diferencias por efecto del tratamiento y ni por evento reproductivo (Figura 6). En este tiempo las vacas en estudio perdieron el 13.6% y 12.7%, del peso alcanzado hasta antes del parto, para el grupo suplementado y testigo respectivamente, sin existir diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ). Se observó un ligero incremento en el peso corporal, al tiempo que se logra la concepción (Figura 6) en comparación con el peso corporal alcanzado a los 42 días posparto.

## **4.4 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL SOBRE LA PRODUCCIÓN LÁCTEA**

### **4.4.1 Producción total de leche por lactancia**

Como se observa en la Figura 7, la producción de leche no varió por efecto del tratamiento, el promedio de producción fue de  $2036.2 \pm 743.8$  Kg y  $2107.8 \pm 734.5$  para el grupo suplementado y no suplementado respectivamente ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, las diferencias fueron altamente significativas por efecto del genotipo de las vacas ( $P < 0.004$ ). El mayor volumen de producción fue para las vacas F1 y menor en las 3/4,  $2196 \pm 734.5$  Kg y  $1934.04 \pm 288.06$  Kg respectivamente. La duración de la lactación no se alteró significativamente ( $P > 0.05$ ), por efecto de la suplementación, ni por el genotipo y número de parto, el promedio general encontrado fue de  $333.4 \pm 20.6$  días.

### **4.4.2 Relación entre la producción láctea y el comportamiento reproductivo**

En el Cuadro 10, donde se presenta la correlación entre producción de leche y parámetros reproductivos, se observa que por cada parámetro (DPC, DC y SPC) existieron correlaciones negativas. Sin embargo, solo fueron significativas ( $P > 0.01$ ) las correlaciones entre la producción de leche y los días a la concepción (DC).

## V.- DISCUSION

### 5.1 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL PREPARTO SOBRE LOS NIVELES SERICOS DE FOSFORO Y MAGNESIO

El promedio de la concentración sérica de P encontrado en este estudio (Cuadro 1), para el grupo suplementado ( $6.76 \pm 0.18$  mg / 100 ml) y testigo ( $6.09 \pm 0.5$  mg / 100 ml), estuvieron dentro de los rangos normales, mencionados por diferentes autores (Morrow 1969, Zintzen 1972, Wilson 1978, Call y col. 1978, Pedroso y col. 1981, McDowell 1986, Barton y col. 1987, Pedroso y col 1986). que varían entre 4 - 7 mg /100 ml.

Por otro lado, los valores de Mg sérico que se obtuvieron en promedio durante todo el experimento para el grupo suplementado ( $2.18 \pm 0.6$ ) y testigo ( $1.96 \pm 0.62$  mg / 100 ml ), variaron dentro de los rangos normales para el ganado bovino adulto, los cuales fluctúan entre 1.8 - 3 mg / 100 ml (McDowell 1986, Littledike and Goff 1987, Zintzen 1972). Sin embargo, se observa que en el caso del grupo no suplementado los valores séricos fueron bajos ( $1.84$  mg / 100 ml) durante el período preparto, esto podría ser indicativo de una deficiencia de Mg, de acuerdo con lo mencionado por McDowell (1986), donde valores  $\leq 2$  mg / 100ml se encuentran dentro del límite crítico.

Durante el período posparto aún cuando ambos grupos recibieron suplementación mineral, los valores de Mg fueron mayores para el grupo suplementado en el preparto. Estos valores bajos en el grupo no suplementado podrían estar influidos, por el período de restricción de minerales a que estuvieron sometidos durante el preparto, y cuando se proporcionó una dieta con una relación alta de Ca:P , esta relación podría influir en la absorción del Mg en el intestino y por tanto en el nivel sérico en las vacas (Lotthammer 1988). Por otra parte, los cambios en los niveles séricos de minerales como el P y Mg, en el ganado bovino están influidos por el estado fisiológico en que se encuentren los animales (Wilson 1978, Pedroso 1986 y Forar 1982). Dos meses antes del parto los niveles séricos de P se mantuvieron altos y disminuyeron a los 15 días antes del parto, continuando en decremento hasta el parto; Pedroso y col. (1986) mencionan que el nivel de P sérico más altos es alcanzado al inicio de la gestación, y el más bajo alrededor del último tercio de la gestación y parto. De igual forma ocurrió con el nivel sérico de Mg entre los 60 y 30 días antes del parto, existiendo una tendencia decreciente alrededor del parto (Littledike and Goff 1987, Wilson y col. 1978, Barton y col. 1987).

Los resultados obtenidos indican que el nivel sérico de P de las vacas al inicio del experimento fluctuaron dentro de los rangos normales, por tanto no indicaron la existencia de una deficiencia. Sin embargo, para el caso del Mg estos valores podrían ser indicativos de una deficiencia de este mineral, sin que existieran signos clínicos aparentes. Esta situación podría deberse a un déficit

en la concentración de Mg en los forrajes, determinada por la cantidad del mineral existente en el suelo, donde la absorción del Mg por las plantas puede estar influenciado por diversos factores, como son: PH y la presencia de otros minerales que eviten la absorción por parte de los pastos, como es el caso del Potasio y el aluminio (McDowell y col. 1984, Payne y Payne 1987). Por tanto sería recomendable medir las concentraciones de minerales en el suelo, así como determinar la concentración de este mineral en los pastos, para evaluar con mayor precisión la existencia o no de una carencia en el consumo de Mg por el animal.

## **5.2 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL PREPARTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO**

Los principales eventos que ocurren durante el período posparto inmediato son: reducción del tamaño del útero (involución uterina e involución del cervix), pérdida de tejidos (placenta y loquios) y por último el restablecimiento de la actividad ovárica que conducirá a una gestación futura (Oltenucu y col. 1983). Cada uno de estos eventos se ve afectada por diversos factores, que van a determinar la duración del período acíclico en la vaca posparto ( Peters and Ball 1987, Galina and Arthur 1989 b).

### **5.2.1 Intervalo del parto a la involución uterina (IU)**

El tiempo que tarda el útero en restablecer a su tamaño normal va a depender del número de partos de la vaca, tipo de descarga posparto, amamantamiento del becerro, época del año y raza del animal (Martínez 1979, Martínez y col. 1982, Oltenucu y col. 1983, Escobar y col. 1984, Fallas 1987). Algunos autores (Martínez 1979, Escobar y col. 1984) han encontrado que la involución uterina completa ocurre en promedio entre los 25 y 30 días posparto, sin embargo, estos datos no concuerdan con lo encontrado en el presente estudio, donde la involución uterina ocurrió entre 42 y 47 días. Estas diferencias pueden ser debidas a la metodología o el criterio utilizado para determinar la involución uterina completa. Sin embargo, la metodología utilizada en este trabajo fue similar a la utilizada en los estudios de Fallas (1987), quien encontró que las vacas de la crucea Holstein x Cebú bajo condiciones del trópico húmedo, sometidas a un sistema de amamantamiento restringido completan su involución uterina a un menor tiempo (47 días) que aquellas que se encuentran en un sistema de crianza artificial (59 días). En el presente estudio, todas las vacas estuvieron bajo el mismo sistema de amamantamiento restringido. Las vacas del grupo testigo involucionaron a los  $47.8 \pm 6.5$  días, concordando con lo obtenido por Fallas (1987), no obstante, el grupo suplementado presentó la involución uterina en un menor tiempo ( $41.4 \pm 7.4$  días). Por otra parte, no se encontraron efectos significativos ( $P > 0.05$ ) debidos al genotipo y número de parto. De esta forma, el único efecto significativo sobre la involución del útero, fue la suplementación mineral antes del parto (Cuadro 4).

El mecanismo de acción de algunos minerales como el P y el Mg, aún no está claro. en el caso del P podría estar relacionado con los mecanismos de transmisión motora y de energía a nivel celular. El fósforo participa en la transmisión de energía mediante el trifosfato de adenosina (ATP) y el monofosfato de adenosina (AMP) (Ammerman 1983, Hurley y Doane 1989). Por otra parte el Mg participa en la reducción del tamaño del útero a través de la enzima colagenasa que es magnesio dependiente (Ingraham y col. 1987). Un déficit moderado de Mg (1.8 mg / 100 ml) en el período

parto, tal como ocurrió con el grupo no suplementado, trae como resultado una demora en la involución del útero (Hurley y Doane 1989). Por lo tanto la suplementación con minerales en el parto influyó en la involución temprana del útero.

### **5.2.2 Reinicio de la actividad ovárica posparto**

Algunos autores (Lamming 1982, Peters 1984) mencionan que la involución uterina es un requisito para la reanudación de la actividad ovárica y la duración del período abierto. Sin embargo, las vacas que involucionaron más rápido no necesariamente fueron las que reanudaron su actividad en menor tiempo. Lo cual, coincide con Fallas (1987), quien menciona que el sistema de crianza favorece la involución uterina pero perjudica el reinicio de la actividad ovárica.

El intervalo del parto al primer servicio de las vacas en estudio ( $166.8 \pm 85.8$  y  $155.5 \pm 79.6$  días para el grupo suplementado y testigo respectivamente), fue superior a los resultados encontrados por Anta y col. (1989) para vacas explotadas en el trópico mexicano, que fueron de  $102 \pm 41.5$  días; Escobar y Col. (1984) encontraron  $113.2 \pm 41.0$  días a la presentación del primer servicio en vacas F1 (Holstein x Cebú) con amamantamiento restringido corto, y  $92 \pm 41.2$  en vacas que no amamantaron. Por otra parte Fallas (1987) en el mismo tipo de vacas encontró, que el primer calor después del parto ocurrió a los  $101 \pm 50$  días cuando no amamantaron, y  $147.5 \pm 65.9$  días en las vacas que tuvieron amamantamiento restringido. Sin embargo, los valores del presente trabajo coincide con los datos mencionados por Rivera y col. (1989), en vacas con sistema de crianza tradicional en clima tropical y con un destete de 7 a 10 meses encontraron que el primer calor posparto ocurre entre 139 a 161 días

El efecto del amamantamiento sobre la actividad reproductiva puede ser mayor cuando se combina con un nivel nutricional bajo (Carstairs y col. 1980). Aunque en este trabajo no se evaluó el efecto del nivel de energía en la dieta sobre la eficiencia reproductiva, los cambios de peso corporal durante el período posparto (Figura 3), podrían ser indicativos de un balance energético negativo. Al respecto Call y col. (1987) mencionan que la deficiencia de P *per se* no afecta el comportamiento reproductivo a menos que exista una carencia de energía; por lo tanto, la presencia del becerro y pérdida de peso fueron las causas del retardo en el reinicio de la actividad ovárica.

El intervalo del parto a la concepción o días abiertos esta determinado por la presentación del primer servicio, del número de servicios por concepción (SPC) y por la eficiencia en la detección de calores (Peters 1984). Por esta razón, el reinicio tardío de la actividad ovárica trae como consecuencia un aumento en el intervalo del parto a la concepción. En este aspecto los resultados obtenidos ( $211 \pm 100.8$  y  $173.8 \pm 77.9$  días para vacas con y sin suplemento respectivamente), fueron superiores a lo encontrado por Carstairs y col. (1980) quienes obtuvieron promedios de 114 y 122 días abiertos en vaquillas de razas productoras de carne, suplementadas con dos niveles de energía y

fósforo respectivamente. Diversos autores ( Escobar y col. 1984, Fallas 1987, Anta y col. 1989, Galina y Arthur 1989 a, Deresz y col. 1988) mencionan que los días abiertos para el ganado mantenido en clima tropical en pastoreo con amamantamiento restringido varía entre 110 a 157 días con un promedio de 150 días. Con base en lo anterior, la suplementación mineral preparto no afectó significativamente el intervalo del parto a la concepción. Y la causa del alargamiento podría ser causado por otros factores no considerados en el presente estudio, como son el efecto del sistema de crianza del becerro y el nivel de energía en la dieta.

### **5.2.3 Total de días en servicio y Servicios por concepción**

Existen otros parámetros que deben ser analizados para determinar las causa de un alargamiento en los días abiertos, como son los SPC y los días en servicio. El primer parámetro representa una medida de la fertilidad, y el segundo, el intervalo entre servicios. Para el primer factor, no se encontraron diferencias en el número de SPC por efecto de la suplementación mineral ( $1.69 \pm 0.78$  y  $1.44 \pm 0.63$  spc para vacas con y sin suplemento respectivamente), ni por ningún otro factor (Cuadro 7). No obstante, los días en servicio estuvieron influidos por efecto de la suplementación mineral y el genotipo de las vacas (Cuadro 8). Se observó una tendencia a presentar mejores parámetros las vacas del genotipo F1 ( $20.55 \pm 34.2$  días) sobre las 3/4 ( $50.65 \pm 51.75$  días), y contrario a lo esperado, las vacas del grupo no suplementado ( $18.3 \pm 30.2$  días) sobre las suplementadas ( $45 \pm 60.6$  días).

Los parámetros encontrados en este estudio coinciden con los datos publicados por otros autores ( Escobar y col. 1984, Fallas 1987, Anta y col. 1989, Galina y Arthur 1989 a, Deresz y col. 1988) quienes mencionan que la fertilidad de los bovinos en el trópico en general es buena, encontrando valores entre 1.5 a 1.8 SPC, en comparación con lo obtenido en zonas templadas. De esta forma, Carstairs y col. (1980) trabajando con vaquillas de razas productoras de carne, suplementadas con dos niveles de energía y fósforo, encontró que los SPC variaron entre 2.2 y 2.6 servicios. Por otra parte, Galina y col. (1990) menciona

La influencia de la suplementación mineral preparto, por si sola no modificó el comportamiento reproductivo posparto a excepción de la involución uterina y los días en servicio, sin embargo, existen otros factores que inciden en la eficiencia reproductiva y que deben ser estudiados con más detalle, como el nivel de energía en la dieta y el sistema de crianza de los becerros.

## **5.3 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL PREPARTO SOBRE LOS CAMBIOS DE PESO CORPORAL**

### **5.3.1 Cambios de peso corporal durante el período Parto**

Durante el período parto las vacas en ambos grupos ganaron peso (Figura 3), los aumentos alcanzados para ambos grupos ( $0.687 \pm 0.34$  Kg y  $0.85 \pm 0.55$  Kg para suplementado y no suplementado respectivamente) fueron superiores a las recomendaciones hechas por Deresz y col.(1987), quienes mencionan que durante el período parto las vacas deben tener una ganancia diaria mínima de 0.5 Kg. En otro estudio, Call y col. (1978) encontraron una ganancia diaria promedio de 0.45 Kg en novillonas suplementadas con dos niveles de fósforo. Mientras que Maas (1987) dice que una ganancia diaria de 0.40 Kg en el tercer trimestre de la gestación, solo representa el crecimiento del feto, sin ningún cambio en la vaca.

Por otro lado, los cambios de peso corporal parto deben estar acompañados de una mejora en la condición corporal de las vacas. Algunos autores (Maas J. 1987, Weaver L. 1987 y Galina and Arthur 1989) han encontrado una relación entre la condición corporal al momento del parto y la actividad reproductiva posparto. Al respecto otros investigadores (Carstairs y col. 1980, Weaver 1987) mencionan, que una pobre condición corporal y un bajo nivel de alimentación en el período parto incrementa los problemas de fertilidad en el posparto.

Las ganancias de peso alcanzadas en este período estuvieron influenciadas por el genotipo de las vacas y por el número de parto. Siendo las vacas más pesadas las del genotipo F1 (Figura 4) y las de > 4 partos (Figura 5). Estas diferencias se mantuvieron al momento del parto, y aunque las vacas del grupo sin suplemento fueron ligeramente más pesadas que el grupo suplementado, no se encontraron diferencias entre tratamientos (504 y 483 Kg respectivamente). Al respecto, el peso al parto alcanzado por las vacas del genotipo F1 (480.2 Kg) coincide con el peso corporal recomendado por Deresz y col. (1987) para vacas de la crza Holstein x Cebù al momento del parto, de 480 Kg, el cual es considerado como óptimo para lograr una condición adecuada. Sin embargo, las vacas 3/4 Holstein tuvieron un peso menor (424.9 Kg) a lo esperado.

Las diferencias entre ambos genotipos, es debida al efecto del vigor híbrido que existe en la vaca F1; aunque en la vaca 3/4 Holstein x Cebù tiene un mayor potencial productivo, los efectos ambientales no le permiten su expresión (Galina and Arthur 1989 b, McDowell 1972), esto es, que la alimentación que han recibido es insuficiente por tanto las ganancias de peso son menores.

Aunque existió una tendencia de mayor peso para los becerros hijos de las vacas suplementadas, no se encontraron diferencias significativas. Por tanto la suplementación mineral en este período no influyó en el peso de los becerros al nacimiento.

La suplementación mineral preparto por sí sola no influyó en las ganancias de peso preparto, y los cambios obtenidos fueron determinados por el número de parto y el genotipo de las vacas. Para establecer las relaciones entre el efecto de la nutrición sobre la eficiencia reproductiva es necesario considerar los cambios en la condición corporal, que serían indicativos del estado nutricional de los animales.

### **5.3.2 Cambios de peso corporal durante el período posparto**

Durante el período posparto las vacas de ambos grupos perdieron peso rápidamente en los primeros 45 días, hasta el tiempo en que aproximadamente logran la involución uterina (Figura 3 y 6), no obstante, se mantuvo el mismo patrón del período preparto, donde las vacas F1 y de más de cuatro partos fueron más pesadas que las vacas del genotipo 3/4 y del primer parto. En los primeros 45 días posparto, el grupo suplementado perdió 71.6 Kg y el grupo testigo 60.4 Kg (Figura 3), lo cual representa el 13.6% y 12.7% del peso alcanzado 15 días antes del parto para el grupo suplementado y testigo respectivamente. Al respecto, Zintzen (1972) menciona que la pérdida de peso es inevitable durante la 6a. a 9a. semana posparto; debido a un balance energético negativo a su vez coincide con el período de servicios. Las vacas perdieron peso hasta los 150 días, a partir de aquí se observó un ligero aumento de peso que coincide con la fecha cuando las vacas quedaron gestantes.

No se encontró una relación entre los cambios de peso en el preparto y los parámetros reproductivos en el posparto; lo cual concuerda con los trabajos de Peters and Riley (1982) quienes mencionan que los cambios de peso (pérdidas o ganancias) en el preparto no son importantes y no tiene una relación con el comportamiento reproductivo posparto, sin embargo, si existe una relación entre el peso al parto y los días abiertos. Resultados similares encontraron Richards y col. (1986), en ganado de carne un efecto del manejo nutricional sobre el comportamiento reproductivo, encontrando que la condición corporal al parto es el factor más importante que influye sobre el reinicio temprano de la actividad ovárica. Al respecto, Rodríguez y col. (citados por Galina y Arthur 1989a) mencionan que las vacas que ganan peso durante los períodos preparto y posparto tienen mejores índices de concepción que aquellas que pierden peso en ambos períodos.

Sin embargo, se observó que el grupo suplementado tuvo una pérdida de peso ligeramente mayor (13.6 %) que el grupo no suplementado (12 %) en el período posparto y esto se refleja en una tendencia hacia la reanudación tardía de la actividad ovárica posparto. Estas pérdidas de peso son

menores a lo encontrado por Galina and Arthur (1989 b), quienes mencionan que cuando las vacas pierden más de un 25-30% de su peso en el periodo posparto, entran en un periodo de anestro como un mecanismo fisiológico que evita la concepción. El peso corporal durante el posparto, estuvo influida por el genotipo y número de parto, la suplementación mineral preparto por sí sola, no tuvo influencia en los cambios de peso corporal posparto, y una pérdida peso de alrededor del 12 % puede afectar el comportamiento reproductivo.

## 5.4 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL PREPARTO SOBRE LA PRODUCCIÓN LÁCTEA

La suplementación mineral preparto no influyó en la producción láctea. Sin embargo, si existieron variaciones por efecto del genotipo de las vacas (Cuadros 9). Observándose que las vacas F1 produjeron una mayor cantidad de leche que las vacas 3/4 Holsteín. Estos datos indican que aún cuando las vacas del genotipo 3/4 Holsteín tienen un mayor potencial genético para la producción láctea este no se manifiesta. Al respecto Fallas (1987) menciona que el nivel de producción láctea está más limitado por el grado de adaptación al medio ambiente que por factores genéticos, y una baja adaptación se ve reflejada en una pobre producción. Por otro lado, McDowell (1972) menciona que las temperaturas ambientales reducen el consumo de alimentos, lo que ocasiona baja producción de leche y a su vez trae como consecuencia una baja eficiencia reproductiva .

Por otra parte, las diferencias en la producción láctea entre los genotipos 3/4 y F1 están determinadas por efectos del vigor híbrido, lo que permite a las vacas del genotipo F1 una mejor adaptación al medio ambiente, y por tanto una mejor respuesta productiva, mientras que el potencial de producción de las vacas 3/4 Holsteín no se manifiesta debido a la poca adaptación a un medio ambiente hostil, como lo es el clima de las zonas tropicales.

Por otro lado, se observó una relación entre la producción láctea y los parámetros reproductivos (Cuadro 10), estos resultados indican que existió una correlación negativa entre ambos parámetros. De esta forma, aquellas vacas que tienen parámetros reproductivos más cortos, son al mismo tiempo vacas con una mayor producción láctea. Resultados similares fueron encontrados por Fallas (1987), quien encontró una relación lineal inversa entre la producción láctea y los días abiertos.

La relación entre la producción láctea y el peso corporal de las vacas, ha sido estudiado por diferentes autores (Ducker and Morant 1984, Deresz y col. 1987, Hagger y Hofer 1991), sin embargo los resultados en este aspecto han sido variables. Hagger y Hofer (1991) estudiaron la relación entre algunas variables genéticas y fenotípicas, como la producción láctea, peso corporal y perímetro torácico de vacas de las razas simmental y braunvieh, encontrando que el peso corporal tiene una alta relación con la producción láctea. De tal forma que pudiera utilizarse como una medida de selección en animales de la misma raza. Deresz y col. (1987) estudiaron la relación entre el peso corporal al parto y la producción láctea en vacas Holsteín x Cebú, encontrando que las vacas más pesadas tuvieron una mayor producción de leche que las vacas ligeras.

Por otro lado, Peters (1984 ) menciona que la relación entre la producción láctea y la reproducción esta íntimamente relacionada con la nutrición, la separación de estas relaciones es difícil de determinar, debido a que las vacas altas productoras al inicio de la lactación a menudo son

incapaces de mantener un balance energético positivo a pesar de los niveles de alimentación, por lo que una alimentación inadecuada puede ser la causa de un efecto nocivo en la producción láctea y reproducción de las vacas. Al respecto Ducker y Morant (1984) mencionan que un incremento en la cantidad de energía puede mejorar la producción láctea y a su vez la reproducción, sin que necesariamente la reproducción tuviera una relación directa sobre la reproducción.

Los resultados obtenidos en el presente estudio en cuanto a producción láctea, indican que la suplementación mineral preparto por sí sola no es capaz de influir en la producción de leche, ya que se encuentran involucrados otros factores como son el número de parto, genotipo, peso corporal y nivel de alimentación. De estos factores, el genotipo tuvo una influencia determinante en la producción láctea. Esto es debido principalmente al vigor híbrido, que les permite un menor gasto de energía en adaptación, destinando así de más energía para efectos de producción y reproducción, teniendo así un mejor equilibrio con su medio ambiente.

## 5.5 CONCLUSIONES

Aunque, la suplementación mineral preparto afectó los niveles séricos de Mg y P durante el periodo posparto y tuvo efectos favorables sobre la involución uterina, el comportamiento reproductivo y productivo posparto no se mejoró en comparación con el grupo no suplementado. Por lo tanto, la suplementación mineral no es capaz de mejorar el reinicio de la actividad ovárica, ni los cambios de peso corporal y la producción láctea. Y algunos factores como el genotipo de las vacas podrían afectar el comportamiento reproductivo y productivo posparto.

El uso de la suplementación durante los periodos críticos del ciclo reproductivo, como lo es el periodo preparto y posparto, aseguran un incremento en la eficiencia reproductiva. Sin embargo esta suplementación no debe ser exclusivamente con minerales como el P y el Mg, sino que debe considerar otros nutrientes, como la energía y la proteína. De igual forma, en futuras investigaciones es necesario determinar el balance energético a que están sometidas las vacas durante el periodo preparto y posparto, así como la condición corporal de los animales durante estos periodos, además de la suplementación mineral, para poder establecer con mayor precisión las relaciones entre nutrición, eficiencia reproductiva y producción Láctea.

## VI.- LITERATURA CITADA

- 1.- Agnes, F. and Tozzi, F.: Serum levels of major and trace elements in dairy cows during pregnancy and lactation. Dairy Sci. Abst., 49: 6471 (1988)
- 2.- Aluja, A.: Livestock production systems in central Veracruz State . Thesis for Doctor of Philosophy degree. Faculty Graduate School of Cornell University, Ithaca, N.Y. (1984).
- 3.- Ammerman, C.B. and Goodrich R.D.: Advances in mineral nutrition in ruminants. J.Anim. Sci., 57: 519-533 (1983)
- 4.- Anta E., Rivera, J.A., Galina, C., Porras, A., Zarco, L.: Análisis de la información publicada en México sobre influencia reproductiva de los bovinos. II parámetros reproductivos. Vet. Mex., 20: 11-18 (1989).
5. A.O.A.C.: Official methods of analysis of the association analytical chemists. 12th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.(1984).
- 6.- Barton, B.A., Jorgensen, N.A. and De Luca, H.F.: Impact of prepartum phosphorus intake on calcium homeostasis at parturition. J. Dairy Sci., 70: 1186-1191 (1987).
- 7.- Barton, B.A., Horst R.L., Jorgensen N.A. and De Luca H.F.: Concentration of calcium,phosphorus and 1,25-dihydroxyvitamin D in plasma of dairy cows during the lactation cycle. J. Dairy Sci.,64: 850-852 (1981)
- 8.- Bass, J.M., Fishwick, G., Hemingway, R.G., Parkins, J.J., Ritchie, N.S.: The effect supplementary phosphorus on the voluntary consumption and digestibility of a low phosphorus straw based diet given to beef cows during pregnancy and early lactation. J. Agric Sci., 97 :365-372 (1981)
- 9.- Berndtson, W.E. and Pickett, B.W.: Factors affecting fertility in a program of artificial insemination beef cattle. Bovine Practice, 1: 9 - 29 (1980)
- 10.- Bonomi, A., Bosticco, A., Luccelli, L., Quarantelli, A., Sabbioni, A., Superchi, P.: Dietary Phosphorus and Zinc Deficiency signs in dairy cows. Dairy Sci. Abst., 50: 2058 (1988)
- 11.- Butler, W.R. and Smith, R.D.: Interrelations between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. J. Dairy Sci., 72: 767 - 783 (1989).

- 12.- Call, J.W., Butcher, J.E., Shupe, J.L., Lamb, R.C., Boman, R.L., Olsen, E.: Clinical effects of low dietary phosphorus concentrations on feed given to lactating dairy cows. Am. J. Vet. Res., 48: 133-136 (1987)
- 13.- Call, J.W., Butcher, J.E., Blake, J.T., Smart, R.A. and Shupe, J.L.: Phosphorus influence on growth and reproduction of beef cattle. J. Anim. Sci., 47: 216-225 (1978)
- 14.- Campbell, E.A.: Nutritional deficiencies and diseases of livestock in animal health in Australia. Australian Government Publishing Service, Canberra (1983)
- 15.- Carstairs, J.A., Morrow, D.A. and Emery, R.S.: Postpartum reproductive function of dairy cows as influenced by energy and phosphorus status. J. Anim. Sci., 51: 1122 -1138 (1980)
- 16.- C.I.E.E.G.T.: Boletín informativo. Fac. Med. Vet. Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. (1986).
- 17.- Derez, F., Javme, C.M., De Carvalho, M.R., and Gonzalez, C.A.: The effect of body weight at calving on milk production and reproductive performance of Friesian x Zebu heifers. Anim. Prod., 45: 325- 333 (1987).
- 18.- Doyle, J.C., Huston, J.E. and Spiller, D.W.: Influence of phosphorus and trace mineral supplementation on reproductive performance of beef cattle under range conditions. J. Anim. Sci., 66 (suppl. 1): 462 Abst. (1988).
- 19.- Ducker, M.J. and Morant, S.V.: Observations on the relationships between the nutrition, milk yield, live weight and reproductive performance of dairy cows. Anim. Prod., 38: 9 - 14 (1984).
- 20.- Escobar, F.J. Jara, L.C., Galina, C. y Fernandez-Baca, S.: Efecto del amamantamiento sobre la actividad reproductiva posparto en vacas cebú, criollas y F1 (Holstein x Cebú) en el trópico húmedo de México. Vet. Mex., 15: 243 - 247 (1984).
- 21.- Fallas, M. R.: Estudio sobre la involución uterina y el reinicio de la actividad ovárica después del parto en vacas F1 (Holstein x Indubrasil) en el trópico húmedo de México. Tesis de Doctorado en Producción Animal. Fac. Med. Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México (1987)

- 22.- Feyter, C., Young, P.W., O'Connor, M.B. and Dyson, C.B.: Magnesium status of dairy herds in Matama County, New Zealand 1: Association of serum magnesium and animal, management, pasture and soil factors. New Zealand J. Exp. Agric., 14: 183-190 (1986)
- 23.- Forar, F.L., Kincaid, R.L., Preston, R.L. and Hillers, J.K.: Variation of inorganic phosphorus in blood plasma and milk of lactating cows. J. Dairy Sci., 65: 760-763 (1982)
- 24.- Galina, C.S. and Arthur, G.H.: Review of cattle reproduction in the Tropics. Part. 2: Parturition and calvings intervals. Anim. Breed. Abst., 57: 679 - 686 (1989a)
- 25.- Galina, C.S. and Arthur, G.H.: Review of cattle reproduction in the Tropics. Part 3: Puerperium. Anim. Breed. Abst., 57: 899- 904 (1989b).
- 26.- Galina, C.S., Murcia, C., Beatty, A., Navarro-Fierro, R. y Porras A.: Reproductive performance of zebu cattle in Mexico; Proceedings of final research coordination meeting of the FAO/IAEA/ARCAL III Regional network for improving the reproductive management of the meat and milk producing livestock in Latin America with the aid of radioimmunoassay organized by the joint FAO/IAEA Division of nuclear techniques in food and agriculture and held in Bogota, 19-23 sept 1988. International Atomic Energy Agency, Vienna 1990.
- 27.- Gonzalez, N., Geerken, C., Pedroso, R. y Lavandeira, L.E.: Composición mineral en tejidos de novillas (3/4 BS x1/4 C). Rev. Cubana Reprod. Anim., 10: 35-48 (1984)
- 28.- Hagger, C. and Hofer, A.: Phenotypic and genetic relationships between wither height, heart girth and milk yield in the swiss Braunvish and Simmental breeds. Livest. Prod. Sci., 28: 265 - 271 (1991).
- 29.- Hors, R.L.: Regulation of calcium and phosphorus homeostasis in the dairy cow. J. Dairy Sci., 69: 604-616 (1986)
- 30.- Hurley, W.L. and Doane, R.M.: Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. J. Dairy. Sci., 72: 784- 804 (1989)
- 31.- Hurley, W.L.: The effect of dietary phosphorus level on reproduction in dairy heifers: Effects on oestrus behaviour, and serum inorganic phosphorus, calcium, luteinizing hormone, progesterone and estradiol. Diss. Abstr. Inter., 41: 421-B (1980)

- 32.- Ingraham, R.H., Kappel, L.C., Morgan, E.B. and Srikandakumar, A.: Correction of subnormal fertility with copper and magnesium supplementation.. J. Dairy Sci., 70: 167-180 (1987).
- 33.- Jacobson, D.R., Hemkem, R.W., Button, F.S. and Hatton, R.H.: Mineral Nutrition. Calcium, Phosphorus, Magnesium and Potassium interrelationships. J. Dairy Sci., 55: 935 - 944 (1972).
- 34.- Jaskowski, J.M.: Relationship of the blood mineral content before and after parturition to fertility in cows. Anim. Breed. Abstr., 54: 920 (1986)
- 35.- Kondratenko, F.M.: Efficiency of mineral supplements in the diet for cows. Dairy Sci. Abst., 50: 2913 (1988).
- 36.- Lammig, G.E., Peters, A.R., Riley, G.M. and Fisher, M.W.: Endocrine regulation of postpartum function. In: Factors influencing fertility in the postpartum cow. By Karg and E. Schallenberger. Martinus Nijhoff Publishers. pp 148 -172 London (1982).
- 37.- Littledike, E.T. and Goff, J.: Interactions of Calcium, Phosphorus, Magnesium and Vitamin D that influence their status in domestic meat animals. J. Anim. Sci., 65: 1727-1743 (1987)
- 38.- Lopez, L.R., García, B.C., García-Winder, M.: Tasas de gestación en vacas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) suplementadas con minerales antes del empadre. Memorias de la XXII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal, Montecillo, Edo. de México, pag. 6 (1989)
- 39.- Lothammer, K.H.: Transtornos de la fertilidad de origen ambiental. En: Grunert E., Berchtold M.: Infertilidad en la vaca, pp 366 - 367. Edit. Hemisferio Sur S.A., 1a. edición, República Oriental del Uruguay 1988.
- 40.- Lothammer, K.H.: Influence of nutrition on reproductive performance of the milking / gestating cows in the tropics. In: Feeding dairy cows in the tropics pp 36 - 47. FAO, Rome (1991).
- 41.- Maas, J.: Relationship between nutrition and reproduction in beef cattle. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice., 3: 633 - 646 (1987).

- 42.- Martinez, G.: Efecto de la raza y época del año sobre la involución del útero y actividad ovárica en vacas. Rev. Cub. Reprod. Anim., 4: 51 - 57 (1979)
- 43.- Martinez, G., Caral J., Iglesias, Bolano R., Mika J. y Ricardo E.: Estudio del comportamiento reproductivo de un rebaño de hembras cebú. II.- Involución Clínica del útero. Rev. Cub. Repod. Anim., 8: 63 - 68 (1982).
- 44.- McDowell, L.R., Ellis, G.L. y Conrad, I.H.: Suplementos minerales para el ganado vacuno en pastoreo en las regiones tropicales. Rev. Mund. Zoot., 52: 2 - 12 (1984)
- 45.- McDowell, L.R., Conrad, J.H. and Loosli, J.K.: Mineral imbalances and their diagnosis in ruminants. In: Nuclear and related Techniques in animal Production and health, pp 521 - 534. Proceedings of a symposium, Vienna, IAEA and FAO, International Atomic Energy Agency. Vienna (1986).
- 46.- McDowell, R.E.: Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales. 1a. Ed. Acribia, Zaragoza, España (1972).
- 47.- Miles, W.H. y McDowell, L.R.: Deficiencias de minerales en los pastos de los llanos Colombianos. Rev. Mund. Zoot., 46: 2-10 (1983)
- 48.- Miller, W.J.: Mineral and vitamin nutrition of dairy cattle. J. Dairy Sci., 64: 1196-1206 (1981)
- 49.- Morrow, D.A.: Phosphorus deficiency and fertility in dairy heifers. J.A.V.M.A., 154: 761-768 (1969)
- 50.- Morrow, D.A.: The role nutrition in dairy cattle reproduction; In: Current Therapy in Theriogenology pp 456-459. By D.A. Morrow, Ed. W.B. Saunders Co. Philadelphia (1980)
- 51.- National Research Council: Nutrient requirements of dairy cattle. 5st. Edition, N.R.C. Washington (1978)
- 52.- Oltenacu, P.A., Britt, J.H., Braun, R.K. and Mellenberger, R.W.: Relationships among type of parturition, type of discharge from genital tract, involution of cervix and subsequent reproductive performance in Holstein cows. J.Dairy Sci., 66: 612-619 (1983)

- 53.- Oxereinder, S. L. and Wagner, W.C.: Effect of lactation and energy on postpartum ovarian activity in the cow. J. Anim. Sci., 33: 1026 (1971).
- 54.- Payne, W.J.A.: Cattle production in the tropics, Vol.1: General introduction and breeds and breeding. Logman Group LTD. (1973).
- 55.- Payne, J.M. and Payne, S: The Metabolic Profile Test. Oxford University Press. New York (1987).
- 56.- Pedroso, R., Baquero, B. y Kreol, F.: Niveles de algunos minerales de la sangre en vacas lecheras. Relación con la fertilidad. Rev. Cub. Reprod. Anim., 7: 7-15 (1981)
- 57.- Pedroso, R., Lavandeira, L.E., y Gonzalez, N.: Estado mineral del suero sanguíneo de vacas lecheras 3/4 Holstein x 1/4 Cebú y 3/4 Pardo suizo x 1/4 Cebú en la Provincia de Sancti Spiritus. Rev. Cub. Reprod. Anim., 12: 35-49 (1986).
- 58.- Peters, A.R.: Reproductive activity of the cow in postpartum period, I.- Factors affecting the length of the postpartum acyclic period. Brit. Vet. J., 140: 4 (1984)
- 59.- Peters, A.R. and Riley, G.M.: Milk progesterone profiles and factors affecting postpartum ovarian activity in beef cows. Anim. Prod., 34: 145-153 (1982)
- 60.- Peters, A.R. and Ball, P.J.H.: Reproduction in Cattle. 1st. edition Butterworth and Co., England (1987).
- 61.- Pugh, D.G., Elmore, R.G. and Hembree, T.R.: A review of the relationship between mineral nutrition and reproduction in cattle. Bovine Practitioner., 20: 10-13 (1985)
- 62.- Richards, M.W., Spitzer, J.C. and Warner, M.B.: Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving and subsequent reproductive performance in beef cattle. J. Anim. Sci., 62: 300-306 (1986)
- 63.- Rice, L.: Reproductive Health management in beef cows. In: Current Therapy in Theriogenology pp. 534 - 545. By D.A. Morrow. Ed. W.B. Saunders, New York (1980).
- 64.- Rivera, J.A., Anta, E., Galina, C., Porras, A., Zarco, L.: Análisis de la información publicada en México sobre la eficiencia reproductiva III: Factores que la afectan. Vet. Mex., 20: 19-25 (1989).

- 65.- Serjzen, K. and Neimann- Sorensen, A.: Nutritional Physiology and feeding of the cow around parturition. In: Factors influencing fertility of postpartum cow pp 325 - 357. By Karg and E. Schallenberg. Martinus Nijhoff Publishers. London (1982).
- 66.- Sisneros, E., García, B.C., Escobedo, F., García-Winder, M.: Efecto de la suplementación mineral sobre la actividad reproductiva y tasa de concepción postparto en vacas (*Bos taurus x Bos indicus*). Memorias de la XXII reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Montecillo, Edo. de México, p. 6 (1989).
- 67.- Swason, L.V.: Interactions of nutrition and reproduction. J. Anim. Sci., 72: 805-814 (1989).
- 68.- Taylor, R. y Chaves, C.: Metodología para la investigación en la relación nutrición - reproducción. En: Nutrición en rumiantes; Guía metodológica de investigación. pp 259 - 268, RISPAL, IICA, Costa Rica (1990).
- 69.- Villa-Godoy, A., Hughes, T.L., Emery, R.S., Chapin, L.T. and Fogwell, R.L.: Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. J. Dairy Sci., 71: 1063-1072 (1988)
- 70.- Weaver, L.D.: Effects of nutrition on reproduction in dairy cows. Veterinary Clinics of North America. Food Anim. Practice, 3: 513 - 532 (1987)
- 71.- Whitmore, H. L.: Early postpartum breeding, In: Current Therapy in Theriogenology pp 521 - 523. By: Morrow D.A. Ed. Saunders, Philadelphia (1980).
- 72.- Wilson, G.D.A., Hunter, J.T., Derrick, G.H., Aitiken, W.M. and Kronfeld, D.S.: Fetal and maternal mineral concentrations in dairy cattle during late pregnancy. J. Dairy Sci., 60: 935-941 (1978)
- 73.- Zemjanis, R.: Production and reproduction in veterinary. Memorias del X Congreso mundial de buiatría, Asociación Mex. de médicos Veterinarios especialistas en bovinos México, Pag. 2 - 4 (1978)
- 74.- Zintzen H.: Fertility and nutrition in dairy cows. Proceedings of 11th Congress of south African Society of Animal Production, Johannesburg, pp. 3-40 (1972).

**CUADRO 1**  
**NIVELES SERICOS DE FOSFORO\* DURANTE EL PREPARTO Y POSPARTO EN VACAS**

	PREPARTO				POSPARTO			PROM.
	60	45	30	15	14	28	42	
<b>CON SUPLEMENTO</b>	6.92	6.93	6.48	6.87	7.76	6.75	6.68	6.95 a
	±1.29	± 1.19	± 1.16	± 1.56	± 1.41	± 1.35	± 0.82	
<b>SIN SUPLEMENTO</b>	6.74	6.67	5.85	5.59	5.47	5.58	5.23 b	5.82 b
	± 1.29	± 1.8	± 2.23	± 1.84	± 1.03	± 5.80	± 1.9	

(a, b) distinta literal indica diferencia altamente significativa ( P < 0.01 )

\* mg / 100 ml

## CUADRO 2

### NIVELES SERICOS DE MAGNESIO\* DURANTE EL PREPARTO Y POSPARTO EN VACAS

	PREPARTO				POSPARTO			PROM.
	60	45	30	15	14	28	42	
<b>CON SUPLEMENTO</b>	2.02	2.10	1.79	1.87	2.46	2.41	2.61	2.18
	± 0.66	± 0.59	± 0.56	± 0.63	± 0.52	± 0.43	± 0.45	
<b>SIN SUPLEMENTO</b>	1.73	1.92	1.83	1.89	2.01	1.98	1.9	1.96
	± 0.24	± 0.55	± 0.44	± 1.28	± 0.5	± 0.49	± 0.68	

(a, b) distinta literal indica diferencia altamente significativa (  $P < 0.01$  )

\* mg/100 ml

**CUADRO 3**  
**NIVELES SERICOS\* DE MINERALES DURANTE DIFERENTES EVENTOS**  
**REPRODUCTIVOS**

	CON SUPLEMENTO		SIN SUPLEMENTO	
	P	Mg	P	Mg
INV. UTERINA	7.28 ±1.14	2.63 ±0.43	5.10 ±1.86	1.91 ±0.49
PRIMER CALOR	6.24 ±1.21	2.55 ±0.56	5.50 ±1.87	2.00 ±0.55
CONCEPCION	6.50 ±1.49.	2.53 ±0.58	5.65 ±1.35	2.07 ±0.58
PROMEDIOS	6.67 a	2.5 b	5.39c	1.99 d

\* mg / 100 ml

(a, b, c, d) Literales diferentes en columnas indica diferencia estadística altamente significativa (P < 0.01)

**CUADRO 4**  
**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL SOBRE LA INVOLUCION UTERINA EN**  
**VACAS DE DIFERENTE GENOTIPO**

	<b>GENOTIPO</b>		
	<b>F1</b>	<b>3/4</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>CON SUPLEMENTO</b>	<b>42.4a ± 8.38</b>	<b>39.9 a ± 4.48</b>	<b>41.4 ± 7.4</b>
<b>(26)</b>	<b>(16)</b>	<b>(10)</b>	
<b>SIN SUPLEMENTO</b>	<b>47.7b ± 6.88</b>	<b>48.0b ± 4.47</b>	<b>47.8 ± 6.5</b>
<b>(29)</b>	<b>(22)</b>	<b>(7)</b>	

(a, b) Literales de columna diferente varían estadísticamente ( $p < 0.01$ )

Entre paréntesis número de vacas

**CUADRO 5**  
**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL SOBRE EL INTERVALO DEL PARTO**  
**AL PRIMER SERVICIO POSPARTO EN VACAS DE DIFERENTE GENOTIPO**

	<b>GENOTIPO</b>		
	<b>F1</b>	<b>3/4</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>CON SUPLEMENTO</b>	<b>160.9 ± 78.9</b>	<b>176.1 ± 91.08</b>	<b>166.8 ± 85.8</b>
<b>(26)</b>	<b>(16)</b>	<b>(10)</b>	
<b>SIN SUPLEMENTO</b>	<b>155.09 ± 70.8</b>	<b>56.7 ± 98.01</b>	<b>155.5 ± 79.6</b>
<b>(29)</b>	<b>(22)</b>	<b>(7)</b>	

( ) Entre paréntesis número de animales

No existieron diferencias estadísticas significativas ( P < 0.05)

**CUADRO 6**  
**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL SOBRE EL INTERVALO DEL PARTO A LA CONCEPCION EN VACAS DE DIFERENTE GENOTIPO**

	<b>GENOTIPO</b>		
	<b>F1</b>	<b>3/4</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>CON SUPLEMENTO</b>	<b>185.1 ± 84.35</b>	<b>254.4 ± 105.1</b>	<b>211.7 ± 100.8</b>
(26)	(16)	(10)	
<b>SIN SUPLEMENTO</b>	<b>172.0 ± 72.62</b>	<b>179.7 ± 87.46</b>	<b>173.8 ± 77.9</b>
(29)	(22)	(7)	

( ) Entre paréntesis número de vacas.

No existieron diferencias estadísticas significativas

**CUADRO 7**  
**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL SOBRE LOS DIAS EN SERVICIO**  
**EN VACAS DE DIFERENTE GENOTIPO**

	<b>GENOTIPO</b>		
	<b>F1</b>	<b>3/4</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>CON SUPLEMENTO</b>	<b>24.19 ± 40.6 a</b>	<b>78.3 ± 68.9 b</b>	<b>45 ± 60.6 c</b>
<b>(26)</b>	<b>(16)</b>	<b>(10)</b>	
<b>SIN SUPLEMENTO</b>	<b>16.91 ± 27.8 a</b>	<b>23.0 ± 34.6 b</b>	<b>18.3 ± 30.2 d</b>
<b>(29)</b>	<b>(22)</b>	<b>(7)</b>	

(a, b) distinta literal en renglón indica diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

(c, d) distinta literal en columna indica diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ )

**CUADRO 8**  
**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL SOBRE EL NUMERO**  
**DE SERVICIOS POR CONCEPCION EN VACAS DE DIFERENTE GENOTIPO**

	<b>GENOTIPO</b>		<b>PROMEDIO</b>
	<b>F1</b>	<b>3/4</b>	
<b>GRUPO SUPLEMENTO</b>	<b>1.5 ± 0.8</b>	<b>1.9 ± 0.5</b>	<b>1.69 ± 0.78</b>
(26)	(16)	(10)	
<b>GRUPO TESTIGO</b>	<b>1.41 ± 0.5</b>	<b>1.57 ± 0.7</b>	<b>1.44 ± 0.63</b>
(29)	(22)	(7)	

( ) Entre paréntesis número de vacas en estudio.  
 No existieron diferencias estadísticas significativas

**CUADRO 9**  
**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION MINERAL SOBRE**  
**LA PRODUCCION TOTAL DE LECHE\* EN VACAS DE DIFERENTE GENOTIPO**

	<b>GENOTIPO</b>		
	<b>F1</b>	<b>3/4</b>	<b>PROMEDIOS</b>
<b>CON</b>			
<b>SUPLEMENTO</b>	<b>2621.9a</b>	<b>1832.8b</b>	<b>2036.2</b>
<b>(26)</b>	<b>± 868.24</b>	<b>± 619.51</b>	<b>± 743.87</b>
<b>SIN</b>			
<b>SUPLEMENTO</b>	<b>2275.6a</b>	<b>1548.3b</b>	<b>2107.8</b>
<b>(29)</b>	<b>± 878.27</b>	<b>± 288.06</b>	<b>± 734.54</b>

(a, b) distinta literal indica diferencia estadística significativa ( $p < 0.01$ )

( ) entre paréntesis número de vacas

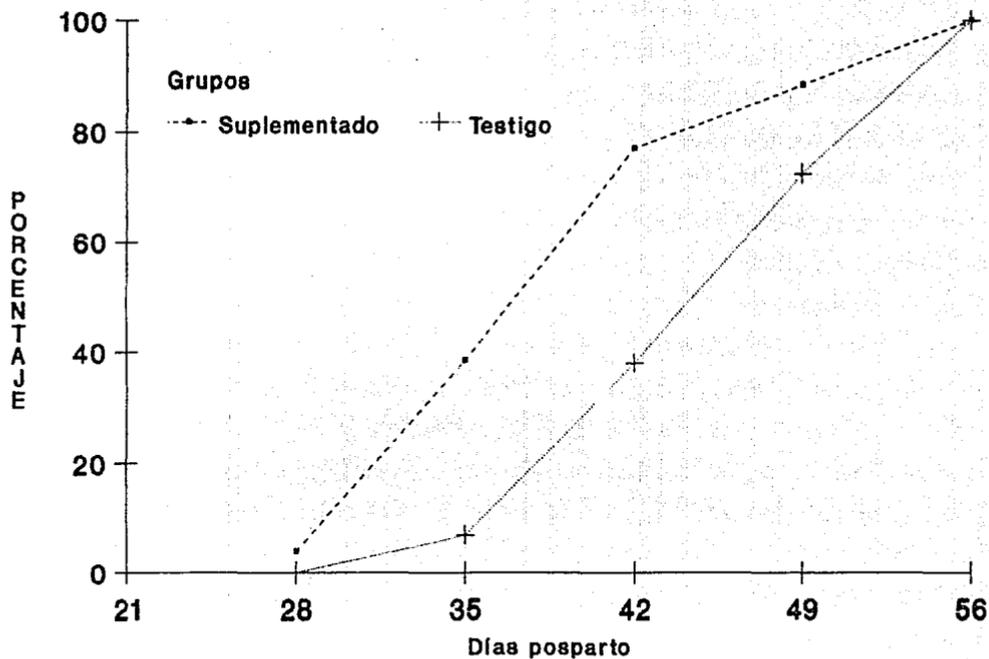
\* en Kg.

**CUADRO 10**  
**COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LA PRODUCCION DE LECHE**  
**Y LOS PARAMETROS REPRODUCTIVOS**

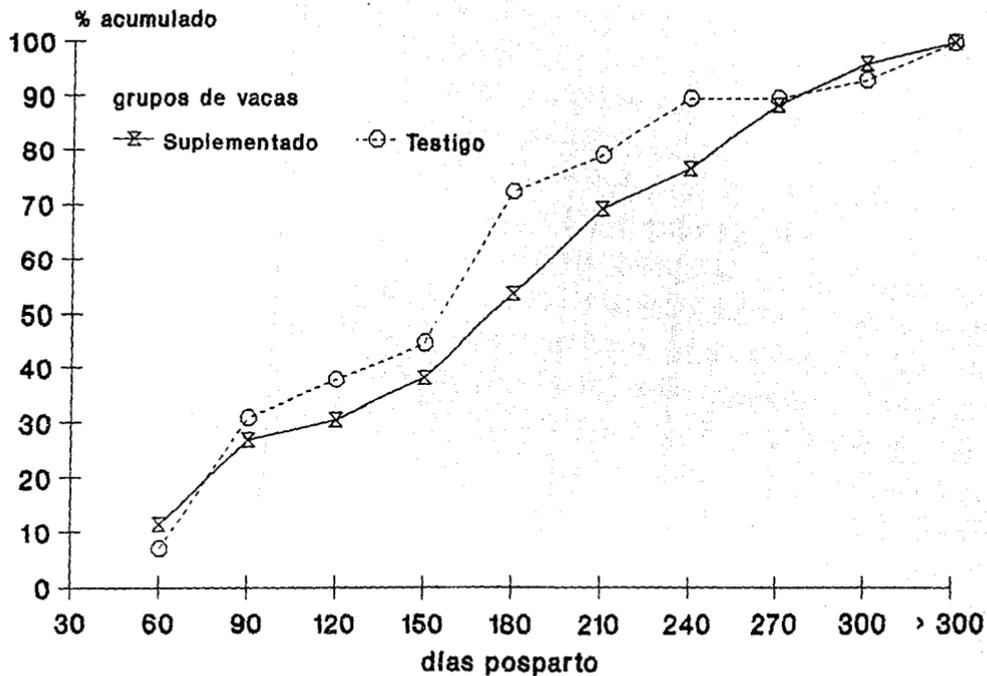
PARAMETROS REPRODUCTIVOS	PERIODOS DE LACTANCIA			
	1° (MES)	2° (MES)	3° (MES)	ACUMULADO TRIMESTRE
<b>DIAS A PRIMER CALOR</b>	.06 (51) NS	-.19 (51) NS	-.23 (51) NS	-.20 (51) NS
<b>DIAS A CONCEPCION</b>	-.01 (51) NS	-.34 a (51) NS	-.37 a (51) NS	-.31 a (51) NS
<b>SERVICIOS POR CONCEP</b>	-.04 (51) NS	-.19 (51) NS	-.17 (51) NS	-.17 (51) NS

(a) indica nivel de significacia  $P < 0.01$

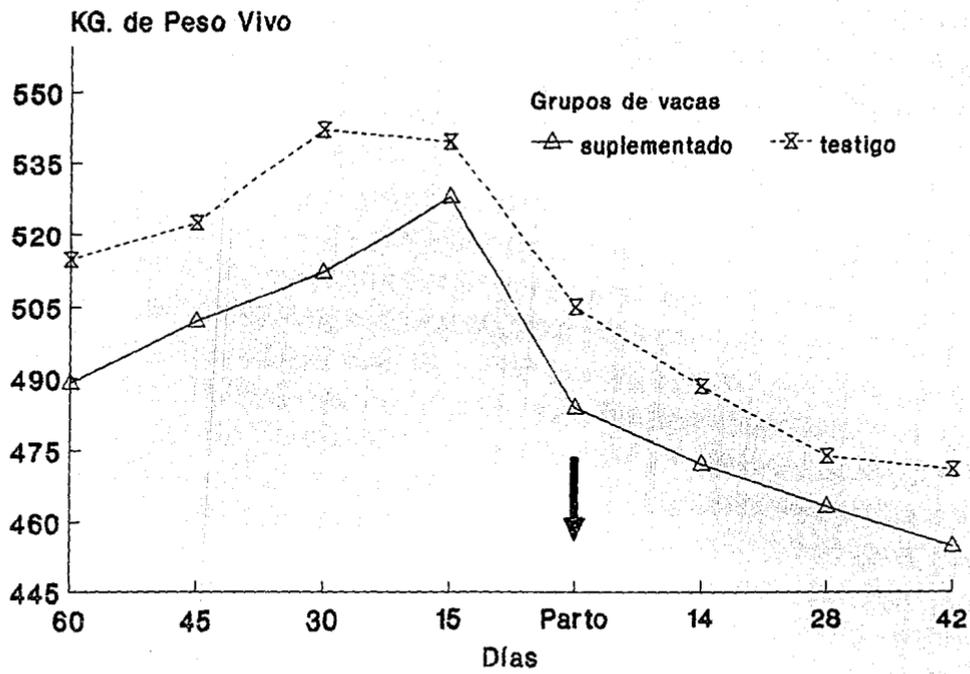
( ) Entre parantesis número de observaciones



**Figura 1: Porcentaje acumulado de vacas con y sin suplementación mineral que completaron su involución uterina**



**FIGURA 2: Porcentaje acumulado de vacas con y sin suplementación mineral que presentaron su primer servicio posparto**



**Figura 3: Cambios de peso corporal durante el preparto y posparto en vacas suplementadas antes del parto**

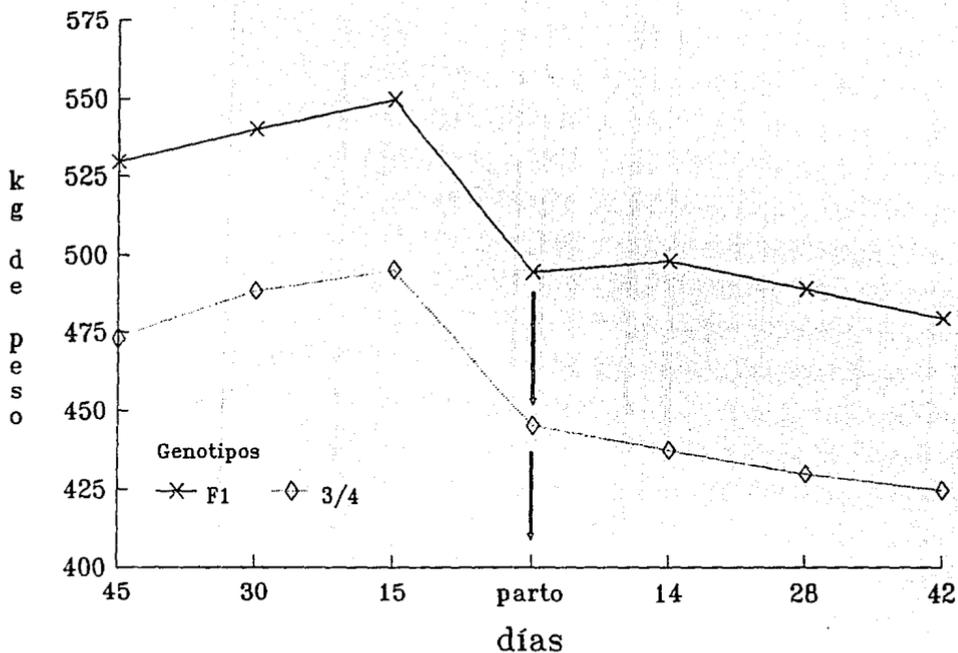


Figura 4: Cambios de peso corporal en vacas de diferente genotipo durante los periodos preparto y posparto

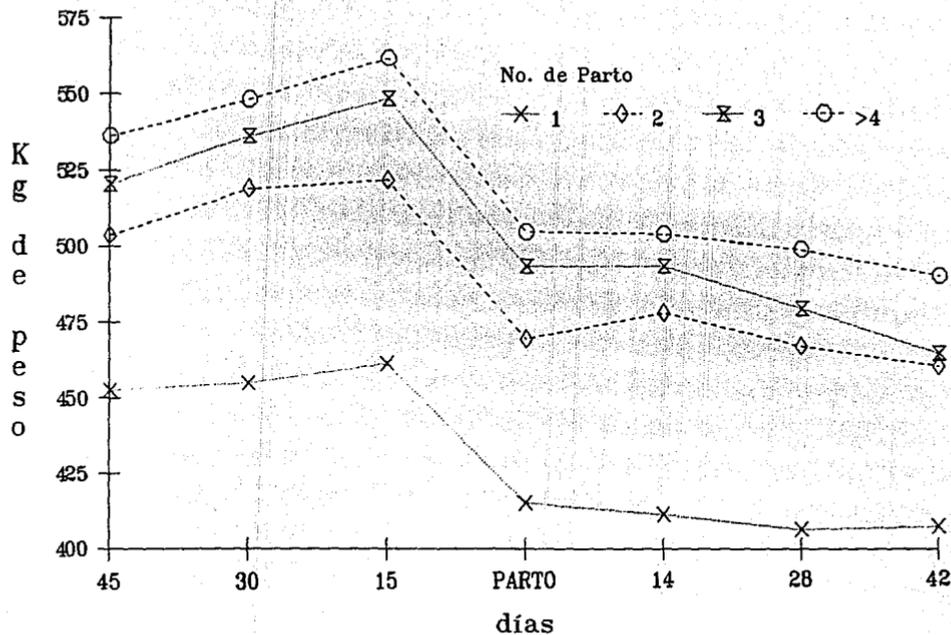
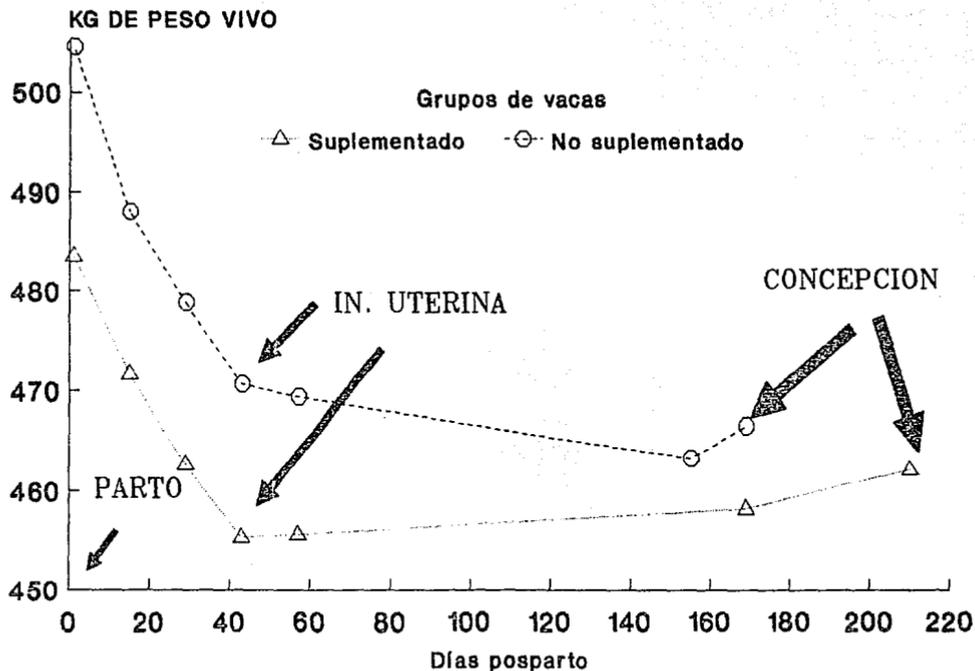
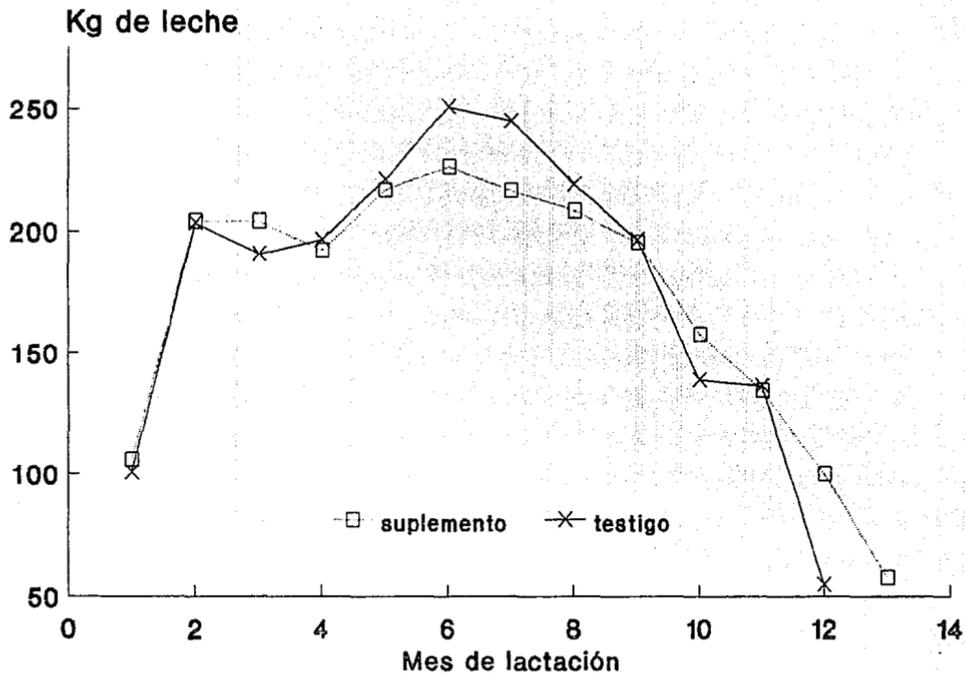


Figura 5: Variación del peso corporal en vacas con diferente número de partos durante los periodos preparto y posparto



**FIGURA 6: Cambios de peso corporal en durante diferentes eventos reproductivos en vacas suplementadas en el parto**



**Figura 7: Curva de producción de leche durante la lactancia en vacas suplementadas en el parto**