

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**Relaciones entre la producción de leche, la conducta de amamantamiento y las dimensiones de la ubre en cabras en las primeras seis semanas de lactancia**

**POR  
TEODULO GONZÁLEZ QUIRINO**

**TESIS**

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

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA**

**MARZO DE 2015**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Relaciones entre la producción de leche, la conducta de amamantamiento y las dimensiones de la ubre en cabras en las primeras seis semanas de lactancia

POR  
TEODULO GONZÁLEZ QUIRINO

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR


ASESOR PRINCIPAL:

  
\_\_\_\_\_  
DR. HORACIO HERNANDEZ HERNANDEZ

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
DRA. ILDA GRACIELA FERNANDEZ GRACIA

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

  
\_\_\_\_\_  
MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



TORREÓN, COAHUILA

MARZO DE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Relaciones entre la producción de leche, la conducta de amamantamiento y las dimensiones de la ubre en cabras en las primeras seis semanas de lactancia.

POR  
TEODULO GONZÁLEZ QUIRINO

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

PRESIDENTE:

  
DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ


VOCAL:

  
DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO

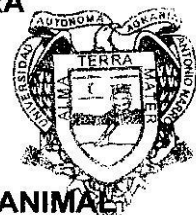
VOCAL:

  
DRA. ILDA GRACIELA FERNÁNDEZ GARCÍA

VOCAL SUPLENTE:

  
D.R. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

  
MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

MARZO DE 2015

## **DEDICATORIAS**

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Así mismo, de manera especial A mis padres Teodulo González Quirino Y Romana Quirino Salas que son las personas que más amo en la vida y que por su infinito amor, apoyo y sacrificios, he terminado mi carrera profesional. Y gracias por ser los mejores padres.

A mi director de tesis, Dr. Horacio Hernández Hernández por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

A mis hermanos (as) José Guadalupe, Noemi, José Luis, Elva Alicia, José Roberto, Víctor Alfonso, Candelaria, Santos y Juan Román (González Quirino), que quiero demasiado y agradezco todos sus apoyos incondicionales, sus consejos y preocupaciones por mí.

A toda mi familia, gracias a todos por sus consejos, toda su ayuda y su apoyo, mil gracias a todos los que estuvieron y siguen estando conmigo

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Alma Terra Mater UAAAN UL por darme la oportunidad de enriquecer y fortalecer mis conocimientos y formarme como un profesionalista de la Medicina Veterinaria y Zootecnia

### **A MIS ASESORES**

A todos los que integran el CIRCA les agradezco infinitamente por permitirme trabajar con este gran equipo en especial a mi asesor principal por su gran apoyo y amistad que me han brindado

Dr. Horacio Hernández Hernández

Dr. Gerardo Duarte Moreno.

Dr. José A. Delgadillo Sánchez

Dr. Gonzalo Fitz Rodríguez

Dr. José A. Flores Cabrera.

Dr. Jesús Vielma Sifuentes.

Dra. Hilda Graciela Fernández

### **A MIS AMIGOS**

M.C. M.C.Edwin Mendieta Miranda

M.C. Jesica Anabel Loya Carrera

M.C. Sergio Ramírez Gómez.

M.C. Ethel Caterina García

M.V.Z. Andrés Trinidad Olarte

M.C. Poncho Muños Benítez

M.C. Edith Duarte Nandayapa

Por su gran apoyo incondicional y colaboración para realizar esta investigación durante el trabajo de campo, así como la amistad y confianza

**A la Dra. Dra. Hilda Graciela Fernández Juan quien nos facilitó los animales para llevar a cabo nuestro experimento.**

**Al Dr. José A. Delgadillo Sánchez por su apoyo con la alimentación de los animales utilizados en la presente tesis.**

**Al M.C. Jorge Iturbide Ramírez por habernos prestado las instalaciones donde se mantuvieron los animales durante el tiempo que duro la investigación.**

**A los trabajadores Julio Elid Salazar Y Jesús García García por el cuidado de las cabras de la investigación**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	1
REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Estructura y conformación anatómica de la glándula mamaria caprina .....	3
2.2. Factores que influyen la producción láctea en pequeños rumiantes .....	5
2.2.1. Influencia del sistema de explotación.....	5
2.2.2. Frecuencia de ordeño .....	6
2.2.3. El fotoperiodo .....	6
2.2.4. Conformación de la glándula mamaria.....	7
2.3. Conducta de amamantamiento en diversas especies .....	8
2.4. Influencia del nivel de producción láctea sobre la conducta de amamantamiento.....	9
OBJETIVOS. ....	11
HIPÓTESIS .....	11
MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
3.1. Lugar del estudio .....	12
3.2. Animales y procedimiento experimental .....	12
3.2.1. Variables a evaluadas .....	12
3.2.1.1. Conducta de amamantamiento .....	12
3.2.1.2. Producción de leche de las cabras .....	13
3.2.1.3. Componentes de la leche .....	14
3.2.1.4. Mediciones externas de la ubre .....	14
3.2.1.5. Peso y condición corporal (CC) de las madres y peso de los cabritos cada semana .....	15
3.3. Análisis estadísticos de los datos .....	15
3.4. Nota ética .....	16
RESULTADOS .....	17
4.1. Conductas de amamantamiento.....	17
4.1. 1. Frecuencia de amamantamiento.....	17
4.1.2. Tiempo total de amamantamiento.....	17
4.1.3. Tiempo promedio por amamantamiento. ....	17
4.2. Producción de leche .....	17
4.3. Contenido de grasa en la leche.....	17

4.4. Contenido de proteína en leche .....	21
4.5. Contenido de lactosa en leche .....	22
4.6. Dimensiones externas de la ubre .....	22
4.6.1. Ancho de la ubre. ....	22
4.6.2. Profundidad de la ubre. ....	22
4.6.3. Circunferencia de la ubre. ....	22
4.7. Peso y CC de las madres durante el estudio .....	25
4.8. Peso vivo de las crías .....	26
4.9. Correlaciones entre las variables de la conducta de amamantamiento con la producción de leche .....	27
5.0. Correlaciones entre las dimensiones externas de la ubre con la producción de leche.....	28
5.1. Correlaciones entre las dimensiones externas de la ubre con la producción de leche.....	28
5.2. Correlaciones entre la producción de leche registrado en cada periodo de lactancia con el correspondiente peso de los cabritos .....	32
DISCUSIÓN .....	34
CONCLUSIONES.....	38
LITERATURA CITADA.....	39



## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

<b>Figura 1.</b> Sección esquematizada de la ubre (Ferrando y Boza, 1990).....	3
<b>Figura 2.</b> Representación esquemáticas de las mediciones externas (vista posterior) tomadas de la ubre (Üñal <i>et al.</i> , 2008).....	15
<b>Figura 3.</b> Evolución promedio ( $\pm$ SEM) de la frecuencia de episodios de amamantamiento (a) y del tiempo total de amamantamiento (b) registrados en 6 h durante las primeras seis semanas de lactación en cabras de la Comarca Lagunera con dos crías.....	18
<b>Figura 4.</b> Evolución del tiempo promedio por amamantamiento ( $\pm$ SEM) registrado en 6 h durante las primeras seis semanas de lactación en cabras de la Comarca Lagunera amamantando a dos crías.....	19
<b>Figura 5.</b> Evolución promedio ( $\pm$ SEM) de la producción de leche en 24 h (a) y del contenido de grasa en la misma (b) registrados en las primeras seis semanas de lactación en cabras de la Comarca Lagunera que amamantaron a dos crías.....	20
<b>Figura 6.</b> Evolución de los contenidos promedio ( $\pm$ SEM) de proteína (a) y lactosa (b) en leche registrados en las primeras seis semanas de lactación en cabras de la Comarca Lagunera que amamantaron a dos crías.....	21
<b>Figura 7.</b> Evolución promedio ( $\pm$ SEM) del ancho y de la profundidad de la ubre registrada en las primeras seis semanas de lactación en cabras de la Comarca Lagunera que amamantaron a dos crías.....	23
<b>Figura 8.</b> Valores promedio ( $\pm$ SEM) de la circunferencia de la ubre que fueron registrados durante las seis semanas de estudio en las cabras de la Comarca Lagunera que amamantaron a crías gemelares.....	24

<b>Figura 9.</b> Cambios registrados (promedio $\pm$ SEM) en el peso corporal (a) y la CC (b) durante las primeras seis semanas de lactancia en las cabras que amamantaron a sus crías gemelares.....	25
<b>Figura 10.</b> Patrón de cambios en el peso (promedio $\pm$ SEM) durante las primeras seis semanas de vida de los cabritos de parto gemelar que permanecieron constantemente con sus madres. El ANOVA reveló un efecto importante del tiempo sobre dicho peso ( $P < 0.0001$ ). .....	26
<b>Figura 11.</b> Relaciones entre el ancho de la ubre (ANCH) y la correspondiente producción de leche (P) encontradas en los diferentes períodos de lactación en las cabras que amamantaron a crías gemelas ( $n = 12$ ). En cada panel se muestra la significancia de cada correlación.....	29
<b>Figura 12.</b> Relaciones entre la profundidad de la ubre (PROF) y la correspondiente producción de leche (P) encontradas en los diferentes períodos de lactación en las cabras que amamantaron a crías gemelas ( $n = 12$ ). Todas las correlaciones mostradas fueron estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ). .....	30
<b>Figura 13.</b> Relaciones entre la circunferencia de la ubre (CIRC) y la correspondiente producción de leche (P) encontradas en los diferentes períodos de lactación en las cabras que amamantaron a crías gemelas ( $n = 12$ ). Todas las correlaciones mostradas fueron altamente significativas ( $P < 0.001$ ). .....	31

**Figura 14.** Relaciones entre la producción de leche (PROD) y el correspondiente peso vivo de los cabritos (PESO) encontradas en los diferentes períodos de lactación en las cabras que amamantaron a crías gemelas (n = 24). Todas las correlaciones mostradas fueron altamente significativas ( $P < 0.001$ ).....33

**Tabla 1.** Valores del coeficiente de correlación ( $r$ ) entre la producción de leche con las variables de la conducta de amamantamiento en cabras que amamantaron a crías gemelas (n=12). El valor de P indica la significancia de dicha correlación de Pearson..... 27

## RESUMEN

El objetivo de la presente tesis fue determinar en cabras si la producción de leche se correlaciona con la conducta de amamantamiento y con las dimensiones externas de la ubre. Para lo anterior, en un grupo de 12 cabras con sus crías gemelas cuya fecha promedio del parto ( $\pm$  SEM) fue el 10 de septiembre de 2014 se registró la conducta de amamantamiento durante 6 horas en los días 7, 14, 21, 28, 35, y 42 ( $\pm$  1.0 días) postparto. Al día siguiente de cada observación (que fue considerado como los mismos periodos) se evaluó la producción de leche en 24 h y se registraron la circunferencia, el ancho y la profundidad de la ubre. El peso de las crías se registró cada semana. La frecuencia de amamantamiento no fluctuó a través de las primeras 6 semanas postparto ( $P > 0.05$ ). En cambio, el tiempo total y la duración promedio por amamantamiento disminuyeron significativamente durante ese mismo periodo ( $P < 0.05$ ). La producción de leche no fluctuó durante las seis semanas de lactancia ( $P > 0.05$ ), mientras que los contenidos de grasa, proteína y lactosa disminuyeron en ese mismo periodo ( $P < 0.01$ ). La profundidad y el ancho de la ubre se incrementaron de la primera a la sexta semana de lactancia ( $P < 0.05$ ), mientras que el incremento en la circunferencia no fue significativo. Se encontraron algunas correlaciones positivas entre la producción de leche con la frecuencia, el tiempo total y el tiempo promedio por amamantamiento. De manera más evidente, la producción de leche registrada en cada semana se correlacionó positivamente con las diferentes mediciones de la ubre de cada semana ( $P < 0.05$ ). Por último, el peso de los cabritos se correlacionó con la correspondiente producción de leche de sus madres ( $P < 0.001$ ). Con estos resultados se puede concluir que en las primeras seis semanas de lactancia las madres con mayor producción de leche amamantan con mayor intensidad a sus crías. Asimismo, las dimensiones externas de la ubre determinan en gran medida la producción de leche de la madre. Por último, estos resultados sugieren que en cada periodo de lactancia las madres que producen mayor cantidad de leche sus crías son más pesadas..

**Palabras clave:** Cabras, lactancia, conducta de amamantamiento, ubre, crías

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

La producción de leche de cabra representa una actividad dinámica y creciente, fundamental para el bienestar familiar debido a los ingresos económicos que proporciona a millones de personas alrededor del mundo (Silanikove *et al.*, 2010). En los países en desarrollo, la leche de cabra es uno de los productos primarios de mayor consumo por los humanos, mientras que en los países industrializados la leche producida a gran escala es utilizada para producir queso de calidad elevada (Haenlein, 2007). En los países en desarrollo, los sistemas de producción de leche de cabra deberían tener un enfoque sistémico, en el cual la nutrición, la salud animal, la crianza, los insumos y la tecnología deberían ser pilares importantes (Escareño *et al.*, 2012).

México se encuentra en el primer lugar dentro de la caprinocultura en América Latina, ya que cuenta con una población estimada de 9,500,000 cabezas. Asimismo, se reportó en el año 2004 que la producción lechera fue de 155 millones de litros de leche y 47 mil toneladas de carne (SAGARPA, 2005). En la Comarca Lagunera, se explotan alrededor de 450,000 cabezas (SAGARPA, 2012). Hasta hoy en estos animales se ha realizado investigación pertinente sobre las características reproductivas estacionales tanto en las hembras como en los machos (Duarte *et al.*, 2008; Delgadillo *et al.*, 2009). De hecho, un último y sobresaliente hallazgo es que la estacionalidad reproductiva de las hembras puede ser abolida con la presencia continua de machos cabríos sexualmente activos (Delgadillo *et al.*, 2015). Sin embargo, en general, en las hembras caprinas, como parte de su biología de la reproducción, las relaciones madre-cría y de sus interacciones con la nutrición y lactancia han sido poco estudiadas. En cambio, los ritmos de amamantamiento han sido ampliamente caracterizados en la especie ovina y bovina. Así, en diversos estudios se ha determinado los diferentes factores que pueden influir en la actividad de amamantamiento de la madre. Por ejemplo, se conoce que las ovejas con corderos gemelares amamantan más frecuentemente que las ovejas que tienen un solo cordero (Ewank, 1964, 1967).

En la vacas, se ha reportado una relación inversa entre la producción de leche de la madre con la frecuencia de amamantamiento. Es decir, las vacas que producen más leche amamantan con menor frecuencia a sus becerros (Day *et al.*, 1987).

Con referencia a la lactancia, está estudiado que diversos factores pueden modificar de manera importante la producción de leche en las especies lecheras, entre ellos se mencionan la nutrición, también se ha reportado que las dimensiones externas de la ubre determinan en gran parte el potencial de producción de leche (Labousiere, 1988; Peris 1999; Capote 2006; Petersen *et al.*, 1985). Sin embargo, hasta hoy no se ha descrito un patrón en la variación de la circunferencia, el ancho y la profundidad de la ubre durante las primeras semanas de lactancia y si estas mediciones se correlacionan con la producción de leche.

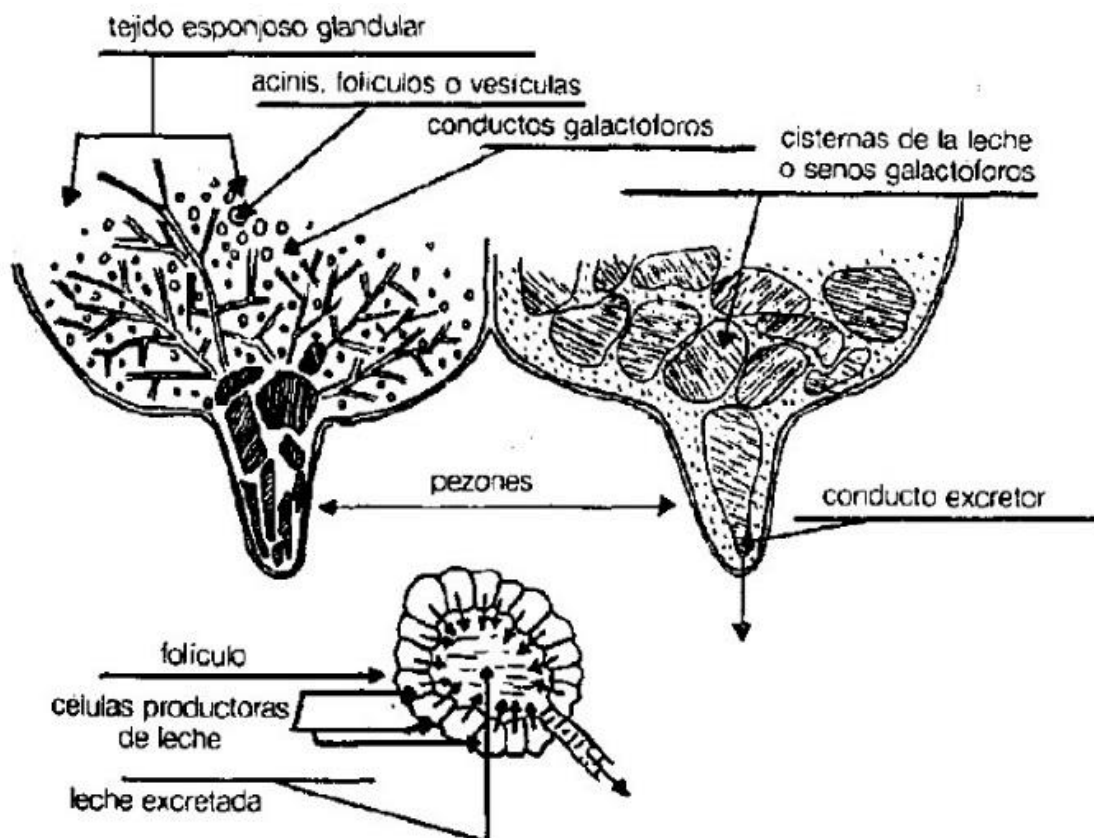
Considerando los anteriores puntos, el objetivo de la presente tesis es determinar si la producción de leche de la madre se correlaciona con la conducta de amamantamiento en las primeras seis semanas postparto y por otro lado si la producción de leche de la madre se correlaciona con las dimensiones externas de la ubre.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Estructura y conformación anatómica de la glándula mamaria caprina

La ubre de la hembra caprina está conformada por dos glándulas mamarias independientes; está situada en la región inguinal cubriendo la cara interna de los muslos y con una proyección desde atrás hacia adelante. Cada una de ellas finaliza en una papila o pezón, generalmente único, cuyo orificio externo presenta una concentración de fibras musculares circulares que cierra el esfínter del pezón, evitando el flujo espontáneo de leche al exterior y cuya resistencia es necesaria vencer para permitir la salida de leche (Ferrando y Boza, 1990).



**Figura 1.** Sección esquematizada de la ubre de la hembra caprina (tomado de Ferrando y Boza, 1990).

Las diversas influencias hormonales, condicionan el desarrollo progresivo de la glándula en la hembra, de modo que en su constitución final puedan distinguirse entre ella tres elementos fundamentales: el epitelio secretor, el tejido conectivo o de sostén y la presencia de terminaciones nerviosas, vasos sanguíneos y linfáticos (Ferrando y Boza, 1990).

En la glándula mamaria, se distinguen diversos elementos funcionales (Figura 1). En primer lugar deben mencionarse las pequeñas unidades secretorias, llamadas alvéolos (acinos o vesículas), de las cuales existen millones y que presentan como característica primordial la presencia de un epitelio secretor que delimita internamente su lumen donde gota a gota se deposita la leche secretada por las células. Exteriormente, cada alvéolo presenta una compleja red de capilares arteriales y venosos que están en íntimo y estrecho contacto con la lámina basal del epitelio, permitiendo el fluido y el intercambio de nutrientes aportados por el torrente sanguíneo destinados tanto al metabolismo de la glándula, como para el proceso biosintético de la leche (Ferrando y Boza, 1990).

Los alvéolos agrupados en verdaderos racimos, lobulillos y lóbulos, son vaciados por pequeños canículos que concluyen para formar conductos de mayor tamaño, los llamados canales galactóforos, los que a su vez confluyen en estructuras de mayor diámetro interno, con límites más difusos denominados cisternas de la ubre (Figura 1). En la cabra estas cisternas presentan en su conjunto un gran volumen, superior proporcionalmente al de la vaca. Todo este sistema conductor, incluyendo las cisternas llegan a almacenar el 70% de la leche que se produce entre cada periodo de ordeño, hecho que tiene una importancia fisiológica-práctica en el proceso de evacuación de la leche (Figura 1). Este sistema de conducción se comunica con una dilatación o cisterna del pezón, ubicada en este último y cuyo volumen varía según el tamaño del pezón. Finalmente Otro elemento anatómico funcional de importancia lo constituyen las miofibrillas o células mioepiteliales que envuelven externamente los alvéolos y que por ser fibras musculares lisas responden activamente a las descargas de



oxitocina, con una contracción que es fundamental para alcanzar la presión intramamaria óptima que permite el correcto vaciamiento de la leche acumulada en los ductos galactóforos durante el proceso del ordeño o del amamantamiento natural (Ferrando y Boza, 1990).

La conformación y dimensiones externas de la ubre, resultado en parte de la anatomía interna de cada glándula mamaria son características individuales que podrían tener un papel importante en el desempeño lechero de los rumiantes. Más adelante se revisará estas características de la ubre cómo pueden afectar la producción láctea en tres especies rumiantes lecheras: la vaca, la oveja y la cabra.

## **2.2. Factores que influyen la producción láctea en pequeños rumiantes**

La lactación en la cabra como en otros mamíferos se refiere al último período del ciclo reproductivo. Esta fase se caracteriza por una intensa actividad secretoria de las células epiteliales mamarias (Tucker, 2000). Entre los diversos factores que modifican la producción de leche de la cabra, en la presente tesis se revisará solamente el efecto del sistema de explotación, la frecuencia de ordeño, el fotoperiodo y la conformación externa de la ubre (Morand-Fehr y Sauvant, 1980; Gall, 1981; Gipson y Grossman, 1990; Laboussiere, 1988; Wahome *et al.*, 1994; Ruvuna *et al.*, 1995; Goetsch *et al.*, 2011).

### **2.2.1. Influencia del sistema de explotación**

La dieta influye directamente en la producción láctea; entonces, las diferencias en producción entre los sistemas de producción extensivo e intensivo se da principalmente por los diferentes alimentos consumidos por los animales (Galina *et al.*, 2007). Un efecto fuerte sobre la producción láctea de las cabras está dado por la variación a diferentes niveles de forraje consumido por los animales (Goetsch *et al.*, 2011). En las cabras españolas de la raza Murciano-Granadina que son explotadas de manera intensiva, Vert y García-Trujillo (2006) reportaron que la producción diaria de leche por cabra fue mayor (1.9 kg), que en las cabras explotadas de manera extensiva (1.0 kg). También,

se ha reportado que en la lactación temprana, la baja ingesta de nutrientes del forraje disponible en el pastoreo podría tener relativamente un mayor impacto sobre el metabolismo de los tejidos que sobre la producción de leche. Sin embargo, esta relación cambia en la lactancia tardía, en la cual en este periodo la baja ingesta de nutrientes del forraje obtenido de las áreas de pastoreo impacta más sobre la producción de leche que sobre la movilización de tejidos corporales (Ngwa *et al.*, 2009; Tovar-Luna *et al.*, 2010a). Sin embargo, en los sistemas extensivos, la baja condición corporal de las hembras después del parto podría limitar la movilización de las reservas y restringir el impacto sobre la producción de leche.

### **2.2.2. Frecuencia de ordeño**

El número de ordeños ha sido destacado desde hace tiempo como factor de manejo que influye en el total de leche producida. El efecto de la frecuencia de ordeño es mayor en la lactancia temprana y media, cuando la producción es mayor, que al final de la lactancia (Silanikove *et al.*, 2010). Animales ordeñados una vez al día presentan un pico de producción más corto que los ordeños 2 veces al día (Salama *et al.*, 2003, 2004). Mocquot (1980), indica que el doble ordeño aumenta la producción de leche en 35%, y que incluso el hacerlo tres veces al día logra una alza adicional de 20%. Agraz (1981), informa que el practicar un segundo ordeño en el día eleva la producción entre 16% y 22%, y que esta práctica ofrece la ventaja adicional de extraer hasta la leche residual, que es la porción más rica en grasa.

### **2.2.3. El fotoperiodo**

En los bovinos lecheros se mostro que los días largos ejerce un efecto galactopoiético. Linzell (1973), reportó que las hembras producen más leche durante los días largos que durante los días decrecientes del año. Recientemente, en cabras subtropicales también se demostró que hembras lactantes expuestas a un fotoperiodo de días largos artificiales producen más leche que las mantenidas bajo un fotoperiodo natural decreciente (Flores *et al.*, 2011). Caso contrario, cuando a las hembras gestantes se le proporcionó un

fotoperiodo de días cortos en el último trimestre de la lactancia la producción de leche fue mayor que aquellas que fueron expuestas a un fotoperiodo de días largos durante ese mismo lapso (Mabjeesh *et al.*, 2013). Además, recientemente Russo *et al.* (2013) demostraron que la producción de leche se incrementó cuando las cabras en lactación tardía (cuando normalmente la producción láctea decrece) fueron expuestas a días largos artificiales.

#### **2.2.4. Conformación de la glándula mamaria**

La forma y las medidas de la ubre son características importantes desde el punto de vista fisiológico y productivo en las especies lecheras. Las ubres pendulosas y bajas son muy susceptibles a daños físicos y se dificulta su ordeño mecánico (Mavrogenis *et al.*, 1988). El tamaño y la conformación de la glándula mamaria también se han considerado para determinar su relación con una mayor producción láctea. Linzell (1973), comprobó en cabras Saanen y Welsh que ambas razas produjeron 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 medible y visible reflejan claramente su capacidad productiva.

Se ha demostrado que la conformación de la ubre de las vacas lecheras está controlada por factores genéticos y ambientales (Hickman, 1964; Withe y Vinson, 1975). Además, los tipos de ubre en ovejas lecheras no son persistentes en diferentes lactancias (Jatsch y Sagi, 1979). Es importante seleccionar animales no solo por cisternas grandes, sino también pezones verticales que estén implantados lo más cerca posible a la base de la ubre (Laboussiere *et al.*, 1988). Como se mencionó anteriormente, es un hecho que a mayor tamaño de la ubre, se produce mayor cantidad de leche. De hecho, la producción diaria de leche está relacionada positivamente con su circunferencia (Horak, 1966; Mikus, 1968b; Camalesa, 1974; Laboussiere *et al.*, 1981), con el largo de la teta y con la profundidad de la ubre (Laboussiere., 1988), o con la distancia entre los pezones (Bonelli, 1969). Resultados similares reportaron Burnside *et al.* (1963) y Tomaszewski y Legates (1972) quienes encontraron

correlaciones positivas entre la profundidad de la ubre y la producción de leche en bovinos. Sin embargo, Grantham *et al.* (1974) reportaron correlaciones fenotípicas negativas entre la conformación de la ubre deseable y la producción de leche. No obstante, en la cabra, a diferencia de los ovinos, no se ha investigado ampliamente si las diferentes dimensiones de la ubre podrían estar asociadas con el nivel de producción láctea. Por ello, sería importante establecer si también en esta especie la producción de leche puede ser afectada por las dimensiones de la ubre durante la lactancia.

### **2.3. Conducta de amamantamiento en diversas especies**

Las variaciones en la frecuencia de amamantamiento entre especies son grandes, y pueden ocurrir desde una vez cada 48 horas en la musaraña (Martin, 1966), una vez al día en la coneja (Zarrow *et al.*, 1965), a una vez cada 2 a 3 horas en la rata (Lincoln *et al.*, 1973), cada hora en la cerda, oveja y cabra (Newberry y Woodgush, 1985; Gordon y Siegmann, 1991; Delgadillo *et al.*, 1997), e incluso la succión puede mantenerse permanentemente por algunas semanas en los marsupiales (Wakerley, 1999).

La conducta de amamantamiento en la oveja ha sido estudiada y caracterizada ampliamente (Ewbank, 1964, 1967; Gordon y Siegmann, 1991). De igual manera, existen diversos reportes que describen la evolución de la conducta de amamantamiento en la especie bovina (Reinhardt y Reinhardt, 1981; Day *et al.*, 1987; Lidfors *et al.*, 2010). De las diversas variables que caracterizan esta conducta materna se mencionan las siguientes: La *frecuencia del amamantamiento*, que es el número de veces en que las crías son amamantadas por su madre en el transcurso de un periodo de observación; el *tiempo total del amamantamiento*, que refiere al tiempo total que la madre dedica a amamantar a las crías en un periodo de observación y el *tiempo promedio por amamantamiento*, que es el tiempo promedio que la madre amamantó a las crías en cada ocasión. En la especie *Bos indicus*, se demostró que las madres amamantan a sus crías aproximadamente 5 veces en 24 h y que el tiempo total de amamantamiento decrece conforme avanzó la edad del

becerro (Reinhardt y Reinhardt, 1981). De los primeros reportes en la oveja se ha reportado que la madre amamanta aproximadamente a sus corderos cada hora y que esta frecuencia es mayor cuando la camada es múltiple (Ewbank, 1964, 1967; Gordon y Siegmann, 1991). En la cabra Tokara del Japón, se ha descrito que existe una reducción importante en la frecuencia y el tiempo de amamantamiento de la primera a la novena semana de lactancia (Bungo *et al.*, 1998). Asimismo, Delgadillo *et al.* (1997) reportaron que la frecuencia de amamantamiento se reduce de manera importante de la semana 1 a la 4 de lactancia. Sin embargo, en este estudio la duración promedio por amamantamiento cambió sólo de 28 a 24 s de la primera a la cuarta semana de lactancia. Estos reportes citados sobre la conducta de amamantamiento no evaluaron el potencial de producción de leche de las madres, lo cual posiblemente podría estar modificando la conducta de amamantamiento de las mismas.

#### **2.4. Influencia del nivel de producción láctea sobre la conducta de amamantamiento**

La producción de leche de las madres ejerce también un efecto importante sobre la conducta de amamantamiento hacia sus crías. En efecto, en la lactancia temprana los becerros que fueron amamantados por madres con un bajo nivel de producción de leche, se amamantaron más frecuentemente pero con menor duración que los becerros cuyas madres producen mayor cantidad de leche (Day *et al.*, 1987). Mediante el uso de una teta artificial, en un estudio se observó que los becerros a los que se les reduce o se interrumpe el fluido lácteo, se incrementa el topeteo y el cambio de teta hacia esa estructura (Haley *et al.*, 1998). Esto ocurre también cuando la madre posee una baja disponibilidad de leche (de Passillé y Rushen, 2006). Haley *et al.* (1998) encontraron en condiciones experimentales que el fluido lácteo fue retardado o interrumpido mediante una teta artificial se incrementó el topeteo a dicha estructura. Sin embargo, estos autores reportaron que los becerros topetearon más cuando inicia el amamantamiento que en la parte media o final de dicho evento. (Lidfors *et al.*, 2010) reportaron que en las vacas lecheras que fueron

ordeñadas y que amamantaron a sus crías la duración promedio por amamantamiento es más corto (7.2 min) que lo reportado en estudios previos realizados en vacas con baja producción de leche (9-17 min; Walker, 1962; Hutchison *et al.*, 1962; Wagnon, 1963; Nicol y Sharafeldin, 1975; Vitale *et al.*, 1986; Day *et al.*, 1987; Lidfors *et al.*, 1994a).

Hasta hoy, en la cabra la relación entre la conducta de amamantamiento con el nivel de producción láctea no han sido estudiadas, por lo que uno de los objetivos del presente trabajo es conocer si el nivel de producción de leche en estos rumiantes se asocia a la conducta de amamantamiento

## **OBJETIVOS**

Los objetivos del presente trabajo es el de evaluar la producción y calidad de leche de las cabras durante las primera seis semanas de lactancia e investigar si dicha producción se correlaciona con la conducta de amamantamiento y las dimensiones externas de la ubre.

## **HIPÓTESIS**

En la cabra, la conducta de amamantamiento es más intensa en las madres que producen menos leche.

Las cabras con mayor profundidad, circunferencia y ancho de la ubre producen mayor cantidad de leche que las cabras con menores dimensiones.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar del estudio**

La siguiente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA). Este centro se ubica en el municipio de Torreón Coahuila, en la Comarca Lagunera. Esta localidad se ubica a 103° longitud oeste y 25° latitud norte, con una altura que varía de 1,100 a 1,400 msnm. La precipitación promedio anual es de 230 mm y las temperaturas promedio mínimas y máximas son de 3.9 y 40.5°C presentándose en los meses de diciembre y junio, respectivamente (CONAGUA, 2005)

#### **3.2. Animales y procedimiento experimental**

Se utilizaron 12 cabras Criollas con encaste de varios fenotipos (Saanen, Alpino y Nubio), cuya edad aproximada fue de 2 años. Previo al estudio, los animales fueron vitaminados, desparasitados y descornados. Con el fin de empadrear a las hembras en un tiempo reducido y sincronizar los partos en poco tiempo, éstas fueron sometidas al efecto macho en el mes de abril (Flores *et al.*, 2000). La fecha promedio ( $\pm$  error estándar del promedio) del parto fue el día 10 de septiembre del 2014 ( $\pm$  0.6 días). Se utilizaron las hembras que tuvieron parto gemelar y a partir del parto fueron alojadas junto con sus crías en 2 corrales contiguos de 6 x 4 m. Durante el estudio las hembras fueron alimentados con 2.0 kg de heno de alfalfa y 300 g de concentrado comercial (14% de PC)/cabeza, según los requerimientos nutricionales animales lactantes (NRC, 2008). Al nacimiento, a los cabritos se les desinfectó el ombligo con azul de metileno y fueron identificados con un arete de plástico.

##### **3.2.1. Variables a evaluadas**

###### **3.2.1.1. Conducta de amamantamiento**

Al día 7 ( $\pm$  2.0) postparto, las madres y sus cabritos se observaron de manera focal para determinar la conducta de amamantamiento. Para ello, en



cada ocurrencia de amamantamiento se registró en una hoja preformateada con la hora de inicio y finalización del amamantamiento, el tiempo en que la madre amamantó a las crías, el lado de la ubre del cual la cría se amamantó. Las observaciones iniciaron a las 7:00 h y concluyeron a las 13:00 h. Una persona registro el comportamiento de 2 madres con sus crías al mismo tiempo. Para ello se utilizaron cronómetros convencionales (Aquatech, Beijin, China). Posteriormente, esta conducta se registró al día 14, 21, 28, 35, y 42 postparto. Con los datos obtenidos, en el laboratorio se calcularon las siguientes variables:

La *frecuencia del amamantamiento*, que es el número de veces en que las crías son amamantadas por su madre en el transcurso de 6 h de observación; esta variable será expresada en número de veces/6 h.

El *tiempo total del amamantamiento*, que refiere al tiempo total que la madre dedica a amamantar a las crías en un periodo 6 h observación; esta variable será expresada en s/6 h.

El *tiempo promedio por amamantamiento* que es el tiempo promedio que la madre amamantó a las crías en cada ocasión; esta variable será expresada en segundos.

### **3.2.1.2. Producción de leche de las cabras**

Un día después de haber observado la conducta de amamantamiento al día 8 ( $\pm 2.0$ ) de lactancia, se realizó la estimación de la producción de leche de las hembras mediante el método de la diferencia del peso de las crías antes y después de ser amamantadas (Benson *et al.*, 1999). Posteriormente la estimación se realizó cada semana. Sin embargo, con el fin de expresar estos resultados, en la presente tesis dichos periodos de estimación serán considerados como el día 7, 14, 21, 28, 35 y 42 de lactancia. La estimación de la producción de leche se realizó en un periodo de 24 h. Para lo anterior, a las 19:00 h del día previo a cada estimación se vaciaron ambas glándulas mamarias al poner las crías a amamantarse y realizar una ordeña completa utilizando 2 UI de oxitocina (OT) exógena por vía IV. Al finalizar el vaciado de

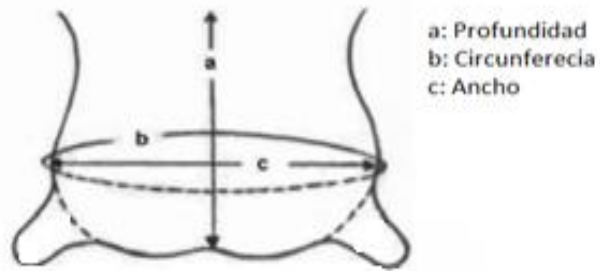
las glándulas mamarias, los cabritos fueron separados en un corral contiguo al de las madres. Al día siguiente, a las 7:00 y a las 19:00 h se registró el peso de las crías vacías y se les permitió amamantarse 4 min y el peso fue registrado nuevamente (llenas). Al final de cada amamantamiento se aplicó OT, se ordeño y se registró el peso de la leche residual. Para los pesajes, se utilizó una báscula digital con una precisión de 0.05 kg y una capacidad de 40 kg. Con la diferencia de peso de las crías antes y después de amamantarse y con lo obtenido en las ordeñas después de aplicar oxitocina (OT) se obtuvo la producción de leche en 24 h.

#### **3.2.1.3. Componentes de la leche**

El día de la estimación de la producción de leche al final de la estimación matutina, se recolectó una muestra de leche de ambos medios de la ubre (50 ml). Dichas muestras fueron mantenidas en una hielera conteniendo congelantes de gel y transportadas al laboratorio. Posteriormente, en el laboratorio, los porcentajes de grasa, proteína y lactosa, fueron determinados mediante el uso de un analizador de leche (Milkoscope Expert, Scope Electric, Bulgaria).

#### **3.2.1.4. Mediciones externas de la ubre**

En cada ocasión de estimación de la producción de leche, antes de la ordeña, con el uso de una cinta métrica flexible graduada (en cm) se midió en la ubre: la profundidad, el ancho, y la circunferencia como se describe en la siguiente imagen.



**Figura 2.** Representación esquemática de las mediciones externas (vista posterior) de la ubre (Üñal *et al.*, 2008).

### 3.2.1.5. Peso y condición corporal de las madres y el peso vivo de las crías

Las cabras fueron pesadas al día 7, 21, 35 y 42 de lactancia; para ello, se utilizó una báscula electrónica con una capacidad de 250 kg y una precisión de 0.1 kg. La condición corporal se evaluó en los mismos periodos anteriores mediante estimación de la masa muscular y grasa en la región lumbar según lo describe en cabras Walkden-Brown *et al.* (1997). En esta última variable se utilizó una escala de 1 punto (animal delgado) a 4 puntos (animal obeso) con valores intermedias de 0.5 puntos. Cada vez que se evaluó la producción de leche se registró el peso vivo de los cabritos.

### 3.3. Análisis estadísticos de los datos

Las variaciones de los parámetros de la conducta de amamantamiento fueron analizadas con un ANOVA con medidas repetidas (factor tiempo). El mismo procedimiento se utilizó para analizar las variaciones a través del estudio en la producción de leche, los componentes de la leche, las mediciones de la ubre, el peso corporal y la condición corporal. Se realizó análisis de correlación de Pearson entre la producción de leche con las variables de la conducta de amamantamiento y con las mediciones externas de la ubre. Además se realizaron análisis de correlación entre la producción de leche con el peso de las crías. Los análisis se realizaron con la utilización del paquete estadístico SYSTAT 13. Los resultados son expresados en promedio ( $\pm$  SEM).

### **3.4. Nota ética**

El procedimiento experimental reportado en la presente tesis se incide con las especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio descritas en la Norma Oficial Mexicana (NOM-062-ZOO-1999; SAGARPA, 2001).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Conductas de amamantamiento

**4.1. 1. Frecuencia de amamantamiento.** En la Figura 3 (a) se observa la evolución de la frecuencia de amamantamiento durante 6 h en las primeras seis semanas de lactancia. El ANOVA indicó que esta frecuencia no varió de manera significativa de la primera a la sexta semana postparto ( $P > 0.05$ ).

**4.1.2. Tiempo total de amamantamiento.** El tiempo en que la madre invirtió en 6 h de observación para amamantar a sus crías disminuyó de manera significativa de la primera a la sexta semana de lactancia ( $P < 0.05$ ; Figura 3 (b)).

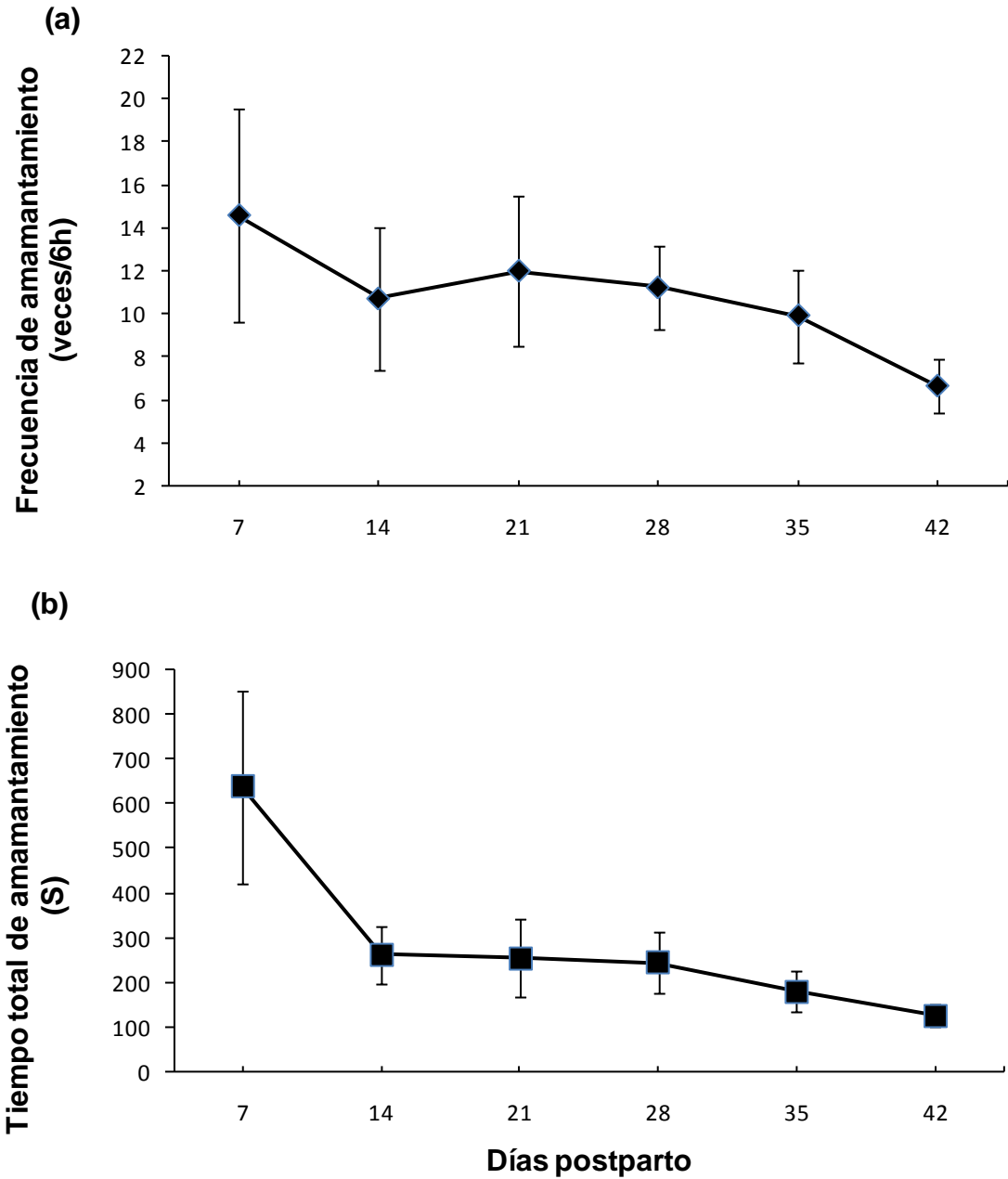
**4.1.3. Tiempo promedio por amamantamiento.** La evolución del tiempo promedio que duró cada episodio de amamantamiento se muestra en la Figura 4. En ella se aprecia que la duración de este tiempo decreció de manera importante de la primera a la sexta semana postparto ( $P < 0.001$ ).

#### 4.2. Producción de leche

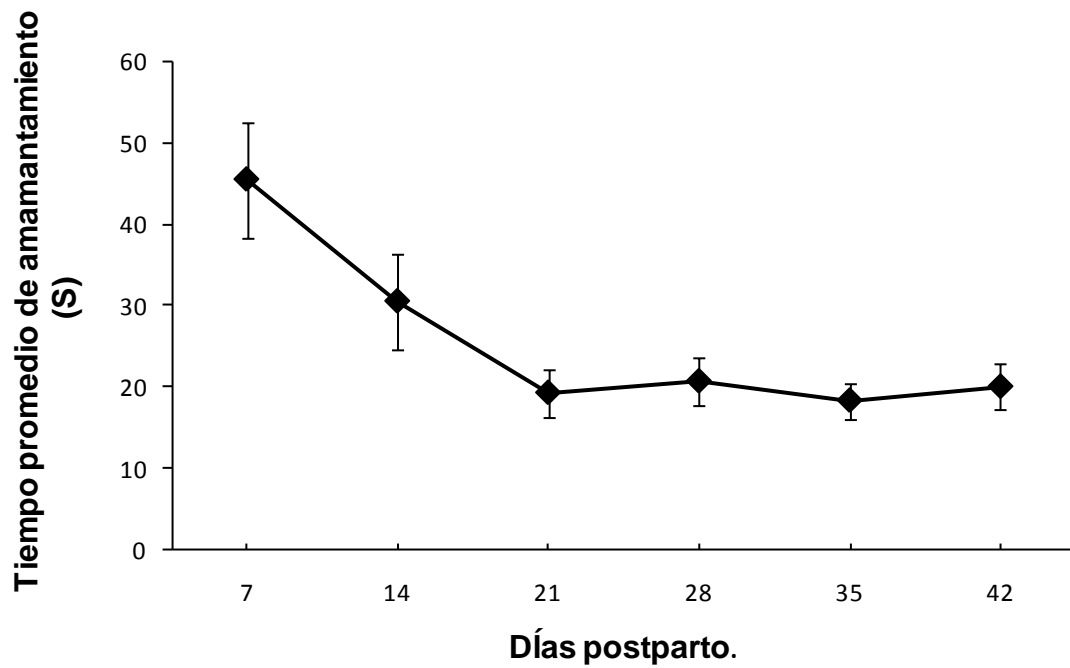
La producción de leche estimada en un periodo de 24 h durante las primeras seis semanas postparto se muestra en la Figura 5 (a). El ANOVA reveló que dicha producción no varió a través de las primeras seis semanas de lactancia ( $P > 0.05$ ).

#### 4.3. Contenido de grasa en la leche

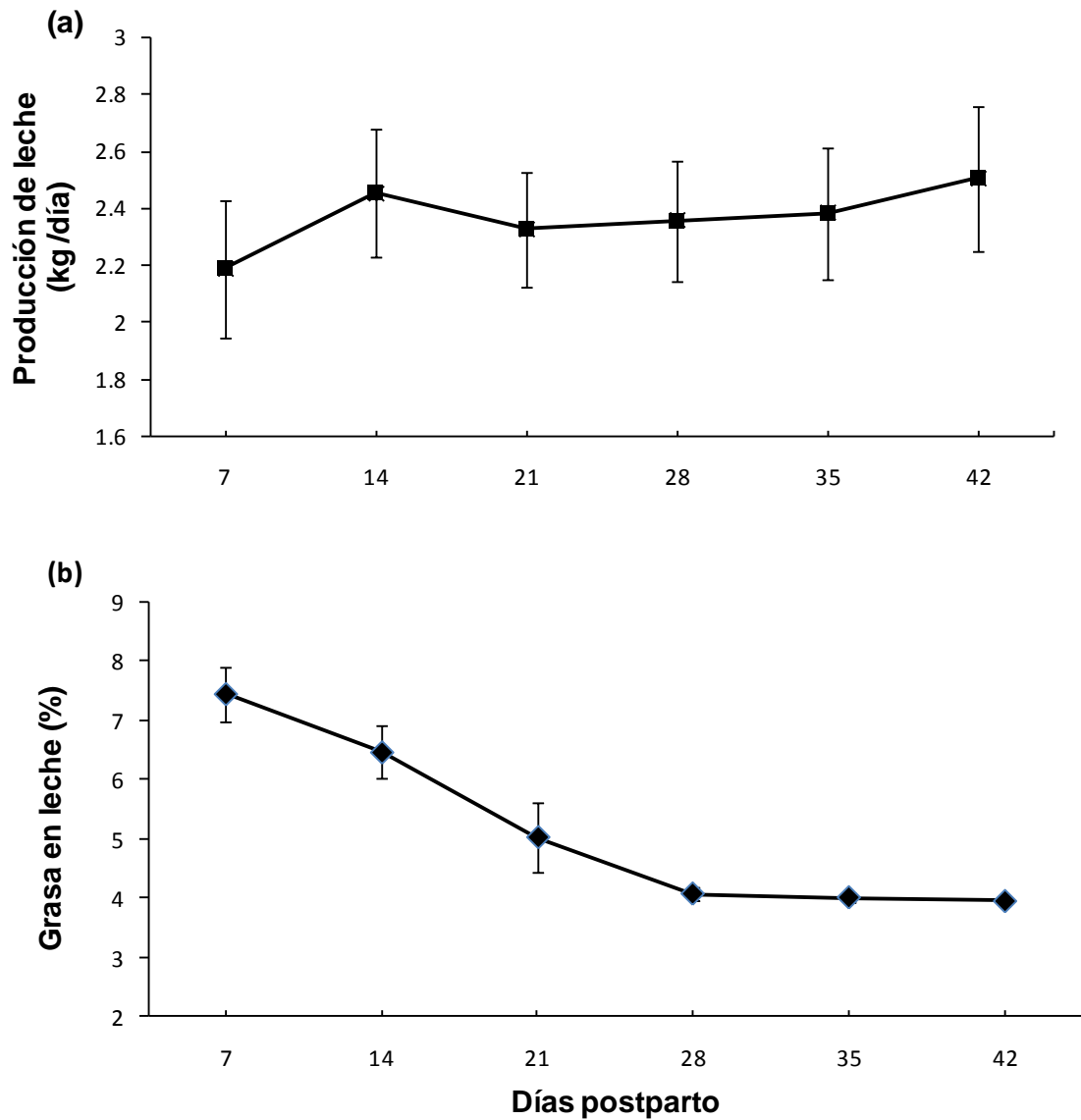
El contenido de grasa en la leche a través de las primeras seis semanas de lactación se aprecia en la Figura 5 (b). En ella, se observa que el contenido de este nutriente en leche disminuyó de manera significativa de la primera a la sexta semana de lactancia ( $P < 0.001$ ).



**Figura 3.** Evolución (promedio  $\pm$  SEM) de la frecuencia de episodios de amamantamiento (a) y del tiempo total de amamantamiento (b) registrados en 6 h durante las primeras seis semanas de lactación en cabras de la Comarca Lagunera con dos crías.



**Figura 4.** Evolución del tiempo promedio por amamantamiento ( $\pm$  SEM) registrado en 6 h durante las primeras seis semanas de lactación en cabras de la Comarca Lagunera amamantando a dos crías.

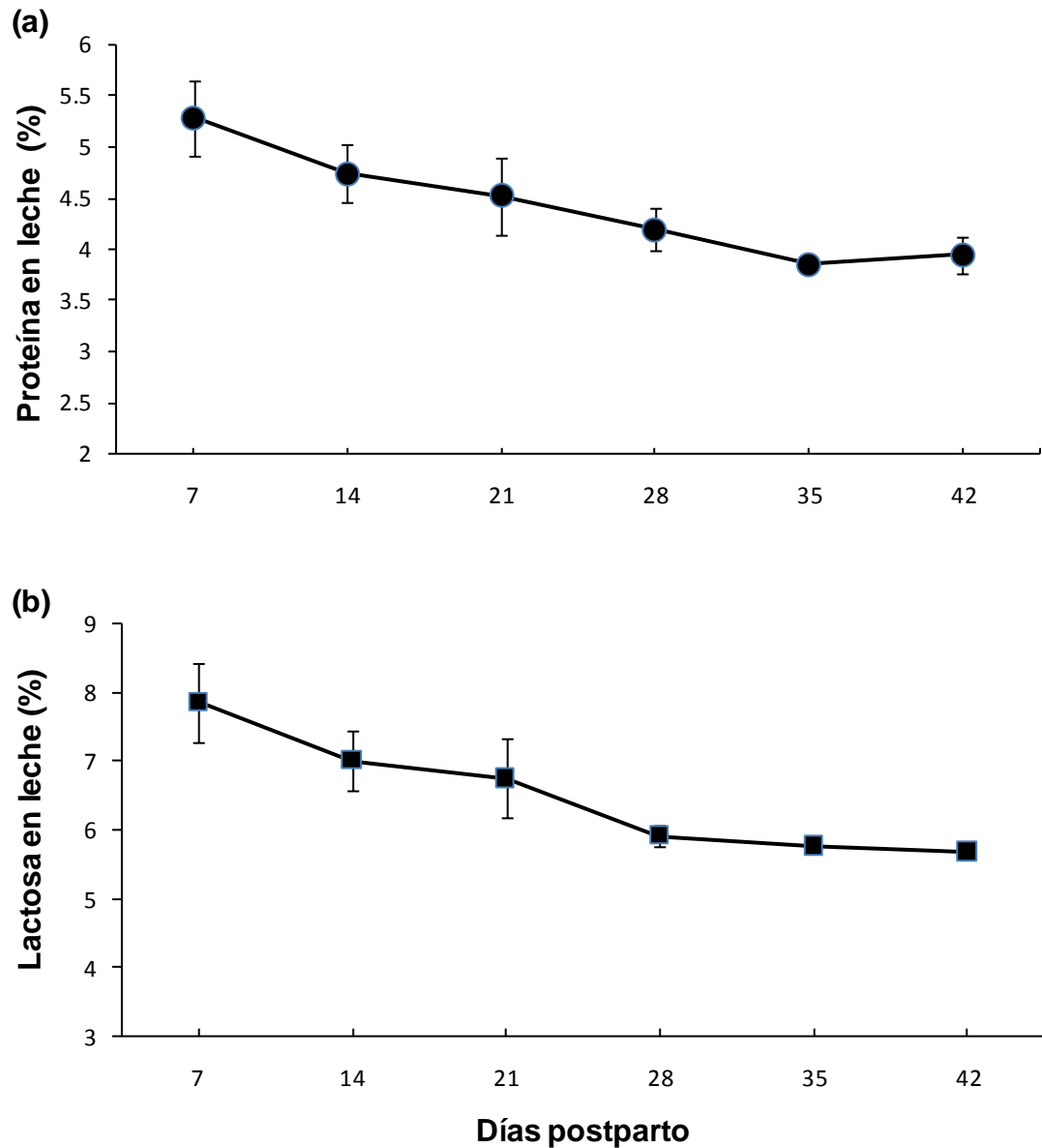


**Figura 5.** Evolución (promedio  $\pm$  SEM) de la producción de leche en 24 h (a) y del contenido de grasa en la misma (b) registrada en las primeras seis semanas de lactación en cabras de la Comarca Lagunera que amamantaron a dos crías.



#### 4.4. Contenido de proteína en leche

En la siguiente Figura 6 (a), se muestra que el contenido de proteína en la leche disminuyó significativamente de la primera a la sexta semana de lactación (ANOVA;  $P < 0.01$ ).



**Figura 6.** Evolución de los contenidos (promedio  $\pm$  SEM) de proteína (a) y lactosa (b) en leche registrados en las primeras seis semanas de lactación en cabras de la Comarca Lagunera que amamantaron a dos crías.

#### **4.5. Contenido de lactosa en leche**

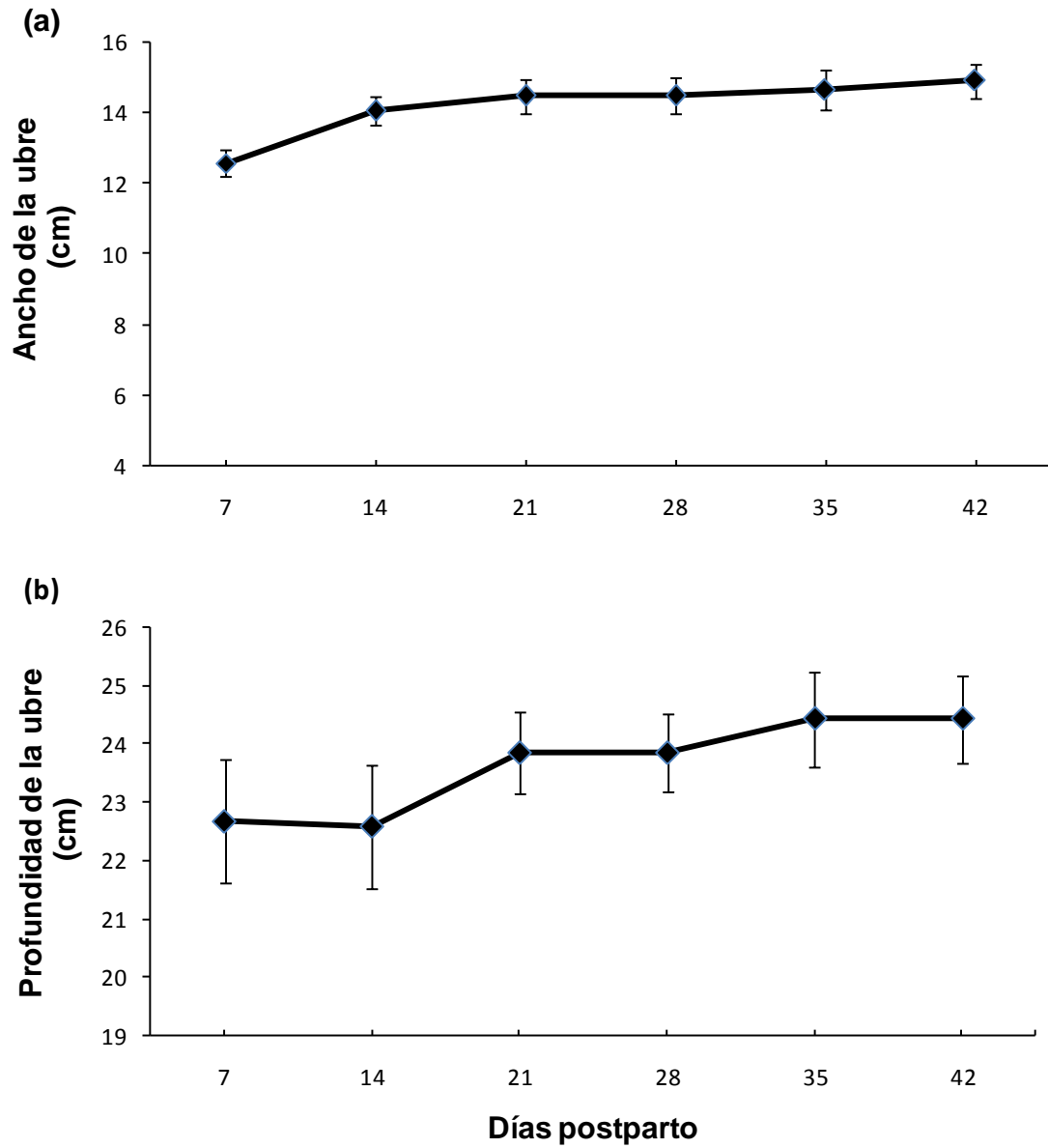
Al igual que la proteína en leche, el ANOVA indicó que el contenido de lactosa disminuyó de la primera a la sexta semana de lactación (Figura 6 (b);  $P < 0.001$ ).

#### **4.6. Dimensiones externas de la ubre**

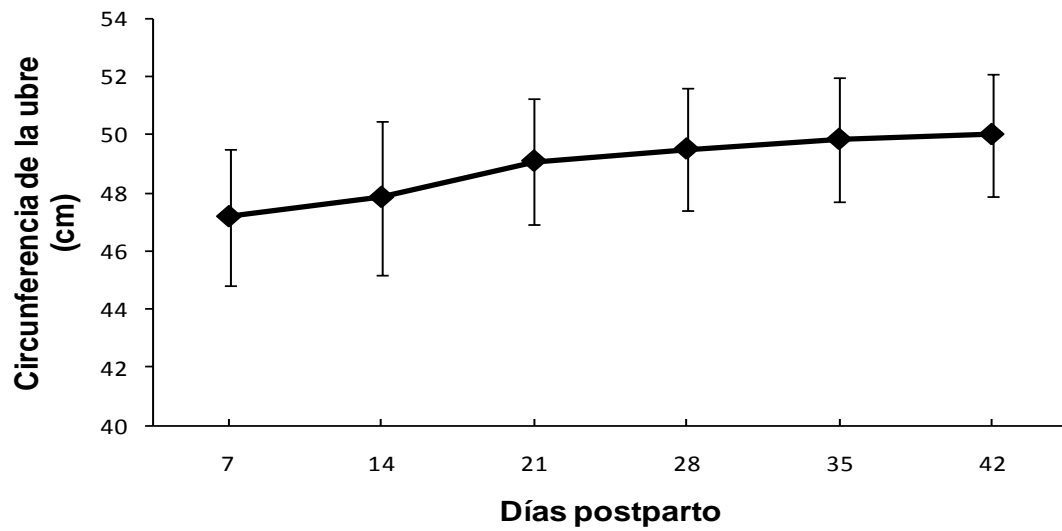
**4.6.1. Ancho de la ubre.** En la Figura 7 (a) se observa que esta variable se incrementó gradualmente conforme avanzó el estado de la lactancia ( $P < 0.001$ ).

**4.6.2. Profundidad de la ubre.** Los cambios de esta variable de la ubre en las primeras seis semanas de lactancia son mostrados en la Figura 7 (b). En ella, se aprecia que existió un incremento significativo de esta medición durante el estudio ( $P < 0.05$ ).

**4.6.3. Circunferencia de la ubre.** El ANOVA reveló que los cambios de esta variable de la ubre a través de los primeras seis semanas de lactación no fueron significativos (Figura 8;  $P > 0.05$ ).



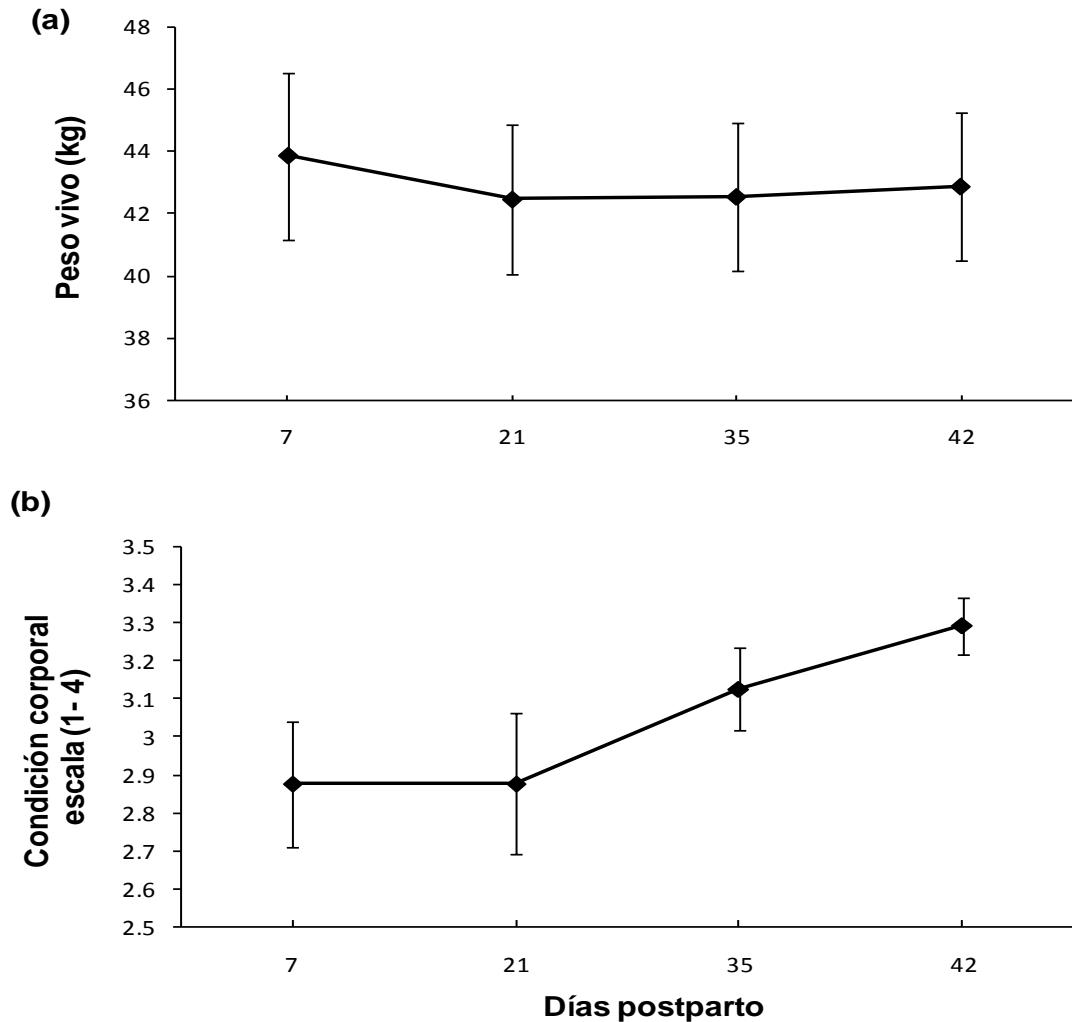
**Figura 7.** Evolución (promedio  $\pm$  SEM) del ancho y de la profundidad de la ubre registrada en las primeras seis semanas de lactación en cabras de la Comarca Lagunera que amamantaron a dos crías.



**Figura 8.** Valores (promedio  $\pm$  SEM) de la circunferencia de la ubre que fueron registrados durante las seis semanas de estudio en las cabras de la Comarca Lagunera que amamantaron a crías gemelares.

#### 4.7. Peso y condición corporal de las madres durante el estudio

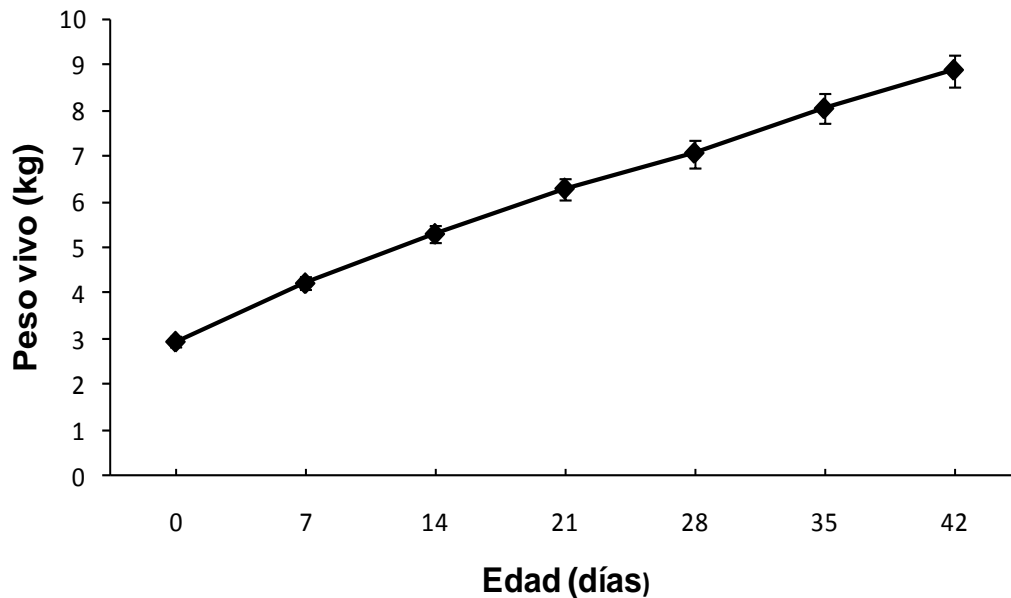
El peso de las cabras es mostrado en la Figura 9 (a). En ella se puede apreciar que esta variable no varió durante las primeras seis semanas de estudio (ANOVA;  $P > 0.05$ ). Por el contrario, en la figura 9 (b) se aprecia que la condición corporal se incrementó de manera significativa de la primera a la sexta semana postparto (prueba de Friedman;  $P < 0.01$ ).



**Figura 9.** Cambios registrados (promedio  $\pm$  SEM) en el peso corporal (a) y la Condición corporal (b) durante las primeras seis semanas de lactancia en las cabras que amamantaron a sus crías gemelares.

#### 4.8. Peso vivo de las crías

Como se aprecia en la Figura 10, el peso de las crías tuvo un incremento lineal. En efecto, el ANOVA reveló un incremento significativo de esta variable conforme avanzó la edad de las crías ( $P < 0.0001$ ).



**Figura 10.** Patrón de cambios en el peso (promedio  $\pm$  SEM) durante las primeras seis semanas de vida de los cabritos de parto gemelar que permanecieron constantemente con sus madres. El ANOVA reveló un efecto importante del tiempo sobre dicho peso ( $P < 0.0001$ ).

#### 4.9. Correlaciones entre las variables de la conducta de amamantamiento con la producción de leche

En la Tabla 1 se muestran los coeficientes de correlación que se encontraron entre las diferentes mediciones de la producción de leche y las variables de la conducta de amamantamiento registrado en los diferentes periodos de lactación.

**Tabla 1.** Valores del coeficiente de correlación ( $r$ ) entre la producción de leche con las variables de la conducta de amamantamiento en cabras que amamantaron a crías gemelas (n=12). El valor de P indica la significancia de dicha correlación de Pearson.

Conducta De amamantamiento	Periodo postparto	Producción de leche					
		Días postparto					
		7	14	21	28	35	42
Frecuencia	35				0.58 P<0.05	<b>0.6</b> <b>P&lt;0.05</b>	
	42				0.6 P<0.05	0.58 P<0.05	
Tiempo total	42			0.65 P<0.05	0.7 P<0.01	0.7 P<0.05	<b>0.7</b> <b>P&lt;0.05</b>
Tiempo promedio	14	0.7 P<0.05	<b>0.7</b> <b>P&lt;0.05</b>				

Valores en negritas y cursivas indican correlaciones entre producción de leche y conducta de amamantamiento, en las que coincidieron en el mismo periodo postparto.

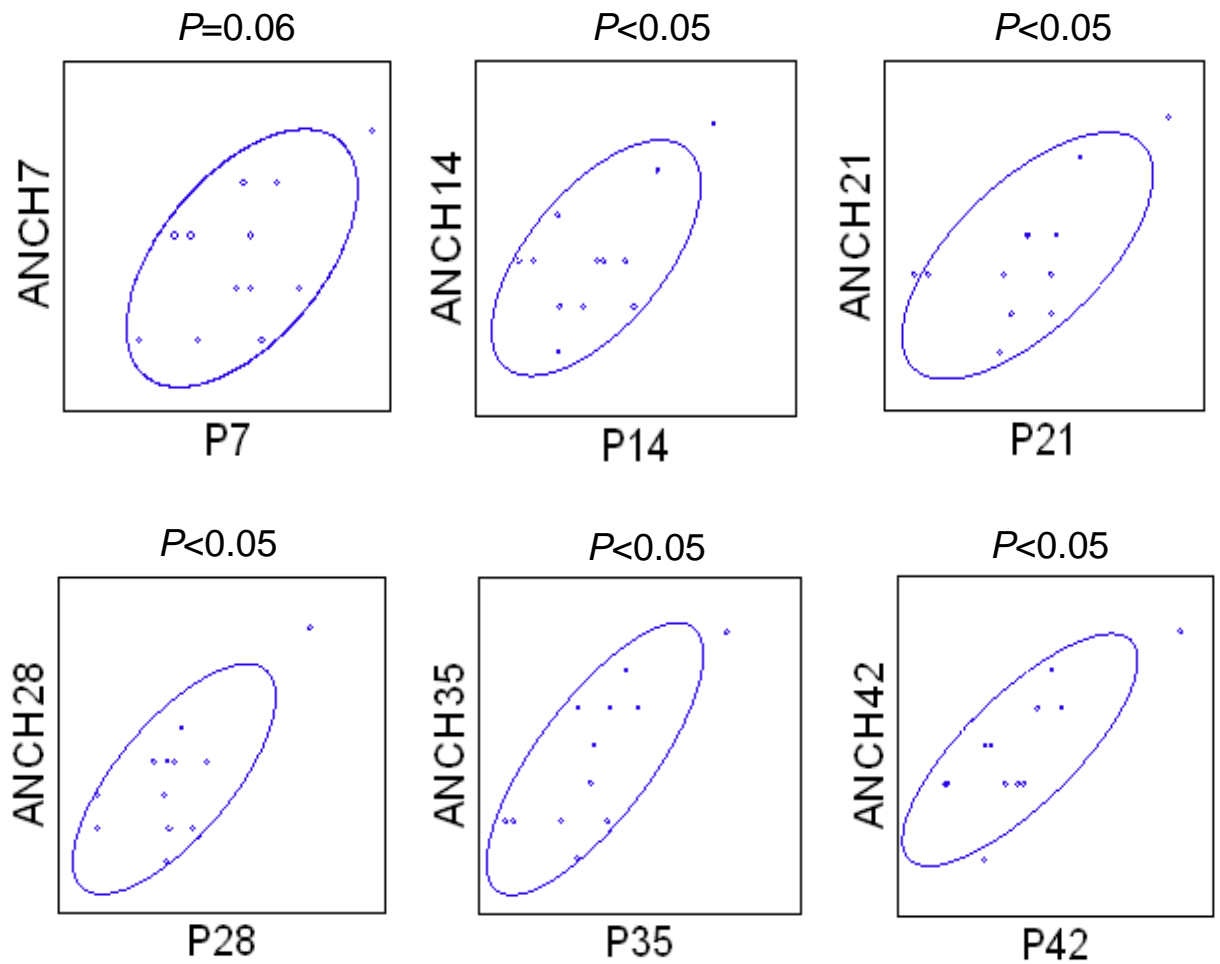
## **5.0 correlaciones entre las variables de la conducta de amamantamiento y con los componentes de la leche**

El análisis de correlación de Pearson no reveló correlaciones significativas entre la conducta de amamantamiento con los contenidos de grasa, proteína y lactosa en la leche ( $P>0.05$ ).

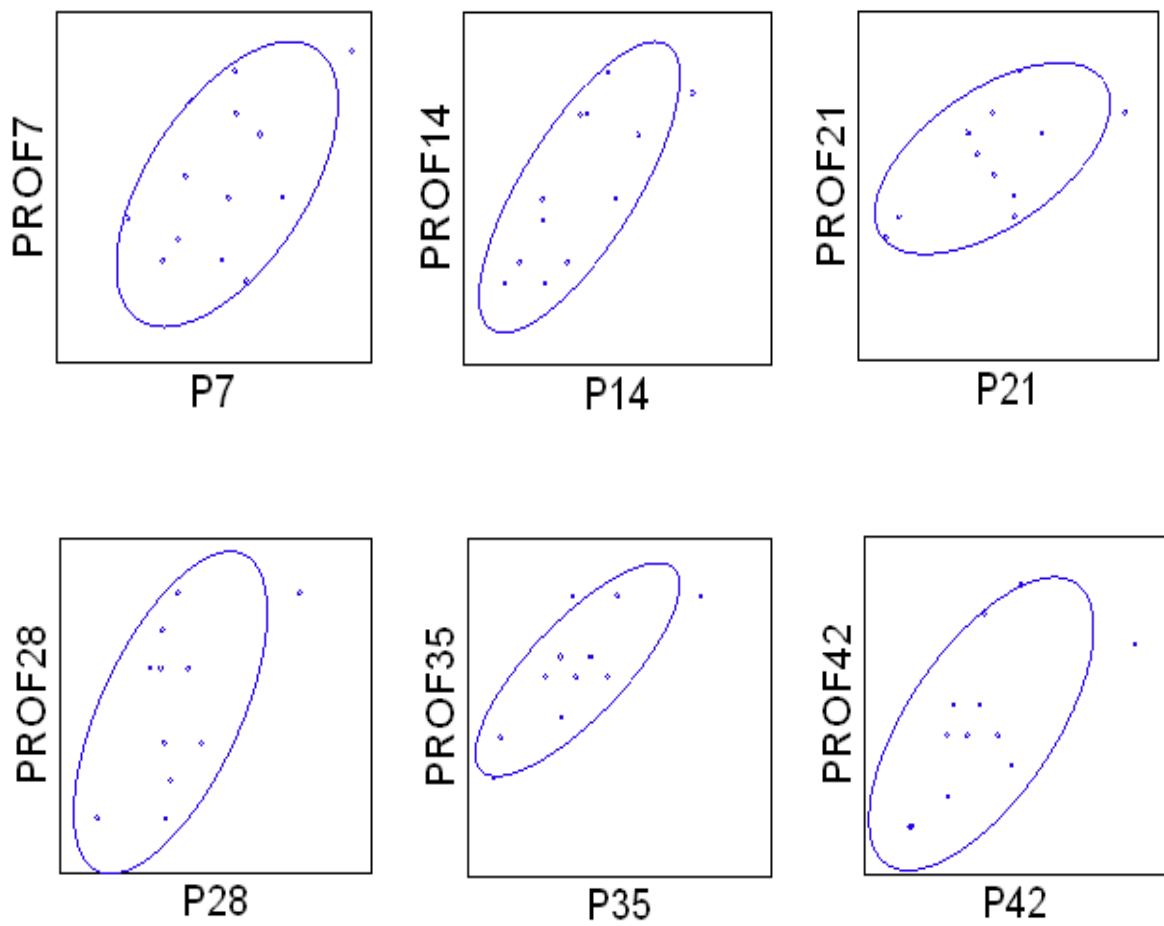
### **5.1. Correlaciones entre las dimensiones externas de la ubre con la producción de leche**

Las correlaciones entre el ancho, la profundidad y la circunferencia de la ubre con la producción de leche registradas en los diferentes periodos de la lactancia aparecen de manera esquemática en las Figuras 11, 12 y 13 respectivamente. En esas Figuras, se observa claramente la fuerte relación que existe entre dichas mediciones externas de la ubre con la producción láctea.

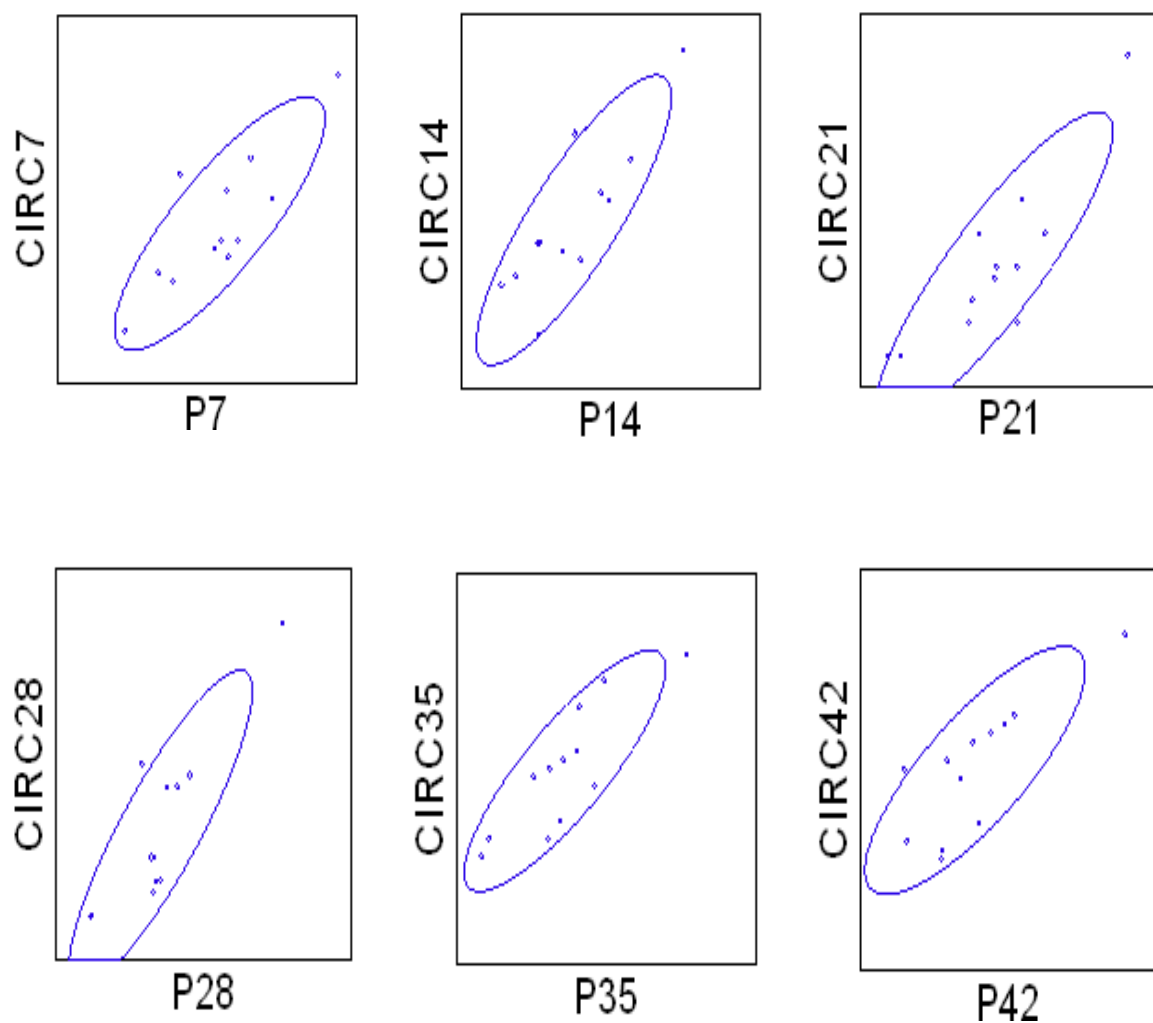




**Figura 11.** Relaciones entre el ancho de la ubre (ANCH) y la correspondiente producción de leche (**P**) encontradas en los diferentes períodos de lactación en las cabras que amamantaron a crías gemelas ( $n = 12$ ). En cada panel se muestra la significancia de cada correlación ( $P$ ).



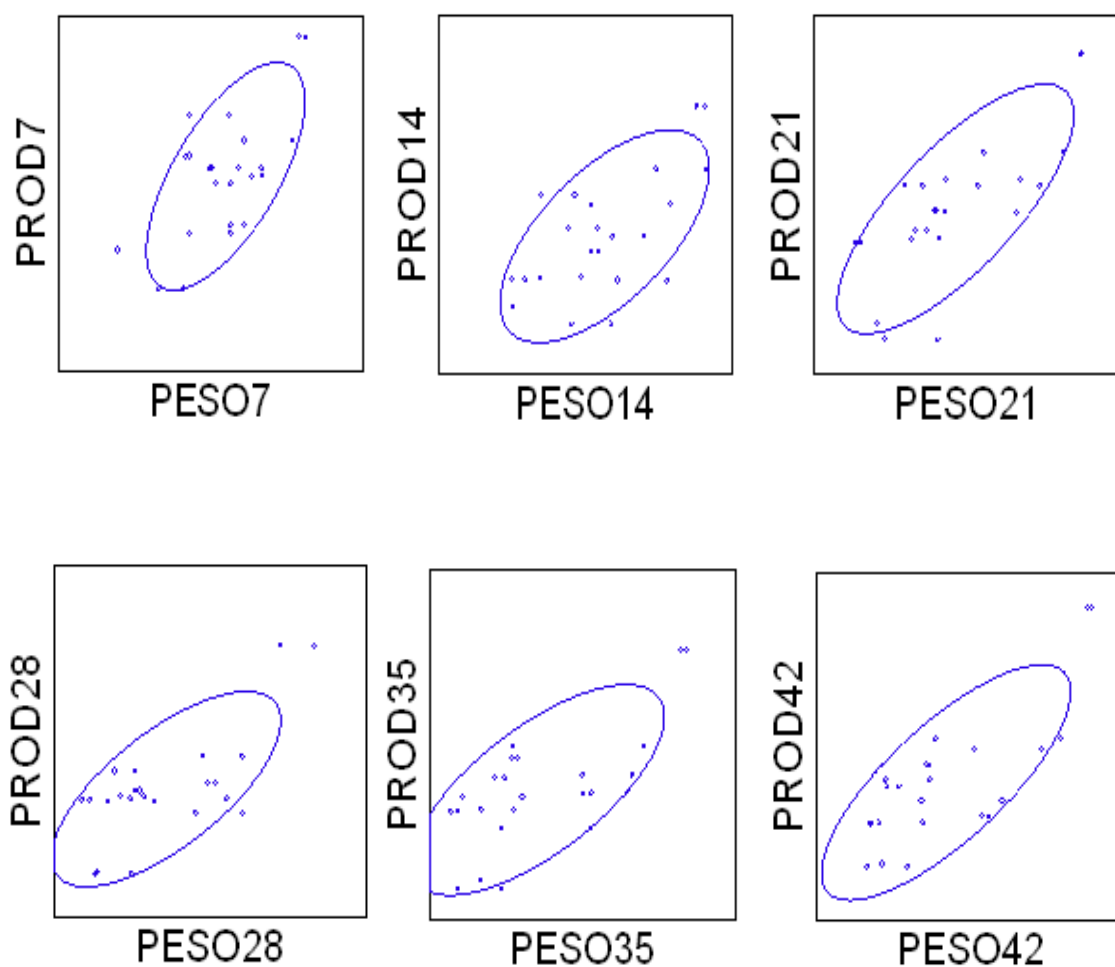
**Figura 12.** Relaciones entre la profundidad de la ubre (PROF) y la correspondiente producción de leche (P) encontradas en los diferentes períodos de lactación en las cabras que amamantaron a crías gemelas ( $n = 12$ ). Todas las correlaciones mostradas fueron estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ).



**Figura 13.** Relaciones entre la circunferencia de la ubre (CIRC) y la correspondiente producción de leche (P) encontradas en los diferentes períodos de lactación en las cabras que amamantaron a crías gemelas ( $n = 12$ ). Todas las correlaciones mostradas fueron altamente significativas ( $P < 0.001$ ).

## **5.2. Correlaciones entre la producción de leche registrado en cada periodo de lactancia con el correspondiente peso de las crías**

La producción de láctea obtenida en cada período de lactancia de las madres fue correlacionada de manera positiva con el peso registrado en los cabritos en cada correspondiente periodo. Las correlaciones encontradas se muestran de manera esquemática en la siguiente Figura 14.



**Figura 14.** Relaciones entre la producción de leche (PROD) y el correspondiente peso vivo de las crías (PESO) encontradas en los diferentes períodos de lactación en las cabras que amamantaron a crías gemelas (n = 24). Todas las correlaciones mostradas fueron altamente significativas ( $P < 0.001$ ).

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

Los resultados de la presente tesis sugieren que la producción láctea se correlaciona positivamente con la conducta de amamantamiento de las cabras durante las primeras seis semanas postparto. Además, los resultados presentes revelan una fuerte relación entre las dimensiones externas de la ubre con el nivel de producción láctea en cada semana de la lactancia. Asimismo, en la presente tesis se encontró que el peso de las crías fue correlacionado de manera importante con el nivel de producción de leche de sus madres.

La evolución de la frecuencia, el tiempo total y el tiempo promedio por amamantamiento registrados a través de la lactancia en las cabras de la presente tesis concuerda con reportes previos en esta misma raza y en la raza de cabras Tokara de Japón (Delgadillo *et al.*, 1997; Bungo *et al.*, 1998). De igual manera, la evolución de dichas variables del amamantamiento a través de la lactancia es similar a las registradas en la especie ovina (Ewank, 1964, 1967; Fletcher, 1971; Gordon y Siegmann, 1991).

Solo el tiempo promedio por amamantamiento al día 14 postparto, la frecuencia de amamantamiento al día 35 postparto y el tiempo total de amamantamiento al día 42 postparto fueron correlacionados positivamente con la producción de leche de cada periodo correspondiente. Lo anterior indica que en esos periodos las madres con mayor producción de leche amamantaron con mayor duración de cada episodio de amamantamiento, con más frecuencia y con más tiempo total a sus crías. Estos resultados son contrarios a lo reportado previamente en la especie bovina, en la cual se encontró que en la lactancia temprana los becerros cuyas madres tuvieron una baja producción de leche fueron amamantados más frecuentemente y con menor duración que los becerros cuyas madres produjeron mayor cantidad de leche (Day *et al.*, 1987). Asimismo, estos resultados no concuerdan con el hecho de que mediante el uso de una teta artificial en la que experimentalmente se reduce o se interrumpe el fluido lácteo los becerros incrementan el topeteo hacia dicha estructura

(Haley *et al.*, 1998), lo que también ocurre cuando la madre posee una baja disponibilidad de leche (de Passillé y Rushen, 2006). Sin embargo, nuestros resultados en cabras son similares a lo encontrado en las vacas lecheras que fueron ordeñadas y que amamantaron a sus crías, donde se redujo la duración promedio por amamantamiento (Lidfors *et al.*, 2010). Lo anterior se debió posiblemente a una menor disponibilidad de leche en la madre. Es decir, a menor disponibilidad de leche menor duración del tiempo promedio por amamantamiento. De manera inversa, si las madres tuvieran mayor disponibilidad de leche, también amamantarían por más tiempo a sus crías.

En la presente tesis se observó que el ancho y la profundidad de la ubre se incrementan conforme avanzó el tiempo de lactación, excepto la circunferencia donde el incremento no fue significativo. Los resultados de la presente tesis muestran similitud a lo reportado previamente en ovejas Nadji por Ayadi *et al.* (2014) que se mantuvieron con sus corderos durante las primeras 9 semanas de lactancia. En efecto, la profundidad y el ancho de la ubre de esas ovejas mantenidas con sus corderos no disminuyen de la tercera a la sexta semana de lactancia. Solo la circunferencia de la ubre decreció ligeramente durante ese lapso. Sin embargo, los resultados del presente estudio no concuerdan con lo reportado por Linzell (1966), quien demostró que en las cabras mantenidas en ordeña, el volumen de la ubre disminuye considerablemente del parto a la tercera semana de lactancia. De igual manera, los presentes resultados no concuerdan con los reportados en ovejas de Brasil por Emediato *et al.* (2008) quienes observaron que cuando las ovejas son adaptadas a un sistema de manejo mixto (amamantamiento + ordeña), la profundidad, el ancho y la circunferencia de la ubre disminuyeron del día 30 al 60 postparto. Es muy probable que la diferencia en los resultados de la presente tesis y los de Ayadi *et al.* (2014) con los reportados por Linzell (1966) se deba a que en este último estudio las crías fueron destetadas al nacer, lo cual posiblemente deprimió las dimensiones de la ubre y con ello el volumen de la misma. De manera similar, la diferencia de los presentes resultados con lo reportado por Emediato *et al.* (2008) se pueda deber a que en este último

estudio las hembras sufrieron de un grado de estrés por la separación diaria de las crías, lo cual posiblemente disminuyó las dimensiones externas de la ubre en ese estudio.

En el presente estudio se determinaron correlaciones positivas (coeficientes de  $r$  mayores a 0.5) entre el ancho, la profundidad y la circunferencia de la ubre con la producción de leche en cada periodo de lactancia. Los presentes resultados muestran por primera vez la evolución de las dimensiones externas de la ubre y su correlación positiva con el nivel de producción láctea durante las primeras seis semanas postparto. Estas correlaciones entre las dimensiones externas de la ubre con el nivel de producción de leche concuerdan con lo reportado por Capote et al. (2006) en las cabras de la raza Tinerfeña. En efecto, estos autores reportaron correlaciones positivas entre el volumen ( $r = 0.59$ ) y la profundidad de la ubre ( $r = 0.29$ ) con la producción de leche. De igual modo, nuestros resultados concuerdan con las correlaciones entre la producción de leche con la profundidad ( $r = 0.38$ ), el ancho ( $r = 0.81$ ) y la circunferencia de la ubre ( $r = 0.65$ ) reportadas en esta misma especie por Keskin *et al.* (2007). Asimismo, los presentes resultados coinciden con lo previamente reportado en ovejas Awassi, en las cuales se encontró correlaciones moderadas a fuertes entre la circunferencia y el ancho de la ubre con la producción de leche al día 70 de lactancia (Iñiguez *et al.*, 2009). En general, las correlaciones de la presente tesis y las reportadas previamente en la literatura sugieren que estas dimensiones externas de la ubre determinan en gran medida el nivel de producción láctea en la cabra como en otros rumiantes. Lo anterior podría tener implicaciones potencialmente importantes para programas de mejora genética en esta especie lechera.

Por último, en la presente tesis el peso registrado cada semana en los cabritos se correlacionó positivamente con la producción de leche de sus madres. Lo anterior indica que las madres que producen más leche sus cabritos tuvieron un peso más elevado. Esto último es similar a lo reportado previamente



por Sangaré y Pandey (2000) quienes indicaron que la tasa de crecimiento de los cabritos de raza Sahelian fue influenciada significativamente por la producción de leche de sus madres.

Tomando en conjunto los resultados de la presente tesis se puede concluir que en las cabras locales de la Comarca Lagunera la producción de leche de las madres se correlacionó positivamente con la conducta de amamantamiento. Asimismo, la producción láctea durante las primeras seis semanas postparto está fuertemente correlacionada de manera positiva con las dimensiones externas de la ubre de estas cabras. Por último, el peso registrado cada semana en los cabritos se correlacionó positivamente con la producción de leche de sus madres.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES**

Con estos resultados se puede concluir que en las primeras seis semanas de lactancia las madres con mayor producción láctea amamantan con mayor intensidad a sus crías.

Asimismo, las dimensiones externas de la ubre determinan en gran medida la producción de leche de la madre en las primeras seis semanas.

Por último, estos resultados sugieren que en cada periodo de lactancia las madres que producen mayor cantidad de leche sus crías son más pesadas.

## LITERATURA CITADA

- Agraz, A. (1981). *Caprinotécnica*. Edit. Universidad Autónoma de Guadalajara. Guadalajara, México, 840.
- Ayadi, M., Abdelkarim, M., Matar, Rivadh, S., Aljumaah, Mohammed, A., Alshaikh. (2014). Evolution of udder morphology, alveolar and cisternal milk compartment during lactation and their relationship with the milk yield in Najdi sheep. *J. Agri. Res.* 4: 1061-1070.
- Benson, M.E., Henry, M.J., Cardellino, R.A. (1999). Comparison of weigh-suckle-weigh and machine milking for measuring ewe milk production. *J. Dairy Sci.* 9:2330-2335.
- Bonelli, P. (1969). Valutazione zoognostica della mamella di pecora et attitudine produttiva. In: *Correlazione eso-funzionale nella metodica di valutazione*. *Ric. Sci.* 29:1-6
- Bungo, T., Shimojo, M., Nakano, Y., Okano, K., Masuda, Y., Goto, I. (1998). Relationship between nursing and suckling behaviour in Tokara native goats. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 59: 357-362
- Burnside, E.B., McDaniel, B.T. Legates, J.E. (1963). Relationships among udder height, age and milk production. *J. Dairy Sci.* 46: 157-158.
- Camalesa, N. (1974). Recherches concernant quelques aspects de la conformation de la glande mammaire et de la symétrie fonctionnelle chez les races ovines Tsigia et turcanades en Roumanie. *Symposium sur la Traitement Mécanique des petits Ruminants. Ann zootech., N hors serie, p. 69.*
- Capote, J., Arguello, A., Castro, N., López, J.L., Caja, G. (2006). Correlations between udder morphology, milk yield, and milking ability with different milking frequencies in dairy goats. *J. Dairy Sci.* 89:2076-2079.
- CONAGUA. (2005). *Comisión Nacional del Agua, Subdelegación Región Lagunera. Registros de Archivos de esta Dependencia.*
- Day, M.L., Imakawa, K., Clutter, A.C., Wolfe, P.L., Zalesky, D.D., Nielsen, M.K., Kinder, J.E. (1987). Suckling behavior of calves with dams varying in milk production. *J. Anim. Sci.* 65: 1207-1212.

- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Hernández, H., Poindron, P., Keller, M., Rodríguez, G.F., Duarte, G., Vielma, J., Fernández, I. G., Chemineau, P. (2015). Sexually active males prevent the display of seasonal anestrus in female goats. *Horm. Behav.* 69:8-15.
- Delgadillo, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A.R., Martin, G.B. (2009). The 'male effect' in sheep and goats—revisiting the dogmas. *Behav. Brain Res.* 200, 304–314.
- Delgadillo, J. A., Poindron, P., Krehbiel, D., Duarte, G., Rosales, E. (1997). Nursing, suckling and postpartum anoestrus of creole goats kidding in january in subtropical Mexico. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 55:91-101.
- De Passillé, A.M.B., Rushen, J., (2006). Calves' behaviour during nursing is affected by feeding motivation and milk availability. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 101, 264–275.
- Duarte, G., Flores, J.A., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. (2008). Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domest. Anim. Endocrinol.* 35, 362–370.
- Emediato, R.M.R., Siqueira, E.R., Stradiotto, M.M., Maesta, S.A., Fernández, S. (2008). Relationship between udder measurements and milk yield in Bergamasca in Brazil. *Small Rumin. Res.* 75: 232-235.
- Escareño, L., Salinas-Gonzalez, H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Sölkner, J., Meza-Herrera, C. (2012). Dairy goat production systems: status quo, perspectives and challenges. *Trop. Anim. Health Prod.* 45:17-34.
- Ewbank, R. (1964). Observations on the suckling habits of twin lambs. *Anim. Behav.* 12, 34-37
- Ewbank, R. (1967). Nursing and suckling behaviour amongst Clun Forest ewes and lambs. *Anim. Behav.* 15, 215-258.
- Ferrando, G., Boza, J. (1990). Lactación de la cabra y los factores que la regulan. *Ann. Acad. Cien. Vet. De Andalucía Oriental.* 2: 46-77.

- Fletcher, I. C. (1971). Relationships between frequency of suckling, lamb growth and postpartum oestrous behavior in ewes. *Anim. Behav.* 19, 108:111.
- Flores, J.A., Véliz, F.G., Pérez-Villanueva, J.A., Martínez de la Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo J.A. (2000). Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol. Reprod.* 62: 1409-1414.
- Flores, M.J., Flores, J.A., Elizundia, J.M., Mejia, A., Delgadillo, J.A., Hernández, H. (2011). Artificial long-day photoperiod in the subtropics increases milk production in goats giving birth in late autumn. *J. Anim. Sci.* 89: 856–862.
- Gall, C. (1981). Milk production. En: *Goat production*. Academic Press. New York. 309-344.
- Galina, M.A., Osnaya, F., Cuchillo, H.M., Haenlein, G.F.W. (2007). Cheese quality from milk of grazing or indoor fed Zebu cows and Alpine crossbred goats. *Small Rumin. Res.* 71: 264–272.
- Gipson, T.A., Grossman, M. (1990). Lactation curves in dairy goats: a review. *Small Rumin. Res.* 3: 383-396.
- Goetsch, A.L., Zeng, S.S., Gipson, T.A. (2011). Factors affecting goat milk production and quality. *Small. Rumin. Res.* 101: 55-63.
- Gordon, K., Siegmann, M. (1991). Suckling behavior of ewes in early lactation. *Physiol. Behav.* 50:1079-1081.
- Grantham, J.A., Jr., White, J.M., Vinson, W.E., Kliwer, R.H. (1974). Genetic relationships between milk production and type in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 57: 1483-1488.
- Haenlein, G.F.W. (2007). About the evolution of goat and sheep milk production. *Small Rumin. Res.* 68: 3-6.
- Haley, D., Rushen, J., Duncan, I., Widowski, T., de Passillé, A.M.B. (1998). Butting by calves (*Bos taurus*) and rate of milk flow. *Anim. Behav.* 56, 275–285.
- Hickman, C.G. (1964). Teat shape and size in relation to production characteristics and mastitis in dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 44: 777-782.

- Horak, F. (1966). The heritability of some morphological characters of the ewe udder and their relation to milk production. *Acta Univ. Agric. Brno.* 4: 677-687.
- Hutchison, H.G., Woof, R., Mabon, R.M., Salehe, I., Robb, J.M., (1962). A study of the habits of zebu cattle in Tanganyika. *J. Agric. Sci.* 59, 301–317.
- Iñiguez, L., Hilali, M., Thomas, D.L., Jesry, G., (2009). Udder measurements and milk production in two Awassi sheep genotypes and their crosses. *J. Dairy Sci.* 92:4613-4620.
- Jatsch, O., Sagi, R., (1979). Machine milking as related to yield and its fractions in dairy ewes. *Ann. Zootech.* 28: 251-260.
- Keskin, S., Kor, A., Karaca, S. (2007). Use of factor analysis scores in multiple linear regression model for determining between milk yield and some udder traits in goats. *Appl. Anim. Res.* 31: 185-188.
- Laboussiere, 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.
- Laboussiere, J., Dotchewski, D., Combaud, J.F. (1981). Caractéristiques morphologiques de la mamelle des brebis lacunes méthodologie pour l'obtention des données. Relations avec l'aptitude à la traite. *Ann. Zootech.* 30: 115-136.
- Lidfors, L.M., Jensen, P., Algers, B., 1994a. Suckling in free-ranging beefcattle temporal patterning of suckling bouts and effects of age and sex. *Ethology.* 98, 321–332.
- Lidfors, M. I., Jung, J., Pasille, M.A. (2010). Changes in suckling behaviour of dairy calves nursed by their dam during the first month post partum. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 128: 23-29.
- Lincoln, D. W., Hill, A., Wakerley, J. B. (1973). The milk-ejection reflex of the rat: an intermittent function not abolished by surgical levels of anaesthesia. *J. Endocrinol.* 57: 459-476.
- Linzell, J.L. (1973). Innate seasonal oscillations in the rate of milk secretion in goats. *J. Physiol.* 230:225–233.

- Linzell, J.L., (1966). Measurement of udder volume in live goats as an index of mammary growth and function. *J. Dairy Sci.* 3:307-311.
- Mabjeesh, S.J., Sabastian, C., Gal-Garber, O., Shamay, A. (2013). Effect of photoperiod and heat stress in the third trimester of gestation on milk production and circulating hormones in dairy goats. *J. Dairy Sci.* 96: 189–197
- Martin, R.D., (1966). Tree shrews: unique reproductive mechanism of systematic importance. *Science*. N.Y. 1952: 1402-1404.
- Mavrogenis A.P., Papachritoforou, C., Lysandrides, P., Roushias, A. (1988). Environmental and genetic factors affecting udder characters and milk production in Chios sheep. *Génétic. Sél. Evol.* 20:477-488.
- Mikus, M., (1968). A study on relation between the quantity of milk and dimension of the udder in sheep during lactation. *Ved. Pr. Vysk. Ustavu Ovciar. Trencine*, 4:131-151.
- Mocquot, J.C. (1980). La réduction du nombre de traite: Mythe ou réalité La Chèvre. 121: 25-31.
- Morand-Fehr, P., Sauvart, D. (1980). Composition and yield of goat milk as affected by nutritional manipulation. *J. Dairy Sci.* 63: 1671-1680.
- Newberry, R. C., Woodgush, D.G. (1985). The suckling behavior of domestic pigs in a seminatural environment. *Behavior*. 91: 11-25
- Ngwa, A.T., Dawson, L.J., Puchala, R., Detweiler, G.D., Merkel, R.C., Wang, Z., Tesfai, K., Sahlu, T., Ferrell, C.L., Goetsch, A.L. (2009). Effects of stage of lactation and dietary concentrate level on body composition of Alpine dairy goats. *J. Dairy Sci.* 92: 3374–3385.
- Nicol, A.M., Sharafeldin, M.A., (1975). Observations on the behaviour of single-suckled calves from birth to 120 days. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 35, 221–230.
- NRC (2008). Nutrient Requirements of small ruminants sheep, goat, cervids and new world camelids. National Academy Press, Washington D.C.
- Peris, S., Caja, G., Such, X. (1999). Relationships between udder and milking traits in Murciano-Granadina dairy goats. *Small Rumin. Res.* 33: 171-179.

- Petersen, M.L., L.B. Hansen, C.W. Young and K.P. Miller. (1985). Correlated response of udder dimensions to selection for milk yield in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 68: 99-113.
- Reinhardt, V., Reinhardt, A. (1981). Natural suckling performance and age of weaning in zebu cattle (*Bos indicus*). *J. Agric. Sci. Camb.* 96: 309-312
- Russo V.M., Cameron, A.W.N., Dunshea, F.R., Tilbrook, A.J., Leury, B.J. (2013). Artificially extending photoperiod improves milk yield in dairy goats and is most effective in late lactation. *Small Rumin. Res.* 113: 179-186.
- SAGARPA. (2012) Producción Pecuaria en la Región Lagunera. Resumen 2007. Suplemento especial. Torreón, Coahuila. pp. 8-10.
- SAGARPA. (2005) Datos elaborados por el servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. Torreón, Coahuila. pp. 12-15.
- SAGARPA. (2001) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Norma oficial mexicana (NOM-062-ZOO-1999). Especificaciones técnicas para la producción cuidado y uso de los animales de laboratorio. *Diario oficial, México*, 16–20, 35, 36, 38–45.
- Salama, A.A.K., Caja, G., Such, X., Peris, S., Sorensen, A., Knight, C.H. (2004). Changes in cisternal udder compartment induced by milking interval in dairy goats milked once or twice daily. *J. Dairy Sci.* 87: 1181–1187.
- Salama, A. A .K., Caja, G., Such, X., Rovai, M., Cals, R., Albanell, E., Marin, M.P., Marti, A. (2003). Effects of once versus twice daily milking throughout lactation on milk composition in dairy goats. *J. Dairy Sci.* 86: 1673-1680.
- Sangaré, M., Pandey, V. S. (2000). Food intake, milk production and growth of kids of local, multipurpose goats grazing on dry season natural Sahelian rangeland in mali. *Anim. Sci.* 71:165-173.
- Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U., Prosser, C.G. (2010). Recent advances in exploiting goats milk: quality, safety and production aspects. *Small Rumin. Res.* 89: 110–124.



- Tomaszewski, M.A., Legates, J.E., (1972). Genetic relationships among rates, collapsibility measures, udder height and 305-day ME production. *J. Dairy Sci.* 55:682 (abstr.).
- Tovar-Luna, I., Puchala, R., Sahlu, T., Freetly, H.C., Goetsch, A.L. (2010a). Effects of stage of lactation and dietary concentrate level on energy utilization by Alpine dairy goats. *J. Dairy Sci.* 93: 4818–4828.
- Tucker, H.A. (2000). Hormones, mammary growth, and lactation: A 41-year perspective. *J. Dairy Sci.* 83:874–884.
- Ünal, N., Akçapınar, H., Ataso, F., Yakan, A., Uğurlu, M. (2008). Milk yield and milking traits measured with different methods in Bafra sheep. *Rev. Méd. Vét.* 10: 494-501.
- Vert, I., García Trujillo, R. (2006). Estudio del efecto del sistema de producción sobre la cantidad y composición de la leche de cabra de la raza Murciano-Granadina. En: *Memorias de las XXXI Jornadas Científicas y X Internacionales SEOC (Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Zamora, España, 20 a 22 de septiembre de 2006).* pp: 195-197.
- Vitale, A.F., Tenucci, M., Papini, M., Lovari, S., (1986). Social behaviour of the calves of semi-wild Maremma cattle, *Bosprimigenius Taurus*. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 16, 217–231.
- Wagnon, K.A., (1963). Behaviour of beef cows on a California range. *Calif. Agric. Exp. Stn. Bull.* 99, 38–44.
- Wahome, R.G., Carles, A.B., Schwartz, H.J. (1994). An analysis of the variation of the lactation curve of small east African goats. *Small Rumin. Res.* 15: 1-7.
- Wakerley, J.B. (1999), Milk ejection. In: knobill, E., Neill, J.D. (Eds.), *Encyclopedia of reproduction, Vol 3.* Academic Press. pp. 264-275.
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Scaramuzzi, R.J., (1997). Seasonality in male Australian cashmere goats: Long term effects of castration and testosterone or estradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Rumin. Res.* 26: 239-252.

- Walker, D.E., (1962). Suckling and grazing behaviour of beef heifers and calves. N. Z. J. Agric. Res. 5: 331–338.
- White, J.M., Vinson, W.E., (1975). Relationships among udder characteristics, milk yield and non-yield traits. J. Dairy Sci. 58: 729-738.
- Zarrow, M. X., Denenberg, V. H., Anderson, C. O. (1965). Rabbit: frequency of suckling in the pup. Science. 150: 1835-1836.