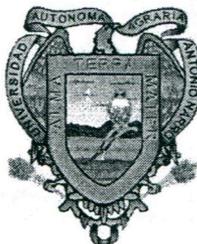


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**LA EXPOSICIÓN A DÍAS LARGOS ARTIFICIALES EN
CABRAS QUE PAREN EN OTOÑO INCREMENTA LA
PRODUCCIÓN DE LECHE**

POR:

LUIS ENRIQUE LÁZARO MOLONTZIN

TESIS:

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México.

Noviembre 2006.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**



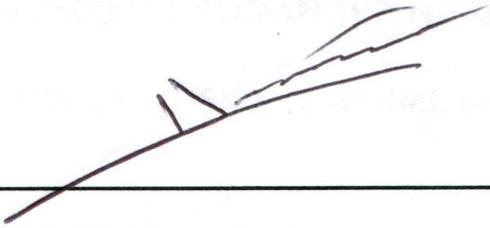
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**LA EXPOSICIÓN A DÍAS LARGOS ARTIFICIALES EN
CABRAS QUE PAREN EN OTOÑO INCREMENTA LA
PRODUCCIÓN DE LECHE**

POR:

LUIS ENRIQUE LÁZARO MOLONTZIN

ASESOR PRINCIPAL



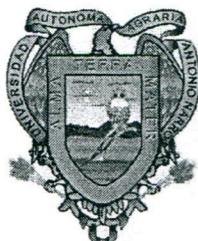
DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

Torreón, Coahuila, México.

Noviembre 2006.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**LA EXPOSICIÓN A DÍAS LARGOS ARTIFICIALES EN
CABRAS QUE PAREN EN OTOÑO INCREMENTA LA
PRODUCCIÓN DE LECHE**

POR:

LUIS ENRIQUE LÁZARO MOLONTZIN

ASESOR PRINCIPAL


DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL


M.C. JOSÉ LUIS FCO. SANDOVAL ELÍAS


Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal
AAU - UL

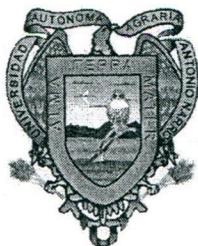
Torreón, Coahuila, México.

Noviembre 2006.

00056

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

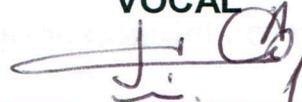


PRESIDENTE DE JURADO



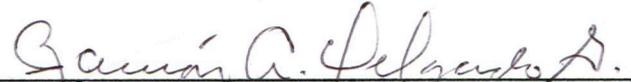
DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

VOCAL



DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

VOCAL



M.C. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLES

VOCAL SUPLENTE



M.V.Z. JUAN MANUEL GUILLÉN SÁENZ

Torreón, Coahuila, México.

Noviembre 2006.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**LA EXPOSICIÓN A DÍAS LARGOS ARTIFICIALES EN
CABRAS QUE PAREN EN OTOÑO INCREMENTA LA
PRODUCCIÓN DE LECHE**

TESIS

POR:

LUIS ENRIQUE LÁZARO MOLONTZIN

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría

ASESOR PRINCIPAL:

DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

ASESORES:

DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

DR. GERARDO DUARTE MORENO

Torreón, Coahuila, México.

Noviembre 2006.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a:

*A mi madre Sara Molontzin Sánchez y hermano Horacio
que siempre me ayudaron dándome todo su apoyo y confianza para poder llegar a ser Medico
Veterinario Zootecnista.*

A mis tíos

*Emelia, Norberto, Leobigilda, Ignacia y Reyna por la confianza, los consejos y apoyo que me
dieron para poder lograr este proyecto.*

A mis abuelos

*Lorenzo y Josefa por todas las enseñanzas que me han dado por inculcarme el trabajo, por los
regañones, consejos, por apoyarme siempre.*

Agradecimientos

En primer término agradecer a mi Alma Terra Mater (UAAAN-UL) por las innumerables enseñanzas que recibí de la gente de esta institución emblemática con las que compartí educación, amistad y trabajo entre otros valores, muchas gracias a todos ellos.

Al DR. Horacio Hernández Hernández por permitirme realizar la tesis, por la orientación recibida para la realización de este proyecto, por su gran apoyo y asesoramiento, sobre todo por su valiosa amistad y consejos muchas gracias.

Al DR. José Alberto Delgadillo Sánchez, por darme la oportunidad de trabajar con uno de los mejores equipos de investigación (CIRCA), además por sus sugerencias, comentarios, enseñanza y amistad.

Al DR. Ramón Alfredo Delgado González por las sugerencias, comentarios hechos para este proyecto, además por su amistad y tiempo brindado.

Al M.V.Z. Juan Manuel Guillén Sáenz por su colaboración comentarios y sugerencias hechas además por el tiempo otorgado y amistad.

Al DR. José Alfredo Flores Cabrera, por su amistad, comentarios, sugerencias y correcciones para el desarrollo de este proyecto.

Al DR. Gerardo Duarte Moreno, por su colaboración y sugerencias para el desarrollo de esta tesis, así como por su amistad.

Al Biólogo José Manuel Elizundia del Departamento de Control de Calidad Grupo LALA por el apoyo otorgado en el análisis de la calidad de la leche.

A todos los integrantes del CIRCA por permitirme ser parte de este gran equipo de trabajo gracias por sus consejos, apoyo, amistad y trabajo otorgado hacia mi persona, gracias a Ángel por toda la ayuda brindada.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi señora madre Sara Molontzin Sánchez por su apoyo incondicional en mis decisiones gracias por darme la oportunidad de terminar uno de mis grandes proyectos.

Al Sr. Fernando J.A. Medrano de INTERVET México, gerencia Torreón Coahuila, por la donación de las esponjas vaginales utilizadas para sincronizar la reproducción de los animales.

Al Ing. Jesús Enrique Medina Cervantes, por la facilitación de los animales que se utilizaron para este experimento, así como se agradece al Sr. Armando quien nos apoyo en el cuidado, ordeña y alimentación de los animales.

A todos mis amigos y compañeros de la carrera, que de alguna manera me apoyaron, y que compartieron su amistad, trabajo y sobre todo momentos agradables; Doris, Eulogio, Fierros, Gerardo, Silvino, Omar, Iván, Isabel, Poncho, Ray, Paulo, por mencionar algunos sobre todo de la sección G.

Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología Unidad Laguna (COECYT), por la beca otorgada para la elaboración de esta tesis, así como por promover y apoyar la investigación científica en los jóvenes de este país.

Índice de contenido

	Pág.
RESUMEN	xiii
I.- INTRUDUCCIÓN	1
II.- REVISIÓN DE LITERATURA	3
2. 1. Fisiología y Definición de la lactación	3
2.2. Inicio de la Fase Secretora de la Glándula Mamaria: Lactogénesis	4
2.3. Requerimientos Hormonales Para la Lactación	5
2.3.1. Inicio de la Lactancia	5
2.3.2. Mantenimiento de la lactancia	8
2.4. Mecanismo de Eyección de la Leche	10
2.4.1. Liberación de Oxitocina y Eyección de la Leche	11
2.5. Factores que Influyen en la Producción de Leche	12
2.5.1. Época del Parto	12
2.5.2. Número de Parto	13
2.5.3. Tipo de parto	13
2.5.4. Edad al parto	13
2.5.5. Condición Corporal, Peso Corporal y Características de la Ubre	14
2.5.6. Alimentación y Producción Láctea	15
2.6. Técnicas de Manejo Para Incrementar la Producción de Leche	15
2.6.1. Número de Ordeños	15
2.6.2. Aplicación de Hormonas Exógenas	16
2.6.3. Exposición a un Fotoperíodo de Días Largos	17

Objetivo	20
Hipótesis	20
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Ubicación del Experimento	21
3.2. Formación de Grupos Experimentales y Manejo	21
3.3. Alimentación	24
3.4. Variables a Evaluar	24
3.4.1. Potencial de Producción de Leche Evaluada Cada Semana en un Período de 24 h	24
3.4.2. Calidad de la Leche	25
3.4.3. Condición Corporal	25
3.4.4. Análisis de Datos	26
IV.- RESULTADOS	27
4.1. Potencial de producción de Leche Evaluada Cada Semana en un Período de 24 h	27
4.2. Contenido de Grasa en la Leche	28
4.3. Contenido de Proteína en la Leche	28
4.4. Condición Corporal	30
V. DISCUSIÓN	31
VI. CONCLUSIONES	35
LITERATURA CITADA	36

Índice de figuras

	Pág
Figura 1.- Diseño experimental utilizado en el presente estudio. Las cabras del GC estuvieron bajo los días cortos naturales (26° N). En cambio, en el GT las cabras fueron sometidas a días largos artificiales. PL= estimación de la producción láctea; CL= toma de muestras para determinar calidad de la leche; CC= medición de la condición corporal.	23
Figura 2. Producción promedio (\pm sem) de leche de las cabras de los dos grupos de estudio durante los primeros 71 días de lactancia. Las cabras del GC estuvieron bajo los días cortos naturales. Las cabras del GT estuvieron recibiendo días largos artificiales. * = diferencia entre grupos ($P < 0.05$; prueba de t); ** diferencia entre grupos (prueba de t ; $P < 0.01$).	27
Figura 3. Porcentaje promedio (\pm sem) del contenido de grasa en la leche. Las cabras del GC estuvieron bajo los días cortos naturales. Las cabras del GT estuvieron recibiendo días largos artificiales. * = diferencia entre grupos ($P < 0.05$; prueba de t); ** diferencia entre grupos (prueba de t ; $P < 0.01$).	29
Figura 4. Porcentaje promedio (\pm sem) del contenido de proteína en la leche. Las cabras del GC estuvieron bajo los días cortos naturales. Las cabras del GT estuvieron recibiendo días largos artificiales. * = diferencia entre grupos ($P < 0.05$; prueba de t); ** diferencia entre grupos (prueba de t ; $P < 0.01$).	29

Índice de figuras

Pág.

Figura 5. Evolución de la CC registrada en ambos grupos de cabras experimentales durante el período de estudio. Las cabras del GC estuvieron bajo los días cortos naturales. Las cabras del GT estuvieron recibiendo días largos artificiales. No existió diferencias significativas entre los dos grupos en ningún período de estudio ($P > 0.05$, en cada período; prueba U de Mann Whitney).

30

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue investigar si la exposición a días largos artificiales modifica la producción de leche en cabras mantenidas en estabulación que paren en otoño. Para ello, al día 5 postparto con base a su condición corporal, producción láctea y número de crías se conformaron dos grupos de cabras lactantes. En ambos grupos, la fecha de parto (promedio \pm sem) fue el 27 de octubre \pm 0.3 días. En el grupo control (n=19) las hembras fueron alojadas en instalaciones abiertas en donde recibían la duración natural del fotoperíodo (días cortos naturales, en esa época). En el grupo tratado (n=19), las hembras fueron alojadas en un corral en el cual se les proporcionaba días largos artificiales (16h luz: 8h oscuridad) mediante el uso de lámparas fluorescentes (proporcionando 400 lux al nivel de los ojos de los animales) a partir del día 7 al 71 postparto. Todos los animales fueron alimentados tomando en cuenta sus requerimientos nutricionales. Todas las crías permanecieron con sus madres y fueron destetadas a los 30 días postparto. Después del destete los animales se ordeñaron manualmente una vez al día durante el estudio. La producción de leche antes del destete no fue diferente entre grupos ($P>0.05$). En las etapas posteriores al destete (a los 43, 50, 57, 64 y 71 días postparto), la producción de leche fue mayor ($P\leq 0.05$) en las cabras del grupo tratado que en las cabras del grupo control. Los contenidos de grasa y proteína en la leche fueron mayores en las cabras del grupo control que en las cabras del grupo tratado,

a los 43, 50 y 57 días de la lactancia ($P \leq 0.05$). Por último, la evolución de la condición corporal no difirió en los 2 grupos ($P > 0.05$); sin embargo, existieron variaciones de la condición corporal durante el estudio ($P < 0.001$). Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que en las cabras criollas de la Comarca Lagunera que paren en otoño (26° N), y que son mantenidas en estabulación, la exposición a días largos artificiales (16h luz: 8h oscuridad) incrementa significativamente la producción de leche. Asimismo, estos resultados demuestran que dicho incremento en la producción de leche en las cabras expuestas al fotoperíodo de días largos es asociado con una disminución en los contenidos de grasa y proteína en la leche producida.

I. INTRODUCCIÓN

En América Latina, México ocupa un lugar importante en la caprinocultura, con nueve millones 500 mil cabezas. La producción de leche en 2004 llegó a 161.0 millones de litros, 4.5% por encima de la de 2003 y en el año 2005 esta tendencia de crecimiento se mantuvo. Se estima que en la Comarca Lagunera se explotan alrededor de 462,730 cabezas de caprinos (SAGARPA, 2005). El sistema de explotación predominante en esta región es el extensivo nómada y sedentario (Hoyos *et al.*, 1991).

En el ganado caprino de la Comarca Lagunera se presenta una estacionalidad reproductiva en los dos sexos (Delgadillo *et al.*, 2004). Ello conlleva a una gran estacionalidad en la época de nacimiento de las crías y, por tanto, en la disponibilidad de leche para abasto. En efecto, la mayor producción de leche en esta región se concentra en los meses de junio y julio (Salinas y Flores, 1989). Además, la producción de leche muestra variaciones a lo largo del año también como resultado directo de otros factores como la disponibilidad de forrajes, cuya repercusión se observa principalmente en los sistemas de producción extensivo o pastoriles. Otro factor que induce variaciones en la disponibilidad de la leche es la demanda de los consumidores, lo cual ha impuesto patrones de producción que buscan ajustar los niveles de oferta a los que el mercado establece, evitando

fenómenos de sobreoferta y que los precios al productor disminuyan para no obtener pérdidas económicas (Palma, 1995).

Numerosas técnicas de manejo están disponibles para incrementar la producción de leche en los animales domésticos. Entre ellas, se puede mencionar el incremento en el número de ordeñas por día. Al respecto, en cabras se ha demostrado que cambiando de uno a dos ordeños se induce un 35% de incremento en la producción láctea (Mocquot, 1981). Actualmente en bovinos lecheros la administración de hormona del crecimiento (GH) es usada para incrementar el nivel de producción láctea. En efecto, en estudios de corto plazo las inyecciones de GH en vacas Holstein de alta o media producción durante la lactancia media o tardía resultan en un incremento de 2 a 5 kg de leche diarios (Bauman y Vernon, 1993). Recientes investigaciones realizadas en bovinos han demostrado que el fotoperíodo de días largos incrementa la producción de leche (Dahal *et al.*, 2000). Así a las 4 semanas de exposición a días largos artificiales existe un 10.3% más de producción de leche que en las vacas bajo los días naturales de enero en Maryland (Dahal *et al.*, 1998). También, en ovejas mantenidas en días largos artificiales (Boquier *et al.*, 1997), encontraron un incremento importante en la producción de leche comparado con las ovejas bajo días cortos. En cambio, en la especie caprina hasta hoy no existe un estudio detallado que demuestre que los días largos artificiales inducen un incremento en la producción láctea. Por ello, el presente estudio está encaminado a determinar si durante la lactancia, el incremento en las horas luz/día puede incrementar la producción de leche.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Fisiología y Definición de la Lactación

La lactación es la última parte del ciclo reproductivo en mamíferos, la cual es caracterizada por un aumento repentino de la tasa de actividad secretora de las células epiteliales mamarias cerca del momento del parto. Parte del aumento de esta tasa de secreción después del parto se debe al estímulo hormonal (Ávila y Gutiérrez, 2006).

En el adulto, el ciclo de la lactación puede ser dividido en las siguientes etapas en forma consecutiva: mamogénesis, lactogénesis, galactopoyesis e involución. Cada una de estas fases es caracterizada por un estricto control hormonal. Tres categorías de hormonas están involucradas en cada una de las etapas de la lactancia (Neville *et al.*, 2002). Las hormonas que ejercen efectos sobre la reproducción (estrógenos, progesterona, lactógeno placentario, prolactina y oxitocina) actúan directamente sobre la glándula mamaria. Otras hormonas que tienen un efecto metabólico en el cuerpo (hormona del crecimiento (GH), corticoesteroides, hormonas tiroideas, insulina y hormonas del tracto gastrointestinal) también tienen efectos directos sobre la glándula mamaria. Finalmente, algunas hormonas que se producen en forma local en la glándula

mamaria incluye la GH, prolactina, y la leptina (Svennersten-Sjaunja y Olsson, 2005). En una revisión realizada por (Chilliard *et al.*, 2001) mencionan que la leptina es sintetizada en tejido adiposo pero también en la glándula mamaria. En la presente tesis se revisaran los procesos fisiológicos que controlan la lactogénesis y la galactopoiésis, que son el inicio y mantenimiento de la secreción láctea, respectivamente.

2.2. Inicio de la Fase Secretora de la Glándula Mamaria: Lactogénesis

La capacidad secretora de la glándula mamaria se manifiesta en la cabra desde la semana 11 de gestación, época en la cual ya existe acumulo lácteo intramamario (Forsyth *et al.*, 1985). Ensayos tanto in vivo como in vitro, muestran que en ausencia de otro principio lactogénico, la hormona del crecimiento o lactógeno placentario, la prolactina (PRL), estrógenos y progesterona son esenciales para la formación y funcionamiento de la estructura mamaria lóbulo-alveolar de la especie caprina (Hart y Morant, 1980).

La lactogénesis o inicio de la lactación comienza normalmente durante el último tercio de la gestación en la mayoría de las especies. Incluye una serie de etapas en el proceso de diferenciación por el cual las células mamarias alveolares pasan de un estado no secretor al estado secretor. La lactogénesis se manifiesta, por tanto, en un proceso de diferenciación citológica mamaria y en una actividad incrementada de las enzimas responsables de la síntesis de los componentes de la

leche, como son la lactosa, lactoalbúmina, caseína, triglicéridos y citrato en el caso de los rumiantes (Prieto, 1995).

Lyons, *et al.*, (1958) fueron de los primeros investigadores en indicar que la lactación era el resultado de la interacción de diferentes hormonas sobre la glándula mamaria. Durante el último tercio de la gestación se produce una cascada de cambios en el sistema endocrino que prepara la glándula mamaria para la secreción de leche. Aunque existen variaciones entre especies, los requerimientos hormonales mínimos para la lactogénesis son: PRL, insulina y glucocorticoides, aunque la GH y el lactógeno placentario (LP) intervienen en mayor o menor grado dependiendo de las especies (Prieto, 1995).

2.3. Requerimientos Hormonales Para la Lactación

2.3.1. Inicio de la Lactancia

La PRL es una hormona adenohipofisaria que prevalece en los vertebrados. Está implicada en un amplio espectro de acciones biológicas que incluyen la osmorregulación, favorecimiento del crecimiento, mantenimiento del metabolismo, consumo de agua, metamorfosis, mantenimiento de los tegumentos, comportamiento migratorio y comportamiento maternal (Malven, 1992). En lo referente al proceso de lactación de los mamíferos, la PRL desempeña un papel fundamental en la diferenciación de la glándula mamaria, favoreciendo el crecimiento glandular, iniciando la síntesis de leche y, en muchas especies

(excepto rumiantes), manteniendo la lactación una vez que está establecida (Baldwin y Miller, 1991).

Experimentos en vivo con animales de laboratorio hipofisectomizados, ovariectomizados y adrenalectomizados indican que las hormonas primarias requeridas para la lactogénesis incluyen la PRL, el cortisol o la corticosterona y la insulina. La PRL, parece cubrir las funciones esenciales para la proliferación y diferenciación de células secretoras durante la preñez tardía (Lyons, 1942; Topper y Oka, 1974; Tucker, 1994). En las células mamarias diferenciadas, la PRL tiene un papel central en la regulación del RNA y la síntesis de proteína y de este modo, es esencial para la capacidad de síntesis de los componentes de la leche (Baldwin y Martín, 1968; Topper y Oka, 1974).

Los glucocorticoides modulan en parte, la tasa de síntesis de varias enzimas esenciales para la biosíntesis de leche y junto con la insulina, son esenciales para el desarrollo del retículo endoplásmico rugoso, lo cual es característico de las células mamarias bien desarrolladas. Las células secretorias mamarias dependen de la insulina para su formación, desarrollo, sobrevivencia y función. Así, cuando a ratas lactantes diabéticas se deprivan de insulina durante 48h ocurre una pérdida celular extensiva e irreversible en sus células mamarias (Martín y Baldwin, 1971). A pesar del extensivo trabajo, el mecanismo exacto de la acción de la PRL y la insulina en la regulación de la proliferación, diferenciación y desarrollo celular no está completamente claro. La misma situación guarda el conocimiento del mecanismo de la acción de los corticoides en el desarrollo de las células mamarias.

Sin embargo, en la actualidad estas son áreas de intensa investigación y se espera un continuo progreso en este campo.

Otro evento esencial para el inicio de la lactogénesis es la expresión de la capacidad de síntesis de leche por las células secretoras. Algunos estudios en vacas indican que, en contraste con los roedores, donde la proliferación y el desarrollo celular y el inicio de la síntesis de leche ocurren casi simultáneamente, la proliferación y el desarrollo celular son completados varias semanas previas al parto junto con el inicio de la síntesis de leche (Baldwin y Miller, 1991). Estas observaciones ponen la posibilidad de que un cambio hormonal asociado con el parto es el “gatillo disparador” del inicio de la síntesis de leche. Hay tres posibles causas para una falla en la síntesis de leche de una glándula aparentemente bien desarrollada en vacas. Una de ellas es que el suministro de nutrientes a la glándula sea limitado debido a una baja en su tasa de flujo sanguíneo. De hecho, la tasa de flujo sanguíneo a las glándulas mamarias se incrementa marcadamente al parto (Linzell, 1969). Sin embargo, a ese estado existen ya bastantes precursores de la leche y de intermediadores que participan en las vías de biosíntesis antes del parto que después del parto (Baldwin y Cheng, 1968). Existen datos consistentes que mencionan que los constituyentes de la leche acumulados en las glándulas mamarias inhiben la síntesis de leche (Wilde *et al.*, 1995). En general, la acumulación de los constituyentes de la leche no se considera como una explicación suficiente, ya que el ordeño preparto no conduce a una expresión completa en la capacidad de síntesis de leche. Una posibilidad final es que varias enzimas importantes (ejemplo, lactosa sintetasa, acetil coenzima A y la

carboxilasa) están limitadas antes del parto y pueden ser máximas previo al inicio de la lactancia completa (Mellenberg *et al.*, 1973). Kuhn (1969) ha argumentado que la síntesis de esas enzimas clave es inhibida por la progesterona antes del parto. Así, el decline de esta hormona antes del parto dispara la síntesis de esas enzimas clave y la lactación es iniciada.

2.3.2. Mantenimiento de la Lactancia

Los requerimientos hormonales para el mantenimiento de la lactancia han sido motivo de diversas revisiones (Tucker, 2000). En animales de laboratorio hipofisectomizados, los requerimientos hormonales mínimos para el mantenimiento de la actividad secretoria son el cortisol, la PRL y la oxitocina (Korsrud y Baldwin, 1969).

En los rumiantes, se ha reportado que existen varias diferencias en los requerimientos hormonales para el mantenimiento de la lactancia. Por ejemplo, una adrenalectomía en las ovejas lactantes no induce una reducción del desempeño lactacional, ni tampoco en las actividades enzimáticas en el tejido mamario, similar a lo encontrado en ratas (Ely y Baldwin, 1976). Existen reportes de que la PRL no es requerida para el mantenimiento de la lactancia establecida en cabras y vacas. Mientras que la hormona del crecimiento (GH) sí tiene una participación importante (Cowie *et al.*, 1964). En efecto, la administración de GH recombinante a ganado lechero incrementa la producción de leche de un 15-40%, en cambio la administración de PRL no tuvo ningún efecto (Bauman y McCutcheon, 1986).

Los mecanismos por los cuales la GH recombinante bovina actúa para incrementar la producción de leche en los bovinos lecheros ha sido investigada examinando 3 factores importantes que controlan la producción.

1. La concentración de nutrientes en sangre
2. El flujo sanguíneo a la ubre
3. La capacidad biosintética de la ubre

La concentración de nutrientes en sangre en las vacas inyectadas con GH difiere poco de las vacas que fueron tratadas con placebo. El torrente sanguíneo aumenta en la glándula mamaria cuando aumenta la producción de leche, mientras que en la sangre arteriovenosa la mayoría de los nutrientes permanece constante. La tasa de fluido sanguíneo es regulada a nivel mamario por productos de metabolismo glandular (CO₂, etc.) en la sangre venosa que sale de la glándula. Por ello, parece probable que la capacidad biosintética/metabólica mamaria se incrementa con el tratamiento de GH, produciendo un incremento en la concentración de metabolitos en sangre venosa, lo cual a su vez, produce un incremento del flujo sanguíneo a la glándula.

Los efectos de la GH sobre la capacidad metabólica de la glándula mamaria no son directos, ya que no se han encontrado receptores a GH en las células secretoras glandulares. La hipótesis más ampliamente retenida sobre la acción de la GH es que ésta estimula en el hígado la secreción del factor de crecimiento similar a insulina (IGF-I), el cual a su vez actúa en las células secretoras. Se demostró que la administración de la GH en vacas lecheras lactantes induce un

incremento en los niveles de IGF-I en plasma (Glimm *et al.*, 1988). Baumrucker (1986) presentó un trabajo preliminar que señala que la IGF-I estimula la proliferación de células mamarias secretoras e incrementa *in vitro* la capacidad metabólica del tejido mamario bovino incubado.

2.4. Mecanismo de Eyección de la Leche

El vaciamiento completo de la leche alveolar en cada ordeño o amamantamiento es un prerrequisito para mantener la síntesis y secreción de niveles altos de leche durante toda la lactancia (Bruckmaier, 2005). Entre cada ordeña, la leche secretada por las células epiteliales es acumulada en alvéolos y espacios de las cisternas, mientras que la leche en los grandes ductos mamarios y en las cavidades cisternales (fracción cisternal) está inmediatamente disponible para su salida durante la ordeña.

En la cabra las cisternas presentan en su conjunto un gran volumen de almacenamiento de leche, superior proporcionalmente al presentado en la vaca. Todo el sistema conductor incluyendo las cisternas llegan a almacenar el 70% de la leche que se produce entre cada período de ordeño, hecho que tiene importancia fisiológico-práctico en el proceso de evacuación de la leche de la especie caprina (Ferrando *et al.*, 1990).

2.4.1. Liberación de Oxitocina y Eyección de la Leche

La eyección de la leche es el activo transporte de la leche alveolar dentro del compartimiento cisternal. Esto consiste de 1) la contracción de las células mioepiteliales que rodean al alvéolo, similar a una canasta y 2) la transferencia de la leche a través de un sistema de ductos lácteos. La eyección de la leche es un reflejo innato que ocurre en respuesta a la estimulación táctil de la glándula mamaria mediante un arco reflejo neuroendocrino (Crowley *et al.*, 1992). El estímulo generado en la glándula mamaria en respuesta al amamantamiento u ordeña es transmitido a los centros nerviosos que regulan la síntesis de oxitocina (OT), como son las neuronas magnocelulares del núcleo paraventricular. Dicho estímulo provoca que la OT almacenada en la neurohipófisis sea liberada al torrente sanguíneo y alcanzar la glándula mamaria (Crowley y Amstrong, 1992).

En respuesta a las elevadas concentraciones de OT en sangre, la cual se une a los receptores de OT de las células mioepiteliales, causando una contracción alveolar (Soloff, *et al.*, 1980). Como consecuencia, la leche alveolar es forzada a pasar adentro del espacio cisternal. La eyección de la leche alveolar ocasiona un incremento rápido de presión dentro de la cisterna (Bruckmaier y Blum, 1996) y un agrandamiento en tamaño de la cavidad cisternal (Bruckmaier y Blum, 1992). Sin embargo, debido al limitado espacio cisternal no toda la leche alveolar puede ser expulsada si la leche no es removida simultáneamente desde la ubre. Además la leche es expulsada durante el transcurso de un amamantamiento o durante la ordeña (Bruckmaier y Blum, 1994; Bruckmaier *et al.*, 1997).

Se ha demostrado que la cabra es capaz de distinguir efectos molestos que pueden alterar el mecanismo de expulsión de la leche. Estos efectos pueden ser percibidos en la glándula derecha o izquierda, en forma discriminada (Gratchev, 1964).

2.5. Factores que Influyen en la Producción de Leche

Las características generales de la lactación en una especie se ven influenciadas por una serie de factores que alteran tanto su producción, como su persistencia.

2.5.1. Época del Parto

En las cabras, este factor incrementa su impacto, sobre la producción, según el grado de adaptación de las diferentes razas al medio ambiente y el sistema de manejo que se utiliza. Se ha descrito que este factor puede influenciar entre el 5% y 35% de la variación total (Rooningen, 1964; Steine, 1975). Esta variación está dada por la existencia de un efecto estacional, así las hembras que paren en invierno y primavera, en el hemisferio norte, producen un 30% más de leche que aquellas que paren en otra época del año.

2.5.2. Número de Parto

En la especie caprina, al igual que en la bovina un elevado número de células alveolares, secretoras no involucionan. Por ello, la capacidad lechera tiende a aumentar más bien relacionada con el número de partos que con la edad (Knight y Peaker, 1982). En general, las diversas razas caprinas presentan sus mayores producciones entre la tercera y cuarta lactación (Dickinson y King, 1969; Mackenzie, 1970, Rathore, 1971, Subires *et al.*, 1987 y 1988). Las razas rústicas parecen presentar sus mayores producciones lácteas en forma más temprana, que en las razas seleccionadas para leche (Gámez *et al.*, 1987).

2.5.3. Tipo de Parto

Un factor que influye positivamente en la producción lechera que se alcance, es el número de crías al parto. Hayden *et al.*, (1979), señalan la presencia de una directa y estrecha correlación entre la producción de leche y la masa placentaria expresada en gramos, atribuyendo dicho efecto a la mayor concentración de lactógeno placentario.

2.5.4. Edad al Parto

La edad tiene un efecto importante en la producción de leche. Roonigen (1964), estimó que el 26.9% de la variación total de la producción de leche era atribuible a este factor. Diversos autores han estimado que la mayor producción se

alcanza cuando el parto ocurre entre los 30 a 50 meses edad (Kennedy *et al.*, 1979; Lloje *et al.*, 1980; San Fiorenzo, 1957). Este factor varía notablemente según la raza de la que se trate. La edad influye en la persistencia de la lactación, así se ha demostrado que después de 7 años ella se acorta en relación a las lactaciones anteriores (Brodie, 1938; Frenk, 1970).

2.5.5. Condición Corporal, Peso Corporal y Características de la Ubre

Las medidas corporales parciales también han sido correlacionadas con la habilidad para producir leche. (Gall, 1981) establece un valor de " r " (coeficiente de correlación) de 0.13 al considerar simultáneamente largo de lomo, largo de cabeza, profundidad de abdomen, amplitud de abdomen y producción de leche. Sand y McDowell (1978) elevan este valor a 0.20, cuando consideran además de los señalados el peso corporal de los animales. El tamaño y la conformación de la glándula mamaria también han constituido un índice comparativo con el fin de establecer aptitud lechera. Jenness (1964) encuentra valores de r de 0.76 y 0.88 respecto de longitud y profundidad de la glándula y producción de leche.

Linzell (1972), comprobó en las cabras Saanen y Welsh que ambas producían igual cantidad de leche por kilogramo de glándula, pero que las Saanen por tener ubres más grandes producían mayor cantidad de leche, concluyendo que la conformación de la ubre, así como su tamaño reflejan claramente su capacidad productiva, por lo que la apreciación visual es un buen medio para evaluar la capacidad productiva láctea.

2.5.6. Alimentación y Producción Láctea

La alimentación es un factor limitante de la producción láctea y por lo tanto esta puede ser alterada por todos los componentes nutritivos, como son principalmente la energía y proteínas. La influencia de la alimentación no sólo esta referida a la mayor o menor cantidad de leche que se produzca, si no también a las alteraciones en su composición y en la persistencia de la lactancia.

En la cabra la mayor ingesta diaria y su alta producción por unidad de peso vivo, se explicaría por la presencia de una tasa metabólica más alta. Así, a igual cantidad de nutrientes, la cabra produce más leche que la vaca, debido una mayor utilización de alimento: 35% versus 31% del alimento consumido en cabra y vaca, respectivamente (Sharma, 1982). La ingesta de energía metabolizable es el factor alimentario que está más positivamente relacionado con la producción y composición de la leche. Sauvant y Morand-Fehr (1976), encontraron una correlación entre ambos factores que fluctúan desde 0.75, al comienzo de la lactancia a 0.87 a las 24 semanas de la misma.

2.6. Técnicas de Manejo Para Incrementar la Producción de Leche

2.6.1. Número de Ordeños

En cabras, el número de ordeños ha sido destacado como un factor de manejo que influye en el total de la leche producida. Mocquot (1981), indica que el

doble ordeño aumenta la producción de leche en 35% y que incluso al hacerlo 3 veces al día logra un alza adicional de 20%. Recientemente, en esta misma especie, (Salama *et al.*, 2003) demostraron en la raza Murciano-Granadina que practicando una ordeña por día se reduce moderadamente la producción de leche sin afectar negativamente la composición, comparado con dos ordeños. La síntesis de leche por la ubre es altamente dependiente sobre los efectos locales de la evacuación previa de la ubre (cabra: Wilde y Knight, 1990; vacas: Stelwagen and Knight, 1997). Este mecanismo ha sido demostrado en la lactación establecida. Así, en vacas Wilde y Knight (1990) y en cabras Linzell y Peaker (1971) y Henderson *et al.* (1983) demostraron que si una glándula de un animal es ordeñada 3 veces/día, su producción se incrementa rápidamente en comparación a la otra glándula del mismo animal ordeñada sólo 2 veces / día

2.6.2. Aplicación de Hormonas Exógenas

La GH exógena es galactopoiética en animales rumiantes. En efecto, como fue mencionado anteriormente, en estudios de corto plazo, las inyecciones de GH en vacas Holstein de alta o media producción durante la lactancia media o tardía resultan en un incremento constante de 2 a 5 kg de leche/día (Bauman y Vernon, 1993; Chilliard, 1988). La variación en la respuesta se debe a la duración del tratamiento, la dosis, el estado de la lactancia, las condiciones de manejo y otros factores no identificados. En vacas, ovejas y cabras, la liberación de somatotropina de la adenohipófisis debida a repetidas inyecciones de somatocrininas (GHRH o análogos), resulta en un incremento en la producción de leche y en la cantidad de

sus componentes. En estudios a largo plazo, el tratamiento con GH a vacas y ovejas por más de cien días induce un incremento en la producción de leche similar al tratamiento corto, especialmente durante estados tardíos de la lactancia. Los incrementos en la producción de leche en vacas Holstein altamente productoras (> 25 kg/día) oscila entre 8 y un 40% de la producción diaria promedio (Bachman *et al.*, 1999).

El patrón de respuesta en ganado bovino es el siguiente: la producción de leche se incrementa en los primeros días de la administración de la GH y alcanza su máximo en la primera semana de tratamiento. Si el tratamiento es suspendido, la producción retorna gradualmente a los niveles encontrados antes del tratamiento. Sin embargo, cuando el tratamiento continúa, la producción elevada de leche se mantiene (Bauman *et al.*, 1985). Así, la administración exógena de GH bovina resulta en un gran pico en la producción de leche y una persistencia incrementada de su efecto durante el ciclo de la lactancia (Etherton y Bauman, 1998).

2.6.3. Exposición a un Fotoperíodo de Días Largos

El fotoperíodo es un proceso ambiental que se define como el número de horas luz que recibimos durante un día (García *et al.*, 2001). La respuesta al fotoperíodo o la relativa duración de la relación luz/oscuridad en un día es la señal medioambiental más comúnmente adoptada por los animales para predecir cambios y alterar sus respuestas fisiológicas a los cambios en el ambiente

(Gwinner, 1986). La mayor consecuencia fisiológica asociada con el fotoperíodo es la influencia sobre el estado reproductivo (estacionalidad reproductiva). Sin embargo, otros procesos son también afectados por los cambios en el fotoperíodo como el crecimiento corporal y la composición del pelaje.

Después de un reporte inicial en 1978 que mostró el efecto galactopoiético del fotoperíodo de 16 h luz, 8 h oscuridad, numerosos estudios han confirmado que los días largos estimulan la producción de leche.

Recientes investigaciones realizadas en bovinos han demostrado que el fotoperíodo de días largos incrementa la producción de leche (Dahl *et al.*, 2000). Así, a las 4 semanas de exposición a días largos artificiales existe una diferencia de un 10.3% más de producción de leche a las 8, 10, 12, 14 y 16 semanas después del inicio del tratamiento, comparado con las vacas bajo los días naturales de enero en Maryland (Dahl *et al.*, 1998). También en ovejas mantenidas en días largos artificiales utilizando cámaras fotoperiódicas, Bocquier *et al.* (1997) encontraron un incremento importante en la producción de leche comparado con las ovejas bajo días cortos.

En cambio, en la especie caprina hasta hoy no existe un estudio detallado que demuestre que los días largos artificiales inducen un incremento en la producción láctea. Por ello, el objetivo del presente trabajo es investigar si en las cabras de la Comarca Lagunera (26° N) que paren en los días cortos naturales y

mantenidas en estabulación, el incremento en las horas luz/día puede tener un efecto sobre la producción de leche.

OBJETIVO

El objetivo del siguiente trabajo de tesis es investigar si la aplicación de días largos artificiales (16 h luz: 8 h oscuridad) en cabras lactantes que paren en otoño (26° N; días cortos naturales), mantenidas en estabulación podría incrementar la producción de leche.

HIPOTESIS

La exposición a días largos artificiales en las cabras criollas de la Comarca Lagunera (26° N) que paren en los días cortos naturales y mantenidas en estabulación induce un incremento en la producción de leche, comparado con las mantenidas en el fotoperíodo corto natural.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del Experimento

Este estudio se realizó en rancho "Medina" en el ejido Benito Juárez Sector 6 localizado en el km 3 de la carretera troncal a la Cueva del Tabaco, del municipio de Matamoros, Coahuila. Dicha localidad está enclavada en la Comarca Lagunera de Coahuila, la cual está situada a una latitud 26° Norte y entre los 102° y 104° de longitud Oeste, con una altitud que varía de 1,123 a 1,400 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio anual es de 23.4 °C, la máxima de 40°C se presenta en junio y la mínima de -3 en diciembre; la precipitación pluvial media anual es de 230 mm (CONAGUA, 2005).

3.2. Formación de Grupos Experimentales y Manejo

Se utilizaron 38 cabras primíparas encastadas de raza Alpina. La fecha promedio del parto de dichos animales fue el 27 de octubre \pm 0.3 días. Posteriormente, a los 5 \pm 1.0 días postparto se realizó en todas las cabras un control de medición de la producción de leche de cada animal. Con este dato y tomando en cuenta el número de crías y la condición corporal se formaron 2 grupos experimentales, los cuales fueron alojados en dos corrales abiertos (10 x 6 m cada

uno) que tenían una separación de 20 m. Los corrales estuvieron provistos de sombreaderos, comederos y bebederos.

Un grupo de cabras fue expuesto al fotoperíodo natural imperante a partir del mes de noviembre en la Comarca Lagunera (días cortos naturales; 26° N; grupo control; GC; n=19; ver Figura 1). En el otro grupo, las cabras se mantuvieron en un corral que estaba equipado con lámparas de luz de día que proporcionaban una intensidad luminosa mínima de 400 lux al nivel de los ojos de los animales. En este grupo, los animales recibían días largos, aprovechando la luz natural y la luz de las lámparas (grupo tratado; GT; n=19) desde la primera semana y hasta la semana 10 de lactancia. En el corral de este grupo, el mecanismo de encendido y apagado de la luz se efectuó con relojes automáticos y programables (Interamic, Timerold, USA). El alba (encendido de la luz) se fijó diariamente a las 06:00 horas. La luz se apagaba cuando exista suficiente luz natural (09:00 horas). Después, se encendían nuevamente antes del crepúsculo natural (17:00 horas) y se apagaban a las 22:00 horas. Esto permitía que los animales percibieran días largos de 16 horas de luz por día durante todo el estudio. La distancia entre los dos corrales experimentales fue de 20 m y para evitar que durante el encendido de la luz en el corral de GT ésta se reflejara en el corral de GC, diariamente se bajaba una cortina que impedía el paso de la luz. Por las mañanas, después del apagado de las lámparas se recogía la cortina de dicho corral.

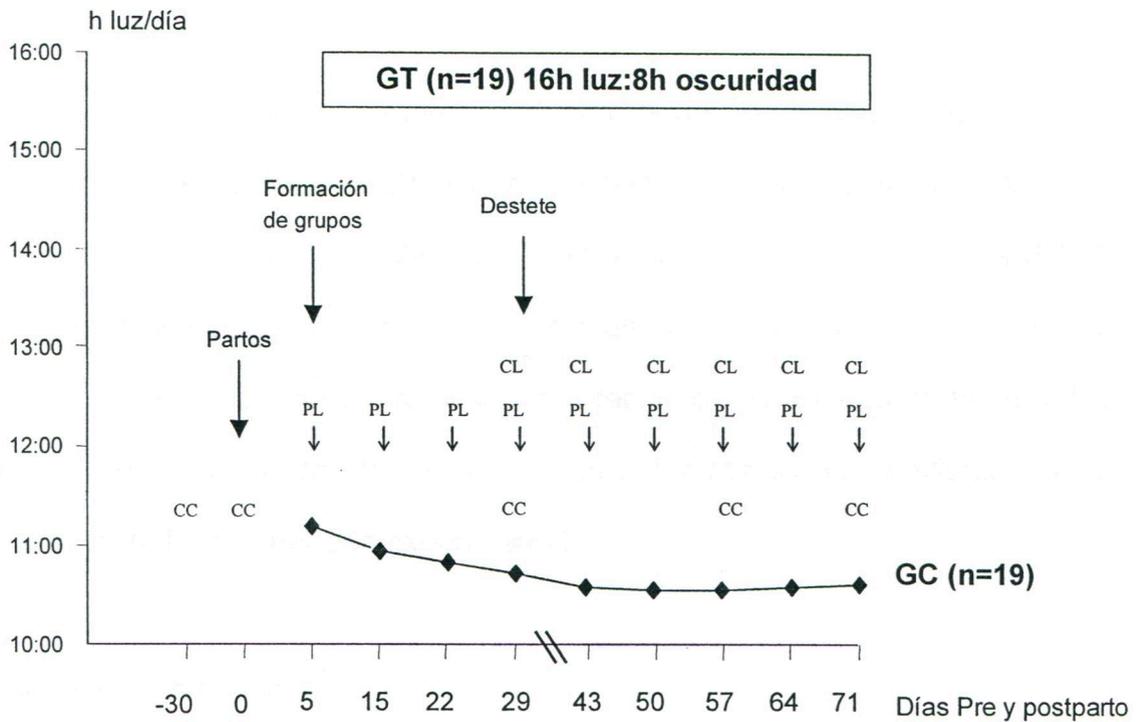


Figura 1. Diseño experimental utilizado en el presente estudio. Las cabras del GC estuvieron bajo los días cortos naturales (26° N). En cambio, en el GT las cabras fueron sometidas a días largos artificiales. PL= estimación de la producción láctea; CL= toma de muestras para determinar calidad de la leche; CC= medición de la condición corporal.

En el grupo control, 10 cabras amamantaron a una cría y 9 madres amamantaron a crías gemelas. En el grupo tratado, 11 cabras amamantaron a una cría y 8 cabras amamantaron a crías gemelas. En ambos grupos, las hembras amamantaron a sus crías durante los primeros 30 días postparto, día en el cual se llevo a cabo el destete de todas las crías (Figura 1). Después del destete, todas las hembras fueron ordeñadas manualmente una vez/día por las mañanas.

3.3. Alimentación

Los animales fueron alimentados con heno de alfalfa y concentrado comercial (14% de proteína cruda) en una cantidad que cubría sus requerimientos nutricionales como hembras lactantes y considerando el número de crías (NRC, 1981). La alimentación se ofreció por la mañana (a las 08:00 h, 300 g del concentrado comercial/cabra y la mitad de la ración de heno) y por la tarde (a las 17:00 h el resto de la ración). El agua y las sales minerales estuvieron a libre acceso durante todo el período experimental.

3.4 Variables a Evaluar

3.4.1. Potencial de Producción de Leche Evaluada Cada Semana en un Periodo de 24h

En todas las cabras experimentales se determinó el potencial de producción de leche en un periodo de 24 h. Para estimar la producción de leche cuando todavía permanecían las crías con sus madres, se utilizó el procedimiento del vaciado de la ubre y realizar 2 amamantamientos controlados (separando las crías en otro corral) con un intervalo de 12 h, registrando la diferencia del peso de la cría antes y después de amamantarse. Además, después de cada amamantamiento se ordeñó y se aplicó por vía intravenosa 2 U.I. de oxitocina seguido de otra ordeña para extraer la leche residual (Riordeau *et al.*, 1960). Posterior al destete de las crías, se estimó el potencial de producción de leche en un periodo de 24 h; en este

caso, se realizó el vaciado de la ubre y posteriormente a intervalo de 12 horas se realizaron 2 ordeñas.

3.4.2. Calidad de la leche

A partir del día 29 de lactancia se comenzó a tomar muestras semanales de leche de 12 animales en cada grupo experimental. El procedimiento para la toma de muestras fue el siguiente: se realizó asepsia del pezón de las glándulas mamarias antes de tomar las muestras. Se despuntó cada medio, es decir se retiró la primera porción de leche que se encuentra contenida en la cisterna del pezón, posteriormente se procedió a ordeñar la glándula. Al terminar la ordeña de ambas glándulas se homogenizó la leche y se tomó una muestra de 50 ml. Se utilizaron viales estériles donde se colocaba la muestra. Después, las muestras fueron colocadas en una hielera de plástico conteniendo congelantes y cubos de hielo que las mantenían a una temperatura aproximada de 4°C. Finalmente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio para realizar su análisis. El contenido de grasa y de proteínas en las muestras se realizó utilizando un MilkoScan (Electric, Hillerød, Dinamarca).

3.4.3. Condición Corporal

La condición corporal (CC) de las hembras de los dos grupos experimentales se determinó a 30 días antes del parto, al parto y a los 30, 60 y 71 días postparto.

3.4.4. Análisis de datos

Las cantidades de la producción de leche semanal se compararon mediante un MANOVA (análisis de varianza para medidas repetidas) a dos factores: estado de la lactancia (tiempo) y tratamiento. Después, se realizó pruebas de *t* independiente para comparar las cantidades en cada semana. El mismo procedimiento se utilizó para comparar la calidad de la leche. Debido a que los datos de condición corporal no mostraron una distribución normal, esta variable se comparó con la prueba U de Mann Whitney. Estos análisis se realizaron utilizando el programa estadístico SYSTAT, versión 10 (SPSS, Evanston ILL). Los resultados son expresados en promedio \pm error estándar del promedio (sem).

IV. RESULTADOS

4.1. Potencial de Producción de Leche Evaluada Cada Semana en un Periodo de 24h

El potencial de producción de leche en las cabras de los dos grupos a través de las diferentes etapas postparto es mostrado en la Figura 2.

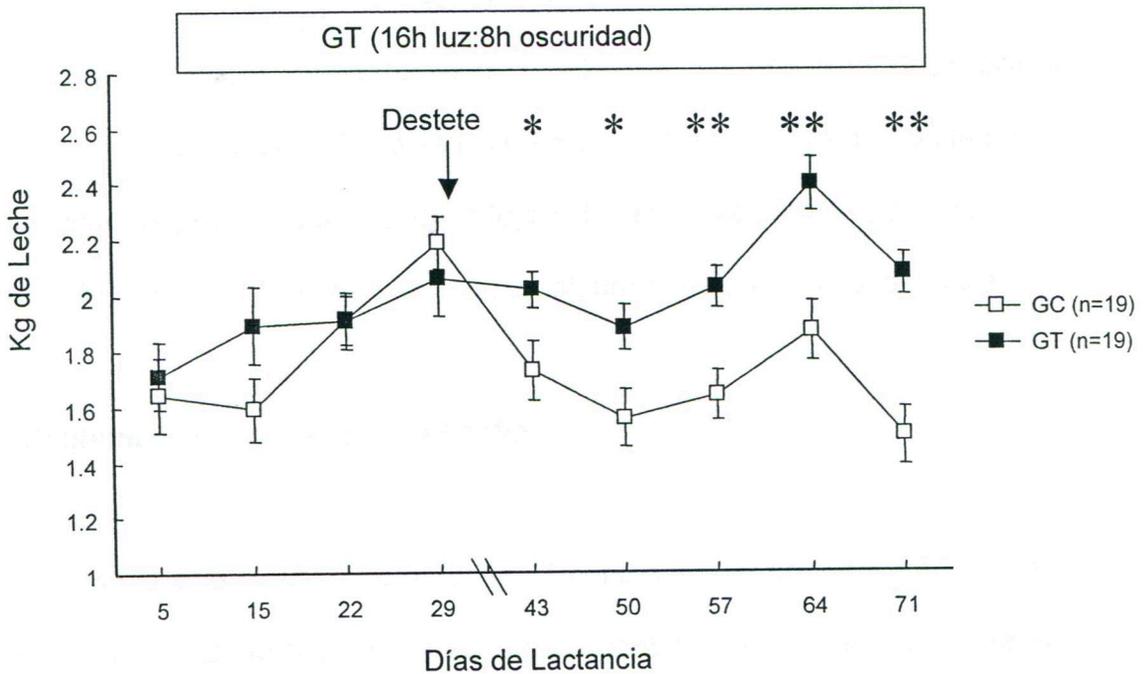


Figura 2. Producción promedio (\pm sem) de leche de las cabras de los dos grupos de estudio durante los primeros 71 días de lactancia. Las cabras del GC estuvieron bajo los días cortos naturales (26° N). Las cabras del GT estuvieron recibiendo días largos artificiales. * = diferencia entre grupos ($P < 0.05$; prueba de t); ** = diferencia entre grupos ($P < 0.01$; prueba de t).

En esta figura se observa que la producción de leche durante el primer mes de lactancia, que es cuando las crías permanecieron con sus madres, no fue diferente entre los 2 grupos ($P > 0.05$). En cambio, después del destete y hasta el final del estudio (71 días postparto), la producción de leche en 24 h fue mayor en el grupo tratado que en el grupo control ($P \leq 0.01$, en cada etapa; prueba de *t*). En efecto, el MANOVA mostró un efecto del tiempo ($P < 0.001$), un efecto del grupo ($P < 0.01$), así como una interacción tiempo x grupo ($P < 0.001$) sobre esta variable.

4.2. Contenido de Grasa en la Leche

En esta variable, el MANOVA reveló un efecto significativo del grupo ($P < 0.05$) y un efecto del tratamiento ($P < 0.001$), sin embargo no existió una interacción entre estos dos factores ($P > 0.05$). Así, como se observa en la Figura 3, el contenido de grasa fue mayor en la leche de las cabras del grupo control que en la leche de las cabras del grupo tratado en algunos períodos de la lactancia.

4.3. Contenido de Proteína en la Leche

Al igual que la variable anterior, el contenido de proteína en la leche fue mayor en la leche de las cabras del grupo control que en las cabras del grupo tratado, excepto en el día 71 de lactancia (Figura. 4). En efecto, el MANOVA indicó un efecto del tiempo ($P < 0.001$) y una interacción tiempo x grupo ($P < 0.001$).

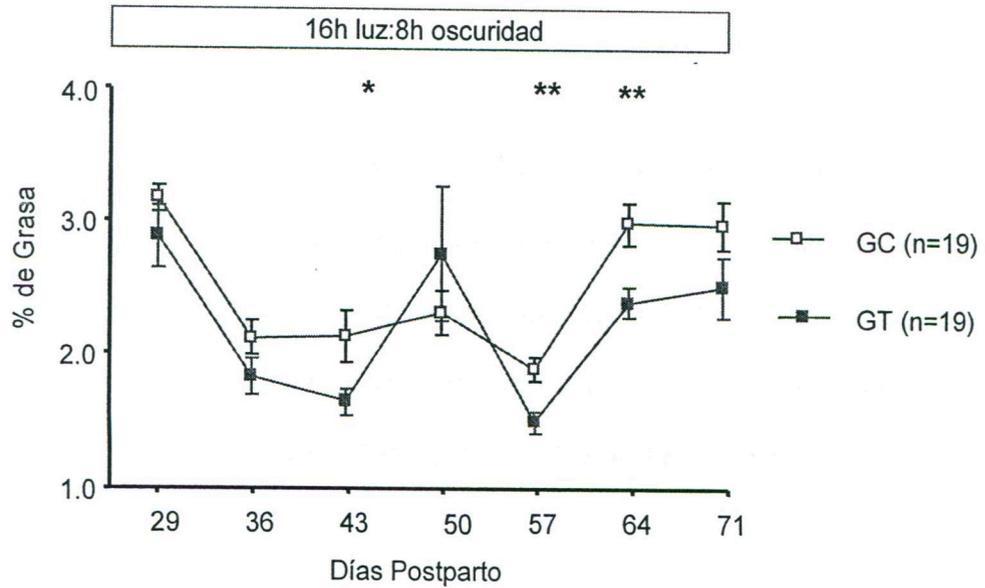


Figura 3. Porcentaje promedio (\pm sem) del contenido de grasa en la leche. Las cabras del GC estuvieron bajo los días cortos naturales (26° N). Las cabras del GT estuvieron recibiendo días largos artificiales. * = diferencia entre grupos ($P < 0.05$; prueba de *t*); ** diferencia entre grupos ($P < 0.01$).

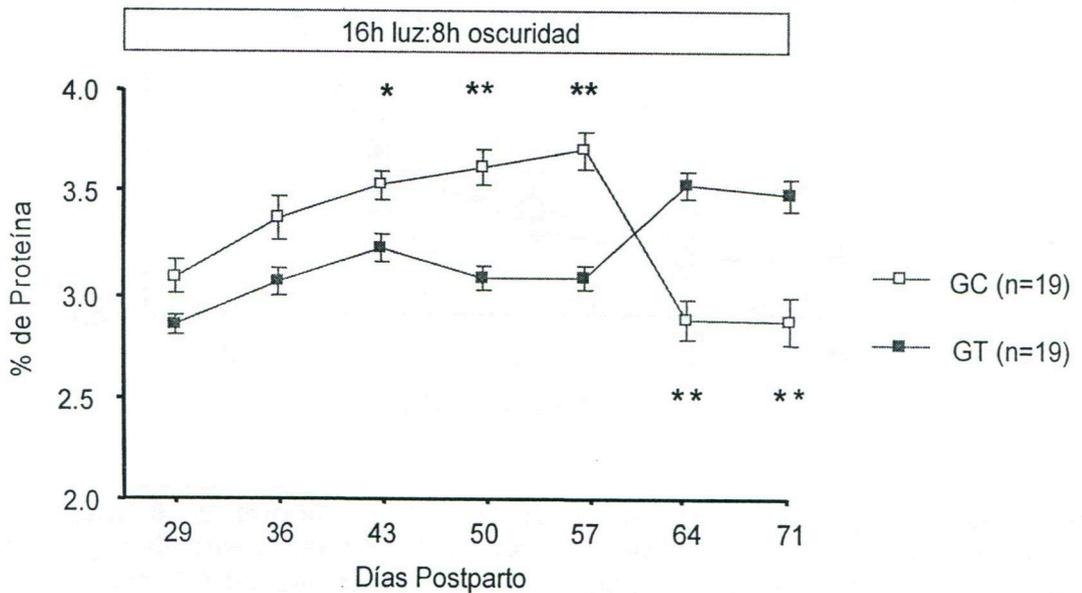


Figura 4. Porcentaje promedio (\pm sem) del contenido de proteína en la leche. Las cabras del GC estuvieron bajo los días cortos naturales (26° N). Las cabras del GT estuvieron recibiendo días largos artificiales. * = diferencia entre grupos ($P < 0.05$; prueba de *t*); ** diferencia entre grupos ($P < 0.01$).

4.4. Condición Corporal

La CC antes del parto y durante la lactancia en ambos grupos es mostrada en la Figura 5. En ella se puede apreciar que no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$; U de Mann Whitney, en cada período) entre la CC mostrada por ambos grupos experimentales durante todo el período de estudio. Sólo existió un efecto del tiempo sobre esta variable ($P < 0.001$; prueba de Friedman).

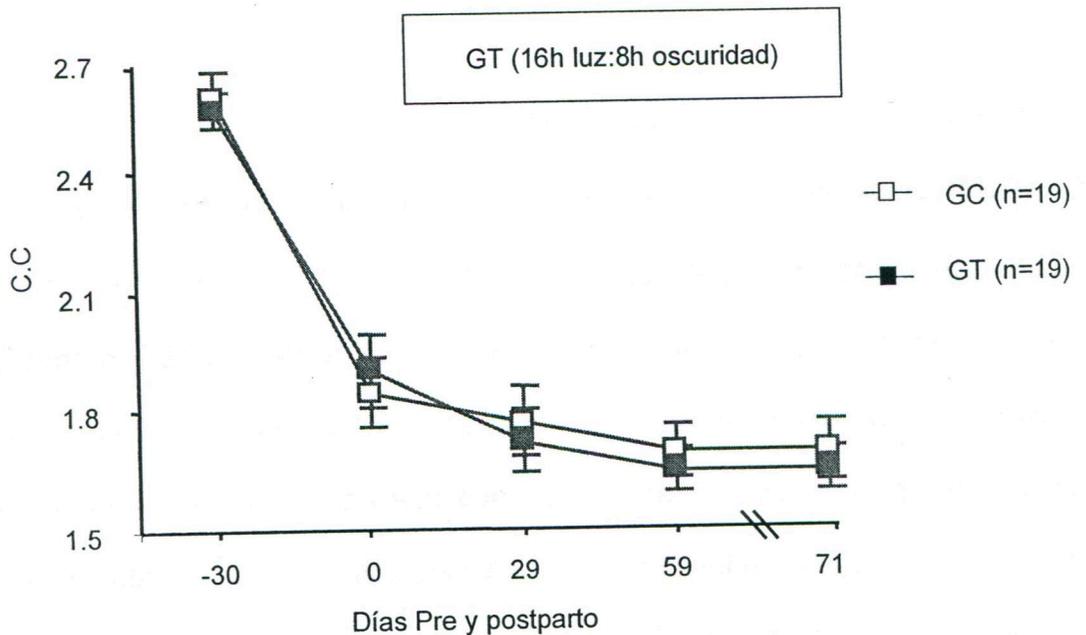


Figura 5. Evolución de la CC registrada en ambos grupos de cabras experimentales durante el período de estudio. Las cabras del GC estuvieron bajo los días cortos naturales (26° N). Las cabras del GT estuvieron recibiendo días largos artificiales. No existió diferencias significativas entre los dos grupos en ningún período de estudio ($P > 0.05$, en cada período; prueba U de Mann Whitney).

V. DISCUSION

Los resultados del presente estudio, demuestran que en las cabras criollas que paren en otoño y mantenidas en estabulación, la exposición a días largos artificiales incrementa el nivel de producción de leche, en comparación con las cabras mantenidas en los días cortos naturales (26° N).

La producción de leche registrada en las cabras del GC durante el tiempo del presente estudio, es similar a la reportada anteriormente en cabras Murciano-Granadina por Salama *et al.* (2003) y a la reportada en cabras de la raza Malagueña por Subires *et al.* (1987). Por ejemplo, Subires *et al.* (1987) muestran que la mayor producción de leche se presenta a la cuarta semana de lactancia, cuando las crías permanecían aún con sus madres; posterior al destete de las crías, ellos reportan una drástica disminución en el nivel de producción. La misma tendencia en la producción láctea se presentó en las cabras del GC del presente estudio; salvo que en el presente, debido a que la medición se realizó hasta 2 semanas posteriores al destete, tal disminución se observó hasta los 43 días de lactancia. La disminución en la producción de leche después del destete de las crías es un aspecto bien documentado en cabras, ovejas lecheras y en vacas

productoras de carne (Zygoyiannis, 1987; Herrera *et al.*, 1984; Labussière, 1988; Le Neindre, 1984).

En el presente estudio, sin embargo, después del destete de las crías no existió una importante disminución en el nivel de producción de leche en las cabras del grupo tratado. Esta ausencia de la disminución láctea en ese grupo es debida muy probablemente a un efecto galactopoiético por la percepción de los días largos a los que fueron sometidos. En otras palabras, a que la exposición continua durante 5 semanas a un fotoperíodo largo promovió un incremento importante en la producción de leche en dichas cabras. Efectivamente, el efecto de los días largos sobre la producción de leche en las cabras del grupo tratado en el presente trabajo es coincidente al efecto galactopoiético del fotoperíodo largo reportado en las hembras bovinas de la raza Holstein (Dahl *et al.*, 1997; Dahl *et al.*, 2000). Estos autores demostraron que después de 4 semanas de exposición a días largos artificiales (18 h luz: 6 oscuridad) inició un incremento significativo (de aproximadamente 2.5 kg/vaca/día) en el nivel de producción de leche. Además, ellos mostraron que manteniendo los días largos durante 12 semanas también se mantuvo la diferencia en la producción de leche con respecto al grupo control. Asimismo, el efecto de los días largos sobre la producción de leche en nuestro estudio, coincide con lo anteriormente reportado en ovejas de la raza Sarda por Bocquier *et al.* (1997). Estos autores demostraron que las ovejas expuestas a un régimen de 16 h luz: 8 h oscuridad, tuvieron un 25% más de producción de leche que las ovejas sometidas a un régimen de 8 h luz: 16 h oscuridad.

Aunque el mecanismo fisiológico mediante el cual los días largos estimulan la producción de leche no está del todo comprendido, se ha sugerido que como los días largos incrementan las concentraciones del factor de crecimiento similar a insulina (IGF-I), el cual es mediado también por la secreción de melatonina, este factor sea el responsable de tal incremento de la producción láctea (Suttie *et al.*, 1991; Spicer *et al.*, 1994). En efecto, existe evidencia en cabras de que la IGF-I posee una acción galactopoiética directa sobre la glándula mamaria (Prosser *et al.*, 1990). Otro factor hormonal que pudiera estar implicado en este efecto, y que es modulado también por la duración del día es la prolactina (PRL). Así, en un estudio con cabras en el Reino Unido se demostró que las hembras ordeñadas en agosto muestran una mayor descarga de esta hormona durante la ordeña que estas mismas cabras cuando son ordeñadas en diciembre (Hart, 1975). Sin embargo, también se ha reportado que en cabras, la PRL no tiene un papel importante durante la lactancia establecida (Plaut *et al.*, 1987) como si lo tiene durante la lactogénesis (Cowie, 1969).

Por último, el contenido de grasa y de proteína en la leche de las cabras del GC fue mayor que en la leche de las cabras del GT en varios períodos de la lactancia. Asimismo, en el contenido de proteína se observó la misma situación. Estos resultados son similares a los que reportaron (Bocquier *et al.*, 1997) en las ovejas de la raza Sarda mantenidas en fotoperíodos artificiales cortos y largos. Lo anterior, es debido a la relación existente entre la cantidad de leche producida y la calidad de la misma. De manera que el grupo de cabras que tuvieron una mayor producción, el contenido de grasa y proteína fue menor. Sin embargo, en las

últimas dos semanas de estudio el contenido de grasa fue mayor en las cabras del GC que en las cabras del GT. Dicha diferencia es difícil de explicar, aunque posiblemente eso está asociado posiblemente a un error en el procedimiento en la toma de muestras.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que en las cabras criollas de la Comarca Lagunera que paren en otoño (26° N), y que son mantenidas en estabulación la exposición a días largos artificiales (16h luz: 8h oscuridad) incrementa de manera significativa la producción de leche.

Asimismo, estos resultados demuestran que dicho incremento en la producción de leche en las cabras expuestas al fotoperíodo de días largos es asociado con una disminución en los contenidos de grasa y proteína en la leche producida.

LITERATURA CITADA

- Ávila-Tellez, S., y Romero, L. 2006. Anatomía y fisiología de la glándula mamaria. En: Ávila, T. S., Gutiérrez, C. A. (Eds). Producción de ganado lechero. 7ª Edición, Ed. CECSA. pp. 217-251.
- Bachman, K. C., Elvinger, F., and Head, H. H. 1999. Somatotropin (growth hormone): Effects on lactogenesis and milk production. In: Martinet, J., Houdebine, L.M., Head, H.H. (Eds). Biology of Lactation. INRA Editions. pp. 261-306.
- Baldwin, R. L., and Cheng. 1969. Metabolite changes associated with initiation and maintenance of lactation in rats and cows. *J. Dairy Sci.* 52, 523-528.
- Baldwin, R. L., and Miller, P. S. 1991. Mammary gland development and lactation. In: Cupps P.T. (Ed). Reproduction in domestic animals. 4a Edition. Ed. Academic press. pp. 385-412.
- Bauman, D. E., and McCutcheon. S. N. 1986. The effects of growth hormone and prolactin on metabolism. In: Milligan, L. P., Grovum, W. L., and Dodson, A. (Eds) Proc. VI Symposium on Ruminant Physiology: Control of Digestion and Metabolism in Ruminants. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. pp 436-455.
- Bauman, D. E., and Vernon, R. G. 1993. Effects of exogenous bovine somatotropin on lactation. *Annu. Rev. Nutr.* 13, 437-461.
- Bauman, D. E., Eppard, P. J., DeGeeter, M. J., and Lanza, G. M. 1985. Responses of high-producing dairy cows to long-term treatment with pituitary somatotropin and recombinant somatotropin. *J. Dairy Sci.* 68, 1352-1362.
- Baumrucker, C. R. 1986. Insulin like, growth factor 1 (IGF-1) and insulin stimulates lactating bovine mammary tissue DNA synthesis and milk production in vitro. *J. Dairy Sci.* 69 (Suppl. 1) 120.(Abstr.).
- Bocquier, F., Ligios, S., Molle, G., and Casu, S. 1997. Effet de la photopériode sur la production, la composition du lait et sur les consommations volontaires chez la brebis laitière. *Ann. Zootech.* 46, 427-438.

- Brody, S., Sanburg, L., and Asdell, S. 1938. Growth and development. XLIX. Growth: Milk production, energy metabolism and energetic efficiency og milk production in goats. Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 291, p 64.
- Bruckmaier, R. M. 2005. Normal and disturbed milk ejection in dairy cows. *Domest. Anim. Endocrinol.* 29, 268-273.
- Bruckmaier, R. M., and Blum, J. W. 1996 Simultaneous recording of oxytocin release, milk ejection and milk flow during milking of dairy cows with and without prestimulation. *J. Dairy Res.* 63, 201-208.
- Bruckmaier, R. M., and Blum, J. W. 1992. B-mode ultrasonography of mammary glands of cows, goats and sheep during alpha-and beta-adrenergic agonist and oxytocin administration. *J. Dairy Res.* 59, 151-9.
- Bruckmaier, R. M., Wellnitz, O., and Blum, J. W. 1997. Inhibition of milk ejection in cows by oxytocin receptor blockade, α -adrenergic receptor stimulation and in unfamiliar surroundings. *J. Dairy Res.* 64, 15-25.
- Chilliard, Y., Bonnet, M., Delavaud, C., Faulconnier, Y., Leroux, C., and Dijiane, J. 2001. Leptin in ruminants. Gene expression in adipose tissue and mammary gland and regulation of plasma concentration. *Domest. Anim Endocrinol.* 21, 271-95.
- Chilliard, Y. 1988. Roles and mechanisms of action of somatotropin (growth hormone) in lactating ruminants. *Reprod. Nutr. Dev.* 28, 3939-3959.
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua, Subdelegación Región Lagunera. Registros de Archivos de esta Dependencia 2005.
- Cowie, A. T., Knaggs, G. S., and Tindal, J. S. 1964. Complete restoration of lactation in the goat after hypophysectomy. *J. Endocrinol.* 28, 267-279.
- Cowie, A. T., and Tindal, J. S. 1969. The manintenance of lactation in goat after hypophysectomy. *J. Endocrinol.* 23, 79-96.
- Crowley, W. R., and Armstrong W. E. 1992. Neurochemical regulation of oxytocin secretion in lactation. *Endocrinol. Rev.* 13, 33-65.
- Dahl, G. E., Buchanan, B. A., and H. Tucker, A. 2000. Photoperiodic effects on dairy cattle: A review. *J. Dairy Sci.* 83, 885-893.
- Dahl, G. E., Chastain, J. P., and Peters, R. R. 1998. Manipulation of photoperiod to increase milk production in cattle: biological, economic, and practical considerations. In Proc. 4th Int. Dairy Housing Conf. Chastain, J. P. (Eds). Am. Soc. Agric. Eng., St. John, MI. pp. 259-265

- Dahl, G. E., Elsasser, T. H., Capuco A. V., Erdman, R. A., and Peters, R.R. 1997. Effects of long day photoperiod on milk yield and circulating insulin-like growth factor-1. *J. Dairy Sci.* 80, 2784-2789.
- Delgadillo, J. A., Flores, J. A., Fitz, R., Duarte, G., Véliz, F. G., Carrillo E., Flores, J. A., Vielma, J., Hernández H., and Malpaux, B. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod. Fertil. Dev.* 58, 493-499.
- Dickinson, F. Y G., and King, G. 1969. Phenotypic parameters of dairy goat lactation records. *J. Dairy Sci.* 60 Suppl. 1, 104-108.
- Ely, L. O., and Baldwin, R. L. 1976. Effects of adrenalectomy upon ruminant liver and mammary function during lactation. *J. Dairy Sci.* 59, 491-503.
- Etherton, T. D., and Bauman, D. E. 1998. Biology of somatotropin in growth and lactation of domestic animals. *Physiol. Rev.* 78, 745-761.
- Ferrando, G., y Boza, J. 1990. Lactación de la cabra y los factores que la regulan. *Ann. Acad. Cien. Vet. de Andalucía Oriental.* 2, 46-77.
- Forsyth, I. A., Bryatt, J. C., and Iley, S. 1985. Hormone concentrations, mammary development and milk yield in goats given long term bromocriptine treatment in pregnancy. *J. Endocrinol.* 104, 77-85.
- French, M. H. 1970. Observaciones sobre las cabras. Serie de Estudios Agropecuarios. FAO (Roma). 80, pp. 234.
- Gall, C. 1981. Goat Production. Academic Press, London. pp:309-340.
- Galmez, J., Perez, P., Pittet, J., Guzmán, V., Figueroa, E., y Briones, A. 1987. Producción de leche de cabra criolla según número ordinal del parto. *Avances en cs. Vet. (Chile).* 2, 121-125.
- García, L. R. O., Fuentes, H. V., y Verdín, S. H. 2001. Fotoperíodo y la producción animal. Centro Universitario de los Altos (Boletín, Gaceta Universitaria). Universidad Autónoma de Guadalajara. p. 17.
- Glimm, D. R., Baracos, V. E., and Kennelly, J. J. 1988. Effect of bovine somatotropin on the distribution of immunoreactive insulin-like growth factor-I in lactating bovine mammary tissue. *J. Dairy Sci.* 71, 2923-2935.
- Gratchev, I. T. 1964. Reflex regulation of lactation. Monografías. Universidad de Leningrado.
- Gwinner, E. 1986. Circannual Rhythms: Endogenous Annual Clocks in the Organization of Seasonal Processes. Springer Verlag, New York.

- Hart, I. C., and Morant S. V. 1980. Roles of prolactin, growth hormone, insulin and thyroxine in steroid-induced lactation in goats. *J. Endocrinol.* 84, 343-351.
- Hart, I. C. 1975. Seasonal factors affecting the release of prolactin in goats in response to milking. *J. Endocrinol.* 64, 313-322.
- Hayden, T. J., Thomas, C. R., and Forsyth, I. A. 1979. Effect of number of young born (litter size) on milk yield of goats: Role of placental lactogen. *J. Dairy Sci.* 62, 53-57.
- Henderson, A. J., Blatchford D. R., and Peaker, M. 1983. The effects of milking thrice instead of twice daily on milk secretion in the goat. *J. Physiol.* 216, 717-734.
- Herrera, M., Peña, F., Aparicio, J. B., y Subires, J. 1984. Curva de lactación de la raza caprina Malagueña. IX Jornadas Científicas Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Málaga España. pp. 59-66.
- Hoyos, G., Sáenz, P., y Salinas, G. 1991. Desarrollo de módulos caprinos en la Región Lagunera. Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera, (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícola y Pecuarias), pp. 1-11.
- Hoyos, G., y Sáenz, P. E. 1991. La utilización de residuos agrícolas en la alimentación del ganado caprino en la Comarca Lagunera. Reporte del proyecto de sistemas de producción caprino en la Comarca Lagunera y Zacatecas. (Eds H.). Salinas, G., Hoyos, D., González E., and Reveles, L. R. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarios: Zacatecas, México). pp. 8-17.
- Iloese, M., Rounsaville, T., McDowell, R., Uggans, G., and Van V. L. 1980. Age-season adjustment factors for Alpine, Saanen, La Mancha, Nubian and Toggenburg dairy goats. *J. Dairy Sci.* 61, 1309-1316.
- Jenness, R. 1980. Composition and characteristics of goat milk. Review 1968-1979. *J. Dairy Sci.* 63, 1605-1630.
- Kennedy, T. C. 1979. Prostaglandins and increased endometrial vascular permeability resulting from the application of an artificial stimulus to the uterus of the rat sensitized for the decidual cell reaction. *Biol. Reprod.* 20, 560-566.
- Knight, C. H., and M. Peaker. 1982. Development of the mammary gland. *J. Reprod. Fert.* 65, 521-536.
- Korsud, G. O., and Baldwin, R.L. 1969. Effects of endocrinectomy and hormone replacement therapies enzyme activities in lactating rat mammary gland. *Biol. Reprod.* 1, 21-30.
- Kuhn, N. J. 1969. Progesterone withdrawal as the lactogenic trigger in the rat. *J. Endocrinol.* 44, 39-54.

- Labussière, J. 1988. Review of physiological and anatomical factors influencing the milking ability of ewes and the organization of milking. *Livest. Prod. Sci.* 18, 253-274.
- Le Neindre, P. 1984. La relation mère-jeune chez les bovins. Influences de l'environnement social et de la race. Thèse de Doctorat Sciences Naturelles. Université de Rennes, Rennes, France.
- Linzell, J. L. 1969. In "Lactogenesis" M. Reynolds and S. J. Folley (Eds). University of Pennsylvania Press, Philadelphia. pp. 153-169.
- Linzell, J. L. 1972. Innate seasonal oscillations in the rate of milk secretion in goats. *J. Physiol.* 230, 225-233.
- Linzell, J. L., and Peaker, M. 1971. The effects of oxytocin and milk removal on milk secretion in the goat. *J. Physiol.* 216, 717-734.
- Lyons W. R. 1942. The direct mammatrophic action of lactogenic hormone. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 51: 308-311.
- Lyons W. R. 1958. Hormonal synergism in mammary growth. *Proc. Royal Soc. of London. Series B, Biological Sciences*, 149, 303-325.
- Mellenberger, R. W., Bauman, D. E., and Nelson, D. R. 1973. Metabolic adaptations during lactogenesis: Fatty acid and lactose synthesis in cow mammary tissue. *Biochem J.* 136, 741-748.
- Mackenzie, D. 1970. *Goat Husbandry*. Faber and Faber (Eds). Third Ed. Ltd. Publ., London. 366-368
- Malven, P. V. 1993. *Mammalian neuroendocrinology*. CRC Press. Boca Raton Florida. p. 256.
- Martin, R. J., and Baldwin, R. L. 1971. Effects of alloxan diabetes on lactational performance and mammary tissue metabolism in the rat. *Endocrinology.* 88, 863-867.
- Mocquot, J. C., and Ricordeau, G. 1981. Facteurs de variation et paramètres génétiques de la production laitière des chèvres en première lactation. 6e. Journées de la Recherche Ovine et Caprine, Paris. 2-3 Dec. ITOVIC-SPEOC, Paris 401-404.
- Neville, M. C., McFadden, T. B., and Forsyth, I. 2002. Hormonal regulation of mammary differentiation and milk secretion. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia.* 7, 49-66.

- Palma, J. M. 1995. Factores que influyen en la producción lechera de un hato caprino en el semiárido mexicano. (Tesis de maestría, Universidad de Colima.).
- Plaut, K., Bauman, D. E., Agergaard, N., and Akers, R. M. 1987. Effect of exogenous prolactin administration on lactational performance of dairy cows. *Domest. Anim. Endocrinol.* 4, 279-290.
- Prosser, C. G., Fleet, I. R., Corps, A.N., Froesch, E. R., and Heap, R. B. 1990. Increase in milk secretion and mammary blood flow by intra-arterial infusion of insulin-like growth factor-1 into the mammary gland of the goat. *J. Endocrinol.* 126, 437.
- Rathore, A. 1971. Effect of age at first kidding on milk production in goats. *Mon. J. Brit. Goat Soc.* 64, 30-32.
- Ricordeau, G., Boccard, R., and Denamur, R. 1960. Mesure de la production laitière des brebis pendant la période d'allaitement. *Ann. Zootech.* 9, 97-120.
- Rooningen, K. 1964. Effect of age on milk yield in goats. *Anim. Breed.* 33 (Abstr) 436.
- Prieto, O. D. 1995. Fisiología de la lactación. En: Sacristán, A. G., Castejon, M. F., de la Cruz, P. L. F., González, G. J., Murillo, L. M. D., y Salinas R. G. (Eds). *Fisiología veterinaria 1ª. Edición*, Ed. Interamericana McGraw-Hill. pp. 893-914.
- SAGARPA. Boletín informativo 095 05 México, DF, 05 Marzo 2005.
- Salama, A. A. K., Caja, G., Such, X., Rovai, M., Casals, R., Albanell, E., Marin, M. P., and Marti, A. 2003. Effects of once versus twice daily milking throughout lactation on milk yield and milk composition in dairy goats. *J. Dairy Sci.* 86, 1673-1680.
- San Fiorenzo, J. H. 1957. A study of milk production by native barbados and crossbred goats in Puerto Rico. *Bull. Univ. P. R. Agric. Exp. Sta.* 139, pp. 37.
- Sand, M., and McDowell, R. 1978. The potential of goat for milk production in the tropics. *Cornell International Agriculture. Mineo.* 22, p. 60.
- Sauvant, D., and Morand-Fehr. 1976. Classification of types of lactation curves and variation in milk composition throughout lactation in the goat. *J. de la Rech. Ovine et Caprine.* 2-4.
- Sharma, K. 1982. Studies on the effects of supplementary feeding of concentrates at different levels on the milking ability of does. En: *Proc. Third Int. Conf. on Goat Prod. and Disease.* Tucson, Arizona. p. 36.

- Soloff, M. S., Chakraborty, J., Sadhukan, P., Senitzer, D., Wieder, M., and Fernstrom, M. J. 1980. Purification and characterization of mammary myoepithelial and secretory cells from the lactation rat. *Endocrinology*. 106, 887-899.
- Steine, T. 1995. Genetic and phenotypic parameters of production traits in gotas. *Anim. Breed. Abstr.* 44, 575.
- Spicer, L. J., Buchanan, B. A., Chapin, L. T., and Tucker, H. A. 1994. Effect of 4 months of exposure to various durations of light on serum insulin like growth factor-1 (IGF-I) in prepuberal Holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 72 (Suppl. 1): 178. (Abstr.).
- Stelwagen, K., and Knight, C. H. 1997. Effect of unilateral once or twice daily milking of cows on milk yield and udder characteristics in early and late lactation, *J. Dairy Res.* 64, 487-494.
- Svennersten-Sjaunja, K., and Olsson, K. 2005. Endocrinology of milk production. *Domestic Animal Endocrinology*. 29, 241-258.
- Subires, J., Lara, L., Ferrando, G., y Boza, J. 1988. Factores que condicionan la productividad lechera de la cabra I. Número de lactación y tipo de parto. *Arch. Zootec.* 37, 145-153.
- Subires, J., Lara, L., Ferrando, G., y Boza, J. 1987. Influencia del tipo de parto y la edad en la producción de leche de la cabra de raza Malagueña. XII Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Guadalajara. España. 261-269.
- Suttie, J. M., White, R. G., Breier, B. H., and Gluckman, P. D. 1991. Photoperiod associated changes in insulin-like growth factor-1 in reindeer. *Endocrinology* 129, 679.
- Topper, Y. J., and Oka, T. 1974. In "Lactation: a comprehensive treatise" B. L. Larson and V. R. Smith (Eds). Vol. I. Academic Press, New York. pp. 327-348.
- Tucker, H. A. 1974. In "Lactation: a comprehensive treatise". Larson, B. L., and Smith, V. R. (Eds). Vol. I. Academic Press. New York. pp. 277-236.
- Tucker, H. A. 2000. Hormones, mammary growth, and lactation: a 41-year perspective. *J. Dairy Sci.* 83, 874-884.
- Wilde, C. J., Addey, C. V. P., Boddy L. M., and Peaker M. 1995. Autocrine regulation of milk secretion by a protein in milk. *Biochem. J.* 305, 51-58.
- Wilde, C. J., and Knight, C. H. 1990. Milk yield and mammary function in goats during and after once-daily milking. *J. Dairy Res.* 57, 441-447.

Zygoyiannis, D. 1987. The milk yield and milk composition of the Greek indigenous goat (*Capra prisca*) as influenced by duration of sucking period. *Anim. Prod.* 44, 107-116.