



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**



**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**MAESTRIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**EFFECTO DEL NIVEL DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*), NÚMERO DE PARTO  
Y FASE DE LACTANCIA EN LAS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS DE  
LAS CABRAS**

**Por:**

**José Roberto Martínez Rider**

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias Agropecuarias**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**



**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**MAESTRIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**EFFECTO DEL NIVEL DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*), NÚMERO DE PARTO  
Y FASE DE LACTANCIA EN LAS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS DE  
LAS CABRAS**

**Por:**

**José Roberto Martínez Rider**

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias Agropecuarias**

**Asesores:**

**Dra. Marta Olivia Díaz Gómez**

**Dr. Jorge Urrutia Morales**

**Dr. Glafiro Torres Hernández**

El trabajo titulado “Efecto del nivel de nopal (*Opuntia ficus-indica*), número de parto y fase de lactancia en las características productivas de las cabras” fue realizado por: **José Roberto Martínez Rider** como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro en Ciencias Agropecuarias** y fue revisado y aprobado por el suscrito comité de tesis.

Dra. Marta Olivia Díaz Gómez

Asesor



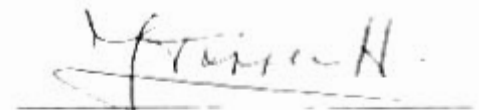
Dr. Jorge Urrutia Morales

Asesor



Dr. Glafiro Torres Hernández

Asesor



Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, a los 29 días del mes de Enero de 2010.

## **DEDICATORIAS**

### **A MI ESPOSA E HIJOS:**

María del Carmen, José Roberto y Daniel Eduardo, por su apoyo y paciencia.

### **A MIS PADRES:**

José y Charlotte por formarme como ser humano.

### **A MIS MAESTROS:**

Por los conocimientos y experiencias compartidas.



## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Marta Olivia Díaz Gómez.

Por compartir su experiencia y también su dedicación para la realización del presente trabajo.

Al PhD. Glafiro Torres Hernández. Por su apoyo en la revisión del presente trabajo.

Al Dr. Jorge Urrutia Morales. Por su apoyo en la revisión del presente trabajo.

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIAS</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	vi
<b>CONTENIDO</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	x
<b>SUMMARY</b> .....	xi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Hipótesis.....	2
Objetivo.....	2
<b>REVISION DE LITERATURA</b> .....	3
Consumo de Materia Seca en Cabras Alimentadas con Nopal.....	3
Composición Química del Nopal.....	5
Digestibilidad del nopal.....	9
Comportamiento de Cabras Alimentadas con Nopal.....	14
Peso vivo de cabras en lactación alimentadas con nopal.....	14
Producción y composición de leche de cabras alimentadas con nopal.....	17
Rendimiento de cuajada en leche de cabras con diferentes fuentes de alimentación.....	21
Efecto del número de lactancia.....	23
Peso vivo de cabras con diferente número de lactancia durante el periodo de Lactancia.....	23
Producción y composición de leche de cabras con diferente número de lactancia.....	24
Rendimiento de cuajada en leche de cabras con diferente número de lactancia.....	29
Periodo de Lactación.....	32
Peso vivo de cabras a través de la lactancia.....	32
Producción y composición de leche de cabras durante la lactancia.....	35
Rendimiento de cuajada en leche de cabras durante la lactancia.....	42

<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	47
Localización del Área de Estudio.....	47
Animales.....	47
Tratamientos.....	47
Variables en estudio.....	48
Manejo General.....	49
Producción láctea, consumo de materia seca y peso vivo.....	49
Muestreo y análisis de leche.....	49
Composición química (proteína, sólidos totales y grasa).....	49
Rendimiento de cuajada.....	50
Análisis estadístico.....	50
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	51
Comportamiento de Cabras Alimentadas con Nopal.....	51
Consumo de materia seca.....	51
Peso corporal.....	51
Producción de leche.....	52
Comportamiento de Cabras en base al Número de Parto.....	53
Peso vivo.....	53
Producción de leche.....	54
Comportamiento de Cabras en base a la Fase de Lactancia (semanas).....	56
Composición de leche de cabras alimentadas con nopal.....	56
Sólidos totales.....	57
Proteína cruda.....	57
Grasa.....	58
Rendimiento de cuajada.....	59
Efecto del Número de Parto sobre la Composición de Leche y Rendimiento de Cuajada.....	60
Proteína cruda.....	61
Efecto de la Fase de Lactancia.....	62
Sólidos totales.....	62
Proteína cruda.....	62
Grasa.....	63

Rendimiento de cuajada.....	64
Interacciones.....	66
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>69</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>70</b>

Página	Cuadro
14	1.- Peso corporal y variación de peso (ganancia/pérdida) promedio de cabras al Postparto con suplementación en explotaciones tradicionales.....
15	2.- Peso vivo en cabras alimentadas con distintas proporciones de nopal y ryegrass.....
16	3.- Comportamiento productivo de cabras lactantes consumiendo una dieta a base de nopal, ryegrass y megalac por 26 días.....
24	4.- Resultados de la evaluación de raciones con y sin nopal para cabras lactantes en corral.....
26	5.- Efecto de la edad sobre la producción de leche y de grasa (Kg) en algunas razas Caprinas.....
30	6.- Propiedades de coagulación de la leche de cabras Murciano-Granadinas en el primer periodo de parto.....
31	7.- Propiedades de coagulación de la leche de cabras Murciano-Granadinas en el segundo periodo de parto.....
37	8.- Efectos del consumo de EM sobre la composición de la leche.....
38	9.- Promedios (media±e) de los contenidos de grasa y sólidos totales de acuerdo a la semana de lactancia.....
44	10.- Valores medios, máximos y mínimos de rendimiento quesero (RQ) y los componentes químicos de la leche.....
48	11.- Dietas formuladas para la alimentación de cabras de raza Nubia en producción de leche utilizando niveles crecientes de nopal (Opuntia ficus indica) en sustitución de alfalfa.....
56	12.- Medias y desviación estándar del peso vivo y producción de leche según el número de parto en cabras Nubia.....
56	13.- Medias de cuadrados mínimos (medias y desviación estándar) del peso vivo y producción de leche por fase de lactancia en cabras Nubia.....
60	14.- Medias y desviación estándar del rendimiento de cuajada (%) y composición de leche de cabras de raza Nubia alimentadas con niveles crecientes de nopal en la dieta.....
62	15.- Medias y desviación estándar del rendimiento de cuajada (%) y composición de leche de cabras de raza nubia alimentadas con niveles crecientes de nopal en la dieta, teniendo como factor el número de parto.....
65	16.- Medias y desviación estándar del rendimiento de cuajada (%) y composición de leche de cabras de raza Nubia alimentadas con nopal en la dieta y fase de lactancia.....

## INDICE DE CUADROS

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1.- Consumo promedio de materia seca ( $\text{Kg d}^{-1}$ ), peso vivo (Kg) y producción de leche (L) de cabras de raza Nubia alimentadas con niveles crecientes de nopal.....	53
2.- Interacción del nivel de nopal en la dieta x número de parto en el peso vivo de cabras Nubia.....	66
3.- Interacción del nivel de nopal en la dieta x número de parto en la producción láctea de cabras Nubia.....	67
4.- Interacción del nivel de nopal en la dieta x fase de lactancia en el rendimiento de cuajada de leche producida por cabras Nubia.....	68

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar diferentes niveles de nopal (*Opuntia ficus indica*) en la dieta, número de parto y fase de lactancia en el peso vivo, producción, composición y rendimiento de cuajada de leche de cabras Nubia, utilizando 21 hembras en estabulación, con edades entre dos y tres años, y peso corporal promedio de  $45.00 \pm 3.5$  kg en fase inicial de lactancia. Distribuidas a los siguientes tratamientos: D<sub>1</sub>.- 40 % de concentrado + 60% de alfalfa, D<sub>2</sub>.- 40 % de concentrado + 40 % de alfalfa + 20 % de nopal y D<sub>3</sub>.- 40 % de concentrado + 30 % de alfalfa + 30 % de nopal, con 7 cabras por tratamiento. Se cubrieron necesidades de materia seca ( $2.0 \text{ kg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ), proteína cruda (16 %) y energía metabolizable ( $2.0 \text{ Mcal kg}^{-1}$ ) para producción de leche ( $2 \text{ L animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ). Los datos de consumo de alimento, peso vivo, producción, composición y rendimiento de cuajada se analizaron a través de un análisis de varianza con un modelo que incluyó efectos fijos de dieta, número de parto, fase de lactancia e interacciones. La inclusión de nopal en sustitución de alfalfa afectó ( $P < 0.05$ ) el consumo de materia seca ( $1.98 \pm 0.01$ ,  $1.90 \pm 0.03$  y  $1.79 \pm 0.07 \text{ kg}^{-1} \text{ animal}^{-1}$  para 0.0, 20.0 y 30.0 % de nopal en la dieta respectivamente). El mejor peso vivo ( $45.85 \pm 9.77 \text{ kg}$ ) lo presentaron las cabras alimentadas con 20.0 % de nopal ( $P < 0.05$ ). Las que recibieron 30.0 % de nopal produjeron mayor volumen de leche ( $1.46 \pm 0.50 \text{ L d}^{-1}$ ) seguidas de los animales de la dieta con 20.0 % de nopal ( $1.36 \pm 0.43 \text{ L d}^{-1}$ ) ( $P < 0.05$ ). El peso vivo y volumen de leche producido fueron afectados ( $P < 0.05$ ) por el número de parto, las cabras de tercer parto pesaron  $52.26 \pm 2.34 \text{ kg}$  y produjeron  $1.88 \pm 0.49 \text{ L d}^{-1}$  de leche, las cabras de segundo y primer parto pesaron  $49.53 \pm 5.15$  y  $36.71 \pm 3.42 \text{ kg}$ , el volumen de leche fue  $1.53 \pm 0.34$  y  $1.05 \pm 0.16 \text{ L d}^{-1}$ . La calidad de la leche y rendimiento de cuajada fueron afectados ( $P < 0.05$ ) por el nivel de nopal en la dieta. El número de parto afectó ( $P < 0.05$ ) el contenido de proteína a favor de las cabras de tercer parto ( $3.51 \pm 0.66\%$ ). La fase de lactancia afectó ( $P < 0.05$ ) la calidad de la leche y rendimiento de cuajada. Se presentaron interacciones significativas ( $P < 0.05$ ) en peso vivo: nivel de nopal en la dieta x número de parto, producción de leche: nivel de nopal en la dieta x número de parto y rendimiento de cuajada: nivel de nopal en la dieta x fase de lactancia.

**Palabras clave:** Nopal (*Opuntia ficus indica*), rendimiento de cuajada, composición y producción de leche.

## SUMMARY

With the objective of assess different prickly pear (*Opuntia ficus indica*) levels in diet, parity number and lactation stage on live weight, production, composition and yield curd on milk of Nubian goats. 21 Nubian goats were utilized in stables, with two and three years old with average live weight of  $45.00 \pm 3.5$  Kg on early lactation. Three treatments were utilized, D<sub>1</sub>.-40% concentrate and 60% forage (alfalfa), D<sub>2</sub>.-40 % concentrate, 40 % forage (alfalfa) and 20 % of Prickly pear, D<sub>3</sub>.- 40 % concentrate, 30 % forage (alfalfa) and 30 % of Prickly pear. With seven goats for treatment. Diets provided 2.0 Kg of dry matter, 16.0 % of crude protein and 2.0 Mcal kg<sup>-1</sup>) for milk production (2 L animal<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>). Data of feed consumption, live weight, production, composition and yield curd were analyzed thought of an analysis of variance with a model that included the fixed effects of diet, parity number, lactation stage and interactions. The inclusion of Prickly pear in substitution of alfalfa affected (P<0.05) dry matter consumption ( $1.98 \pm 0.01$ ,  $1.90 \pm 0.03$  y  $1.79 \pm 0.07$  kg<sup>-1</sup> animal<sup>-1</sup>) for 0.0, 20.0 y 30.0 % of prickly pear on diet respectively). The best live weight was for 20 % level (P<0.05). The goats that received 30.0 % of prickly pear showed the most volume of milk ( $1.46 \pm 0.50$  d<sup>-1</sup>), followed by the goats with 20 % level ( $1.36 \pm 0.43$  L d<sup>-1</sup>) (P<0.05). Body weight and production volume was affected (P<0.05) for parity number, the goats with three parturition weighted  $52.26 \pm 2.34$  kg produced ( $1.88 \pm 0.49$  L d<sup>-1</sup>) of milk. The goats with one or two parturition weighted  $49.53 \pm 5.15$  y  $36.71 \pm 3.42$  kg. The milk volume was  $1.53 \pm 0.34$  y  $1.05 \pm 0.16$  L. d<sup>-1</sup>). The quality milk and yield curd was affected (P<0.05) for the prickly pear level. The parity number affected (P<0.05), the protein content on goats with three parturition ( $3.51 \pm 0.66\%$ ). Lactation number affected (P<0.05) milk quality and yield curd. There were significant interactions (P<0.05) body weight: prickly pear level x parity number, milk production: prickly pear level x parity number and yield curd: prickly pear level x lactation stage.

**Key words:** Prickly pear (*Opuntia ficus indica*), yield curd, composition and milk production.



## INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas fundamentales que impiden el desarrollo de la industria ganadera nacional es la escasez de forraje. Esta se acentúa considerablemente en las zonas áridas y semiáridas del país, las que representan en su conjunto el 52% de la superficie total del territorio nacional con cerca de 80 millones de ha. Esto ha originado que los productores de ganado recurran a la utilización de plantas adaptadas a la sequía, entre las alternativas para alimentar al ganado actualmente disponibles se encuentra el nopal (*Opuntia ficus indica*) y los residuos de cosechas (Araujo *et al.* 2008). Martoquin (1964), menciona considerables especies del género *Opuntia*. En México se localizan 61 géneros de los 92 que existen en América del Norte, esto lo ubica como el centro de diseminación (Bravo, 1978). El área ocupada de nopal para forraje en la parte norte y centro de México es de 15.84% de la superficie total, donde justifican su uso, por ser un forraje fresco, succulento, de buena palatabilidad y susceptible de explotarse durante todo el año (Carranza, 2001). Es una especie que se desarrolla en zonas áridas y constituye una fuente de nutrientes para los animales en periodos de poca disponibilidad de forrajes. Es útil no solo por que sobrevive a las sequías sino también por su conversión mas eficiente que la de los pastizales y las plantas de hoja ancha. Las ventajas del nopal incluyen una alta producción de biomasa, buena palatabilidad y valor nutritivo, son perennifolios, presentan resistencia a la sequía y se adaptan fácilmente al suelo (Monjauez y Le Houérou, 1965; Le Houérou, 1992; Netzaoui *et al.*, 1993; Ben Salem *et al.*, 1996). También representa un recurso alimenticio importante por su capacidad de producción de forraje, susceptible de ser aprovechado para el ganado. La producción mundial de nopal bajo condiciones de cultivo es generalmente menor a 10 ton ha<sup>-1</sup>, aunque puede alcanzar 20 ton ha<sup>-1</sup>, es una fuente de alimentación importante en zonas con clima mediterráneo árido y es utilizado para la producción de lácteos y carnes (Azócar y Rojo, 1991; Azócar, 1992; Azócar *et al.*, 1996; Ben Salem *et al.*, 1996; Santana, 1992). En ese contexto, el nopal es un recurso alimenticio de gran importancia, adaptado a condiciones edafoclimáticas de esas regiones, pues posibilita altas producciones de materia seca (MS) por unidad de área (Santos *et al.* 1997). Además de ser excelente fuente de energía, ricos en carbohidratos no fibrosos (CNF) (Wanderley *et*

**Objetivo**  
 Evaluar diferentes niveles de nopal (*Opuntia ficus indica*) en la dieta, número de parto y las fase de lactancia sobre el peso vivo, producción, composición y rendimiento de cuajada de leche de cabras Nubia.

**Hipótesis**  
 La alimentación con diferentes niveles de nopal en la dieta, el número de parto y la fase de lactancia influyen en las características productivas de cabras Nubia explotadas bajo régimen de estabulación.

*et al.*, 2002) y total de nutrientes digeribles (TND) (Melo *et al.*, 2003), entretanto por sus bajas cantidades de fibra detergente ácido (FDN) exige que sea asociado a una fuente de fibra de alta efectividad. Considerando el contenido nutricional del nopal es necesario determinar la producción láctea, la composición química y el rendimiento de cuajada cuando se usa este forraje con la finalidad de observar hasta qué nivel en la dieta puede ser utilizado obteniendo efectos benéficos en los parámetros antes mencionados sin detrimento en la propia condición de los animales.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Consumo de Materia Seca en Cabras Alimentadas con Nopal

Varios factores afectan significativamente el contenido de MS del nopal, los endógenos como especie, genotipo y variedad, y los ambientales tales como el tipo de suelo, clima y estación del año López *et al.* (2003). En términos generales el contenido de MS oscila entre el 4 al 17%, en las diferentes especies de nopal (De Koek, 1965; Theirez, 1965; Lozano, 1958; Morrison, 1956 y Teles, 1978).

Cabras en lactación alimentadas con diferentes proporciones de nopal y ryegrass T1: (100% ryegrass-0% nopal), T2: (75 % ryegrass-25% nopal) y T3: (50 % ryegrass-50 % nopal), utilizando nopal de no más de tres años de edad (MS 15 %, PC 3,2 % en BS y MO 70 % en BS), presentaron un consumo de MS del nopal y ryegrass en una proporción de 38:62 (T2) y 56:46 (T3). El consumo de MS y MO aumentó conforme se incrementó la proporción de nopal en la dieta (Hernández *et al.*, 1998).

En otro experimento en cabras lactantes alimentadas con diferentes cantidades de nopal (36 %), ryegrass (65 %) y Megalac (0, 25, 50 y 75 %) (Hernández y Tovar, 2005) encontraron un consumo de MS de la dieta de 123 g por Kg de PV con el nivel 0, 118 g por Kg de PV para el nivel de 25, 121 g por Kg de PV para el nivel 50 y 115 g por Kg de PV para el nivel de 75 %, no detectando diferencias significativas (P 0.5) entre tratamientos en el consumo de MS.

Ovinos alimentados con 5 tratamientos con diferentes niveles de nopal en dietas basadas en paja en el consumo total. T 1: (nopal 0 %), T 2 : (150 g de MS<sup>d</sup> de nopal), T 3 : (300 g de MS<sup>d</sup> de nopal), T 4 : (450 g de MS<sup>d</sup> de nopal) y T 5 : (600 g de MS<sup>d</sup> de nopal), el consumo de paja en g de MS<sup>d</sup> fue de 550, 574, 523, 643 y 716 g de MS<sup>d</sup> respectivamente para los diferentes tratamientos y de 550, 724, 823, 1093 y 1278 g de MS<sup>d</sup> para la ración completa nopal + paja, los ovinos fueron capaces de consumir hasta 560 g de MS de nopal, este nivel representa casi la mitad de la totalidad de la dieta, los efectos benéficos del nopal pueden ser explicados por el mejoramiento en las condiciones de fermentación del rumen. Los animales que recibieron dietas que contenían hasta 500 g de nopal no mostraron ninguna perturbación digestiva, por lo que se pudo concluir que la combinación de nopal con paja de cereales es una solución

nutricionalmente satisfactoria para mantener rumiantes pequeños en zonas áridas, el nopal provee un forraje rico en energía y es fuente de agua en condiciones secas, el nopal mejora el valor nutritivo y el consumo de forrajes toscos de pobre calidad, se puede esperar que el suministro de una fuente de NNP podría resultar en una mejora adicional del valor nutritivo de las dietas basadas en pajas Ben Salem *et al.* (1996).

El nopal es un buen suplemento para la paja tratada con amoníaco o urea dado que provee los carbohidratos solubles necesarios para hacer uso eficiente del NNP en el rumen, lo anterior fue corroborado en un experimento con ovejas alimentadas con nopal *ad libitum* y dos niveles, T 1: 300 y T 2: 600 g<sup>d</sup> de paja no tratada (NT), tratada con amoníaco (TA) y tratada con urea (UTS), se observó que el consumo de MS en NT en T1 fue de 445 g<sup>d</sup> en nopal y 254 g<sup>d</sup> en paja, de 447 g<sup>d</sup> de nopal y 242 g<sup>d</sup> de paja en TA y de 425 g<sup>d</sup> de nopal y de 249 g<sup>d</sup> de paja en TU, para el T2 los consumos fueron de 432 g<sup>d</sup> de nopal y 494 g<sup>d</sup> de paja para NT, 462 g<sup>d</sup> de nopal y 466 g<sup>d</sup> de paja para TA y 439 g<sup>d</sup> de nopal y 486 g<sup>d</sup> de paja para TU, los resultados mostraron que el consumo voluntario del nopal puede ser alto (450 g de MS) y ser importante cuando la ingestión diaria de paja aumentó de 300 a 600 g de MS. Las dietas que contenían hasta el 64 % de nopal no causaron perturbaciones digestivas, los datos indicaron que es posible cubrir los requerimientos de mantenimiento de energía de ovejas usando dietas <sup>d</sup> basadas en nopal proporcionado *ad libitum* junto con 300 g<sup>d</sup> basadas en paja (600 g) es posible cubrir del 170 al 190 % de los requerimientos de energía para mantenimiento, el nopal puede ser usado como componente principal de dietas con paja de cereales (Nefzaoui *et al.*, 1993).

En vacas lecheras alimentadas con tres niveles de nopal (T1:0, T2: 10, T3: 20 y T4: 30 % en MS), diferentes cantidades de sorgo 26 %, 21 %, 16 % y 11 %, harinolina 0 %, 5 %, 10 % y 15 %, Melaza 8 %, minerales 0.5 %, Sal 0.5 %, heno de avena 25 %, en los cuatro tratamientos y heno de alfalfa 40 %, 30, 20 % y 10 % respectivamente González *et al.* (1998) evaluaron el consumo de MS, en general los consumos de MS observados fueron superiores a los informados por el NRC (1981) para vacas lecheras, lo cual posiblemente sea debido al pequeño tamaño de la partícula de los forrajes, o bien a la baja densidad energética de las dietas (1.40 a 1.44 Mcal por Kg). La reducción observada en el consumo de MS conforme aumentó el nivel de nopal pudo haber sido

causado por el elevado contenido de agua del nopal, la cual posiblemente se encuentre relacionada con la forma en que se encuentre el agua en el alimento, ya que al introducir grandes cantidades directamente en el rumen a través de una cánula, (Davis, 1962) no observó cambios en el consumo de alimento, sin embargo al asperjar agua sobre el forraje fresco (aumentando el contenido de humedad de 77.9 a 85.4 %), se observaron reducciones en el consumo de alimento del 22 % (Butrish y Phillips, 1987). Es posible que en este caso, el agua del nopal por encontrarse mayoritariamente en forma intracelular (Gibson y Nobel, 1986), mantenga la estructura física del nopal, por lo que sigue ocupando espacio en el rumen, o bien existe una retención de agua por el efecto esponja de los componentes gruesos de la fibra como ocurre en los forrajes tropicales (Van Soest, 1982).

### **Composición Química del Nopal**

El nopal es una especie que constituye una fuente de nutrientes para los animales en periodos de poca disponibilidad de forrajes, es particularmente atractiva como alimento por su eficiencia para convertir el agua en materia seca (MS) y por tanto en energía digestible (ED) Nobel (1995). Es útil no solo por que sobrevive a las sequías sino también por su conversión más eficiente que la de los pastizales y las plantas de hoja ancha. Las ventajas del nopal incluyen una alta producción de biomasa, buena palatabilidad y valor nutritivo, perenifolios, resistencia a sequía y adaptación al suelo (Monjauze y Le Houérou, 1965; Le Houérou, 1992; Nefzaoui *et al.*, 1993; Ben Salem *et al.*, 1996). El nopal representa un recurso alimenticio importante por su capacidad de producción de cladodios suculentos, susceptibles de ser aprovechados como forraje para el ganado, es una fuente de alimentación importante en zonas con clima mediterráneo árido y es utilizado para la producción de lácteos y carnes (Azócar y Rojo, 1991; Azócar, 1992; Azócar *et al.*, 1996; Ben Salem *et al.*, 1996; Santana, 1992).

Al alimentar a los caprinos con nopal debe tenerse en cuenta que dado su alto contenido de agua no es un forraje completo por lo que se debe complementar con forrajes secos (pajas o rastrojos), y alimentos que proporcionen proteína y energía, en dietas bien balanceadas, el nopal puede proporcionar el 60 % de la energía y su

El contenido de nutrientes del nopal fue analizado por (Hoffman y Walker, 1912; Woodward *et al.*, 1915). Estas investigaciones indicaban que los nopales con y sin espinas poseen prácticamente la misma composición y son de igual valor nutritivo para el propósito de alimento animal. Los cladodios tienen alto contenido de agua (90%), la composición química en base seca reportada para cenizas fue (20 % ), Ca (1.4 %), tienen bajos contenidos de PC, ( 4 %), fibra cruda (FC, 10 % ) y fósforo (P, 0.2 %). (Nezraoui *et al.*, 1995). El contenido bruto de energía de la mayoría de los nopales varía

alimento en el rumen debido a su alto contenido de agua. digestibilidad del nopal sin espinas en el rumen y la rápida tasa de tránsito de este suministro de paja presumiblemente esta basado en la alta nopal sin espinas pudo tener un efecto similar. La ausencia de un efecto negativo del forrajes toscos de baja calidad con melaza mejoraron su palatabilidad, de manera que el Reportes previos (Leng, 1982; Rangnekar, 1988), indicaron que la suplementación con con aquellas generalmente observadas con dietas ricas en carbohidratos solubles, (1947). La respuesta del nopal sin espinas con respecto al consumo de paja es acorde mostraron ninguna perturbación digestiva, apoyando hallazgos anteriores. (Ordier Los animales que recibieron estas dietas que contenían hasta 500 g de nopal no aumento casi 2.5 veces el suministro de materia orgánica (MO) fácilmente fermentable. el mejoramiento en las condiciones de fermentación del rumen. El nopal sin espinas la mitad del total de la dieta. Los efectos beneficios del nopal, podrían ser explicados por paja fueron capaces de consumir hasta 560 g de MS de nopal, este nivel representó casi Nezraoui y Ben Salem, (2001) en un estudio menciona que ovinos alimentados con

nitrogeno no-proteico (NNP) en el rumen (Nezraoui *et al.*, 1993). urea, dado que provee los carbohidratos solubles necesarios para hacer uso eficiente del 1996). El nopal es también un buen suplemento para la paja tratada con amoníaco o con el aumento en la cantidad de nopal en la dieta (Nezraoui *et al.*, 1993; Ben Salem, calidad pueden ser suplementados con nopal, de hecho el consumo de paja se incrementa otras fuentes de proteína. También son bajos en fósforo y sodio. Los forrajes de baja energía. Los cladodios tienen un bajo contenido de PC y deben ser suplementados con no es un alimento balanceado y más bien se considera como una fuente barata de aportación de proteína cruda (PC) se puede considerar casi nula (Flores, 1977). El nopal



de 3.500 a 4.000 Kcal<sup>1</sup> de MS. La energía digestible es aproximadamente 2.000 kcal, la cual es comparable a los pastos de mediana calidad (Ben Thlija, 1987). Dado la capacidad energética de este ingrediente, hace que sea un componente valioso para incluirse en las dietas del ganado. Esta energía proviene principalmente de las altas concentraciones de carbohidratos de los cladodios. Es de esperarse que existan marcadas diferencias en la calidad nutritiva de distintos nopales debido a la edad (Gregory and Felker, 1992), época del año (Retamal *et al.*, 1987) y a la fertilidad del suelo (González, 1989; Gathaara *et al.*, 1989). A pesar de la gran importancia que el nopal representa para los animales domésticos y la vida silvestre, existen muy pocos informes sobre la su calidad nutritiva en la dieta animal (Griffiths y Hare, 1906); Shoop *et al.*, 1977; De Kock, 1980; Meyer y Brown, 1985). Los valores representativos para los componentes nutritivos en dichos estudios incluyen al Ca con 4.2%, potasio (K) 2.3%, magnesio (Mg) 1.4%, energía digestible (ED) 2.6 Mcal kg, y ácido ascórbico 13 mg 100g.

Las especies de nopal, presentan alto contenido de cenizas (2.6%), agua (92.6%), bajo contenido de PC (5.8%) en MS (1.85%), 2.01% de Ca y 0.11% de P. Nutricionalmente el nopal, es rico en agua y carbohidratos y puede complementarse con otros recursos alimenticios ricos en PC y fibra (Azócar y Rojo, 1991; Azócar *et al.*, 1996). El uso del nopal en la alimentación de caprinos es un recurso común principalmente en las regiones áridas y semiáridas. El contenido proteínico difiere significativamente entre variedades y especies, pero generalmente se incrementa con la edad del cladodio. La PC para el nopal es del 5.1 % (Fuentes, 1991). Los cladodios poseen alto contenido de agua (90 %), cenizas (2.0 %), Ca (1.4 %), en BS (Nefzaoui *et al.*, 1995). En otro estudio (Flores y Aguirre, 1992), coinciden con otros investigadores cuando indican que esta planta se caracteriza por presentar alrededor de 5% de PC, y una elevada concentración de carbohidratos solubles y Ca. La mayoría de los investigadores sugieren que el nopal es bajo en PC (4 %) y recomiendan suministrar suplementos para cubrir los requerimientos de los animales (De Kock, 1980; Hanselka y Paschal, 1990). Su contenido de energía es moderado, medido como nutrientes digestibles, y alto en agua, vitamina A, fibra y cenizas (Hanselka y Paschal, 1990). Afortunadamente, hay maneras de mejorarlo, la aplicación de dosis bajas de N incrementa el porcentaje de PC significativamente. Se ha propuesto que tratamientos altos en N (224 kg ha cada dos

años) en cultivos de nopal son necesarios para llenar los requerimientos de vacas lactantes. La aplicación de P (112 kg ha), también duplico el contenido de este elemento, el cual normalmente bajo en el nopal. (Pimienta, 1993).

En un estudio conducido por Fuentes (1991), 685 bovinos en libre pastoreo y suplementados con rastrojo de maíz, melaza y urea fueron alimentados también con 10 a 20 kg de nopal chamuscado. La ganancia diaria de peso varió de 0.1 a 0.6 kg, el nopal proveyó 7.8 % de la energía total de mantenimiento, 20.6 % de la PC, 50 % del P y 100 % de los requerimientos del Ca recomendados por el NRC (1984).

La composición mineral del nopal muestra efectos significativos de la edad de estos sobre los contenidos de Ca, Mg y Na y un efecto altamente significativo en el contenido de P. La edad no afecta el contenido de K. Es bien conocido que las leguminosas y pastos tropicales, y otros forrajes toscos son bajos en minerales, particularmente P (Fleming, 1973; Minson, 1988). El contenido de P (0.33 % de MS) del nopal es bajo en comparación con pastos de clima templado (Mc Donald *et al.*, 1995). Los cladodios viejos presentan menores contenidos de P (0.23 % MS) que los cladodios jóvenes (0.33 % de la MS) y los frutos (0.37 % de la MS), coincidiendo con los resultados de estudios previos (De Kock, 1980; Nobel, 1983; Hanselka y Paschal, 1990; Gregory y Felker, 1992). El contenido de Na de los frutos y los cladodios es bajo (0.07 % de MS) similar a lo informado por (De Kock, 1980) y (Retamal *et al.*, 1987), quien reporta que los cladodios jóvenes presentan bajo contenido de Na (0.05 % de MS). Los que indica que los valores bajos de Na en nopales pueden ser debidos probablemente a la baja capacidad genética de acumulación, bajos requerimientos o baja disponibilidad en el suelo (Norton, 1982; Retamal *et al.*, 1987).

El nopal presenta un contenido moderado de PC, altos valores de Ca, normales de Mg, y bajos de Na, K y P con relación a los requerimientos de la dieta para rumiantes, de manera similar a los pastos y leguminosas forrajeras tropicales es altamente digestible. El nopal puede ser la conexión entre los residuos de cosechas, las leguminosas forrajeras y las fuentes de NNP, suministrando MO inmediatamente disponible. El contenido extremadamente alto de agua puede afectar el consumo total de MS de los animales, especialmente durante la temporada de lluvias cuando el agua no es un factor limitante



para la producción animal. Por lo tanto, la investigación debe dirigirse a la producción de ensilados y la combinación con residuos de cosecha toscos (Tegegne, 2005).

### **Digestibilidad del Nopal**

La digestibilidad del alimento representa la capacidad del animal para utilizar sus nutrientes en mayor o menor escala, expresada por el coeficiente de digestibilidad del nutriente, siendo una característica del alimento y no del animal (Cohelo y Leao, 1979). (Flores y Aguirre, 1992), mencionan que la digestibilidad de la PC in situ de nopal es de 68% a las 48 horas, la FDN de 47% y FDA del 16%. (Gregory y Felker, 1992) informaron que el nopal presenta un alto contenido de humedad (94.26 %) y alta digestibilidad de MS *in vitro* (aproximadamente 75 %).

Lastra y Pérez (1978) realizaron estudios con nopal ensilado, grano de sorgo, urea y melaza, esto mejoró la MS y PC del ensilado así como la digestibilidad *in vitro e in vivo* de la MS. La digestibilidad *in vivo* para la energía fue de 81.0%, seguido de la MO, PC y MS con 80.8, 78.1 y 77.4% respectivamente, en cambio para la digestibilidad *in vitro* se encontró 69.4% para la MO y 67.7% para la MS.

Ferreira *et al.* (1990) demostraron que el nopal es altamente digestible. Aunque existen pequeñas diferencias en el contenido de PC y FC entre los frutos y los cladodios jóvenes (13.10 y 13.42 % MS) y (10.39 y 7.96 % de la MS) respectivamente. La digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS), es significativamente mayor en los frutos, lo que se atribuye, en parte a la traslocación de carbohidratos solubles (Norton, 1982). Los cladodios jóvenes son más digestibles que los de mediana edad y que los viejos. Esto parece estar relacionado con el bajo contenido de PC de los cladodios viejos (9.15 % de la MS). Sin embargo, ninguno de los contenidos de PC es menor a 6-7%, que es el valor límite para la síntesis microbiana y las condiciones de fermentación (Hogan, 1982).

Flachowski y Yami (1985), estudiaron la composición, digestibilidad y consumo de nopal en ovejas Ogaden, donde el 70-75 % (en MS) fueron carbohidratos totales y cerca del 20 % de cenizas. Ellos indicaron una digestibilidad aparente de la MO del 70.9 % correspondiente a 35 y 46.7 unidades de energía kg animal<sup>-1</sup> (72 MJ de EM) en peso

fresco y MS, respectivamente. La PC se determinó en un rango de 4.5 a 5.5 % de la MS, menor que los requerimientos de mantenimiento.

Morrison (1956) reportó valores de digestibilidad de la fibra del nopal de 40%, grasa cruda de 72%, PC de 4.4 % y ELN de 78%, mientras que Murillo *et al.* (1994), estudiando la influencia de la adición de levaduras suplementadas con dos fuentes de N, encontró que con la adición de levadura, la digestibilidad fue de 61.6%, si se combinaba sulfato de amonio con levadura, la digestibilidad aumentaba a 93.9%. La adición de levadura y urea se asoció con una digestibilidad de 76.8%.

Veras *et al.* (2005) evaluaron la digestibilidad de nutrientes en una dieta sustituyendo cuatro niveles de Mijo (0, 25, 50 y 75%) por nopal, 16 ovejas de 30 meses de edad y 40 kg de PV fueron alojadas al azar en un diseño experimental, llegando a la conclusión de que la inclusión de nopal no influyó el coeficiente de digestibilidad aparente de la MS, MO, FDN, carbohidratos totales, extracto etéreo (E.E.) y PC. El coeficiente de digestibilidad aparente de FAD aumentó linealmente con la inclusión del nopal en la dieta. No hubo diferencia significativa ( $P>0,05$ ) en el efecto de sustitución de Mijo por nopal sobre el consumo de nutrientes, este resultado puede explicarse por la limitante en el consumo al 2.5 % del PV, en las dietas experimentales. En conclusión el nopal mostró gran potencial para su uso como fuente alternativa de energía para rumiantes.

Rosa *et al.* (1999) realizaron dos experimentos para medir (Exp 1), el consumo de MS (CMS), materia orgánica (CMO) y digestibilidad de la MS, MO y PC de tres especies de nopal y estudiar (Exp 2) el efecto de suplementos con heno de alfalfa sobre el consumo, digestibilidad y Balance de Nitrógeno (BN) en chivos consumiendo nopal utilizando jaulas metabólicas. Chivos castrados ( $18.8 \pm 2.7$  kg de pv y 12 meses de edad) fueron asignados de acuerdo al peso al azar a uno de cuatro tratamientos, Exp 1: heno de alfalfa (16.2% PC) y nopal (4.42% PC). Exp 2: nopal o nopal mas 100, 200 o 300 g animal<sup>-d</sup> de heno de alfalfa. No se detectaron diferencias ( $P>0.05$ ) en el CMS, CMO, DMS y DMO entre especies de nopal, pero inferiores ( $P< 0.01$ ) al heno de alfalfa. La PC fue diferente ( $P<0.01$ ) entre especies de nopal. El (BN) fue negativo en los chivos consumiendo nopal. El CMO de la dieta aumentó ( $P=0.07$ ) con el suplemento con heno de alfalfa, mientras que el consumo de nopal decreció ( $P<0.01$ ). La DMS y DMO fue similar ( $P=0.05$ ) en chivos con nopal o chivos con nopal y heno de alfalfa. El BN se

incrementó ( $P < 0.01$ ) a mayor nivel de heno de alfalfa. Los resultados indican que las diferencias en el contenido de PC entre las especies de nopal estudiadas no afectan significativamente el consumo ni la digestibilidad. El suplemento con heno de alfalfa a chivos consumiendo nopal no afectan la DMS ni la DMO del nopal, mientras que el consumo de nopal tiende a disminuir con el suplemento.

Nefzaoui y Ben Salem (2003) cuantificaron la cantidad de nitrógeno no proteico (NNP) de pajas tratadas con amoníaco o urea sometiendo a 6 grupos de ovejas a dietas que incluyeron nopal *ad libitum* y dos niveles (300 y 600 g animal<sup>-d</sup>) de paja tratada y sin tratar, los resultados mostraron que el consumo voluntario de nopal puede ser alto (450 g de MS) y ser importante cuando la ingestión diaria de paja aumenta de (300 a 600 g animal<sup>-d</sup> de MS). Las dietas que contenían hasta el 64% de nopal no causaron perturbaciones digestivas. Los datos indicaron que es posible cubrir los requerimientos de mantenimiento de energía de ovejas usando dietas basadas en nopal proporcionado *ad libitum* junto con 300 g animal<sup>-d</sup> de paja. Con altos niveles de paja (600 g animal<sup>-d</sup>) es posible cubrir del 170 al 190% de los requerimientos de energía de mantenimiento para cubrir las necesidades de nitrógeno (N), la paja debe ser tratada, por lo tanto el nopal puede ser usado como componente principal de dietas conteniendo paja de cereales, es necesario únicamente agregar los suplementos adecuados para prevenir las deficiencias de N y suministrar la fibra necesaria para el buen funcionamiento del rumen.

Medina *et al.* (2006) estudiaron el efecto de un preparado de enzimas fibrolíticas exógenas (celulasa y xilanasas) en la degradabilidad *in situ* de la MS (DisMS), FDN, (Digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro residual) (DFDNr), y FDA (Digestibilidad de la Fibra Detergente Ácido residual) (DFDAr), en dietas altas o bajas en harina de nopal, utilizando cladodios maduros de aproximadamente dos años de edad, pasados a través de un molino de martillos, extendiendo el producto de la molienda sobre una plataforma de cemento y secándolo al sol, siendo sometido, una vez seco a una nueva molienda para obtener 300 kg de harina. El trabajo se realizó en 4 vacas Holstein con fístula ruminal, las cuales estuvieron sometidas a dos tipos de alimentación en dos periodos. La dieta alta en harina de nopal tuvo una relación de forraje : concentrado de 73:27, con 20% de rastrojo de maíz, 20% de heno de alfalfa, 26.7% de concentrado con 18% de PC y 33.3% de harina de nopal, la dieta baja en harina de nopal tuvo una

relación forraje : concentrado de 82:18, con 44.5% de rastrojo de maíz, 27.5% de heno de alfalfa, 18% de concentrado con 18% de PC y 10% de harina de nopal . Las vacas recibieron la dieta una vez (13 kg animal<sup>-1</sup> de MSd, a las 9:00 hrs), durante 15 días antes del inicio del trabajo experimental como periodo de adaptación, se utilizaron cuatro niveles de enzimas: 0 (testigo) / kg de MS, 24 hrs antes de la exposición *in situ* y al inicio de la degradación (0 hora), 2 y 3 g animal<sup>-1</sup> de enzima. Se determinó la concentración de ácidos grasos volátiles totales y de N amoniacal a las 0, 3, 6, 9, 12 y 24 hrs después de aplicarse la enzima, concluyendo que no se observaron efectos en DisMS, DFDNr y DFDAr; la aplicación al inicio de la degradación *in situ* mostró valores más altos que a 24 hrs para DisMS y DFDNr, pero fue menor para DFDAr. No se observaron diferencias en las interacciones entre niveles de enzima, tipo de dieta y tiempo de pretratamiento. La aplicación de 1 y 3 g animal<sup>-1</sup> de enzima, en la dieta con bajo contenido de harina de nopal, tuvo efectos en el incremento de los ácidos grasos volátiles: para el N amoniacal, los mejores resultados ocurrieron con 0 y 1 g animal<sup>-1</sup> de enzima. La principal diferencia entre el nopal y otras fuentes de forraje es la degradabilidad de los nutrientes en el rumen. Mientras que la degradabilidad potencial de los demás forrajes en el rumen frecuentemente alcanza 48 hrs, los nutrientes del nopal se degradan entre 6 y 12 hrs, de modo que puede asumirse que no existe extracción significativa de nutrientes después de 24 hrs (Ben Thlija, 1987). Una tasa rápida de digestión significa un paso más rápido del material a través del tracto digestivo. Esto también significa que la MS del nopal permanece en el tracto gastrointestinal únicamente por un período corto, dejando más volumen disponible para consumo adicional. En otras palabras, la capacidad de saciar del nopal es bajo, explicando porque, si se incrementa el volumen de nopal en la dieta no se reduce el consumo de otros componentes de la ración. Estos hallazgos son similares a los obtenidos por (Ben Salem *et al.*, 1996), donde ovinos alimentados con paja fueron capaces de consumir hasta 560 g animal<sup>-1</sup> de MS de nopal. Este nivel representa casi la mitad del total de la dieta. El nopal sin espinas aumento casi 2.5 veces el suministro de MO fácilmente fermentable. Los animales que recibieron dietas que contenían hasta 500 g animal<sup>-1</sup> de nopal no mostraron ninguna perturbación digestiva, La respuesta al nopal sin espinas con respecto al consumo de paja es acorde con aquellas generalmente observadas con dietas ricas en

carbohidratos solubles. Reportes previos (Preston y Leng, 1987; Rangnekar, 1988), indicaron que la suplementación con forrajes toscos de baja calidad con melaza mejoraron su palatabilidad, de manera que el nopal sin espinas pudo tener un efecto similar. La ausencia de un efecto negativo del suministro de nopal en el consumo de paja presumiblemente está basado en la alta digestibilidad del nopal sin espinas en el rumen y la rápida tasa de tránsito de este alimento en el rumen debido a su alto contenido de agua.

Nefzaoui y Ben Salem (1996) utilizaron ovejas en tres grupos al azar y alimentados con dietas basadas en nopal (80 % de la dieta) y *Atriplex (A. nummularia)*. Se distribuyeron cantidades limitadas de paja de trigo (180 g animal<sup>-1</sup>) y suplementos comerciales de minerales y vitaminas (30 g animal<sup>-1</sup>). El consumo de MS de las dietas fue similar para todos los grupos, dieta 1 (941 g MS<sup>-1</sup>), dieta 2 (931 g MS<sup>-1</sup>) y dieta 3, (983 g MS<sup>-1</sup>) respectivamente. El coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica (DMO) promediando 68, 74 y 75 % para las tres dietas fue de 67.7% para la dieta 1, 69.3 % para la dieta dos y 74.4 % para la dieta 3, y de proteína cruda (DPC) 74.5, 76.6 y 75.5 % respectivamente. En contraste, la digestibilidad de la fibra fue baja, probablemente porque los carbohidratos solubles del nopal habrían deprimido la actividad celulolítica del rumen. Las dietas proveyeron aproximadamente 1.7 veces las necesidades de energía y PC digestible de las ovejas, respectivamente. La dieta 1 cubrió 1.65 y 2.3 veces los requerimientos de energía y consumo de proteína cruda de las ovejas, respectivamente. Esta dieta proveyó N en exceso y debe ser suplementada con una fuente de energía, como podría ser el grano de cebada. La dieta 2 estuvo relativamente bien balanceada en energía y nitrógeno, mientras la dieta 3 tuvo exceso de energía y fue necesario suplementarla con una fuente de NNP, como urea. Los requerimientos de energía y N de las ovejas pueden ser ajustados usando dietas basadas en estos dos forrajes. La proporción de nopal en la dieta puede alcanzar el 55 % en BS sin trastornos digestivos colaterales. Es aconsejable agregar pequeñas cantidades de alimentos fibrosos (heno o paja) antes administrar el nopal, así mismo se puede obtener una mejor eficiencia dietética si se optimiza el balance mineral.

Mazueca *et al.* (1995) Evaluó el uso de nopal en la alimentación de cabras en lactación, proporcionando diferentes niveles en sustitución de alfalfa, encontraron que el

nivel de 20% de nopal mejoró el consumo de alimento, sin afectar la digestibilidad de la ración, en cambio, con el nivel de 30%, la digestibilidad de la PC, FDN y FAD, fue mejor, mientras que el consumo de agua y el tiempo de rumia disminuyeron conforme se incremento el nivel del nopal en la ración. Estos resultados indican la factibilidad de utilizar nopal como un ingrediente económico en la alimentación del ganado caprino, aún cuando su valor nutricional no sea comparable con otros insumos tradicionales.

### Comportamiento de Cabras Alimentadas con Nopal

#### Peso vivo de cabras en lactación alimentadas con nopal

Evaluando el efecto del uso de nopal sobre el comportamiento productivo de cabras lactantes, (Sánchez y García, 2006) utilizaron 20 animales asignados aleatoriamente a dos tratamientos, T1: Control con pastoreo de vegetación propia de zonas áridas y semiáridas, y T2: Experimental, pastoreo, mas 500 g de nopal con 2.5% de urea durante 75 días. El T2 mostró una tendencia al aumento de PV ( $P<0.1$ ), el incremento fue de (4.3Kg vs un decremento de -0.6 kg.), para los animales que recibieron el T1.

**Cuadro 1. Peso corporal y variación de peso (ganancia/perdida) promedio de cabras al postparto con suplementación en explotaciones tradicionales.**

Tratamiento	Peso corporal		Variación
	Inicial	Final	
	-----Kg-----		
Suplemento+pastoreo	30.7 ± 1.20	35.0 ± 2.21	4.3 ± 1.7**
Pastoreo	31.6 ± 1.76	31.0 ± 1.75	-0.6 ± 1.8b

\*Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P<0.08$ ).

Fuente: Sánchez y García (2006).

Llegando a la conclusión de que los productores pueden utilizar nopal enriquecido con 2.5% de urea para complementar la dieta de cabras en zonas áridas, al ser este un recurso local abundante durante todo el año, este produce efectos positivos en el PV y puede ser recomendada para cabras en lactación.



Hernández *et al.* (1998) estimaron el cambio de PV en 15 cabras de raza Alpina en lactancia (10 de primer parto y 5 de dos partos) con un PV promedio de 38±5.4 kg, fueron estratificadas de acuerdo a su PV y asignadas al azar a uno de tres tratamientos: T1(100% ryegrass: 0% nopal), T2 (75 % ryegrass: 25% nopal) y T3 (70 % ryegrass: 50% nopal). Las cabras antes del inicio del experimento fueron alimentadas con ryegrass a libre acceso [MS 75%, PC 11.7% y materia orgánica 83% Base Seca (BS)], agua limpia y sales minerales.

**Cuadro 2. Peso vivo en cabras alimentadas con distintas proporciones de nopal y ryegrass**

Variable	Día 1			Día 26		
Nopal %	0	25	50	0	25	50
Ryegrass %	100	75	50	100	75	50
PV Kg	37.54	36.98	39.58	39.58	39.47	37.60

Fuente: Hernández *et al.* (1998).

Las diferencias en las proporciones de nopal y ryegrass observados con respecto a aquellas planteadas fue el resultado de fijar las cantidades de ryegrass en base al consumo de MS observado el día anterior, y el suministrar un 15 % más de nopal del calculado. El agregar nopal adicional fue con el objeto de que los animales fueran alimentados a libre acceso, así los resultados son considerados como consumo de MS *ad libitum*. Aún cuando el consumo de MO se incrementó a mayor proporción de nopal en la ración, el consumo de PC disminuyó, resultando deficiencias para los niveles de producción observados. El consumo promedio de PC durante los 26 días del experimento en las cabras a las que se ofreció solo ryegrass consumieron el 93 % del promedio de los requerimientos diarios de PC total durante el mismo periodo. Las cabras que consumieron 38 y 56 % de nopal, consumieron sólo el 67 y 64 % de los requerimientos diarios de proteína total (NRC, 1981). Como resultado en la reducción en el consumo de nutrientes, el PV disminuyó al incrementarse la cantidad de nopal en la dieta.

Cabras AngloNubias de 2.3 y 5 lactancias, con un PV inicial de 31.35 kg en promedio y 125.5 d de lactancia fueron utilizadas por Ruíz *et al.* (1996) para determinar el efecto de la inclusión de nopal en los cambios de PV bajo régimen de estabulación utilizando dos tratamientos: T1: 57 % de nopal + concentrado (harina de alfalfa, grano de sorgo molido, salvadillo, harinolina, vitaminas y sal común) en la dieta. T2: 40 % Zacate Bermuda cruz 1 (*Cynodon dactylon*) + concentrado. Se observó que los incrementos de peso para los tratamientos 1 y 2 fueron (45.88 y 60.87 g animal<sup>-d</sup> promedio respectivamente no encontrándose diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en este parámetro, por lo que se concluyó que es indiferente ofrecer nopal o Zacate Bermuda cruz 1 (*Cynodon dactylon*) en cabras con lactación avanzada.

En Cabras Alpino Francesas lactantes con un PV promedio de 38 kg y 45 ± 5 d de lactancia, consumiendo una dieta a base de nopal (36%) y ryegrass (64% BS), con cantidades crecientes de Megalac (0, 25, 50 y 75 g animal<sup>-d</sup>) fue estudiado el cambio de PV, encontrando que no se encontraron diferencias significativas ( $P > .8$ ) para este parámetro entre los diferentes tratamientos. Las cabras que recibieron la dieta a base de nopal y ryegrass con 0, 25 ó 50 g de Megalac, tendieron a entrar en balance negativo de energía, dado que mostraron una ligera pérdida de PV, mientras que aquellas que recibieron 75g de Megalac y el grupo control mostraron una ligera ganancia de peso (Hernández y Tovar, 2005).

**Cuadro 3. Comportamiento productivo de cabras lactantes consumiendo una dieta a base de nopal y ryegrass y Megalac por 26 d.**

Variable	Megalac g animal <sup>-d</sup>					P	ESM
	0	25	50	75	Ryegrass		
PV (kg)							
Inicial	38.9	39.5	36.8	35.5	38.4	.9	3
Final	38.12	37.6	36.0	35.7	38.8	.8	2.3
Cambio de PV	-.73	-1.87	-.7	.2	.43	.8	6

P=Probabilidad, ESM=Error estándar de la media, Diferencia de valores al final menos los valores al inicial.

Fuente: Hernández y Tovar (2005).



### **Producción y composición de la leche de cabras alimentadas con nopal**

Se ha observado que al sustituir alfalfa por nopal para alimentar bovinos o caprinos se reduce la producción láctea (González *et al.*, 1998), pero cuando se utiliza como suplemento de animales bajo sistemas extensivos en pastoreo en pastizales semiáridos, se observan efectos positivos (Urrutia *et al.*, 2007). Por lo que al alimentar a los caprinos con nopal debe tenerse en cuenta que dado su alto contenido de agua no es un forraje completo por lo que se debe complementar con forrajes secos (pajas o rastrojos), y alimentos que proporcionen proteína y energía, en dietas bien balanceadas, el nopal puede proporcionar el 60 % de la energía y su aportación de proteína cruda (PC) se puede considerar casi nula (Flores, 1977).

Azócar y Rojo (1991), demostraron que al suplementar cabras, al final del periodo de lactancia, con heno de alfalfa, aumenta significativamente la producción de leche en un promedio de 55.4% en relación a la pradera natural constituida por especies herbáceas y arbustivas. Cuando el heno de alfalfa fue reemplazado por nopal, sobre la base de MS, en 16, 21 y 34%, la producción de leche aumentó en 93.8, 103.6 y 125.9% respectivamente. Por lo que se concluyó que en una ración alimenticia, calculada según los requerimientos nutritivos necesarios para cabras en lactancia, la sustitución de hasta un 34% de la MS del heno de alfalfa por nopal, provoca un efecto estimulante en la producción de leche en cabras, lo que se atribuye a algún "efecto lactógeno". Estos resultados confirman la importancia de incorporar el uso de nopal en la alimentación del ganado de leche como una buena alternativa en zonas con clima árido y semiárido.

Urrutia *et al.* (2007), evaluaron el potencial del chamizo (*Atriplex canescens*), como base alimenticia y la suplementación con nopal, en la producción de leche de cabra, utilizando 20 cabras de raza Nubia adultas y lactantes, asignadas a tres tratamientos: (CH-SN) pastoreo en bancos de chamizo (n=5), (CH+N) pastoreo en el banco de chamizo suplementadas con nopal (*Opuntia ficus-indica*) (n=5) y (C) alimentadas con dieta integral en corral (n=10), durante cuatro semanas, la duración del pastoreo fue de seis hrs diarias (9:00 a 15:00 hrs), ordeñando a las cabras una vez al día a las 8:00 hrs, registrándose la producción una vez por semana. La producción de leche para CH-SN se mantuvo estable, mientras que en las CH+N la producción de leche se incrementó (P<0.0001). El forraje disponible en el potrero, proveniente de (*Atriplex canescens*), fue

de 1931 Kg, que asumiendo un 70% de utilización, el forraje disponible para consumo fue de 1352 Kg de M.S. De esta forma, el forraje diario disponible por cabras durante los 35 días que se mantuvieron en el potrero fue de  $3.81 \text{ Kg d}^{-1}$  M.S, con un contenido de proteína cruda de  $17.8 \pm 2.44\%$ , fibra ácido detergente de  $20.2 \pm 1.91\%$  y digestibilidad *in situ* de  $67.1 \pm 3.65\%$ . Se observaron diferencias debidas al tratamiento ( $P < 0.0001$ ), pero no debido al periodo o a la interacción entre tratamiento y periodo ( $P > 0.05$ ). Las diferencias observadas debido al tratamiento, se debieron a que la distribución de las cabras en pastoreo se realizó con base en el nivel de producción, con el fin de que iniciaran con similar nivel. La inclusión de nopal a la dieta de las cabras originó una recuperación significativa de la producción de leche, detectándose diferencias debidas al tratamiento ( $P < 0.0001$ ) al periodo de muestreo ( $P < 0.0001$ ), y a la interacción entre los dos factores ( $P < 0.001$ ). En las cabras que permanecieron en corral, la producción mostró alguna fluctuación, con ligera tendencia a disminuir. En las cabras en pastoreo, que no recibieron nopal la producción de leche se mantuvo relativamente estable, mientras que en las suplementadas con nopal la producción se incrementó rápidamente, hasta llegar a una producción de 300 ml de leche. Al incorporar el nopal a la dieta de las cabras, se observó una rápida recuperación del nivel de producción de leche, alcanzando 300 ml/d en tan sólo dos semanas de suplementación, manteniéndose ese nivel durante el resto del estudio. Los resultados indican que el chamizo (*Atriplex canescens*), alcanzó a cubrir los requerimientos de mantenimiento de las cabras, y la suplementación con nopal elevó la producción láctea.

Cabras Alpinas con una lactancia de  $45 \pm 5$  días, alimentadas con nopal y ryegrass con cantidades crecientes de Megalac fueron asignadas a 5 tratamientos, T<sub>0</sub>: Heno de ryegrass, T<sub>1</sub>: 0, T<sub>2</sub>:25, T<sub>3</sub>:50 y T<sub>4</sub>:75 g de Megalac animal<sup>-d</sup> + 100 g de salvado de trigo animal<sup>-d</sup> + 5 kg de nopal animal<sup>-d</sup>, se observó una reducción en la producción de leche en los grupos de cabras con los diferentes tratamientos, (1271, 1264, 1220, 1301 g<sup>-d</sup>) para T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> y 1281 g<sup>-d</sup> para T<sub>0</sub>, esta reducción no fue significativa al final del periodo de alimentación ( $P=0.9$ ), por lo que la producción de leche en el último día del experimento fue similar ( $P=0.9$ ) entre tratamientos, concluyendo que la producción de leche no fue afectada en cabras lactantes alimentadas con una dieta con nopal (36%) y

ryegrass (64%) al suministrar cantidades crecientes de Megalac en la ración (Hernández y Tovar, 2005).

Nopal, *Atriplex nummularia* y un concentrado comercial se administraron a 36 cabras criollas adultas en lactancia para determinar el efecto en la producción de leche bajo 3 tratamientos, TU:3.5 kg animal<sup>d</sup> de nopal, T1: (TU), T2: (TU) + 0.6 kg de MS *Atriplex nummularia* animal<sup>d</sup> y T3: (TU) + 0.5 kg de balanceado comercial animal<sup>d</sup>, se pudo observar que la producción de leche fue superior en los animales correspondientes a T2 y T3, (0.68 y 0.70 g<sup>d</sup>) respectivamente, por lo que se concluyó que la combinación del nopal con *Atriplex nummularia* y un balanceado comercial en cabras criollas en lactancia aumentó la producción de leche (Chagra *et al.*, 2005).

Cabras Anglo-Nubia y Murcianogranadinas de 2, 3 y 5 lactancias, de 125.5 d fueron utilizadas por Ruiz *et al.* (1996) para determinar el efecto de la inclusión de nopal en la producción de leche bajo régimen de estabulación utilizando dos tratamientos: T1: 57 % de nopal + concentrado (harina de alfalfa, grano de sorgo molido, salvadillo, harinolina, vitaminas y sal común) en la dieta. T2: 40 % Zacate Bermuda cruz 1 (*Cynodon dactylon*) + concentrado. Se observó que el incremento de producción de leche para los tratamientos 1 y 2 fue de (393.07 y 453.00 ml animal<sup>d</sup> promedio respectivamente no encontrándose diferencia significativa ( $P>0.05$ ) en este parámetro, por lo que se concluyó puesto que no hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos es indiferente ofrecer nopal o Zacate Bermuda cruz 1 (*Cynodon dactylon*) como parte de la ración en corral para en cabras con lactación avanzada.

En vacas lecheras en producción González *et al.* (1998) evaluaron el potencial forrajero del nopal como sustituto parcial de alfalfa en cuatro tratamientos, durante 84 días, divididos en cuatro periodos de 21 días de los cuales 14 fueron de adaptación y 7 de toma de datos. Los tratamientos consistieron en cuatro niveles de nopal en la dieta, 0, 10, 20 y 30% de la MS, encontrando que conforme se incrementó el nivel de nopal en la dieta, disminuyó linealmente ( $P<0.01$ ) la producción de leche en 24.1, 23.3, 22.5 y 20.9 kg/d, en cambio la producción de leche por kg de MS, se incrementó en forma lineal ( $P<0.01$ ) 1.05, 1.08, 1.13 y 1.15 kg. Al comparar el efecto del contenido de nopal en la dieta sobre la producción de leche, se encontraron diferencias significativas ( $P= 0.03$ ), siendo menor la reducción en la producción de leche con 0.10 kg / unidad porcentual de

inclusión de nopal en la ración. Lo anterior pudo ser debido a una mayor digestibilidad de la MO en las dietas con nopal con lo que se incrementaría la EM por kg de alimento consumido. Sobre la composición de la leche no se observaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) para sólidos no grasos (SNG) (8.20 %, 8.20, 8.20 y 8.20), ni para sólidos totales (ST) (11.80 %, 11.70, 11.70, 11.80) respectivamente. Con los resultados obtenidos se puede concluir que es factible utilizar 30% de nopal (MS) en la alimentación de vacas lecheras con producciones de medianas a altas; sin embargo tomando en cuenta la producción de leche, el nivel de 20% parece ser el más adecuado.

Araujo *et al.* (2008), evaluaron el consumo de nutrientes en la producción y composición de la leche de vacas en lactación alimentadas con diferentes cantidades de nopal, T1: 0, T2:12.5, T3:25.0, T4:37.5 y T5:50 % y urea en sustitución de zacate tifton (*Cynodon spp*), utilizando vacas de raza Holandesa con 60 días de lactación, con una producción media de 20 kg de leche<sup>d</sup>, el periodo experimental tuvo una duración de 17 d , 7 para adaptación, y 7 para colecta de datos, se utilizó ordeño mecánico dos veces<sup>d</sup>, a las 6:00 y 16:00 hrs, la producción fue registrada individualmente, la producción de leche se incrementó linealmente ( $P<0.05$ ), (15.82, 18.37, 19.60, 20.62 y 20.50 kg<sup>d</sup>) respectivamente, este aumento en la producción de leche puede ser explicado por el mayor el consumo de TND, la grasa de la leche no fue influenciada por la adición de nopal y urea en la ración en los diferentes tratamientos, con un contenido de grasa de 3.56, 3.70, 3.69, 3.69 y 3.61 % respectivamente. En conclusión la inclusión de nopal y urea en sustitución de zacate tifton (*Cynodon spp*) en la ración de vacas de raza Holstein no alteró el porcentaje de grasa en la leche.

Pessoa *et al.* (2004), estudiaron el efecto de diferentes estrategias de alimentación sobre el comportamiento de vacas de raza Holstein en lactación, la ración estuvo compuesta por 39% de nopal, 31% de ensilado de sorgo y 30% de concentrado, suministrados dos veces<sup>d</sup>, estimándose como sobrante el 10% de la MS total ofertada. Los tratamientos fueron establecidos sobre mezcla total (MC), ingredientes separados (IS), ensilado de sorgo + concentrado y nopal separado (P+CS), suministrados en comederos individuales y divididos de acuerdo con el sistema de alimentación preestablecido. Tanto la proporción de ensilado de sorgo, como del ingrediente nopal en la ración de los animales, fueron reducidas en los tratamientos donde ambos se

suministraron separadamente. P+C/S y IS; S+C/P y IS, respectivamente. No hubo influencia ( $P>0.05$ ) según la forma de suministro en la dieta, en la producción de leche, cuyo promedio fue de 22 kg animal<sup>d</sup>. Sin embargo, tanto la producción de leche corregida para 3.5 % de grasa, como la producción de grasa en la leche, estuvieron influidas ( $P<0.05$ ), por la estrategias de suministro de alimento, siendo menor para los tratamientos en que el nopal ofrecido por separado (IS y S+C/P), (21.88 y 21.31 kg<sup>d</sup>) respectivamente, estadísticamente semejante a los tratamientos S+C/P; P+C/S y P+S/C (21.31, 21.81 y 22.51 kg<sup>d</sup>) respectivamente. La estrategia ofrecida como mezcla total (MC), mostró ganancias significativas ( $P<0.05$ ) en la producción de leche, corregida a 3.5% de grasa (promedio de 2.4 kg animal<sup>d</sup>), comparado a la estrategia de alimentos separados (IS). La estrategia de alimentación influyó ( $P<0.05$ ) la eficiencia alimenticia, observándose el promedio inferior en el tratamiento S+C/P. El % de grasa de la leche fue superior ( $P<0.05$ ) para MC comparada con la estrategia de ingredientes separados (130 g más). El % de proteína de la leche no presentó diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ) en ninguna de las estrategias de alimentación (MC 3.78%, IS 3.67, S+C/P 3.58, P + C/S 3.60, y P + S/C 3.59). La estrategia de ofrecer separados los ingredientes, contribuyó al desequilibrio de la dieta comprometiendo así la productividad animal.

### **Rendimiento de Cuajada en Cabras con Diferentes Fuentes de Alimentación**

Cabras Saanen asignadas a 4 dietas experimentales fueron evaluadas por Mele *et al.* (2008) cuyo objetivo fue determinar el efecto de la suplementación de aceite de soya en la composición y propiedades de la leche, administrando dietas a base de heno de zacate y un concentrado a base de (cebada, soya, maíz, pulpa de betabel y aceite de soya) en una proporción de T1= 63:37 % alta cantidad de forraje sin aceite de soya (HF/NO), T2= 63:37 % alta cantidad de forraje con aceite de soya (HF/O) , T3= 35:65 % baja cantidad de forraje sin aceite de soya (LF/NO) y T4= 35:65% baja cantidad de forraje con aceite de soya (LF/O), con un contenido de PC de 15.9, 15.5, 16.0 y 15.7 % respectivamente. Las dietas suplementadas con aceite de soya resultaron en un significativo incremento en la producción y contenido de grasa de la leche (2160 y 2390 g<sup>d</sup>) y (3.19 y 3.41 %) respectivamente. En cuanto al contenido de caseína y lactosa no se encontraron



Hurtado *et al.* (1998) evaluaron los efectos del nivel y tipo de recursos energéticos (ácidos grasos volátiles o glucosa) en la composición y propiedades de coagulación en vacas holstein fistulizadas con una producción de  $30 \pm 8 \text{ Kg}^{\text{d}}$ , los animales fueron alimentados individualmente restringidos a una dieta basal T1: (60% de silo de maíz, nutricionales.

las propiedades de cuajada de la leche por los diferentes tipos de tratamientos (a) 45.62, 50.10, 54.0 y 54.88 mm, concluyendo que no hubo diferencia significativa en 4.02, 4.30, 4.16 y 4.20 min respectivamente para S, P, PL, PR, y firmeza de cuajada (a). Tiempo de coagulación (t), 16.81, 17.55, 17.71 y 17.72 min, formación de cuajada ( $\text{K}^{\text{a}}$ ), de pH ( $P < 0.05$ ) que los demás grupos, no se encontró diferencia significativa en 27.62, 30.36, 8.70, 6.43 y 6.03 % respectivamente. El G:2 (P) presentó un valor más alto 9.27, 12.54, 20.70, 20.04 y 20.58 %, (MS) 39.6, 83.70, 88.20, 88.50 y 86.50 %, (FC) composición química de los alimentos fue pastura, algaroba, S, PR y PL (PC) más un concentrado a base de granos de difícil degradación (maíz y habas). La granos de fácil degradación (cebada y garbanzo), y el G4: (PL) alimentado con pastura pastura, G3: (PR) alimentado con pastura más 700 g animal<sup>d</sup> de un concentrado de (S), alimentadas con algaroba *ad libitum* y 700 g animal<sup>d</sup>, G2: (P) alimentado sólo con leche durante la estación de verano (junio-julio) fueron divididas en 4 grupos de 10, G1: efecto de la utilización de diferentes alimentos en las propiedades de la cuajada de la Amiechiarco *et al.* (2004) con un grupo de 40 ovejas de raza Sarda evaluaron el

mejorar la aptitud quesera de la leche por la mejora de la relación grasa proteína (18:06 min), concluyendo que la inclusión de aceite de soja con un forraje contribuye a en parte los efectos adversos de LF/NO en el mayor tiempo de coagulación de cuajada LF/O 9.19 mm respectivamente, la suplementación de dietas altas en lípidos redujeron encontraron los siguientes valores, HF/NO 10.48 mm, HF/O 9.42 mm, LF/NO 9.77 y (2160 y 2390 g<sup>d</sup>) y (3.41 y 3.23 %) respectivamente, en cuanto a firmeza de cuajada se incrementaron cuando las cabras fueron suplementadas con dietas con aceite de soja alto (18:09 y 15:06 min), en este estudio se encontró que la PL y el contenido de G se empeora con dietas bajas en forraje ya que el tiempo de formación de cuajada fue más (4.40, 4.45, 4.38 y 4.48 %) respectivamente, el potencial de fabricación de queso diferencias significativas entre los tratamientos  $P < 0.05$  (2.44, 2.50, 2.39 y 2.44 %) y

10% de heno, 17.5 % de concentrado energético a base de 30% de trigo, 4% de pulpa de betabel, 25 % de trigo, 10 % de alfalfa deshidratada, 5 % de melaza, 1% de Grasa, 2.1 % de urca y 5.1 % de una mezcla de sales minerales y vitaminas y 12.5 % de aceite vegetal en BS, enriquecida con 70 g animal<sup>-d</sup> y 250 g animal<sup>-d</sup> de caseinato de sodio), las dietas proveyeron el 100 % de los requerimientos de PC y se les administró T:2 una infusión intraruminal de una infusión de ácido propiónico C3 (13.4 mol/day, 266 kcal /NLmoEl, T:3 una infusión intraruminal de VFA (Acidos grasos volátiles) 17 mol<sup>-d</sup> con 64 % ácido acético, 21 % ácido propiónico, y 15 % de ácido butírico con 210 kcal /NU/moEl, y T:4 una infusión duodenal de glucosa (1295 g<sup>-d</sup> con 2.75 Meal / NL . El incremento en la energía no afectó las propiedades de coagulación de la leche excepto la firmeza de cuajada, (T. Basal 34.4 mm, 36.5 mm VFA, 37.9 mm C3 y 43.5 glucosa), el aumento de energía no afectó el rendimiento de cuajada (T. Basal 13.3 , VFA 13.7 , C3 14.3 y Glucosa 14.9 %), por lo que se pudo concluir que los niveles naturales de energía no tuvieron mayores efectos en las propiedades de coagulación de la leche, ni en el rendimiento de cuajada, solo un pequeño cambio en la firmeza de cuajada con el cambio natural al energético C3 o glucosa contra VFA.

### **Efecto del Número de Lactancia**

#### **Peso vivo de cabras con diferente número de lactancia**

Ruiz *et al.* (1996) en cabras Anglonubias y Murcianogranadinas con 2, 3 y 5 lactancias y 31.35 kg de PV, alimentadas con (T1) una ración a base de nopal chamuscado y picado (57% del total de la ración) + concentrado (harina de alfalfa, grano de sorgo molido, salvadillo, harinolina, vitaminas y sal común), y forraje henificado de zacate Bermuda cruz 1 (*Cynodon dactylon*), (40% de la ración) + concentrado (T2), evaluaron el incremento de PV cada 14 días, los incrementos de peso fueron mayores para la ración sin nopal, aunque el consumo de alimento haya sido mayor para el T1, los incrementos para T1 y T2 fueron 45.88 y 60.78 g animal<sup>-d</sup> promedio, no encontraron diferencia significativa ( $P>0.05$ ) en ninguno de los dos tratamientos, concluyendo que resulta indiferente proporcionar nopal o zacate Bermuda cruz 1 en la ración de cabras lactantes en estabulación.

Díaz *et al.* (2007) Evaluaron el efecto del número de parto y periodo de lactancia sobre la producción de leche en cabras Nubia. Utilizando 36 cabras de diferentes edades, divididas en tres grupos de 12 animales cada grupo: 1) cabras de primer parto, 2) cabras de segundo parto y 3) cabras de tres y más partos. El muestreo de producción de leche se efectuó a partir de la primera a la semana once de lactación, el número de parto afectó significativamente ( $P < 0.01$ ) el volumen de leche producida a favor de las cabras con tres y más partos, mientras que las cabras de uno y dos partos no presentaron diferencia estadística significativa ( $P > 0.01$ ). La misma tendencia se observó para la producción de leche en peso. Esta diferencia en producción se observó en los trabajos de Almanza *et al.* (1992), Mourad (1992) y El-Gayar *et al.* (2000), quienes reportan un incremento en la producción láctea a medida que aumenta el número de partos en las hembras caprinas, por causas fisiológicas que ayudan a optimizar el desarrollo del sistema mamario a medida que se incrementa el número de particiones, hasta llegar a un máximo en las cabras de tres a cinco años (Montaldo *et al.*, 1981). El pico de producción se manifestó de la cuarta a la séptima semana de lactancia, la producción de leche expresada en kilogramos tuvo una tendencia similar, pero con menor variación, esta producción fue sostenida desde la primera hasta la séptima semana, resultados que coinciden con los trabajos de Gipson y Grossman (1989) y Garcés *et al.* (2004 a) con cabras Saanen en estabulación, donde la máxima producción de leche se presentó entre las cuatro y nueve

#### Producción y composición de leche de cabras con diferente número de lactancia

Parámetros	Tratamiento 1 con nopal	Tratamiento 2 sin nopal
Número de animales	9	8.0
Días de evaluación	78	78.0
Peso inicial (Kg)	31.0	31.5
Peso final (Kg)	34.58	36.25
Incremento de peso g animal <sup>d</sup>	45.88	60.87
Consumo de Materia Verde kg animal <sup>d</sup>	3.0	2.5
Consumo de MS kg animal <sup>d</sup>	2.60	2.21

Fuente: Ruiz *et al.* (1996)

Cuadro 4. Resultados de la evaluación de raciones con y sin nopal para cabras lactantes en corral.



semanas de lactancia, concluyendo que el número de partos y periodo de lactancia en semanas son fuentes de variación importantes en el volumen y peso de leche producida por las cabras Nubia.

La edad y número de partos son dos factores están muy relacionados. La mayoría de las cabras (dependiendo de la raza y del manejo) paren generalmente en el primer año de edad. Algunos autores mencionan que el volumen de leche aumenta hasta el cuarto o quinto año, después de esto el volumen disminuye con el aumento de la edad del animal, la velocidad con la cual la producción disminuye es más baja que la velocidad con la cual aumentó, hasta el máximo rendimiento lácteo. La media de vida productiva es alrededor de 12 años (Haenlein, 1996).

Los porcentajes de los componentes de la leche mostraron un incremento con el aumento en la edad sin diferencias significativas por clases diferentes. La mayoría de las cabras, dependiendo de la raza y del manejo, presentan el parto generalmente en el primer año de edad. Algunos autores mencionan que el volumen de leche aumenta hasta el cuarto o quinto año, después de esto el volumen disminuye con el aumento de la edad del animal, la velocidad con la cual la producción disminuye es más baja que la velocidad con la cual aumentó, hasta el máximo rendimiento lácteo, la moda de vida productiva es alrededor de 12 años (Haenlein, 1996).

Milerski y Mares (2001), reportaron que la producción más alta por día ocurre entre los tres y cuatro años de edad en cabras; las cabras que tenían un año de edad, eran significativamente inferiores en producción láctea. Los porcentajes de los componentes de la leche mostraron un incremento con el aumento en la edad sin diferencias significativas por clases diferentes. Browning *et al.*, 1995; Pacheco *et al.*, 1998; Fernández, 2000; Antunac *et al.*, 2001 encontraron diferencias significativas en la producción y composición de la leche según el número de lactancia. Todos ellos citan menor producción en la primera lactancia y observan que en las primeras cuatro lactancias, la leche tiene más contenido de MS, sólidos no grasos, grasa y proteína en la leche con diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Sin embargo, Browning *et al.* (1995) encontraron que el rendimiento en grasa aumenta con el número de lactancia ( $P < 0.01$ ). Oliver *et al.* (2001), encontraron una mayor producción de leche en cabras cuyo primer parto fuese entre los 15 y 24 meses de edad, pero no encontraron diferencias en la

composición de la leche. Al contrario Iloeje *et al.* (1980); citado por Pinkerton, 1987, determinaron diferencias en la producción y composición de leche de cabras con diferentes edades en las razas Saanen, Toggenburg y Nubian.

**Cuadro 5. Efecto de la edad sobre la producción de leche (Kg) y de grasa (Kg) en algunas razas caprinas.**

Edad (años)	Saanen		Toggenburg		Nubian	
	Leche	Grasa	Leche	Grasa	Leche	Grasa
1	672	23.1	672	22.7	552	23.7
2	829	29.5	811	26.3	641	28.6
3	876	31.3	835	29.5	694	31.8
4	839	29.9	879	28.6	733	32.7
5 y +	679	24.5	743	24.0	639	28.6
N° de Registros	3307		4599		7456	

Fuente: Iloeje *et al.* (1980). Citado por Pinkerton (1987).

Garcés *et al.* (2004 a) estudiaron las variaciones de la PL en cabras de raza Saanen durante la lactancia temprana (120 días), la media diaria para las 17 primeras semanas de lactancia resultó estadísticamente significativa ( $P < 0.01$ ) obteniéndose un valor de  $2.47 \pm 0.53$  L para las primíparas y  $2.76 \pm 0.51$  L para las multiparas y de  $2.64 \pm 0.53$  L para el conjunto, la fase ascendente de lactancia no fue muy manifiesta en ninguno de los dos lotes experimentales, aumentando en un 20% la producción media diaria en las primíparas y un 16 % las multiparas. El pico de lactancia se alcanzó a la sexta semana en primíparas y a la quinta semana en multiparas con producciones medias diarias de  $2.67 \pm 0.63$  L<sup>d</sup> y  $2.86 \pm 0.61$  L<sup>d</sup> respectivamente, sin embargo no se encontró una excesiva influencia del número de lactancia sobre el momento de aparición del pico entre la segunda y décima semana. Tras un periodo de meseta de cuatro semanas la producción declinó casi linealmente,  $27 \pm 12$  ml / semana en primíparas y  $44 \pm 7$  ml / semana en multiparas, en gran parte la caída en la producción de leche se atribuye a una pérdida de las células secretorias de la glándula mamaria (Knight y Wilde, 1987; Knight y Wilde, 1988), por lo que la caída de la producción a lo largo de la lactación se verá fuertemente influida por la tasa de muerte celular debida a la apoptosis en la glándula mamaria lactante (Knight y Wilde, 1987; Wilde *et al.*, 1997; Zeng *et al.*, 1997; Oliver *et al.*, 2001;

Stefanon *et al.*, 2002). Respecto a las producciones medias acumuladas, se observó que en la primera lactancia la producción fue de  $292 \pm 63.5$  L en las primíparas frente a  $327.9 \pm 60.0$  L en multiparas, lo que supuso tan solo un 12.3 % más de producción, lo que indica que las cabras primíparas tan solo alcanzan el 70-80% de las multiparas debido al hecho de que las cabras de primer parto presentan una longitud de primera lactancia menor a las adultas y la caída de producción se incrementa notablemente a partir del quinto al sexto mes de lactancia (Brukmaier *et al.*, 1994; Fernández, 2000).

En un experimento llevado a cabo para evaluar la composición de la leche en cabra mestizas Canarias explotadas bajo sistema de estabulación de entre 1 y 4 partos, los cuales ocurrieron en el mes de Septiembre, se alimentaron *ad libitum* con heno de zacate Bermuda con 13% de PC y 500 g animal<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de alimento concentrado con 11% de PC, se midió la producción una vez al mes durante su lactación y se analizaron las muestras individualmente. La producción total por lactancia promedio fue de  $188.51 \pm 98.32$  kg con una duración de  $219.29 \pm 85.19$  días, en referencia al contenido % de grasa, la media fue de  $4.82 \pm 1.02$  %, el contenido % de proteína fue de  $3.89 \pm 0.66$  observándose las mismas tendencias que con el contenido de grasa 4.82 %, el % de caseína fue de  $2.89 \pm 0.52$  %, en cuanto a los sólidos totales presentaron de  $13.64 \pm 1.58$  %, los sólidos no grasos  $8.80 \pm 1.16$  %, representaron el 64% de los sólidos totales, los resultados muestran que la leche de cabras Mestizas Canarias en condiciones tropicales está dentro de los parámetros normales citados en la literatura, sin embargo tanto los componentes como la producción de leche muestran una gran variabilidad. En la medida que aumenta la producción de leche disminuyen los componentes sólidos y se observa una tendencia al aumento de la producción total de leche conforme avanza la lactancia, existe una correlación positiva entre los componentes sólidos de la leche entre sí y con las propiedades de esta a excepción de la crioscopia que siempre presentó una correlación negativa (Salvador *et al.*, 2006).

El efecto del número de parto y la composición de leche fueron evaluados por Sánchez *et al.* (2006) en cabras de raza Florida, con un total de 2,903 lactaciones finalizadas y un promedio de lactancia de 279 días, las medias aritméticas resultantes fueron 637 L en lactación natural, 4.97 % de grasa, 3.41 % de proteína. En lo que se refiere a influencia por número de parto, se encontraron diferencias significativas

fundamentalmente entre el primer parto y el resto en PL. 1: 508±2.74 L, 2: 714±299 L, 3: 748±292 L, 4: 794±271 L, 5: 769±321 L, 6: 767±268 L y ≥7: 694±288 L. Las lactaciones del cuarto parto son las de mayor rendimiento en cuanto a composición se obtuvieron los siguientes valores por lactación grasa, 1: 5.04±0.78, 2: 4.95±0.71, 3: 4.96±0.79, 4: 4.87±0.74, 5: 4.75±0.69, 6: 4.70±0.68, ≥7: 4.62±0.69 % y proteína, 1: 3.42±0.34, 2: 3.37±0.32, 3: 3.41±0.31, 4: 3.36±0.31, 5: 3.42±0.40, 6: 3.38±0.36 y >7: 3.24±0.34 % llegando a la conclusión de que existen efectos del número de parto en el número de lactación de la cabra Florida.

Guo *et al.* (2001) estudiaron la composición de la leche en diferente época del año en cabras de raza Saanen, Nubia, La Mancha, Alpina y Toggenburg, las muestras se colectaron durante un año y proceden de seis lactancias, los muestreos se realizaron el mismo día en cada lactancia (52 semanas de Abril a Marzo) y fueron mezcladas en un tanque enfriador, los contenidos de grasa y sólidos totales disminuyeron a partir de la semana 20 (3.6 y 12.7 % a 3.0 y 11.3 %) respectivamente y se observó un incremento máximo con valores de 13.4 y 4.4 % en Enero. Los contenidos de proteína y caseína disminuyeron a partir de la semana 20 con valores de 3.5 y 2.7 % a 3.2 y 2.3 % respectivamente, después se incrementó gradualmente de 3.8 y 2.9 % respectivamente en Febrero. La concentración de lactosa declinó en la semana 20 de 0.82 a 0.78 % y se incrementó a 0.90 % en la semana 36. Los ST presentaron diferencia estadística ( $P<0.01$ ) en la correlación con la grasa ( $r=0.96$ ), caseína ( $r=0.87$ ) y la época del año ( $r=0.72$ ), los ST presentaron un pico (13.44 %) en Enero (semana 40) y su contenido más bajo, 11.7% a finales de Julio (sem 17). El contenido en cenizas presentó un promedio de 0.79 a 0.82 % de Abril (1 sem) a Septiembre (24 sem) con niveles pico (0.88 a 0.89 %) de Octubre (28 sem) a Diciembre (38 sem), con un descenso al punto más bajo (0.79 %) en Marzo (52 sem). Los valores promedio de caseína en la leche fueron 2.57±0.15%. La variación estacional en los niveles de caseína fue similar en los contenidos de proteína, pero con niveles más altos durante las primeras (23 sem), lo que indica que el valor más alto se presentó durante la primavera y el verano y el más bajo durante el otoño y el invierno con un rango de 73 a 76% a fines de Julio, con una disminución a 72 % a mediados de Noviembre (72 a 74 %). Se ha encontrado que los contenidos de G y proteína sufren marcadas variaciones estacionales en cabras de raza

Alpina, Chamoise y Saanen Chamoise con bajos contenidos de Mayo a Julio. El cambio en el contenido de G fueron bajos al inicio de la lactancia (de 5.5 a 3 %) incrementándose a 4.2 % al final de la lactancia, esto demuestra que es significativamente dependiente del estado de lactancia ( $r=0.8.5$ ). El contenido de proteína fue más alto de Abril a Agosto, estos resultados indican que la leche producida en verano presenta su más alto potencial por Kg de proteína con alta proporción de caseína. La leche con mas alto contenido de proteína y bajo en caseína se produjo en la lactación tardía en verano.

### **Rendimiento de cuajada de leche de cabras con diferente número de lactancia**

El efecto del estado y número de lactancia en las propiedades tecnológicas y la capacidad de fabricación de quesos fue estudiada en cabras Murciano-Granadinas por López *et al.* (1999), los animales fueron clasificados de acuerdo al número de lactancia en RE1 (1ª Lactancia), RE2 (2ª, 3ª y 4ª lactancia), y RE3 (5ª, 6ª y 7ª lactancia), durante dos periodos de partos, el primero de Marzo y Noviembre (1) y el segundo de Octubre a Junio (2), se clasificó el tiempo de coagulación de la leche de acuerdo al número de lactancia (RE1, RE2 y RE3), se observó diferencia significativa ( $P<0.05$ ) en el tiempo de coagulación dependiendo del estado de lactancia con valores más altos en la segunda mitad, y una disminución a la mitad de esta (5ª mes), se encontraron diferencias significativas entre los periodos de parto, en el grupo RE3, que mostró un valor más alto en el segundo periodo de partos. Considerando cada periodo de partos por separado, no se encontraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) en el tiempo de coagulación de la leche durante el segundo periodo de parto, sin embargo en el primer periodo, en los tres grupos se encontró diferencia estadística en los tiempos de coagulación. Se determinaron en el segundo periodo de partos valores más bajos del tiempo de coagulación de cuajada al inicio y a la mitad de la lactancia, con valores más altos al final de esta, y entre los dos periodos de partos, con valores más altos en el primer periodo. Un parámetro importante en el rendimiento de cuajada es la determinación del % de formación de cuajada, estadísticamente se encontraron diferencias entre los periodos de partos, con valores más bajos en el segundo. Se

observaron diferencias en el grupo RE1, entre los dos periodos de partos, con un valor más alto en el primero. En el segundo periodo de partos se observó un incremento en la firmeza de cuajada conforme se incrementa el número de lactancia, se observaron mejores características de coagulación de cuajada en la segunda lactancia comparada con la primera.

**Cuadro 6. Propiedades de coagulación de la leche de cabras Murciano-Granadinas en el primer periodo de parto.**

Mes	Tiempo de coagulación (S) Método Viscosimétrico.			Formación de cuajada (%)			% de Rendimiento quesero 1er Periodo de parto
	RE1	RE2	RE3	RE1	RE2	RE3	
1	125±8	202±2	110±7	0.93	0.71	0.70	15.29
2	262±7	222±12	200±8	0.55	0.50	0.74	16.83
3	295±9	245±13	232±5	0.70	0.47	0.69	16.72
4	215±6	193±14	194±4	0.46	0.96	0.76	18.02
5	176±5	175±15	180±3	1.20	1.44	1.20	16.78
6	170±4	170±8	140±12	1.38	1.63	0.59	17.24
7	170±3	170±9	140±11	1.38	1.63	0.59	21.28
8	277±12	235±5	221±10	1.00	0.84	1.44	21.98
9	260±11	270±4	220±6	0.87	0.80	1.01	22.78

Fuente: López *et al.* (1999).



**Cuadro 7. Propiedades de coagulación de la leche de cabras Murciano-Granadinas en el segundo período de parto.**

Mes	Tiempo de coagulación (S) Método Viscosimétrico.			Formación de cuajada (%)			% de Rendimiento quesero 2º Período de parto
	RE1	RE2	RE3	RE1	RE2	RE3	
1	300±7	220±3	240±8	0.47	1.42	1.22	18.52
2	220±8	190±2	270±5	0.47	1.42	1.22	19.80
3	232±5	185±10	215±7	0.59	0.66	0.94	19.05
4	340±4	240±5	195±10	0.46	1.29	0.86	17.92
5	207±3	179±8	250±5	0.70	0.46	0.75	19.30
6	165±6	215±9	250±15	0.46	1.29	0.86	19.60
7	240±5	240±6	255±15	0.28	0.33	0.72	16.95
8	220±8	185±7	185±8	0.50	0.35	0.58	17.57
9	225±4	204±8	186±9	0.24	0.43	0.86	17.51

Fuente: López *et al.* (1999).

Pistoia *et al.* (2003) utilizando ovejas de raza Sarda primíparas y multíparas en un periodo de lactancia de 163 días divididas en dos grupos homogéneos en términos de edad, parto, condición corporal y producción diaria, uno en pastoreo suplementadas con concentrado (0.6 kg por Kg de leche producida) y otro grupo en confinamiento con zacate henificado *ad libitum* y el mismo concentrado con un 13.02 % de PC, 31.15 % de FC y 19.46 % de PC y 7.05 % de FC respectivamente analizaron la composición (G, proteína, caseína y ST) y características tecnológicas de la leche (Tiempo de coagulación =  $r$ , formación de cuajada =  $k_{20}$  y firmeza de cuajada =  $a_{90}$ ). El promedio de G y de proteína resultó más alto ( $P \leq 0.05$ ) en el grupo en pastoreo (7.36 % en primíparas y 7.24 % en multíparas) y (6.66% y 6.28 %) respectivamente, el contenido de caseína resultó más alto en el grupo en pastoreo pero presentó diferencia estadística solo en el grupo de ovejas primíparas (5.28- 4.86%). los ST fueron más altos ( $P \geq 0.05$ ) en el grupo de pluríparas en pastoreo (24.35-24.69%). En cuanto a parámetros tecnológicos se observó un mejor ( $P \leq 0.05$ ) tiempo de coagulación de cuajada en el grupo confinado tanto en



primiparas como en multíparas (9.12-10.28 min) y, no se detectaron diferencias en la formación de cuajada (1.46-1.54 vs 1.43-2.09 min) y en la firmeza de cuajada (39.32-37.19 vs 29.17-33.70 mm), 30 min después de la adición de renina resultó más alta ( $P \leq 0.05$ ) para las ovejas primiparas del grupo en pastoreo, en conclusión el grupo en pastoreo presentó un menor tiempo de coagulación de cuajada pero una alta firmeza de cuajada. La aptitud de producción de cuajada en ambos grupos fue mejor en la parte central de la lactación mostrando un mejor tiempo de coagulación y firmeza de cuajada.

### **Período de Lactación**

#### **Peso vivo de las cabras a través de la lactancia**

Garcés *et al.* (2004a) estudiaron las variaciones del PV en 35 cabras en estabulación durante la lactancia temprana (120 d), teniendo como única condición que la fecha entre el primer y último parto fueran lo más cercana posible (28 d). El PV alcanzó los mínimos sobre la 7ª y 10ª semana de lactación en ambos grupos primiparas y multíparas (G1: 39.6 kg y G2: 42.81 kg) incrementando al final de la investigación 2.3 kg las primiparas (43.3 a 46.6 kg) y manteniéndose prácticamente igual las multíparas (49.2 a 50.4 kg), se les administró una ración a base de 2.0 kg de heno de alfalfa, 1.5 kg de bagazo de cerveza y 0.4 kg de pienso comercial con un 12.5 % de PC, además de 0.3 kg de alfalfa verde y sales minerales por animal, equivalente a 2.4 kg de MS para cabras lecheras de 50 kg, 3 L de producción y segundo mes de lactación, los animales de primera lactancia recuperaron su peso inicial, mientras que las cabras adultas en ese momento de lactancia perdieron peso, esto se explica porque la capacidad de ingestión de alimentos aumenta de forma mucho más lenta que las necesidades que tiene en ese momento el animal, normalmente la máxima capacidad de ingesta se alcanza sobre el segundo mes de lactancia y la diferencia entre la ingesta y necesidades explica el balance energético negativo y la consecuente movilización de reservas corporales. Lo anterior va a depender del PV del animal y de su producción de leche y prácticamente en todos los casos los animales tienen que recurrir a sus reservas grasas corporales, las que movilizan con facilidad hasta el 50% en los dos primeros meses de lactancia. Las cabras tanto primiparas como multíparas a partir del segundo mes de lactancia comienzan a perder PV, el alimento suministrado de forma uniforme durante todo el periodo

experimental fue suficiente para formar reservas grasas en las primíparas, mientras que en las múltiparas solo alcanza para la producción lechera, con lo que en esta fase de lactancia no regresan a su PV inicial, se observó una escasa variación en el estudio con un incremento estimado de 2.3 kg en primíparas (44.3 a 46.6 kg) y de 1.2 kg en múltiparas (49.2 a 50.4 kg), alcanzando los mínimos sobre la 7ª y 10ª semana de lactancia (39.6 y 42.81 kg respectivamente), iniciando a partir de este momento un aumento progresivo del PV. Según estudios de (Morand-Fehr y Sauvant (1990), este incremento oscila entre 0.6 a 1.9 kg animal por mes ya que a partir de ese momento, si el aporte nutritivo es correcto, comienzan a restaurar sus reservas corporales. El promedio de PV durante las primeras 17 semanas de lactancia fue de  $42.1 \pm 8.2$  kg en primíparas y de  $45.4 \pm 7.3$  kg en múltiparas. Por lo que los autores concluyeron que el PV experimentó una escasa variación en la fase de estudio con un incremento estimado de 2.3 kg en primíparas (44.3 a 46.6 kg) y de 1.2 kg en múltiparas (49.2 a 50.4 kg), alcanzando los mínimos sobre la 7ª y 10ª semana de lactación en primíparas y múltiparas (39.6 y 42.8 kg respectivamente), iniciándose a partir de ese momento un aumento progresivo del PV.

Sobre un hato de 50 cabras cruzas Anglo Nubia-criollas de más de un parto y en gestación, Trezeguet (2007), evaluó el efecto de tres dietas diferentes sobre variables productivas de las cabras, durante un periodo que se extendió desde los 45 días pre-parto y hasta los 45 días post-parto. Se establecieron tres lotes: Testigo (T), a las cuales se les brindó una ración que cubría la totalidad de los requerimientos para cabras lecheras; Restringidas (R), a las que sólo se les satisfizo el 66% de los requerimientos mínimos de MS seca para razas lecheras; y Suplementadas (S), a las cuales se les proporcionó una ración suplementada con grano de maíz. La ración se basó en pastizales naturales característicos de zonas templadas. Utilizaron tres tratamientos desde los 45 días preparto hasta los 45 días de lactancia: "Testigo" (T), n=10, suplementado hasta plena satisfacción de sus requerimientos; "Restringido" (R), n=20, sin suplementación alguna; y "Suplementado" (S), n=20, con el agregado de grano de maíz. Hubo variaciones de pesos entre los 45 días preparto y parto en los lotes, principalmente en la gestación, en las restringidas. T: ( $32.0 \pm 43.6$  kg), S: ( $63.6 \pm 62.2$  kg) y R: ( $49.9 \pm 66$  kg), el nivel de restricción no influyó sobre la variación del peso post-parto de la cabra hasta los 45 días

de lactancia T:(37.3±10.1 kg), S: (37.1±9.6 kg) y R: (35.5±.6 kg), pero se verificaron diferencias significativas en el volumen de leche producido T: (970.8±743.7), S: (820.4±380) y R: (513.3±215.1 ml<sup>d</sup>). La cabra Anglo-Criolla en gestación parece priorizar el desarrollo de los fetos a costa de su propio estado, no manifestándose en la lactancia una modificación de peso para la producción de leche. En la lactancia, las cabras no comprometieron su peso regulando la producción de leche en respuesta al nivel nutricional. El rango para las suplementadas y restringidas es acotado, las cabras no presentaron diferencias de peso en la lactancia. En conclusión durante la lactancia las cabras Nubian-Criollas condicionan la producción de leche en base a la calidad y cantidad de alimento sin comprometer su peso corporal a diferencia de las razas lecheras, las observaciones sencillas del peso de las cabras pueden ser indicadores prácticos y orientadores de la marcha normal de los animales.

Suplementando 31 cabras criollas en lactancia con heno-melaza-urea Araque *et al.* (2008) evaluaron el PV utilizando 3 tratamientos, T0: Testigo (pastoreo y ramoneo de especies nativas exclusivamente); T1: T0 + heno (55.5 %) + melaza (44.45 %) y T2: T0 + heno (53.19 %) + melaza (42.55 %) + urea (4.26 %), el material de ramoneo y de la mezcla heno-melaza-urea presentaron valores de PC de 10.54 y 16.60 % respectivamente. En cuanto a ganancia de PV el, T2 presentó el mejor resultado (P<0.05) 91.96 g animal<sup>d</sup> cuando es comparado con los grupos T1 (55.86 g animal<sup>d</sup>) y T0 (25.40 g animal<sup>d</sup>), debiéndose en gran parte al aporte de PC con media de 16.60 % proveniente de la mezcla heno-melaza-urea mejorando cualitativamente y cuantitativamente el ambiente ruminal de estos animales (Galina *et al.*, 2004; Preston y Leng, 1989) como pH e incremento de bacteria degradable a través del ofrecimiento de aminoácidos esenciales, azufre y fósforo a los microorganismos del rumen (Galina *et al.*, 2004), reflejándose todo ello en un posible mayor consumo de forraje. En conclusión el uso de la mezcla de heno-melaza-urea constituye una buena alternativa para cabras criollas lactantes en pastoreo ya que incrementa la ganancia de PV diario.

### **Producción y composición de leche de cabras durante la lactancia**

La influencia del estado de lactación sobre la composición de la leche fue estudiada en 27 cabras Saanen durante un periodo de ocho meses, las muestras se colectaron 15 días posteriores al parto, la dieta de los animales fue mantenida a un nivel constante con diversos forrajes *ad libitum*, suplemento mineral, vitamínico y una ración de concentrado comercial para bovinos en lactancia con un 20% de Proteína bruta, a razón de 1 kg animal<sup>-d</sup>, el valor medio de los sólidos totales en toda la lactación fue de 12.70 g/dl, se observó su disminución conforme avanzó la lactancia con un valor máximo de 13.09 g/dl durante el primer mes de lactancia, disminuyendo al quinto mes de lactación  $11.67 \pm 1.41$  g/dl, que volvieron a aumentar en los meses subsecuentes, las variaciones del contenido de grasa fueron semejantes a los de sólidos totales, aumentaron hasta el cuarto mes de lactación con un valor máximo de 5.39 g/dl declinando en los meses posteriores, la cantidad de lactosa en la leche de cabra disminuyó conforme avanzó la lactación obteniendo mayor cantidad en los meses iniciales, los valores medios de proteína fueron semejantes en los meses 1° (2.7 g/dl), 2°(2.68), 3°(2.88), 5°(2.93), 6°(2.89) y 8°(2.69), con un valor mínimo de (2.55 g/dl) y un máximo de (2.97 g/dl). Basado en los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que los sólidos totales, grasa y lactosa, disminuyeron conforme avanzó la lactancia, los porcentajes de proteína permanecieron estables durante el periodo experimental o estado de lactancia (Gomes *et al.*, 2004).

Diaz *et al* (2007) Evaluaron el efecto del número de parto y periodo de lactancia sobre la producción de leche en cabras Nubia. Utilizando 36 cabras de diferentes edades, divididas en tres grupos de 12 animales cada uno G1) Cabras de primer parto, G2) Cabras de segundo parto y G3) Cabras de tres y más partos. El muestreo de producción de leche se efectuó de la primera a la once semana de lactación. El número de parto afectó significativamente ( $P < 0.01$ ) el volumen de leche producida a favor de las cabras con tres y más partos fue de ( $883.3 \pm 26.4$  ml), mientras que las cabras de uno y dos partos no presentaron diferencia estadística significativa ( $P > 0.01$ ) ( $697 \pm 25.3$  y  $744 \pm 26.4$  ml). La misma tendencia se observó para la producción de leche en peso ( $0.920 \pm 0.027$  Kg) en el tercer parto o mas contra ( $0.710 \pm 0.026$  y  $0.762 \pm 0.027$  Kg) para el primero y segundo respectivamente. El pico de producción se manifestó de la cuarta a la séptima semana de lactancia, la producción de leche expresada en Kg fue de ( $0.917 \pm 0.048$ ,

0.978±0.048, 0.965±0.048 y 0.906±0.048 Kg) respectivamente, con un promedio de (924±46.7 ml y 0.942±0.048 Kg) por día, disminuyendo gradualmente hasta alcanzar la mínima producción en la semana diez que fue de (62.03 y 63.16 % respectivamente con relación a la producción obtenida en las semanas de máxima producción, concluyendo que el número de parto y el período de lactancia en semanas son fuentes de variación importantes en el volumen y peso de la leche producida por las cabras Nubia.

Manterola *et al.* (2007) cuantificaron los efectos del incremento en el consumo de EM sobre la producción y composición de leche utilizando ovejas Merino Precoz de dos o más partos, con cuatro semanas de lactancia con los siguientes tratamientos T1: 80% de los requerimientos de EM para ovejas según su estado fisiológico, T2: 100% de los requerimientos y T3: 130% de los requerimientos de EM. La dieta estaba compuesta de heno de alfalfa y grano de maíz que varió en función del nivel de energía de cada tratamiento. El T1 recibió 2.0 kg animal<sup>d</sup>, el T2: 2.5 kg animal<sup>d</sup> y el T3: 3.25 kg animal<sup>d</sup>. La producción de leche acumulada durante la lactancia fue de 41.95; 44.62 y 51.65 kg para T1, T2 y T3 respectivamente, lo cual significó que el T2 produjo un 5.9% más que T1 y 13.6%. Al comparar los valores de producción real y corregida a 100 días se obtuvieron diferencias significativas (P<0.05) entre tratamientos, siendo significativamente mayor la producción de T3 respecto a T2 y T1, no hubo diferencia significativa entre T2 y T1. En el primer período de 30 días, el promedio de producción llegó a 573 grs animal<sup>d</sup> para T1, 606.6 para T2 y 617.7 para T3, no existiendo diferencias significativas (P< 0.05) entre T1 y T2, y entre T2 y T3, pero sí entre T1 y T3, presentando el T3 un 13.4% de mayor producción diaria. A los 60 días las producciones promedio fueron de 477.1; 510.1 y 616.0 g animal<sup>d</sup> para T1, T2 y T3 respectivamente, siendo el T1 y T2 significativamente menores (P<0.05) al T3. A los 90 días el promedio de producción en T1 bajó en 9.1% respecto al período anterior, el T2 bajó en 9.9% y el T3 en 12.9%. Los niveles de producción del T1 y T2 fueron también significativamente menores (P<0.05) al T3, el mayor aporte energético provisto al T3 permitió mantener una mayor producción de leche a través de todo el período experimental, considerando que en la última etapa, una parte importante de la energía se deriva de reponer las reservas corporales utilizadas durante la lactancia (Crempien y Castillo, 1989). Sin embargo se observó una caída más pronunciada en T1 y T2. En cuanto a efectos sobre la

composición de la leche, la materia grasa (MG) en T1 y T2 aumentó generalmente hasta la séptima semana de control, para luego disminuir en forma sostenida. En T3 el contenido de MG disminuyó gradualmente hasta la novena semana para luego aumentar sostenidamente y sobrepasar el valor inicial con 8.5%.

**Cuadro 8. Efectos del consumo de EM sobre la composición de la leche.**

Trat	GI %	GF%	G% p	PI%	PF%	P% p	LI %	LF%	L% p
T1	5.8	4.8	5.7	5.8	6.1	6.3	4.1	4.6	4.7
T2	5.7	5.3	6.1	6.0	5.6	6.3	4.3	4.7	5.0
T3	7.9	7.8	5.8	6.1	6.8	6.4	4.7	4.2	4.9

GI Grasa inicial.; GF Grasa final; Gp Grasa Promedio;; PI Proteína inicial; PF Proteína final; Pp Proteína promedio; LI Lactosa inicial; LF Lactosa final; Lp Lactosa promedio.  
Fuente: Manterola (2007).

El T3 presentó mayores concentraciones de grasa y proteína al inicio y al final, respecto a T1 y T2, no así en lactosa. Las curvas de variación fueron muy diferentes entre T1 y T2 respecto a T3, lo cual explica las menores diferencias en las concentraciones promedio de los componentes por lo que se pudo concluir que el consumo de EM sobre los requerimientos induce una mayor producción de leche, dada por la presencia cambios en la curva de lactancia con un mayor pico y mayor producción acumulada, no afectando el contenido promedio de sólidos totales, el mayor consumo de EM sobre el 100% de los requerimientos genera una mayor producción de grasa y proteína al inicio y al final de la lactancia.

En un experimento Díaz *et al.* (2004b) evaluaron el efecto de la etapa de lactancia en la composición de la leche de cabras Alpino fl x Nubian primíparas de 15 meses de edad, con un peso inicial de 36.0±4.3 hg en estabulación ordeñadas una vez al día durante 14 semanas, se alimentaron con 2 kg de MS<sup>d</sup> aportada por 3.7 kg de alfalfa verde y 1 kg en base fresca de una ración con 16% de PC y 2.4 Mcal, las variables dependientes analizadas fueron, % de proteína, grasa y sólidos totales, mientras que la dependiente fue la semana de lactancia (SL) y la producción de leche como covariable. La media de proteína fue de 3.57 %, grasa 3.42 %, sólidos totales 12.12 % y producción de leche



1022.0 ml. No se encontró influencia de ningún efecto en el contenido de proteína, el contenido de grasa resultó afectado ( $P < 0.05$ ) por la semana de lactancia. El mayor promedio se observó en la primera semana, descendiendo ligeramente, e incrementándose nuevamente de forma gradual. De acuerdo con los coeficientes de regresión asociados a la covariable por cada ml de leche producida por la cabra hubo una disminución de 0.00063% en la grasa, en virtud de una correlación negativa entre la producción de leche y la proporción de grasa (Flamant y Morand-Fehr, 1982; Kala y Prakash, 1990). ST mostró un efecto significativo de la semana de lactancia y la covariable de producción de leche ( $P < 0.01$ ), a medida que avanza la lactancia, los sólidos totales disminuyeron gradualmente.

**Cuadro 9. Promedios (media $\pm$ e.e) de los contenidos de G y ST de acuerdo a la semana de lactancia.**

Semana de lactancia	Grasa (%)	Sólidos Totales
1	4.66 $\pm$ 0.43	14.6 $\pm$ 0.50
2	3.43 $\pm$ 0.24	12.5 $\pm$ 0.27
3	3.19 $\pm$ 0.24	11.06 $\pm$ 0.28
4	2.75 $\pm$ 0.24	12.2 $\pm$ 0.28
5	2.99 $\pm$ 0.24	11.5 $\pm$ 0.28
6	3.52 $\pm$ 0.24	11.7 $\pm$ 0.28
7	3.38 $\pm$ 0.25	11.6 $\pm$ 0.29

Fuente: Díaz *et al.* (2004 b).

Concluyendo que la semana de lactancia y la producción de leche son fuentes de variación importantes en los componentes de la leche.

Páez *et al.* (1996) con cabras cruzadas (Criollas x Anglo Nubian), determinaron un valor más alto de materia grasa (6,30  $\pm$  0,90) que la cabra Criolla Serrana, aunque el valor porcentual de proteína obtenido fue menor (4,64  $\pm$  0,27) y un nivel similar de ST entre ambos biotipos (15,97  $\pm$  0,83 en la cruce contra 15,79  $\pm$  0,25 en biotipo Serrano). En cabras Criollas biotipo Sanluisenseño, Frigerio y Rossanigo (1988) encontraron datos significativamente más bajos de porcentajes de grasa y proteínas (2,77  $\pm$  1,19 y 4,22  $\pm$  0,82 respectivamente) que en el biotipo Serrano. Finalmente, Hernández (1992) estudió otras majadas serranas, con valores porcentuales más elevados de G pero más bajos de proteína en la leche (5,82  $\pm$  1,61 y 3,92  $\pm$  0,84, respectivamente). Esto muestra la



variabilidad existente entre los diferentes biotipos, donde existen animales de un amplio rango de producción, a los que se comenzó a seleccionar recién en los últimos años. Con respecto a las razas europeas, Misiunas *et al.* (1989), trabajaron con majadas Anglo-Nubia, obteniendo valores similares de G ( $4,81 \pm 0,28$ ), pero significativamente menores de proteína ( $3,91 \pm 0,22$ ) y de ST ( $13,06 \pm 0,44$ ). El mayor porcentaje de componentes en la leche de cabra Criolla podría deberse a un efecto de concentración de los mismos por la menor producción diaria de sus majadas. Sin embargo, esto haría comparable los kg diarios de ST de producciones de razas europeas con la Criolla.

Araque *et al.*, (2008) Suplementando 31 cabras criollas en lactancia con heno-melaza-urea se evaluó la PL, utilizando 3 tratamientos, T0: Testigo (pastoreo y ramoneo de especies nativas exclusivamente) ; T1: T0 + heno (55.5 %) + melaza (44.45 %) y T2: T0 + heno (53.19 %) + melaza (42.55 %) + urea (4.26 %), la PL media de las cabras ( $P > 0.05$ ) fue de 16.30; 17.51; 18.70 kg por semana para los tratamientos T0, T1 y T2 respectivamente, donde el T2 resultó ser más sobresaliente, debido posiblemente al mayor aporte proteico, particularmente urea, cuando fuentes energéticas, como la melaza, fue adicionada a la dieta Chicco *et al.* (1971), así mismo sucede con la duración de la lactancia donde no hubo diferencia significativa en cuanto a la respuesta animal, para la PL no hubo diferencias significativas lo cual se relaciona posiblemente con el comportamiento fisiológico de la lactancia en este tipo de explotación extensiva, las cuales presentan su pico de lactancia en los primeros meses postparto por lo que se puede concluir que con el uso de la mezcla de heno-urea-melaza la PL y duración de la lactancia no resultaron significativas ( $P < 0.05$ ) al efecto de los tratamientos, mostrando una tendencia mayor a PL al incorporar dicha mezcla.

Evaluando los parámetros de PL y composición Díaz *et al.* (2004 a) utilizaron 12 cabras de raza Nubia de tres partos y cuatro años de edad con dos tratamientos, T1: 400 g de concentrado por animal<sup>d</sup> + 4.8 Kg de alfalfa fresca por animal y T2: 800 g animal<sup>d</sup> de concentrado + 3.5 Kg de alfalfa fresca por animal, se proporcionó 1.8 Kg animal<sup>d</sup> de MS para cubrir las necesidades nutricionales de acuerdo al NRC (1981) y un 16 % de PC, el concentrado estaba compuesto de rastrojo de maíz 16 %, heno de alfalfa 30%, soya 13%, pollinaza 7%, sorgo grano 32%, minerales 1% y sal 1%, 2.2 Mcal / Kg. La PL promedio de leche fue de 0.99 L para el T1 y de 1.24 L para el T2, de acuerdo a

estos resultados se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos ( $P < 0.05$ )  $0.99 \pm 0.20$  L y  $1.24 \pm 0.38$  L respectivamente, el % de ST mostró valores promedio de 11.53 %  $11.53 \pm 0.93$  % para el T1 y de 11.74 %  $11.74 \pm 0.80$  % para el T2 sin presentar diferencia estadística significativa ( $P > 0.05$ ). El contenido de grasa resultó mayor para el T2: 3.55 % que para el T1: 2.86 %, se encontró diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ). El resultado promedio para el contenido de proteína fue de  $3.16 \pm 0.56$  para el T1 y de  $3.11 \pm 0.36$  % para el T2, por lo que se concluyó que el nivel de suplementación de 800 g resultó en mejor producción de leche que el de 400 g. El nivel más elevado de suplementación también afectó el contenido de G pero no los ST ni la proteína de la leche.

Garcés *et al.* (2004b) utilizando 29 cabras de raza Saanen en estabulación divididas en dos grupos G1: Primiparas ( $n = 12$ ) y G2: Multíparas ( $n = 17$ ) evaluaron la producción de leche durante los primeros 100 días de lactación, producción individual promedio para cada grupo, puntos máximos y mínimos de producción e índice de persistencia, la alimentación consistió en 2 Kg de heno de alfalfa (*Medicago sativa*), 1.5 Kg de orujo de cebada (*Hordeum vulgare*), 0.4 Kg de un concentrado comercial para vacas lecheras con 14 % de proteína, 0.3 Kg de soiling de alfalfa, sales minerales y acceso libre al agua, la producción promedio individual de leche para el total del rebaño fue de 225.2 L, siendo  $244 \pm 13.9$  L para las cabras del G1 y  $272 \pm 13.3$  L para las del G2 ( $P < 0.05$ ), la mayor producción de leche alcanzada por el G2, las cabras del G2 produjeron 11.45 % mas leche en relación con el G1, la escasa diferencia encontrada aquí se puede atribuir a que el periodo de estudio fue tan solo de 14 semanas. El pico de lactancia alcanzado para el G1 fue de  $2.68 \pm 0.15$  L (6ª semana postparto) y para el G2 fue de  $2.94 \pm 0.14$  L (10ª semana postparto). El punto mínimo de producción alcanzado fue de  $2.30 \pm 0.16$  L y  $2.65 \pm 0.20$  L para el G1 y G2 respectivamente. En ambos grupos se presentaron en la 14ª semana postparto. El índice de persistencia para el grupo de las primiparas fue de  $-18.5 \pm 9.2$  y para las nulíparas  $-10.7 \pm 13.4$  ( $P > 0.05$ ).

Castagnasso *et al.* (2007) valoraron las variaciones de la composición de la leche de cabras criollas comparándola con la leche de cabras cruce criolla x Nubia alimentadas con pastoreo y un suplemento con alferecho, salvado de trigo, maíz, expeler de girasol y fardo de pasto hasta cubrir los requerimientos para cabras en lactación, las variaciones

en la composición química de la leche pueden deberse a la alimentación, el periodo de lactancia, la edad del animal, la estación del año, cantidad de leche producida y la fisiología individual del animal. Sin embargo las principales diferencias se encuentran en la cantidad de proteína y materia grasa los que son modificados particularmente por el régimen alimenticio (Grappin *et al.*, 1981). La leche presentó los siguientes valores en razas criollas, PL: 690.25 ML<sup>d</sup> proteína: 3.60 %, G: 2.46 %, ST :11.97 % , Ca 0.14 % en la raza criolla x Nubia, PL: 857.71, proteína: 3.75 %, G: 2.94 %, ST: 12.29 % Ca 0.14% . Concluyendo que no se encontraron diferencias significativas entre las leches de ambas razas analizadas como así tampoco una gran amplitud entre las variables determinadas a lo largo de la curva de lactación a excepción del volumen producido, por esta razón se infiere que resulta potencialmente beneficioso el cruzamiento para incrementar la producción lechera.

Ramos *et al.* (2007) evaluaron la influencia del periodo de lactancia en las características químicas de la leche de 20 cabras Saanen de 2° y 3er parto en estabulación, alimentadas con una ración con 14 % de PC, 2.16 Mcal de EM / Kg de MS compuesta en un 50% por zacate (capim-tiftón) y 50 % de concentrado comercial (milho, soya y trigo), dieta calculada para cabras en lactación con producción media de 2 Kg<sup>d</sup> las muestras de leche fueron colectadas a los 38, 85 y 135 días de lactación, la PL media diaria fue de 1.64, 1.460 y 1.16 g<sup>d</sup> respectivamente, la PL disminuyó a medida que avanzó la lactancia con un decremento de 4.7 g<sup>d</sup> de lactación, los valores medios de G presentaron diferencias significativas (P<0.05) durante la fase de lactancia, aumentando a los 135 días con valores de 3.9 g / 100 g de leche, el valor medio de lactosa fue de 4.1 g / 100 g de leche, la lactosa es uno de los componentes más estables, está directamente relacionada con la presión osmótica de modo que mayor producción de lactosa determina mayor producción de leche, los ST el valor determinado fue de 11.4 g / 100 g, concluyendo que la PL de leche en cabras Saanen decrece a partir del 35vo día de lactación, la fase de lactación produce variaciones en el contenido de G, los mejores valores ocurren al final de la lactancia.

## Rendimiento de cuajada en leche de cabras durante la lactancia

La leche de los mamíferos es una de las pocas sustancias producidas por la naturaleza que tiene como fin la función alimenticia. Desde el punto de vista tecnológico la composición de la leche determina su calidad nutritiva, sus propiedades y su valor como materia prima para fabricar productos alimenticios. A esta composición se la denomina corrientemente calidad de la leche (Fernández y Saad de Schoos, 1999).

El rendimiento quesero tiene directa relación con la composición química de la leche. Resulta bien conocida la influencia que ejerce la alimentación sobre la producción de proteína y grasa de la leche, mientras que la proporción de lactosa y sales minerales permanecen prácticamente constantes Bondi (1989). Sobre el contenido proteico de la leche, son los aspectos energéticos y proteicos de las dietas que recibe el animal, junto con las condiciones genéticas de estos los que ejercen una mayor influencia la importancia del contenido de proteína de la leche de cabra esriba no solo en su correspondiente valor nutritivo, sino también en que dicho componente es el que más determina el rendimiento de quesero, aspecto que ha sido puesto de manifiesto por diferentes trabajos posteriores Sampelayo *et al.* (1998).

La proteína como el componente químico más importante de la leche por ser necesaria para los mamíferos que dependen en las primeras etapas de la vida puede dividirse en dos grupos la caseína y proteínas del suero. Dentro de la caseína, se encuentran la  $\alpha S1$ ,  $\beta$  y la kappa. Las proteínas del suero incluyen a lactoalbúmina,  $\beta$  lactoglobulina, inmunoglobulinas y seroalbúminas (Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos ICTA (1994). Actualmente, ha adquirido una mayor importancia la kappa-caseína; debido a que conforma y retiene una mayor cantidad de sólidos, formando una cuajada más firme y densa; lo que influye sobre el mayor rendimiento de la conversión de leche en cuajada Trujillo y Noriega (2001).

En cabras destaca el extenso polimorfismo encontrado en el gen de la *ast-Cn*. Además, las variantes encontradas han sido asociadas con diferencias en el contenido proteico de la leche, en la relación entre caseína y proteína total y en el rendimiento en la producción de queso (Grosclaude *et al.*, 1994). Los sólidos totales son la sumatoria de los porcentajes de las proteínas, de la grasa en emulsión, lactosa, vitaminas y sales. Por lo tanto, una disminución o aumento en alguno de estos constituyentes puede influenciar

el contenido total de los sólidos; siendo el porcentaje de grasa, el factor que más influye en la sumatoria TPPS (Tetra Pak Processing System, 1995).

Oliszewski *et al.* (2002) estudiaron la composición química y el rendimiento quesero de la leche de cabras Criollas Serranas en un sistema semi-intensivo, comparándolos con los de razas lecheras tradicionales. Los quesos fabricados fueron de pasta cocida semiduros, pesándose semanalmente la producción de queso obtenido y refiriéndola a los litros de leche procesados. Se hicieron 35 fabricaciones experimentales durante tres meses (Agosto a Octubre) y se pesaron 350 quesos. Los datos se analizaron a través de regresiones lineales simples y ecuaciones de predicción. La composición química de la leche mostró los siguientes valores: G: 4,91% ± 0,20, Proteína: 5,13% ± 0,10, SNG: 11,02% ± 0,12, ST: 15,79% ± 0,25. La media del rendimiento quesero al día cero fue de 16,50% ± 0,28. Las ecuaciones de predicción para el rendimiento quesero y la pérdida de humedad de los quesos en función de los días de maduración fueron:  $Y = 16,868 - 0,1705 * X$  y  $Y = 0,5538 * X$ . El estudio de maduración se realizó por un periodo de 20 d, considerando que éste era el tiempo apropiado para la correcta afinación de los mismos. Al día 20 el rendimiento fue de 13,45%. Concluyeron que la raza caprina Criolla presenta en las condiciones del este trabajo una buena calidad de leche con altos rendimientos queseros.

Marti *et al.* (2000). Estudiaron la relación entre rendimiento quesero y los componentes químicos de la leche de oveja a lo largo de la lactación utilizaron un total de 182 muestras de leche individual de 26 ovejas de raza Manchega recogidas quincenalmente a partir de los 20 días después del parto y durante un periodo de 15 semanas. También se establecieron ecuaciones de predicción del rendimiento quesero a partir de los constituyentes químicos de la leche. La mayor correlación observada fue la del rendimiento quesero con la materia seca, con un coeficiente de correlación de 0,85, seguida de la grasa ( $r = 0,84$ ), la proteína verdadera ( $r = 0,77$ ), la proteína bruta ( $r = 0,76$ ) y la caseína ( $r = 0,75$ ). A este respecto, Sampelayo *et al.* (1998) encontraron coeficientes de correlación de 0,88 y 0,75 para la caseína y la grasa respectivamente. Asimismo, diversos autores afirmaron en trabajos realizados con leche de cabra, que la caseína explica el 75 % de su variabilidad (Morand-Fehr *et al.* (1991); Remeuf *et al.* (1991).

**Cuadro 10. Valores medios, máximos y mínimos del rendimiento quesero (RQ) y los componentes químicos de la leche de oveja de raza Manchega (n = 144).**

Variable	Media ± ES	C.V.	Mínimo	Máximo
RQ (kg/100 l)	31.28 ± 7.78	0.25	19.40	52.01
Materia Seca (%)	18.21 ± 2.84	0.16	13.88	25.79
Grasa (%)	6.83 ± 1.98	0.29	3.20	11.10
Proteína Bruta (%)	5.75 ± 0.79	0.14	4.41	8.42
Proteína Verdadera (%)	5.41 ± 0.75	0.13	4.12	7.94
Caseína (%)	4.56 ± 0.66	0.14	3.41	6.64

Fuente: Marti *et al.* (2000).

En conclusión el rendimiento quesero fue más alto al final que al principio de lactación, coincidiendo con concentraciones superiores de grasa y proteína en la leche. Las ecuaciones de predicción más precisas se obtuvieron con la MS, la grasa y la proteína. El valor medio del rendimiento quesero fue de 31,28 Kg. de cuajada por cada 100 L. de leche. El estado de lactación afectó al rendimiento quesero observándose una tendencia similar a la evolución de los diferentes constituyentes químicos de la leche.

Tufarelli *et al.* (2008), evaluaron el efecto de alimentación con diferentes cantidades de forraje y concentrado en la producción, composición y propiedades de cuajada en cabras de raza Jonica, y su influencia en la composición de la leche, en lactancia temprana (821 días) y tardía (152 días), las dietas experimentales fueron T1: (maíz 15.0, salvado de trigo 0.6, heno de alfalfa 32.5, avena 32.5, harina de soya de 44 % PC, 12.0, gluten de maíz 2.0, harina de girasol con 28 % de PC, 2.0 y sales minerales en %) con una proporción de forraje concentrado de 35/65 %, T2: (maíz 24.0, salvado de trigo 5.8, heno de alfalfa 25.0, avena 25.0, harina de soya de 44 % PC, 12.5, gluten de maíz 2.0, harina de girasol con 28 % de PC, 2.0 y sales minerales en %) con una proporción de forraje concentrado de 50/50 %, y T3: (maíz 30.0, salvado de trigo 14.9, heno de alfalfa 17.5, avena 17.5, harina de soya de 44 % PC, 12.2, gluten de maíz 2.0, harina de girasol con 28 % de PC, 2.0 y sales minerales en %) con una proporción de forraje concentrado de 65/35 %. Las dietas fueron balanceadas de acuerdo a los requerimientos de energía, proteína y minerales para cabras de acuerdo al INRA (1988), tomando en consideración un PV de 50 kg y una producción de leche de 2 kg. La producción de leche fue afectada significativamente ( $P < 0.05$ ) por el tipo de dieta y el



estado de lactancia T1: 1.85 kg/día, T2: 1.63, y T3: 1.55 en lactación temprana y 1.57, 1.45 y 1.32 kg / día en lactancia tardía, la cantidad de G no varió en los diferentes tratamientos (4.22, 4.15 y 4.19 % en lactancia temprana y 3.66, 3.58 y 3.59 % en lactancia tardía, la proteína no presentó diferencia significativa entre tratamientos (3.59, 3.55 y 3.57%) en lactancia temprana y (3.66, 3.58 y 3.59%) en lactancia tardía, los contenidos de caseína y lactosa no variaron entre tratamientos 4.55 y 4.43 % en T1 respectivamente, 4.37 y 4.47 en T2 y 4.25 y 4.40 % respectivamente en lactancia temprana y 4.48 y 4.47 en T1, 4.32 y 4.52 en T2,y 4.21 y 4.41 en T3 en lactancia tardía. En cuanto a las propiedades de cuajada (tiempo transcurrido entre la adición de renina y el inicio de la coagulación =  $r$  minute (14.21, 15.08 y 16.74) T1, T2 y T3 en lactancia temprana, y 13.55, 14.93 y 16.31 m T1, T2 y T3) en lactancia tardía, tiempo de firmeza =  $K_{20}$  min (5.07, 4.98 y 4.79  $K_{20}$ ) T1, T2 y T3 en lactancia temprana y (4.33, 4.27 y 4.19) T1, T2 y T3 en lactancia tardía, y firmeza de cuajada después de la adición de renina  $A_{30}$  (32.87, 32.98 y 33.05 mm) en T1, T2 y T3 en lactancia temprana y (33.87, 33.97 y 34.15 mm) en lactancia tardía en los mismos tratamientos, los resultados indican que en particular los distintos tratamientos no afectaron la aptitud de coagulación de la leche.

Kuchtik y Sedalackova (2003) la evaluación en los cambios en la composición y propiedades de la leche durante la lactancia fue estudiada en muestras procedentes de cabras White Short-haired breed de tres lactancias, colectadas en los días 35, 68, 100, 135, 194, 226 y 258 de lactancia, estas recibieron una ración compuesta por 2.5 kg de zacate henificado, 1.5 kg de betabel, silo de pradera *ad libitum*, paja *ad libitum*, 1 kg de concentrado ( trigo 30%, cebada 40 % y triticale 30 %), sales minerales *ad libitum* administrado del 58 día al final de la lactación. Se encontraron diferencias significativas en todos los componentes de la leche bajo estudio, estos dependieron del día y estado de lactancia y sólo la G se incrementó gradualmente de 3.38 a 4.07 % ( $P<0.01$ ), en el intervalo entre el 35 y el 163 día de lactancia, los contenidos de proteína y caseína se mantuvieron relativamente estables (2.60-2.82% y 1.87-2.02 %) respectivamente, los contenidos de SNG, G, y lactosa fueron 8.33 %, 3.62 %, 4.48 % respectivamente, sin embargo se observó una disminución no significativa de SNG en el 135 día de lactación (11.59-8.07 % respectivamente), así mismo se detectó un tiempo corto de coagulación



al principio de la lactancia (58 y 50 s en el 35 y 68 día respectivamente). El tiempo de coagulación aumentó significativamente ( $P \leq 0.01$ ) del 68 al 135 día (arriba de 143 s), sin embargo posteriormente se estabilizó de 125 a 135 s. La calidad del rendimiento de cuajada (RCQ) fue altamente uniforme durante el periodo experimental con un promedio de (2.56-3.11 %).

La evaluación del efecto del estado de lactancia en la composición de la leche y rendimiento de cuajada fue estudiada durante tres años consecutivos en 27 ovejas de raza East Friesian de 2 a 7 años de edad, los partos ocurrieron en Marzo y terminaron en Abril, las raciones alimenticias consistieron en la mezcla de 1 Kg de remolacha, 5 Kg de concentrado comercial con (50% cebada y 50% trigo), administrando 0.25 Kg por animal y zacate de pradera y sales minerales *ad libitum*. El efecto del estado de lactancia, influyó en la composición de la leche, sin embargo solo los contenidos de ST, SNG, G, proteína y caseína se incrementaron gradualmente conforme avanzó la lactación, los ST a los 33, 67, 95, 119, 181 y 195 días de lactancia fueron 15.9, 16.41, 17.42, 18.10, 19.04 y 20.68%, de SNG 10.64, 11.22, 11.36, 11.39, 12.07 y 12.88 %, G, 4.96, 5.19, 6.07, 6.71, 6.97 y 7.80 %, proteína 4.69, 5.23, 5.55, 5.90, 6.28 y 6.66 %, caseína 3.35, 3.66, 4.01, 4.21, 4.61 y 4.94 % y lactosa 4.87, 4.98, 4.79, 4.43, 4.48 y 5.00 %. Respectivamente. La PL fue de 1.19, 1.16, 1.01, 0.82, 0.64 y 0.42 Kg respectivamente. En cuanto al tiempo de formación de la cuajada, durante los mismos periodos de lactancia presentaron los siguientes valores 113, 123, 78, 112 y 107 segundos respectivamente, y el rendimiento de cuajada fluctuó entre 1.93, 1.70, 1.41, 1.26, 1.82 y 1.63 % en el mismo periodo de lactancia. El contenido de ST, G y proteína se incrementaron dependiendo del día de lactancia de 15.59% a 20.68%, de 4.96% a 7.80%, y de 4.69% a 6.66% respectivamente. El contenido de lactosa fue constante. Los contenidos fueron encontrados del 33 al 67 día y al final de la lactancia. Los resultados de este experimento muestran que el periodo de lactancia presentó un efecto altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ) en los contenidos de los componentes de la leche que repercuten directamente en el rendimiento de cuajada Kuehnik *et al.* (2008).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del Área de Estudio

El presente trabajo a nivel de campo fue desarrollado en la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, ubicada en el km 14.5 Carretera 57 tramo San Luis Potosí-Matchuala en el Municipio de Soledad de Graciano Sánchez S.L.P., se localiza en las Coordenadas U.T.M. Norte 2,459,743 m y Oeste 0308,175 m a una Altura Geoide de 1,838 m, y una precipitación pluvial media anual de 335mm. El clima se considera seco estepario frío BsKw (wi) (Köppen, modificado por Garcia, 1973). La temperatura media anual es de 17.6°C con una mínima de 7.5°C, una máxima de 35°C.

### Animales

Para realizar este trabajo se utilizaron 21 hembras caprinas de la raza Nubia, manejadas bajo sistema de estabulación con edades entre dos y tres años, con un peso corporal promedio de  $45.00 \pm 3.5$  kg en la fase inicial de la lactancia.

### Tratamientos

Se evaluaron las siguientes dietas alimenticias (Cuadro 11):

D<sub>1</sub>.- 40 % de concentrado + 60% de alfalfa.

D<sub>2</sub>.- 40 % de concentrado + 40 % de alfalfa + 20 % de nopal.

D<sub>3</sub>.- 40 % de concentrado + 30 % de alfalfa + 30 % de nopal.

Las dietas fueron formuladas de manera que cubrieron las necesidades de materia seca ( $2.0 \text{ kg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) y los requerimientos de nutrientes como proteína cruda (16 %), energía metabolizable ( $2.0 \text{ Mcal kg}^{-1}$ ) para producción de leche ( $2 \text{ L animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) (NRC, 1981).

**Cuadro 11.- Dietas formuladas para la alimentación de cabras de raza Nubia en producción de leche utilizando niveles crecientes de nopal (*Opuntia ficus indica*) en sustitución de alfalfa.**

<b>Ingredientes</b>	<b>Dieta 1 (kg)</b>	<b>Dieta 2 (kg)</b>	<b>Dieta 3 (kg)</b>
Sorgo grano	24.5	18.38	18.0
Melaza	5.0	5.0	5.0
Harina de soya	9.0	15.0	15.0
Urea	0.0	0.120	0.5
Sulfato de amonio	0.0	.016	.024
Superfósforo triple	0.0	.120	.180
Sal	1.0	1.0	1.0
Minerales	0.5	0.5	0.5
<b>Total de concentrado</b>	<b>40.0</b>	<b>40.0</b>	<b>40.0</b>
Heno de alfalfa	60.0	40.0	30.0
Nopal	0.0	20.0	30.0
<b>Total de Forraje</b>	<b>60.0</b>	<b>60.0</b>	<b>60.0</b>

#### **Material de laboratorio para medir producción**

2 Probetas de polietileno de 1 L.

#### **Material de laboratorio para medir rendimiento de cuajada**

1 Centrifuga marca SOL.-PAT modelo C-300

16 Tubos de cristal de 15 ml para centrifuga

1 Báscula marca OHAUS, triple Beam 700/800 series, 100 g cada 10 g, 500 g cada 100 g y 10 g cada gramo.

#### **Variables en estudio**

Consumo de materia seca kg

Peso vivo kg.

Producción de leche (L)

Composición química (% de sólidos totales, proteína cruda y grasa)

Rendimiento en cuajada (%)

## **Manejo General**

Las cabras después del parto se distribuyeron al azar a cada uno de los tratamientos, fueron mantenidas en confinamiento durante todo el estudio en corrales de malla ciclónica con una superficie de  $7 \times 7 \text{ m}^2$ , con disponibilidad de sombra, comederos y libre acceso a agua limpia y fresca. El concentrado se suministró una vez al día, por la mañana durante el periodo de ordeño, el forraje se ofreció dos veces al día, a las 10:00 y a las 14:00 hs.

### **Producción láctea, consumo de materia seca y peso vivo:**

La producción de leche de las cabras se estimó mediante ordeño manual una vez al día, cada siete días, también el consumo de materia seca (se peso el alimento ofrecido y el sobrante al día siguiente, después se secaba y se restaba del total de la materia seca ofrecida) a las 7:00 hs. desde la primer semana después del parto hasta la novena semana de iniciada la lactancia (periodo experimental). Este mismo día se realizó el análisis de rendimiento en cuajada. A las crías se les restringió el amamantamiento desde las 15:00 hrs. del día anterior, esto durante todo el periodo experimental y se incorporaron a la madre después del ordeño. Las cabras fueron pesadas antes del parto, después del parto y durante el periodo experimental cada quince días, previo ayuno de 12 hrs.

### **Muestreo y análisis de la leche**

Al momento de medir la producción de leche se colectó una muestra de 250 ml de leche por animal, que fue analizada inmediatamente en el laboratorio de leches de la misma Facultad, donde se determinaron:

**Composición química (% de sólidos totales, proteína cruda y grasa).** Se determinó utilizando el dispositivo MilkScan Minor tipo 78100.

### **Rendimiento en cuajada**

Se determinó colectando muestras de 12 ml de leche, se pesaron y registraron los datos (peso de muestra y número de animal), se añadieron 0.05 ml de renina, posteriormente se sometieron a centrifugación a 3000 r.p.m, durante 10 min, se mantuvo en reposo por 30 min., se obtuvo la porción de cuajada que fue filtrada para eliminar el exceso de suero de leche, y fue pesada para calcular el porcentaje de cuajada.

### **Análisis estadístico**

Los datos colectados fueron analizados con el paquete estadístico "R" (Ihaka y Gentleman., 1996), se efectuó un análisis de varianza utilizando el siguiente modelo lineal de efectos fijos.

$$Y_{ijkl} = \mu + NN_i + NP_j + FL_k + (NN \times NL)_{ij} + (NN \times PL)_{ik} + (NL \times PL)_{jk} + \xi_{ijkl}$$

Donde  $Y_{ijkl}$ : producción de leche, composición, rendimiento de cuajada y peso de las cabras.  $\mu$  = media poblacional;  $NN_i$  efecto del  $i$ -ésimo nivel de nopal ( $i$ : 1,2,3);  $NP_j$  efecto del  $j$ -ésimo número de parto ( $j$ : 1,2,3);  $FL_k$  efecto de la  $k$ -ésimo fase de lactancia (1,2,...,9);  $(NN \times NP)_{ij} + (NN \times FL)_{ik} + (NP \times FL)_{jk}$  Efecto de interacciones;  $\xi_{ijkl}$  Error residual NID  $(0, \sigma^2_e)$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Comportamiento de Cabras Alimentadas con Nopal

#### Consumo de materia seca

El consumo de materia seca fue afectado ( $P < 0.05$ ), por el nivel de inclusión de nopal (0.0, 20.0 y 30.0 %), en la dieta (Figura 1). La variación en el consumo de materia seca está marcado por el consumo del forraje que fue diferente entre los tratamientos, el consumo de forraje varió por las características que presenta el nopal. El tratamiento donde el nivel de nopal fue del 30.0 % en sustitución de la alfalfa, las cabras no consumieron el total de nopal de la dieta, no así con la alfalfa que fue el forraje base que se substituyó. El consumo más alto ( $1.98 \pm 0.01 \text{ kg}^{\text{d}} \text{ animal}^{-1}$ ) se dio en la dieta con el nivel 0.0 % de nopal, seguido de la dieta con 20.0 % de nopal ( $1.90 \pm 0.03 \text{ kg}^{\text{d}} \text{ animal}^{-1}$ ) y el menor consumo ( $1.79 \pm 0.07 \text{ kg}^{\text{d}} \text{ animal}^{-1}$ ) lo presentaron las cabras con el nivel más alto de nopal en la dieta es donde la substitución de alfalfa por nopal es del 30.0 %. El consumo de concertado fue similar en las cabras de los tres tratamientos, se ofreció a razón de  $0.725 \text{ kg}^{\text{d}} \text{ animal}^{-1}$ .

Los resultados de el consumo de materia seca coinciden con lo reportado por Ben Salem *et al.* (1996) y Hernández *et al.* (1998). La reducción en el consumo de la dieta con elevado contenido de nopal ocurre por el alto contenido de agua (87 a 92 %), es una limitante para lograr consumos elevados de este forraje. El nopal es un forraje rico en energía, ideal para usarse en cabras en producción de leche, enfocado a disminuir costos de producción, pero debe de ser usado en bajas proporciones y ser combinado con ingredientes con elevado contenido de proteína cruda o bien con fuentes de nitrógeno no proteico, debido al bajo contenido de proteína cruda que presenta el nopal.

#### Peso corporal

El peso corporal de las cabras fue afectado ( $P < 0.05$ ) por el nivel de inclusión de nopal en la dieta (Figura 1), el mayor peso ( $45.85 \pm 9.77 \text{ kg}$ ) lo presentan los animales que consumieron la dieta con 20.0% de nopal, en seguida los que consumieron el 30.0

% de nopal ( $43.82 \pm 6.14$  kg), el peso de estos grupos es igual estadísticamente y el menor peso ( $43.60 \pm 7.46$  kg) lo presentaron los animales que consumieron dieta sin nopal, sin que exista diferencia significativa entre el nivel más alto de consumo de nopal y la dieta sin nopal. Estos resultados concuerdan con los mencionados por Sánchez y García (2006), el uso del nopal enriquecido con urea permite crecimiento moderado en los animales. Contrario a lo reportado por Hernández *et al.* (1998), dando niveles de 0.0, 25.0 y 50.0 % de nopal en la dietas las ganancias de peso de los animales no presentaron diferencia estadística por efecto del nivel de nopal.

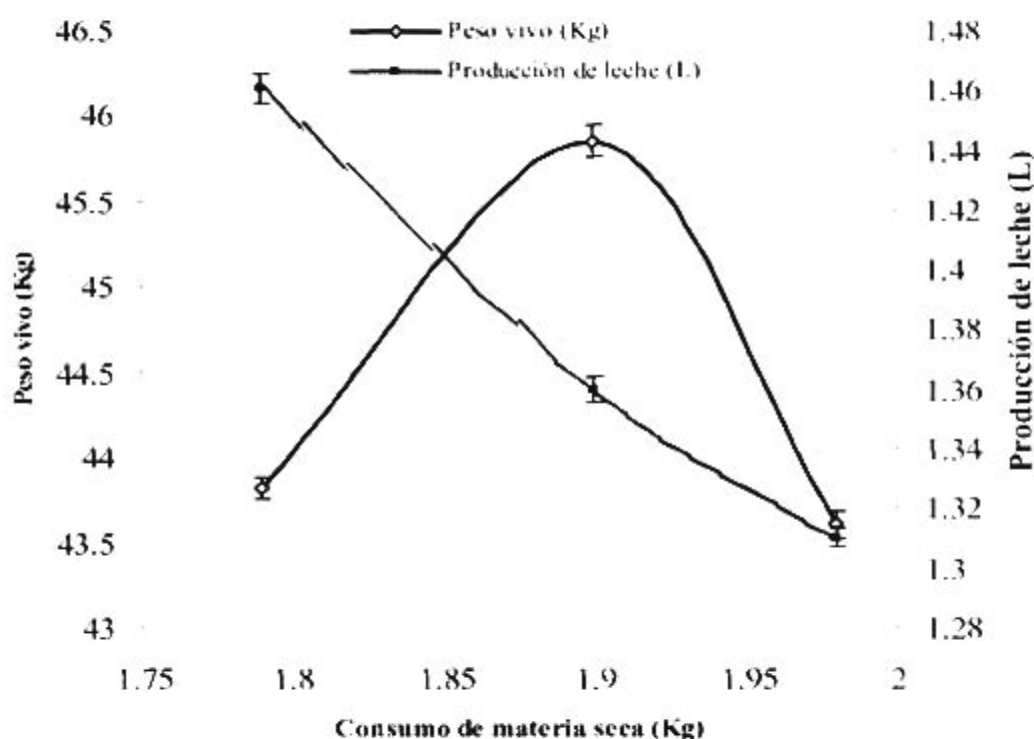
### **Producción de leche**

El nivel de nopal afectó ( $P < 0.05$ ) la producción de leche (Figura 1), el volumen de leche producido tendió a incrementarse conforme se aumentaba la cantidad de nopal en la ración. Las cabras que recibieron la dieta con 30.0 % de nopal presentaron el mayor volumen de leche ( $1.46 \pm 0.50$  promedio  $L^{d^{-1}}$ ), seguidas del grupo de animales que consumió la dieta con 20.0 % de nopal ( $1.36 \pm 0.43$  promedio  $L^{d^{-1}}$ ), mientras que el menor volumen de leche lo presentan las cabras que no recibieron nopal en la dieta ( $1.31 \pm 0.33$  promedio  $L^{d^{-1}}$ ). Estos resultados concuerdan con lo publicado por Azócar y Rojo (1991), quienes demostraron que la suplementación de cabras en lactancia, con niveles de nopal de 16.0, 21.0 y 34.0 %, provoca un efecto estimulante en la producción de leche, lo que se atribuye a algún efecto lactógeno. Cabras con una lactancia de 45 días, alimentadas con 36.0 % de nopal y 64.0% rye grass, mantuvieron una producción de leche de 1.281 L.

Contrariamente, en vacas Holstein, González *et al.* (1998) observaron una correlación negativa ( $r = -0.98$ ) entre el nivel de inclusión de nopal en la dieta y la producción diaria de leche. Atribuido a una reducción en el consumo de materia seca de la dieta conforme se incrementa el nivel de nopal en la dieta, en este estudio al elevar el nivel de nopal en la dieta disminuye el consumo voluntario, pero no la producción de leche tal vez porque la reducción del consumo no es tan drástica o quizá la respuesta de las cabras de este trabajo sea debido a lo que mencionan Araújo *et al.* (2008), en vacas lecheras alimentadas con niveles crecientes de nopal enriquecidas con urea, para obtener dietas



isonitrogenadas, la producción de leche se incrementó al incluir nopal en la dieta, los autores atribuyen esta respuesta a que al incluir nopal en la dieta, se incrementa linealmente el consumo de energía. En general al incluir nopal en la dieta en sustitución de forrajes tradicionales, como ensilaje de sorgo o heno de pasto, se reduce el consumo de materia seca. Sin embargo, se incrementa el consumo de carbohidratos no fibrosos. Estos carbohidratos solubles son rápidamente fermentados en el rumen, mejorando el aporte de energía, lo que propicia mayores producciones de leche en vacas, aunque esto es dado hasta ciertos niveles de consumo de nopal (Wanderley *et al.*, 2002; Araújo *et al.*, 2008).



**Figura 1.** Consumo promedio de materia seca ( $\text{kg d}^{-1}$ ), peso vivo (kg) y producción de leche (L) de cabras de raza Nubia alimentadas con niveles crecientes de nopal.

## **Comportamiento de Cabras en base al Número de Parto**

### **Peso vivo**

El peso vivo fue afectado significativamente ( $P < 0.05$ ) por el número de parto; el peso más alto del periodo experimental lo presentan las cabras de tercer parto con  $52.26 \pm 2.34$  kg, seguido de las cabras de segundo y primer parto con  $49.53 \pm 5.15$  y  $36.71 \pm 3.42$  kg respectivamente (Cuadro 12). La respuesta de mayor peso vivo a favor de las cabras que tienen mayor número de parto es debido a la madurez de los animales. Existe una estrecha relación entre la edad y el peso de animal, alcanzándose el peso adulto hasta el tercer parto y se menciona que en la práctica es difícil distinguir la influencia sobre la producción de leche de ambos factores (Gallego y Molina, 1994). Ribeiro *et al.* (2004). Encontraron que existe una correlación mayor entre peso vivo y edad de los animales debido al comportamiento del peso vivo de 243 cabras de raza Caninde, donde las cabras de más de tres partos tienen un peso mayor con respecto a los animales de primer parto ( $P < 0.05$ ). Además mencionan que la edad fue una de las principales fuentes de variación en la producción. Varade *et al.* (1997); Mohamed y Amin (1996); Joshia *et al.* (1990) han demostrado que existe una alta correlación entre el peso vivo y las etapas fisiológicas como: gestación, número de parto y /o lactación, número de crías, etc.

### **Producción de leche**

La producción de leche fue afectada significativamente ( $P < 0.05$ ) por el número de parto, el volumen de leche producida en el periodo experimental siguió la misma tendencia que el peso vivo, es decir las cabra de tercer número de parto produjeron la mayor cantidad de leche ( $1.88 \pm 0.49$  promedio  $L^{d-1}$ ), seguidas de las de segundo parto ( $1.53 \pm 0.34$  promedio  $L^{d-1}$ ), la producción de leche de este grupo de cabras es el 81.30 % de la producción de las cabras de tercer parto y por último las de primer parto ( $1.05 \pm 0.16$  promedio  $L^{d-1}$ ) con apenas el 55.85 % con respecto a las de tercer parto (Cuadro 12). El número de lactancia o de parto, indicativo de la edad de la cabra, influye de manera considerable en la producción de leche. Desde el primer parto, la cantidad de leche producida por la cabra va aumentando con los sucesivos partos, hasta que se

produce una estabilización en su producción. Daza *et al.* (2004) mencionan que el momento de máxima producción de leche se alcanza en la segunda y tercera lactación, dependiendo de la raza y se mantiene estable hasta el cuarto o quinto parto, comenzando a partir de ese momento a disminuir paulatinamente. Los incrementos en la producción láctea a medida que aumenta el número de parto en las cabras, son por causas fisiológicas que ayudan a optimizar el desarrollo del sistema mamario a medida que incrementa el número de pariciones, hasta llegar a un máximo en las cabras de tres a cinco años (Montaldo *et al.*, 1981). Los resultados de este trabajo coinciden con los obtenidos por Milerski y Mares (2001), que reportaron que la producción más alta por día ocurre entre los tres y cuatro años de edad en cabras; mientras que las que tenían un año de edad, eran significativamente inferiores en producción láctea. Pacheco *et al.* (1998); Fernández. (2000) y Antunac *et al.* (2001) encontraron diferencias significativas en la producción de acuerdo al número de lactancia. Todos ellos citan menor producción en la primera lactancia. Sin embargo, Oliver *et al.* (2001), encontraron una mayor producción de leche en cabras cuyo primer parto fuese entre los 15 y 24 meses de edad, pero no encontraron diferencias en la composición de la leche. Al contrario Iloeje *et al.* (1980); citados por Pinkerton, (1987), determinaron diferencias en la producción y composición de leche de cabras con diferentes edades en las razas Saanen, Toggenburg y Nubian.

Otros autores mencionan que el volumen de leche aumenta hasta el cuarto o quinto año de edad. Después de esto el volumen disminuye con el aumento de la edad del animal (Haenlein, 1996). La velocidad con la cual la producción disminuye es más baja que la velocidad con la cual aumentó, hasta el máximo rendimiento lácteo. La vida productiva es alrededor de 12 años (Haenlein, 1996). La caída en la producción de leche se atribuye a una pérdida de las células secretorias de la glándula mamaria (Knight y Wilde, 1987; Knight y Wilde, 1988), por lo que la caída de la producción a lo largo de la lactación se verá fuertemente influida por la tasa de muerte celular debida a la apoptosis en la glándula lactante (Knight y Wilde, 1987; Wilde *et al.*, 1997; Zeng *et al.*, 1997; Oliver *et al.*, 2001; Stefanon *et al.*, 2002).

**Cuadro 12. Medias y desviación estándar del peso vivo y producción de leche según el número de parto en cabras Nubia.**

	<b>PESO VIVO (kg)</b>	<b>PRODUCCIÓN DE LECHE (L)</b>
<b>Número de parto</b>		
1	36.71 ± 3.42 <sup>c</sup>	1.05 ± 0.16 <sup>c</sup>
2	49.53 ± 5.15 <sup>b</sup>	1.53 ± 0.34 <sup>b</sup>
3	52.26 ± 2.34 <sup>a</sup>	1.88 ± 0.49 <sup>a</sup>

a, b, c: Medias con literal distinta en columna difieren (P<0.05)

### **Comportamiento de Cabras en base a la Fase de la Lactancia (semanas)**

La fase de lactancia no influyó (P>0.05) en el peso vivo de las cabras ni en el volumen de leche producido (cuadro 13). La mayor diferencia en peso vivo de los animales de 2.67 kg en las semanas del periodo de medición entre el inicio y final de la fase experimental no se reflejó en cambios de la producción de leche de los animales en la misma fase.

**Cuadro 13. Medias de cuadrados mínimos (medias y desviación estándar) del peso vivo y producción de leche por fase de lactancia en cabras Nubia.**

<b>Fase de lactancia (semanas)</b>	<b>PESO VIVO (kg)</b>	<b>PRODUCCIÓN DE LECHE (L)</b>
1	46.28 ± 8.50 a	1.27 ± 0.35 a
2		1.37 ± 0.37 a
3	44.23 ± 8.10 a	1.41 ± 0.42 a
4		1.45 ± 0.44 a
5	44.38 ± 7.80 a	1.39 ± 0.43 a
6		1.44 ± 0.54 a
7	43.61 ± 7.95 a	1.32 ± 0.42 a
8		1.37 ± 0.51 a
9	43.61 ± 7.71 a	1.35 ± 0.38 a

a, b, c: Medias con literal distinta en columna difieren (P<0.05)

### **Composición de leche de cabras alimentadas con nopal**

Las variables relacionadas con la calidad de la leche de cabra fueron afectadas (P<0.05) por la inclusión de nopal en la dieta (Cuadro 14).

### **Sólidos totales**

El contenido de sólidos totales de la leche tendió a reducirse conforme se incrementó la cantidad de nopal en la dieta (Cuadro 14). Mostraron mayor contenido de sólidos totales de la leche los animales que recibieron el 0.0 % de nopal en la dieta, la menor concentración de sólidos totales, la presenta la leche de las cabras alimentadas con 30.0 % de nopal. Así como la producción de leche es muy dependiente de la alimentación de la cabra, la composición de la leche también varía en función del alimento que se suministre a los animales, de acuerdo a lo que mencionan Daza *et al.* (2004) y es como se comportaron los animales de este trabajo.

Los sólidos totales de la leche contienen los constituyentes de la leche como lípidos, proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales (Lombaard, 2006). Los cambios en las concentraciones de cada uno de estos componentes darán como consecuencia modificaciones es el contenido de sólidos totales. Sin embargo, los valores de los sólidos totales encontrados en este trabajo, son superiores a los encontrados por Sánchez *et al.* (2009) que mencionan valores de  $10.50 \pm 3.85$ ,  $10.49 \pm 3.63$ ,  $10.29 \pm 3.66$  para cabras Alpinas que consumieron dietas con 0.0, 20.0 y 40.0 % de nopal. Mientras que para vacas que recibieron niveles de nopal de 0.0, 10.0, 20.0 y 30.0 % los contenidos de sólidos totales de la leche fue de 11.80, 11.70, 11.70 y 11.80 % (González *et al.*, 1998).

### **Proteína cruda**

El nivel de nopal en la dieta afectó significativamente ( $P < 0.05$ ) el contenido de proteína cruda de la leche de las cabras, los tratamientos con 0.0 y 20.0 % de nopal en la dieta son estadísticamente iguales, pero diferentes al de 30.0 % de nopal, mientras que los niveles de 20.0 y de 30.0 % de nopal en la dieta son iguales estadísticamente pero este último es diferente al nivel de 0.0 % de nopal en la dieta. La leche de las cabras que fueron alimentadas con 20.0 % de nopal en la dieta tuvo el mejor contenido de proteína cruda (Cuadro 14). Se menciona que parte de la energía del alimento, sobre todo la de más fácil uso es utilizada por las bacterias del rumen para la síntesis de proteína microbiana, lo que se traslada al contenido de proteína de la leche Daza *et al.* (2004). Lo anterior es una característica propia del nopal, debido a su elevado contenido de de azúcares solubles, de rápida y mediana velocidad de degradación, por lo que constituye

un excelente complemento de alimentos altos en proteína (Ben Salem *et al.*, 2002). Además, en la dieta con 20.0 % de nopal se asume que existe buen equilibrio entre los carbohidratos fibrosos y carbohidratos no fibrosos, lo cual se traduce en la mayor cantidad de proteína cruda que presenta la leche (Daza *et al.*, 2004).

Los contenidos de proteína de la leche de las cabras alimentadas con diferentes niveles de nopal están en los rangos (3.55, 3.50, 3.4 y 4.09 %) reportados para leche de cabra (Díaz *et al.*, 2004<sup>a</sup>, Ayala-Osegura y Armendáriz, 2003; Janness, 1980; Hadjipanayiotou, 1995) respectivamente. Los valores de bajo contenido de proteína en la leche de cabra, puede ser debido a que los animales estén siendo alimentados con alimentos poco energéticas.

### **Grasa**

El nivel de nopal en la dieta afectó significativamente ( $P < 0.05$ ) el contenido de grasa cruda de la leche de las cabras, sugiriendo un mejor contenido de grasa en leche, las cabras que recibieron 0.0 y 20 % de nopal en la dieta (Cuadro 14). Esto podría atribuirse a un mayor contenido de carbohidratos fibrosos y al fermentarse en el rumen dan como resultado ácido acético y butírico, ácidos grasos volátiles precursores de la síntesis de grasa en la glándula mamaria. Así de acuerdo a Bach y Calsamiglia (2002) cuando la leche tiene bajo contenido en grasa se puede sospechar de un exceso de carbohidratos no fibrosos. Esto se observó en la dieta que contiene 30.0 % de nopal en la dieta y el menor contenido de grasa en la leche. Dado que el nopal se caracteriza por tener un contenido de azúcares elevado. Los resultados de este trabajo difieren a lo encontrado por Araujo *et al.* (2008), cuando alimentaron vacas con nopal a niveles de 0.0, 12.5, 25.0, 37.5 y 50.0 %, la grasa no fue afectada por la adición de nopal. La misma tendencia se observó con la grasa de la leche de cabras Alpinas alimentadas con 0.0, 20.0 y 40.0 % de nopal, dan niveles de grasa de  $2.89 \pm 1.36$ ,  $2.86 \pm 1.16$  y  $2.77 \pm 1.31\%$ , respectivamente, es importante señalar que los contenidos de grasa de la leche de este trabajo ( $3.52 \pm 1.33$ ,  $3.44 \pm 1.08$ ,  $2.89 \pm 0.99$ ) son superiores a los reportados por Sánchez *et al.* (2009). Esta diferencia puede ser en función de la raza. Sin embargo los

niveles de grasa están en los rangos reportados por otros investigadores (Park *et al.*, 2007; Carnicella *et al.*, 2008).

### **Rendimiento de cuajada**

El rendimiento de cuajada fue afectado ( $P < 0.05$ ) por el nivel de nopal en la dieta. El porcentaje de cuajada tiende a disminuir conforme se incrementó la cantidad de nopal en la ración. En general, la producción de cuajada tendió a ser mayor en el grupo de cabras alimentadas con el nivel de 00.0 % de nopal y menor con el nivel más alto (30.0%) (Cuadro 14). Los componentes más importantes en la producción de los subproductos lácteos son grasa, proteína y lactosa, además se encuentran relacionados con la producción, firmeza, sabor color de los subproductos lácteos (García y Holmes, 2001; Fekadu *et al.*, 2005). Pero los predictores más importantes para la producción de queso son el contenido de sólidos totales y proteína (Guo *et al.*, 2003; Gallego y Molina, 1994). Lo anterior explica por qué el mejor rendimiento de cuajada se presentó con la leche de cabra que recibieron el nivel 0.0 % de nopal en la dieta, dado que es la leche con mayor contenido de sólidos totales y de grasa. En el caso de la proteína cruda no es el mejor nivel pero entre 0.0 y 20.0 % de nopal hay una diferencia de apenas 0.09 % de proteína de la leche. El tratamiento con 0.0 % de nopal en la dieta dio la menor producción de leche, pero con el mayor contenido de sólidos totales, grasa y un buen nivel de proteína, esto se traduce en un mejor rendimiento de cuajada. La mayor producción de leche se presentó en las cabras que fueron alimentadas con el nivel de 30.0% de nopal, pero también fue la leche que presentó la menor concentración de sólidos totales, proteína y grasa; convirtiendo esto en un menor rendimiento de cuajada. Este comportamiento es congruente con lo que establece Lombaard (2006), la producción de grasa y proteína están inversamente relacionados con el nivel de producción de leche. Pero los compuestos que determinan el rendimiento en la industrialización de la leche, son los sólidos totales y la proteína cruda (Guo *et al.*, 2003; Gallego y Molina, 1994).



**Cuadro 14. Medias y desviación estándar del rendimiento de cuajada (%) y composición de leche de cabras de raza Nubia alimentadas con niveles crecientes de nopal en la dieta.**

Nivel de nopal en la dieta (%)	Sólidos totales (%)	Proteína cruda (%)	Grasa (%)	Rendimiento de cuajada (%)
00.0	12.36 ± 1.86 <sup>a</sup>	3.35 ± 0.72 <sup>a</sup>	3.52 ± 1.33 <sup>a</sup>	32.24 ± 8.70 <sup>a</sup>
20.0	12.33 ± 1.57 <sup>a</sup>	3.44 ± 0.72 <sup>ab</sup>	3.44 ± 1.08 <sup>a</sup>	29.85 ± 6.24 <sup>b</sup>
30.0	11.50 ± 1.52 <sup>b</sup>	3.27 ± 0.62 <sup>b</sup>	2.89 ± 0.99 <sup>b</sup>	29.15 ± 8.06 <sup>b</sup>

a, b, c: Medias con literal distinta en columna difieren (P<0.05)

### **Efecto del Número de Parto sobre la Composición de Leche y Rendimiento de Cuajada.**

El número de parto, número de lactancia, o de edad de las cabras no afectó (P>0.05), el contenido de sólidos totales, grasa y el rendimiento de cuajada (%) (Cuadro 15). Lo anterior se da a pesar de que existe una diferencia de 0.830 L de leche producida (44.14 %), entre las cabras de primer parto vs. las de tercero y de lo reportado por investigadores como: Browning *et al.* (1995); Pacheco *et al.* (1998); Fernández (2000); Antunac *et al.* (2001), encontraron diferencias significativas en composición de la leche según el número de lactancia (número de parto). Todos ellos citan menor producción en la primera lactancia y acotan que en las primeras cuatro lactancias, la leche tiene más contenido de materia seca, sólidos no grasos, grasa y proteína en la leche con diferencias significativas (P<0.05). Browning *et al.* (1995) mencionan que el rendimiento en grasa aumenta con el número de lactancia (P < 0.01, 499 lactancias). Ilcoje *et al.* (1980); citados por Pinkerton 1987, determinaron diferencias en la producción y composición de leche de cabras con diferentes edades en las razas Saanen, Toggenburg y Nubian. Al contrario Oliver *et al.* (2001), encontraron una mayor producción de leche en cabras cuyo primer parto fuese entre los 15 y 24 meses de edad, pero no encontraron diferencias en la composición de la leche.

### **Proteína cruda**

El contenido de proteína cruda de la leche fue afectado ( $P < 0.05$ ) por el número de parto. En el cuadro 15 se observa mayor concentración de proteína cruda en la leche de cabras de tercer parto y menor en las de primer parto, pero la variación en el contenido de proteína cruda no es tan alto para que incida sobre el contenido de sólidos totales y el rendimiento de cuajada. Estos resultados coinciden con lo descubierto por Sevi *et al.* (2000) en borregas, la proteína de la leche incremento con el avance en el número de partos, la leche de las borregas de tercer parto tuvo mayor contenido de proteína cruda, comparadas con la leche de borregas de segundo y primer parto. La posible causa es el incremento del peso corporal de las borregas con mayor número de partos lo que conduce a una mayor disponibilidad de reservas corporales para la síntesis de componentes de la leche.

Los resultados de este trabajo difieren en parte con lo mencionado en la literatura, conforme se incrementa el número de partos se incrementa el nivel de producción de láctea, esto conduce a una disminución en la proporción de los componentes de la leche como son grasa y proteína (Peris *et al.*, 1997; Macciotta *et al.*, 2005), componentes mayores o de interés económico en la industrialización de la leche. La misma tendencia se observa en el contenido de grasa, proteína y lactosa de cabras de primer parto, que produjeron leche rica en estos nutrientes, comparadas con los grupos de cabras de más números de partos (Carnicella *et al.*, 2008; Sánchez *et al.* 2006).

El menor porcentaje de proteína de la leche de las cabras de primer y segundo parto es probable que esté relacionado con reducida funcionalidad ruminal, por la reducida eficiencia de la síntesis de la glándula mamaria y a la preferencia de utilización de los aminoácidos disponibles del tejido mamario en crecimiento (Cappio-Borlino *et al.*, 1997).

**Cuadro 15. Medias y desviación estándar del rendimiento de cuajada (%) y composición de leche de cabras de raza Nubia alimentadas con niveles crecientes de nopal en la dieta, teniendo como factor el número de parto.**

Número de parto	Sólidos totales (%)	Proteína cruda (%)	Grasa (%)	Rendimiento de cuajada (%)
1	12.02 ± 1.57 <sup>d</sup>	3.26 ± 0.65 <sup>b</sup>	3.35 ± 1.11 <sup>d</sup>	30.84 ± 7.69 <sup>d</sup>
2	11.97 ± 1.77 <sup>a</sup>	3.40 ± 0.72 <sup>ab</sup>	3.14 ± 1.20 <sup>a</sup>	30.18 ± 8.39 <sup>d</sup>
3	12.46 ± 1.82 <sup>d</sup>	3.51 ± 0.66 <sup>a</sup>	3.53 ± 1.23 <sup>d</sup>	29.83 ± 6.43 <sup>d</sup>

a, b, c: Medias con literal distinta en columna difieren ( $P < 0.05$ )

### Efecto de la Fase de Lactancia

La fase de lactancia afectó las variables relacionadas con la calidad de la leche (sólidos totales, proteína cruda y grasa) y el rendimiento de cuajada ( $P < 0.05$ ; Cuadro 16).

### Sólidos totales

El contenido de sólidos totales tendió a disminuir conforme progresó la lactancia. Se detectaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre las semanas evaluadas de la lactancia. Los sólidos totales fueron altos en la semana uno a la cuarta, después de este periodo descienden hasta la novena semana. El porcentaje mínimo de sólidos totales se observa en la octava semana ( $11.14 \pm 0.91$  %) y el máximo en la primera semana ( $15.49 \pm 1.79$ ) de lactancia. El contenido de sólidos totales es importante como predictor en la producción de queso, junto con el contenido de proteína (Guo *et al.*, 2003; Gallego y Molina, 1994) y los valores encontrados están en los rangos reportados por otros autores (Gomes *et al.*, 2004; Díaz *et al.*, 2004; Páez *et al.*, 1996; Castagnasso *et al.*, 2007).

### Proteína cruda

El porcentaje promedio de proteína cruda de la leche tendió a disminuir conforme avanzaba la lactancia, estabilizándose a partir de la quinta semana de lactancia. En las primeras cuatro semanas del período de lactancia la concentración de proteína es más

alta y disminuye en el resto del periodo de lactancia hasta alcanzar un mínimo de  $2.91 \pm 0.23$  %. Estos resultados coinciden con los valores reportados por otros investigadores (Castagnasso *et al.*, 2007; Grappin. *et al.*, 1981; Misiunas *et al.*, 1999; Frigerio y Rossanigo, 1988).

## Grasa

El contenido de grasa de la leche presenta una tendencia similar a la observado en el contenido de proteína cruda, es decir tiende a disminuir conforme avanzó la lactancia, alcanzando la menor concentración hacia el final del periodo de observación, en la semana octava con  $2.78 \pm 0.80$ . Cuando se inicia la lactancia el contenido de grasa es mayor, con una producción de leche baja, la semana 1 es la que presenta diferencias estadísticas significativas en relación al resto de las semanas del periodo de estudio. Pero a partir de la quinta semana se da menor producción de grasa en la leche, sin que esta caída en el contenido de grasa sea estadísticamente diferente a la obtenida en las semanas 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9. Se menciona que el periodo de lactancia afecta principalmente el contenido de grasa, observándose el mayor contenido de grasa en las primera semanas, para después descender (Díaz *et al.*, 2004<sup>b</sup>), tal y como ocurre en este trabajo. Además hacia el final de la lactancia ocurren cambios en la composición de la leche; grasa, proteína, sólidos totales y minerales se incrementan mientras el contenido de lactosa decrece (Park *et al.*, 2007). Esto se debe a que existe una correlación negativa entre la producción de leche y la proporción de grasa y otros componentes (Flamant y Morand-Fehr, 1982; Kala y Prakash, 1990).

Boro *et al.* (2009) menciona tendencias inversas de los componentes de la leche de borregas a través del periodo de lactancia, cuando se trabaja con lactancias temprana, media y tardía. Sin embargo, los porcentajes de los compuestos químicos de la leche y la tendencia observada en este trabajo son parecidos a lo que se reportan en cabras Alpinas x Nubia (Díaz *et al.*, 2004<sup>b</sup>), en cabras de raza Boer y Australiana (Tambajong *et al.*, 2000), pero mucho menor a los mencionados por Greyling *et al.* (2004) e Iaschi *et al.* (2003) en cabras Boer y Criollas, para los principales componentes de la leche como sólidos totales, grasa, proteína y lactosa

## Rendimiento de cuajada

La cuajada es el gel o la masa obtenida por coagulación ácida, enzimática o mixta de caseínas en constituyentes de la fase coloidal proteica dispersa, modificándola para que interaccione (a través de enlaces fisicoquímicos) y forme una superestructura matricial, reticular, que por ocusión retiene agua, glóbulos de grasa, lactosa sales minerales, microflora y células somáticas (Villagas, 2004).

La producción de cuajada en la fase de lactancia (9 semanas) presentó una tendencia a la baja, con el avance de la lactancia. El máximo rendimiento se presenta en la semana dos y alcanza un mínimo en la semana ocho. En esta etapa los sólidos totales, la proteína cruda y la grasa de la leche presentan la mínima concentración en la leche. Morand-Fehr *et al.* (1991) y Remeuf *et al.* (1991) mencionan que el 75 % de la variación en la producción de queso de leche de cabra puede ser explicado por el contenido de proteína, especialmente el contenido de caseína, el 25 % de remanente es explicado por el contenido de grasa de la leche. El periodo de lactancia presentó un efecto altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ) en los contenidos de los componentes de la leche que repercuten directamente en el rendimiento de cuajada (Kuchtik *et al.*, 2008).

Los valores obtenidos en este trabajo sobre el rendimiento de cuajada son ligeramente superiores a 25.2, 20.1, 26.2, 25.9 % que son valores reportados por Sampelayo *et al.* (1998); Martí *et al.* (2000) encontraron rendimientos queseros de 31.28 %, valor ligeramente superior al promedio encontrado en este trabajo. Pero Olszowski *et al.* (2002) reportaron rendimientos de apenas 16.50 %. A pesar de la variación en el rendimiento de queso la mayoría de los investigadores coinciden en que en el rendimiento de cuajada, la caseína es la que determina la formación del cuajo, el coeficiente de recuperación de los sólidos totales de la leche, aumentan o disminuyen de acuerdo al contenido de caseína en la leche (Lenoir y Senéid, 1987); Guo *et al.*, 2003; Fekadu *et al.*, 2005; Martini *et al.*, 2008). Además de la caseína es importante mencionar, que la  $\beta$  caseína es una proteína coagulable y es responsable de la producción de queso Sampelayo *et al.* (1998); mientras que St-Gelais and Haché (2005) consideran que leche con altas concentraciones de  $\beta$  caseína le da tiene pobres

propiedades de coagulación. La grasa de la leche es otro compuesto químicos involucrados en el rendimiento de queso, incrementos en el porcentaje de glóbulos de grasa con diámetros mayores a 5  $\mu\text{m}$  están relacionados con una pobre aptitud en producción de queso (Martini *et al.*, 2008). En base a lo anterior es importante determinar los contenidos de cada tipo de caseína que están en la proteína láctea de la leche, además del tamaño y tipo de glóbulos de grasa de la leche.

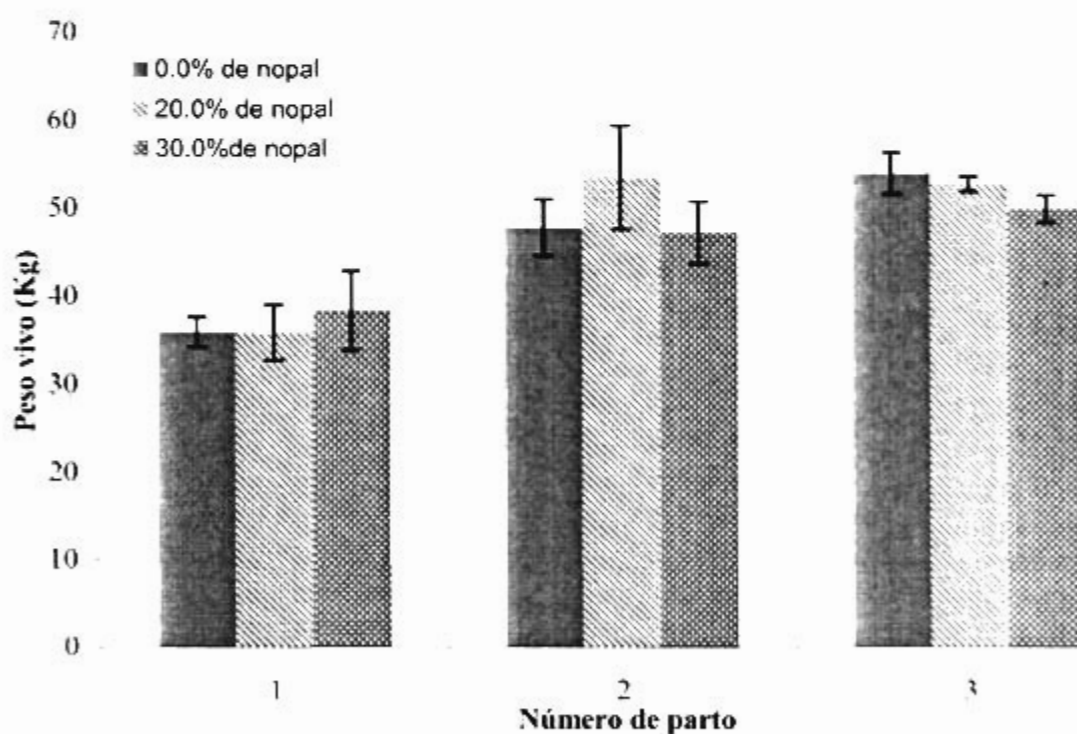
**Cuadro 16. Medias y desviación estándar del rendimiento de cuajada (%) y composición de leche de cabras de raza Nubia alimentadas con nopal en la dieta y fase de lactancia.**

Fase de lactancia (sem.)	Sólidos totales (%)	Proteína cruda (%)	Grasa (%)	Rendimiento de cuajada (%)
1	15.49 $\pm$ 1.79 <sup>d</sup>	4.91 $\pm$ 0.58 <sup>d</sup>	5.20 $\pm$ 1.57 <sup>d</sup>	38.80 $\pm$ 9.63 <sup>d</sup>
2	12.71 $\pm$ 1.20 <sup>b</sup>	3.82 $\pm$ 0.29 <sup>b</sup>	3.44 $\pm$ 1.04 <sup>b</sup>	40.92 $\pm$ 8.02 <sup>d</sup>
3	12.16 $\pm$ 1.01 <sup>bc</sup>	3.35 $\pm$ 0.27 <sup>c</sup>	3.35 $\pm$ 1.00 <sup>b</sup>	31.00 $\pm$ 5.31 <sup>b</sup>
4	11.80 $\pm$ 0.86 <sup>bc</sup>	3.26 $\pm$ 0.23 <sup>cd</sup>	3.15 $\pm$ 0.69 <sup>b</sup>	30.97 $\pm$ 5.89 <sup>b</sup>
5	11.31 $\pm$ 1.19 <sup>c</sup>	3.06 $\pm$ 0.27 <sup>cd</sup>	2.89 $\pm$ 0.94 <sup>b</sup>	27.04 $\pm$ 4.98 <sup>b</sup>
6	11.34 $\pm$ 0.98 <sup>c</sup>	2.94 $\pm$ 0.38 <sup>c</sup>	2.90 $\pm$ 0.78 <sup>b</sup>	26.91 $\pm$ 3.64 <sup>b</sup>
7	11.44 $\pm$ 0.84 <sup>c</sup>	3.01 $\pm$ 0.29 <sup>dc</sup>	3.00 $\pm$ 0.71 <sup>b</sup>	28.82 $\pm$ 2.18 <sup>b</sup>
8	11.14 $\pm$ 0.91 <sup>c</sup>	2.91 $\pm$ 0.23 <sup>c</sup>	2.78 $\pm$ 0.80 <sup>b</sup>	24.06 $\pm$ 3.40 <sup>c</sup>
9	11.19 $\pm$ 0.83 <sup>c</sup>	2.94 $\pm$ 0.20 <sup>c</sup>	2.85 $\pm$ 0.68 <sup>b</sup>	25.22 $\pm$ 3.24 <sup>c</sup>

a, b, c: Medias con literal distinta en columna difieren ( $P < 0.05$ )

### Interacciones

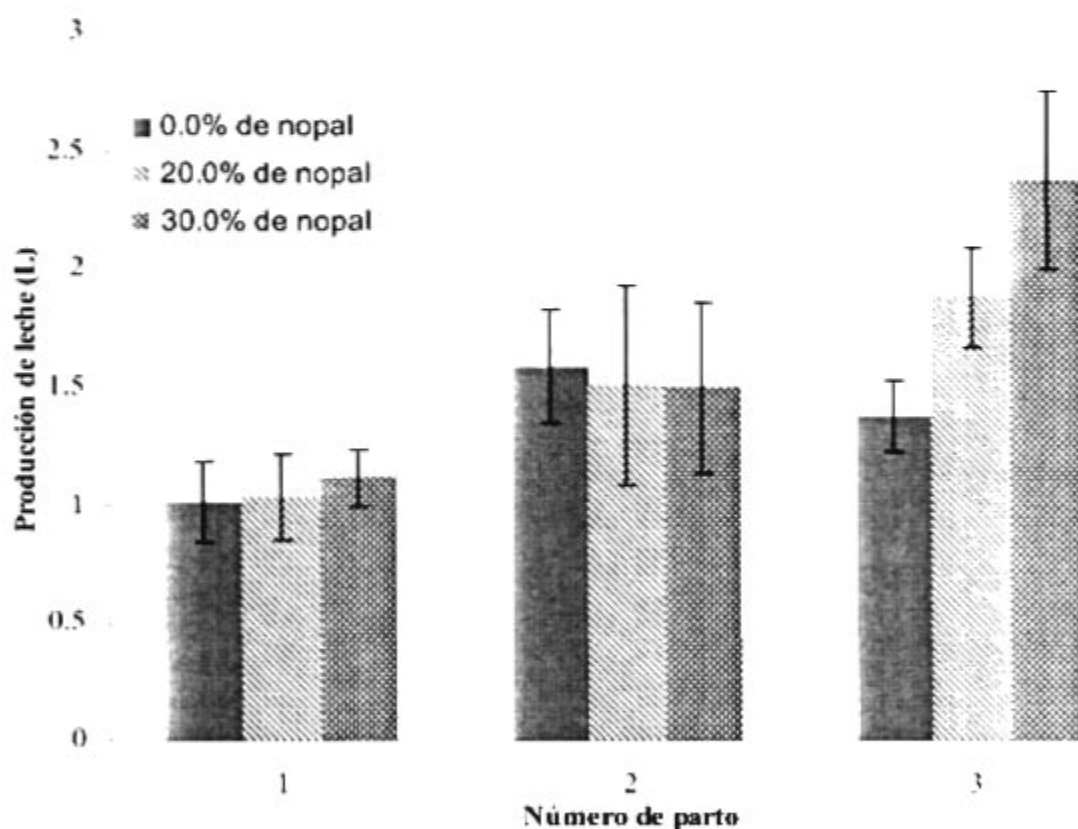
Se presentó una interacción significativa ( $P < 0.05$ ) dieta x número de parto en el peso vivo de las cabras (Figura 2). Las cabras de 1<sup>er</sup> parto tuvieron pesos similares con las 3 dietas. En las cabras de 2<sup>do</sup> parto el peso más alto ( $53.00 \pm 2.34$  kg,  $P < 0.05$ ) lo tuvieron las cabras que recibieron la dieta 2 (20.0% de nopal), mientras que las cabras que recibieron las dietas 1 (0.0%) y 3 (30.0% de nopal) tuvieron pesos similares ( $48.7 \pm 2.30$  kg y  $47.2 \pm 3.12$ , respectivamente). En las cabras de 3<sup>er</sup> parto no hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en los pesos que alcanzaron las cabras, siendo estos  $53.53 \pm 5.90$  con la dieta 1 (0.0% de nopal),  $52.80 \pm 0.83$  kg con la dieta 2 (20.0% de nopal) y  $49.26 \pm 4.48$  con la dieta 3 (30.0% de nopal). Se observa que los mayores pesos los tuvieron las cabras de 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> parto. Por otra parte, los pesos de las cabras se incrementaron con las 3 dietas en las cabras de 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> parto.



**Figura 2. Interacción del nivel de nopal en la dieta x número de parto en el peso vivo de cabras Nubia.**

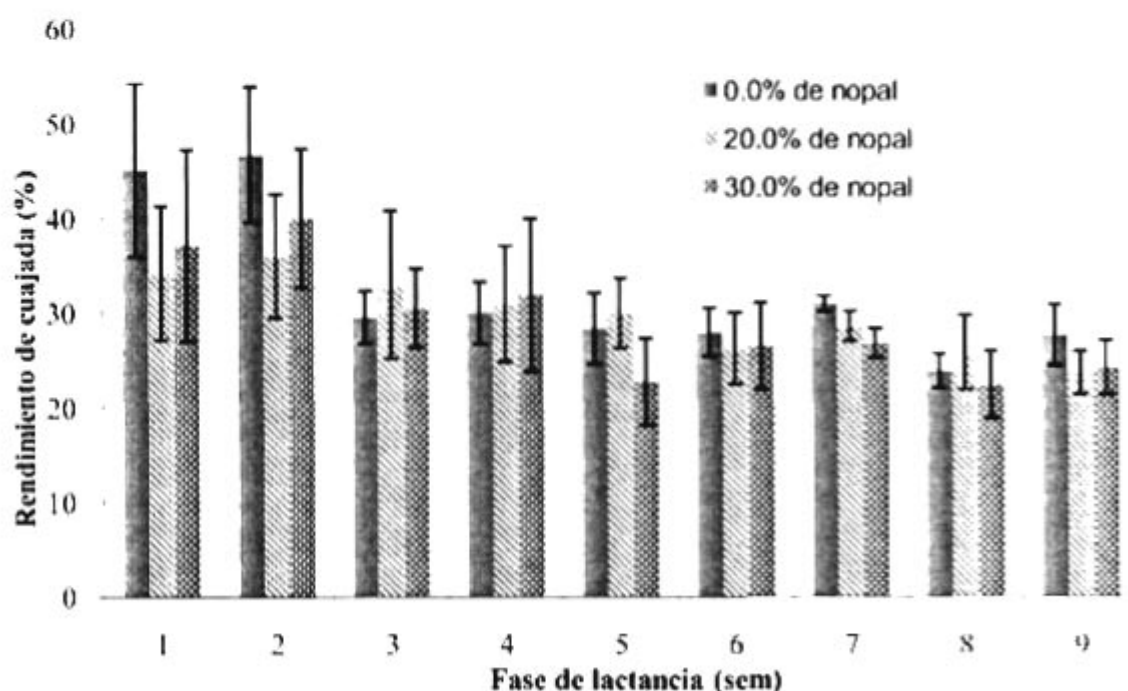


La producción de leche se vio influenciada ( $P < 0.05$ ) por una interacción nivel de nopal en la dieta x número de parto (Figura 3). Las producciones de leche con las 3 dietas que tuvieron las cabras dentro del 1<sup>er</sup> (promedio:  $1.03 \pm 0.17$  L) y 2<sup>do</sup> parto (promedio:  $1.51 \pm 0.41$  L) fueron similares ( $P > 0.05$ ), aunque los promedios fueron mayores en las cabras de 2<sup>do</sup> parto. En las cabras de 3<sup>er</sup> parto la mayor ( $P < 0.05$ ) producción la tuvieron las cabras que recibieron la dieta 3 ( $2.38 \pm 0.38$  L, con 30.0% de nopal), seguidas de las que recibieron la dieta 2 ( $1.87 \pm 0.21$  L, con 20.0% de nopal), y finalmente las que recibieron la dieta 1 ( $1.37 \pm 0.14$  L, con 0.0% de nopal). Se observa que con las dietas 2 y 3 la producción de leche se incrementó en las cabras del 1<sup>er</sup> al 3<sup>er</sup> parto, no así con la dieta 1, la que se incrementó del 1<sup>er</sup> al 2<sup>do</sup> parto, pero luego disminuyó en el 3<sup>er</sup> parto.



**Figura 3. Interacción del nivel de nopal en la dieta x número de parto en la producción láctea de cabras Nubia.**

Se presentó una interacción significativa ( $P < 0.05$ ) nivel de nopal en la dieta x fase de lactancia en el rendimiento de cuajada (Figura 4). Las mayores producciones de cuajada se presentaron con la dieta 1 (0.0 % de nopal) en las semanas 1 y 2 ( $4.07 \pm 9.10$  y  $46.67 \pm 7.14$  %, respectivamente) de la fase de lactancia; la producción fue intermedia en las semanas de la 3 a la 7 ( $29.53 \pm 2.78$ ,  $29.98 \pm 3.29$ ,  $28.35 \pm 3.76$ ,  $27.99 \pm 2.62$ ,  $31.01 \pm 0.86$  %) y en la 9 ( $27.68 \pm 3.21$  %), mientras que en la semana 8 la producción fue menor ( $23.89 \pm 1.83$  %). Con la dieta 2 (20.0% de nopal) la mayor producción de cuajada se observó en las semanas 2 y 1 ( $36.01 \pm 6.54$ ,  $34.21 \pm 7.08$  %); a partir de la semana 3 ( $32.95 \pm 7.83$ ,  $30.98 \pm 6.12$ ,  $30.02 \pm 3.70$ ,  $26.26 \pm 3.78$ ,  $28.62 \pm 1.59$ ,  $25.86 \pm 3.92$  y  $23.70 \pm 2.28$  %) la producción de la cuajada disminuyó gradualmente hasta la finalización de la fase de lactancia. Con la dieta 3 (30.0 % de nopal) la mayor producción de cuajada se presentó en las semanas 2 y 1 ( $40.02 \pm 7.31$ ,  $37.12 \pm 10.14$  %, respectivamente), con valores medios en las semanas 4, 3, 7 y 6 ( $31.94 \pm 8.08$ ,  $30.51 \pm 4.20$ ,  $26.83 \pm 1.51$  y  $21.49 \pm 4.58$  %, respectivamente), mientras que en las semanas 5, 8 y 9 ( $22.77 \pm 4.61$ ,  $22.42 \pm 3.58$  y  $24.28 \pm 2.96$  %, respectivamente) se tuvieron los menores rendimientos.



**Figura 4. Interacción del nivel de nopal en la dieta x fase de lactancia en el rendimiento de cuajada de leche producida por cabras Nubia.**

## CONCLUSIONES

La inclusión de nopal en la dieta de cabras Nubia en lactación ocasionó una disminución en el consumo de materia seca. Sin embargo, el 20.0 % de nopal dio el mejor peso vivo y la leche con mayor contenido de sólidos totales, proteína cruda y grasa. Pero el 30.0% de nopal presentó el mayor volumen de leche producido. Mientras que el mejor rendimiento de cuajada lo dio la dieta con 0.0 % de nopal. El número de parto influyó en el peso vivo de las cabras, la producción y el contenido de proteína cruda de la leche. La fase de lactancia solo afectó la calidad de la leche y el rendimiento de cuajada. Se presentaron interacciones significativas en el peso vivo: nivel de nopal en la dieta x número de parto, producción de leche: nivel de nopal en la dieta x número de parto, rendimiento de cuajada: nivel de nopal en la dieta x fase de lactancia.

## LITERATURA CITADA

- Almanza, A., Montaldo, H. y Valencia, M. 1992. Factores que influyen sobre las características de la curva de lactancia en cabras. *Rev. Latamer. Peq. Rumin.* 1 (3): 173-186.
- Annicchiarico, G., Claps, S., Marino, R., Terzano, G., Caternolo, G. y Taibi, L. 2004. Effect of the concentrate source on milk yield, milk composition and feeding behaviour of grazing sheeo during summer season. *Options Mediterraneennes. Series A.* N° 74 pp. 345-350.
- Antunac, N., Samaržija, D., Havranek, J. I., Pavič, V., Mioč, B. 2001. Effects of stage and number of lactation on the chemical composition of goat milk. *Czech. J. Anim. Science.* 46: 1212-1819.
- Araque, C., Dáubeterré, R., Quijada, T., Dickson, L., Muñoz, G. y Sánchez, A. 2008. Efectos de la complementación con Heno-Melaza-Urea sobre parámetros productivos en cabras criollas en pastoreo. *Rev. Cient. (Maracaibo).* Vol. 18 N° 4. pp. 398-402. ISSN 0798-2259.
- Arbiza, S. I. 1986. Producción de caprinos. AG Editor. México p.53.
- Araujo, C. C. V., Andrade, F. M., Costa, C. M., Chaves, U. V. A. S., Silva, F. M., Lima, L. E. 2008. Palma Forrageira enriquecida com uréia em substituição ao feno de capim-tifton 85 em rações para vacas de raça Holandesa em lactação. *R. Bras. Zootec.* Vol. 37 N° 4 p.p. 689-693.
- Ayala-Osegura, J. y Armendáriz, M. J. 2003. Uso de grasas y aminoácidos en la producción y composición de la leche de cabras. XVIII Reunión Nacional sobre Caprinocultura. AMPC. pp. 224-248.
- Azócar, P. 1992. Biomasa y Biotecnología. Uso de los cladodios de tuna (*Opuntia ficus indica*) en la alimentación de cabras. pp. 119-125. *In: Actas II Congreso Internacional de la Tuna y Cochinilla.* Universidad de Chile. Santiago.
- Azócar, P. y Rojo, H. 1991. Uso de los cladodios de tuna (*Opuntia ficus indica*) como suplemento forrajero estival de cabras en lactancia de reemplazo de heno de alfalfa. *Avances en Producción Animal.* 16 (1-2): 173-182.

- Azócar, P., Rojo, H., Mira, J. y Manterola, H. 1996. Inclusión de nummularia (*Atriplex nummularia*) y cladodios de tuna (*Opuntia ficus indica*) en la dieta de cabras criollas en reemplazo de heno de alfalfa. I. Efecto en el consumo, peso vivo y producción de leche. *Avances en Producción Animal*. 21 (1-2): 43-50.
- Bach, A. y Calsamiglia, S. 2002. Manual de racionamiento para el vacuno de leche. Servet Diseño y Comunicación. SL Zaragoza. pp. 47-53.
- Ben Salem, H., Nefzaoui, A. y Ben Salem, L. 2002. *Opuntia ficus indica* var. *Inermis* and *Atriplex nummularia*. L. Two complementary fodder shrubs for sheep and goats. *Acta Hort*. 58: 333-341.
- Ben Salem, H., Nefzaoui, A. y Abdouli, H. y Orskov, E. R. 1996. Effect of increasing level of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* var. *inermis*) on intake on digestion by sheep given straw based-diets. *Animal Sciences*. 62: 293-299.
- Ben Thlija, A. 1987. Nutritional value of several *Opuntia* species. M. Sc. Thesis. P. 84.
- Bondi, A. A. 1989. *Nutrición Animal*. Ed. Acribia. Zaragoza. España. pp. 441-447.
- Boro, M. Zvonimir, P., Neven, A., Zvonko, A., Duvrabka, S., Vnuce, I. y Vesna, P. 2009. Milk yield and quality of Cres sheep and their crosses with Awassi and East Friesian sheep. *Mijekarstvo*. 59 (3). 217-224.
- Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. Tomo 1. Universidad nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria. México. D. F. pp. 67-71, 147, 334.
- Browning, R. J. R., Leitte-Browning, M. L. y Sahlu, T. 1995. Factors affecting standardized milk and fat yields in Alpine goats. *Small Rumin. Res*. 18: 173-178.
- Bruckmaier, R. M., Ritter, C., Schams, D. and Bulm, J. W. 1994. Machine milking of dairy goats during lactation; udder anatomy, milking characteristics and blood concentrations of oxytocin and prolactin. *J. Dairy. Res*. 62: 457-466.
- Butrish, G. V. y Phillips, C. J. C. 1987. *Grass forage Sci*. Pp 42-259.
- Cappio-Borlino, A., Portolano, B., Todaro, M., Macciotta, M. P.P., Giaccone, P. and Pulina, G. 1997. Lactation curves of Valle de Belice Dairy ewes for yields of milk, fat and protein estimated with test day models. *J. Dairy. Sci*. 80: 3023-3029.
- Carnicella, D., Darío, M., Caribe, A. M. C., Laudadio, B. y Darío, C. 2008. The effect of diet, parity, year and number of kids on milk yield and milk composition in Maltes goats. *Small Rumin. Res*. 77: 71-74.

- Carranza, S. J. A. 2001. Caracterización morfológica de los cladodios de *Opuntia spp.* Del campo experimental de la URUZA. U. A. CH. Tesis Profesional Chapingo. Mex. pp. 82.
- Castagnasso, H., Miceli, E., Dietrich, M. y Lachini, R. 2007. Composición de leche de cabra criolla y cruce criolla-Nubia. 2007. V Congreso de Especialistas en pequeños Ruminantes y Camélidos Sudamericanos. Mendoza. Argentina.
- Cohelo, S. J. F. y Leao, M. I. 1979. Fundamentos de Nutrição dos ruminantes. Piracicaba Livroceres. P. 380.
- Cordier, G. 1947. De la composition de quelques produits fourragers tunisiens et de leur valeur pour l' alimentation du mouton. Ann. Serv. Bot. Agron. Tun. 20: 22-108.
- Cremien, C. y Castillo, A. 1989. Efecto de la suplementación de ovejas melliceras sobre su producción de leche, peso, condición corporal y desarrollo de los corderos. Agricultura Técnica. 49 (3) 224-234.
- Chagra, E. P., Leguiza, H. D., Vera, T., Valdivia, C. y Bazán, O. 2005. Utilización de (*Opuntia ficus indica* y *Atriplex nummularia*) en cabras criollas en lactancia. XIX Reunión ALPA. Tampico. México. Arch. Latinoam. Prod. Anim. Vol. 13 Supl. 1: 184-185.
- Chico, C., Carnevali, A., Shultz, E. y Ammerman, C. 1971. Yuca y melaza en la utilización de la urea en corderos. ALPA. México. 6: 7-17.
- Davis, H. L. 1962. Intake Studies in sheep involving high fluid intake. Proc. Aust. Soc. Anim. p. 467.
- Daza, A. A., Fernández, M. C. y Sánchez, L. A. 2004. Ganado caprino, producción, alimentación y sanidad. pp. 89-107.
- De Kock, G. C. 1965. Manejo y utilización del nopal sin espinas. P 1471. In: Vol 2 OI. Congreso International de pasturas. 9º Anales Sao Paulo. Brasil.
- De Kock, G. C. 1980. Drough resistant fodder shrub crops in South Africa p. 399-408, In: H. N. LeHóerou (ed) Browse in Africa. The current State of Knowledge. Trabajos presentados en International Symposium in Browsw in Africa. Addis Ababa. International Livestock Centre for Africa.
- Díaz, G. M. O., Morón, C. F de J., Urrutia, M. J. y Martínez, A. K. A. 2004 (a). Efecto de la suplementación alimenticia sobre algunos parámetros productivos en cabras. Memorias de la XIX Reunión Nacional sobre Caprinocultura. pp. 219-223.

- Díaz, G. M. O., Torres, H. G., Ochoa, C. M. A., Mandeville, P. B. y González, G. R. 2004 (b). Efecto del sexo de la cría y la etapa de lactancia en los componentes de la leche de cabras Alpino x Nubia. XIX Reunión Nacional de Caprinocultura. Acapulco Gro. pp. 219-223.
- Díaz, G. M. O., Torres, H. G., Ochoa, C. M. A. y Urrutia, M. J. 2007. Número de parto, tipo de parto y período de lactancia como factores que modifican la producción de leche en cabras Nubia. V Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Mendoza. Argentina. pp. 199-200.
- El-Gayar, M., El-Alamy, M., Swidan, F y Holtz, W. 2000. Yield and composition of milk from Sinai goats maintained under farming conditions. 7 th International Conference on goats. France.
- Fekadu, B., Soryal, K., Zeng, S., Van Hekken, D., Bah, B. and Villaquirán, M. 2005. Changes in goat milk composition during lactation and their effect on yield and quality of hard and semi-hard chesses. Small. Rumin. Res. 59 (1) 55-63.
- Fernández, F. y Saad de Schoos, S. 1999. Funciones de los componentes de la leche. Un enfoque biológico. Opera Lillona. N° 44. Fundación Miguel Lillo. Tucumán Argentina. p. 163.
- Fernández, G. 2000. Parámetros productivos de las cabras Pardo Alpinas y sus cruces bajo régimen de pastoreo. Producción Latina. XXV: 541-544.
- Ferreira, D. S. M. V., Andrade, L. M. D. E., Farias, I., Almeida, B. H., Nascimento, D. A., Santo, D. C., Filho, T. J. J., Andrade, L. M. y Santos, D. D. C. 1990. Comparative study of cultivars of the fodder cacti (*Opuntia ficus indica* Mill) Gigante and Redonda and *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck (Miuda) for milk production. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 19: 504-510.
- Flachowski, G. and Yami, A. 1985. Composition, digestibility and feed intake of *Opuntia* by Ogaden sheep. Archiv. Fur. Tierernahrung. 35: 599-606.
- Flamant, J. C. and Morand Fher, P. 1982. Milk production in sheep and goats. In: Sheep and Goat production (Ed. I. E. Coop). World Animal Science Series. Amsterdam. pp. 275-295.
- Fleming, G. A. 1973. Mineral composition of herbage. pp. 529-546. In: Vol. 1 of G. W. Butler and R. W. Railey (Eds) Chemistry and biochemistry of herbage. London: Academic Press.
- Flores, V. C. A. 1977. El nopal como forraje. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo. México. p. 179.



- Flores, V. C. A. y Aguirre, J. R. R. 1992. El nopal como forraje. 1ª Ed México. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco. México. p. 60.
- Frigeiro, K. y Rossanigo, C. 1988. Composición de la leche de cabras criollas tipo Sanluisense y relación entre sus componentes. Vet. Arg. 120: 682-688.
- Fuentes, R. J. M. 1991. A survey of the feeding practices, costs and production of dairy and beef cattle in northern México. In: Proc. 20 Annual Texas Prickly Pear Council. Kingsville. Texas.
- Galina, M. A., Guerrero, M., Puga, C. D. y Haenlein, J. F. W. 2004. Effects of slow intake urea supplementation on goat kids pasturing natural Mexican rangeland. Small Ruminant Res. (55). 85-95.
- Gallego, L. y Molina, A. 1994. Estado corporal y producción. In: Ganado ovino Raza Manchega. Ed. Mundiprensa. Madrid. España. 1961.
- Garcés, R., Castillo, R., Bruckmaier, R. M. y López, J. L. 2004 a. Comportamiento productivo en cabras de raza Saanen, Relación entre la producción de leche, condición corporal, peso vivo y número de lactancias. Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 24 N° 1-2: 93-103.
- Garcés, A. R., Boza, L. J., Acevedo, S. P., Brandl, E., Bruckmaier, R. M. y López, F. J. L. 2004 b. Índice de persistencia y descripción de los primeros 100 días de la curva de lactancia en cabras Saanen primíparas y multiparas mantenidas en confinamiento. Agric. Tec. Vol. 64 N° 3.
- García, S. C. and Holmes, C. W. 2001. Lactation curves of autumn and spring calved cows in pasture based dairy systems. Livest. Prod. Sci. 68: 189-203.
- Gathaara, G. N., Felker, P. y Land, M. 1989. Influence of nitrogen and phosphorus in *Opuntia engelmannii* tissue N and P concentrations, biomass production and fruit yields. Journal of Arid Environments. 16: 377-346.
- Gibson, C. A. y Nobel, P. S. 1986. The Cactus Primer. Harvard University. Press. Cambridge Massachusetts p. 286.
- Gipson, T. A. and Grossman, M. 1989. Diphasic analysis of lactation curves in dairy goats. J. Dairy, Sci. 72: 1035-1044.
- Gomes, V., P. D. L. A. M. M., Madureira, M. y Pereyra, de A. W. 2004. Influência do estágio de lactação na composição do leite de cabras (*Capra hircus*) Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci. Vol. 41 N° 5. São Paulo.
- González, C. L. 1989. Potential of fertilization to improve nutritive value of prickly pear cactus (*Opuntia lindheimeri* Englem). Journal of Arid Environments. 16: 87-94.

- González, C. F., Llamas, L. G. y Bonilla, C. J. 1998. Utilización del nopal como sustituto parcial en dietas para vacas lecheras. INIFAP-PRODUCE. Tec. Pec. Mex. Vol. 36. N° 1. México. pp. 73-81.
- Grappin, R., Jennet, R., Pillet, R y Toquin, A. 1981. A study of goat's milk. I. Contents of fat, protein and nitrogenous fractions. Lait. 61. pp. 117-133.
- Griffiths, D. y Hare, R. F. 1906. The prickly pear and other cacti as food for stock-2. New Mexico College of Agriculture and Mechanic. Arts. Agriculture Experimental Station. Bulletin 60. p. 125.
- Gregory, R. A. y Felker, P. 1992. Crude protein and phosphorus contents of eight contrasting *Opuntia* forage clones. Journal of Arid Environments. 22: 323-331.
- Greyling, J. P. C., Mmbenwua, V. M., Schwalbach, L. M. J. and Muller, T. 2004. Comparative milk production potential of Indigenous and Boar goats under two feeding systems in South Africa. Doi:10.1016/j.smallrumbres.2003.11.014.
- Grosclaude, F., Ricordeau, G., Martin, P., Remeuf, F. Vassal, L. y Bouillon, J. 1994. From gene to chesse. The polymorphism of the caprin  $\alpha 1$ -casein, its effects and evolution. INRA Productions animals. 7: 3-19.
- Guo, R. M., Dixon, P. H., Park, Y. W., Guilmore, J. A. y Kindstedt, P. S. 2001. Seasonal Changes in the Chemical Composition of commingled goat milk. J. Dairy Sci. 84 (E. suppl.): E 79- E 83.
- Guo, R. M., Park, Y. W., Dixon, P. H., Guilmore, J. A. y Kindstedt, P. S. 2003. Relationship between the yield of chesse (Chevré) and chemical composition of goat milk. Small. Rumin. Res. 52: 103-107.
- Hadjipanayiotou, M. 1995. Composition of ewe, goat and cow milk and of colostrum of ewes and goats. Small. Rumin. Res. 18: 255-262.
- Haenlein, G. F. W. 1996. About the evolution of goat and sheep milk production. Small. Rumin. Res. 18. pp. 3-6.
- Hanselka, C. W. y Paschal, J. C. 1990. Prickly pear cactus, and important rangeland resource. Progress report. Texas Agricultural Experiment Station. Beef Cattle Research in Texas.
- Hernández, M. 1992. Características generales de la secreción láctea de cabras criollas serranas. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucuman. P. 24.

- Hernández, V., Díaz, M. y Tovar, L. I. 1998. Producción de leche, cambio de peso y condición corporal de cabras alimentadas con diferentes proporciones de nopal y ryegrass. *In: Memoria de la XIII Reunión Nacional sobre la Caprinocultura*. San Luis Potosí, México. pp. 247-250.
- Hernández, G. V. y Tovar, L. I. 2005. Comportamiento productivo de cabras lactantes consumiendo una dieta a base de nopal y ryegrass con cantidades crecientes de Megalac. *Revista Chapingo*. Vol. N° 4. pp. 47-50.
- Hoffman, G. O. and Walker, A. H. 1912. Prickly pear, good or bad. *Texas Agric. Exp. Sta. Bull.* 806: 3-7.
- Hogan, J. P. 1982. Digestion and utilisation of protein. *In: J. B. Hacker (ed) Nutritional limits to animal production from pastures. Proceedings of the International Symposium. Commonwealth Agricultural Bureau, U.K.*
- Hurtaud, C., Rulquin, H. y Verité, R. 1998. Effects of level and type of energy source (Volatile Fatty Acids or glucose) on milk yield, composition and coagulating properties in dairy cows. *Reprod. Nutr. Dev.* 38. pp. 315-330.
- Iaschi, S. P. A., Hui, J., Chong, F. N., Strange, A., Strange, M., Bencini, R. and Tay, G. K. 2003. Comparison of the milk quality of the South African Boer and Australian Rangeland goats. *Small. Rumin. Res.* 53: 181-184.
- Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA). Banco Ganadero. Guía para producir quesos Colombianos. Santa Fe de Bogotá. 1994. pp. 127, 31, 32 y 49.
- Iloje, M., Rounsaville, T., Mc Dowel, R., Wiggans, G. and Vleck Van, L. 1980. Age-season adjustment factors of Alpine, La Mancha, Nubian, Saanen and Toggenburg dairy goats. *J. Dairy. Sci.* 63: 1309-1316.
- Janes, R. 1980. Composition and characteristics of goat milk: review 1968-1979. *J. Dairy Sci.* 63: 1605-1630.
- Joshia, H. B., Das, N. and Bisht, G. S. 1990. Prediction of body weight from body measurement in Barbari and Jamnapari goats reared under intensive management system. *Indian Veterinary Journal.* 67: 4. 347-351.
- Kala, S. N. y Prakash, B. 1990. Genetic and Phenotypic parameters of milk yield and milk composition in two Indian goat breeds. *Samll. Rum. Res.* 3: 475-478.
- Knigh, C. H. y Wilde, C. J. 1987. Mammary growth during lactation, implications for increasing milk yield. *J. Dairy. Sci.* 70: 1991-2000.
- Knigh, C. H. y Wilde, C. J. 1988. Milk production on concurrently pregnant and lactating goats mated out of season. *J. Dairy Sci. Res.* 55: 487-493.

- Kuchtik, J. y Sedalcková, H. 2003. Composition and properties of milk on White Short-haired goats on the third lactation. *Czech. J. Anim. Sci.* 48 (12): 540-550.
- Kuchtik, J., Sustová, K., Urban, T. y Zapletal, D. 2008. Effect of the stage of lactation on milk composition, its properties and the quality of rennet curdling in East Friesian ewes. *Czech. J. Anim. Sci.* 53 (2): 55-63.
- Lastra, E. J. y Pérez, P. 1978. Digestibilidad *in vivo* e *in vitro* de ensilaje de nopal (*Opuntia ficus indica*). Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- Le Houérou, H. N. 1992. The role of *Opuntia* cacti in the Agricultural Development of the Mediterranean Arid Zones. II Congreso de Tuna y Cochinilla. Santiago, Chile.
- Leng, R. A. 1982. Modification of rumen fermentation. *In*: J. B. Hacker (ed) Nutritional limits to animal production from pastures. Proc. of the International Symposium Commonwealth. Agricultural Bureaux, U. K.
- Lenoir, J. y Seneid, N. 1987. L'aptitude du lait a la coagulation par la presure. *In*: Le fromage (Eck A de). 2 ed. Tec et Doc. Paris. pp. 139-150.
- Lombaard, C. S. 2006. Hierarchical bayesian modelling for the analysis of the lactation of dairy animals. Ph. D. Thesis. Faculty of Economic and Management Sciences. Department of Mathematical Statistics. University of the Free State Bloemfontein.
- López, G. J., Fuentes, R. J. y Rodríguez, G. A. 2003. Producción y uso de *Opuntia* como forraje en el centro-norte de México. En: El nopal (*Opuntia spp.*) para forraje. FAO. 2003. Departamento de Agricultura.
- López, M. B., Luna, A., Leancina, J. y Falagán, A. 1999. Chesse making capacity of goat's milk during lactation: Influence of stage and number of lactations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 79: 1105-1111.
- Lozano, G. M. 1958. Contribución al estudio e industrialización del nopal (*Opuntia spp.*). Bsc Diss. Esc. Superior de Agricultura Antonio Narro. Saltillo, México.
- Macciota, N. P., Fresi, P., Usai, G., Cappio-Borlino, A. 2005. Lactation curves of Sarda breed goats estimated with test day models. *J. Dairy Res.* 72 (4): 470-475.
- Manterola, H., Cerda, D. y Mira, J. 2007. Efectos del consume de energía sobre la producción y composición de leche en ovejas Merino precoz. V Congreso de Especialistas en pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Mendoza, Argentina.

- Marroquín, J. S. 1964. Estudio Ecológico y Dasonómico de las Zonas Áridas del Norte de México. INF. Publicación Especial. México. D. F. p. 166.
- Martí, A., García, A., Molina, P. y Díaz, J. R. 2000. Relación entre el rendimiento quesero y la composición de la leche de oveja de raza Manchega a lo largo de la lactación. Producción Ovina. pp. 473-476.
- Martini, M., Scolozzi, C., Cecchi, F., Mele, M. y Salari, F. 2008. Relationship between morphometrics characteristics of milk fat globules and cheese making aptitude of sheep's milk. Small. Rumin. Res. 74: 194-201.
- Mazuca, R. N. M., Romero, P. R. J. y Cano, R. P. 1995. Utilización del nopal (*Opuntia spp*) en dietas para cabras lactantes. I. Digestibilidad y producción de leche. Congreso Internacional en producción Caprina. X Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Zacatecas. México.
- Mc Donald, P., Edwards, R. A. Greenhalgh, J. D. F. y Morgan, C. A. 1995. Animal Nutrition. 5 Ed. New York. Longman. p. 607.
- Medina, R. M., Tirado, R. G., Mejía, H. I., Camarillo, S. I. y Cruz, V. C. 2006. Digestibilidad *in situ* de dietas con harina de nopal deshidratado conteniendo un preparado de enzimas fibrolíticas exógenas. Pesq. Agrop. Bras. V. 41. N° 7. pp. 1173-1177.
- Mele, N., Sierra, A., Buccioni, A., Conte, G., Pollicardo, A. y Secchiari, P. 2008. Effect of soybean oil supplementation on milk fatty acid composition from Saanen goats feed diets with different forage: concentrate ratios. Ital. J. Anim. Sci. Vol. 7. pp. 297-311.
- Melo, A. A. S., Ferreira, M. A. y Veras, A. S. C. 2003. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Digestibilidade. Acta Scientiarum. Animal Sciences. V. 25 N° 2. pp. 339-345.
- Meyer, M. M. and Brown, R. D. 1985. Seasonal trends in the chemical composition of ten rangeland plants in south Texas. Journal of Range Management. 38: 154-157.
- Milersky, M. y Mares, V. 2001. Analysis of systematic factors affecting milk production in dairy goat. Acta. Univ. Agricola. Et silvic. Mendel. Brun. (Brno). 1: 43-50.
- Minson, D. J. 1988. The chemical composition and nutritive value of tropical legumes. pp. 185-193. In: Seckerman, D. G., Cameron and Riveros, F. (eds). Tropical forage legumes 2 nd ed. Rome. FAO.
- Misiunas, S., Cravero, B., Rodríguez, B. y Aymar, M. 1989. Utilitation of *Opuntia ficus indica* in dairy goats feeding: effect on ruminal environment, milk yield and chemical composition. Therios. 28 (149): 209-215.

- Mohamed, I. D. y Amin, J. D. 1996. Estimated body weight from morphometric measurement of sahell (Borno White) goats. *Small. Rumin. Res.* 24: 1-5.
- Monjauze, A. y Le Houérou, H. N. 1965. Le role des opuntias dans l'économie de l'Afrique du Nord. *Bull. Ecole. Sup. Agron. Tunis.* 8-9: 85-164.
- Montaldo, H. G., Tapia, G. y Juárez, A. 1981. Algunos factores genéticos y ambientales que influyen sobre la producción de leche y el intervalo entre partos en cabras. *Tec. Pec. Méx.* 41: 32-34.
- Morand-Fehr, P., Blanchart, G., Daccord, R., Ginger, R. S., Gihad, E. A., Hadjipanayiotou, M., Mowlen, A., Remeuf, F. y Sauvant, G. 1991. Influence of feeding on goat milk composition and technological characteristics. *In: Goat Nutrition. Pudic Wangenigen.* pp. 209-224.
- Morand-Fehr, P. y Sauvant, D. 1990. Alimentation des caprins. pp. 282-304. R Jarrige (ed) Alimentation des bovins, ovins y caprins. INRA. Paris Francia.
- Morrison, F. B. 1956. Compendio de Alimentación del ganado. Ed. Uthea. México. p. 721.
- Mourad, M. 1992. Effects of month of kidding, parity and litter size on milk yield of Alpine goats in Egypt. *Small. Rum. Res.* 8: 41-46.
- Murillo, S. M., Fuentes, R. J., Torres, H. M., Borrego, F. F. y Gutiérrez, A. R. 1994 *In vitro* protein digestibility of two *Opuntia* genotypes after addition of yeast, ammonia and urea. pp. 77-82. *In: Proc. Of the 5 th Annual Texas Prickly Pear Council.* Kingsville. Texas.
- Nefzaoui, A. y Ben Salem, H. 1996. Nutritive value of diets based on spineless cactus (*Opuntia ficus indica* var. *inermis*) and *Atriplex* (*Atriplex nummularia*). *In: Native and Exotic Fodder Shrubs in Arid and Semiárid.* Regional Training Workshoop. Tunisia.
- Nefzaoui, A. y Ben Salem, H. 2001. *Opuntia* spp. A strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the WANA Region. *In: Mondragón, C. and González, S. (eds) Cactus Opuntia spp. As forage.* FAO Plant Production and Protection Paper. 169. pp. 73-90.
- Nefzaoui, A., Ben Salem, H. y Ben Salem, L. 1995. Ewe lambs feeding with cactus-based diets. Effect of the type of nitrogen supplement. IV International Symposium of the Nutrition of Herbivores-Satellite "Ruminant use of fodder resources in warm climate countries" Montpellier. France.



- Nefzaoui, A., Chermity, A. y Ben Salem, H. 1993. Spineless cactus (*Opuntia ficus indica* var. *inermis*) as a supplement for treated straw. pp. 130-133. *In: Proc 7<sup>o</sup> Meeting of the FAO Sub-Network on Mediterranean Pastures and Fodder Corps.* Chania. Greece.
- Nefzaoui, A. y Ben Salem, H. 2003. Opuntia forraje estratégico y herramienta eficiente para combatir la desertificación en la región Wana. En: El nopal (*Opuntia spp.*) para forraje. FAO. Departamento de Agricultura.
- Nobel, P. S. 1983. Nutrient levels on cacti in relation to nocturnal acid accumulation and growth. *American. J. of Botany.* 70: 1244-1253.
- Nobel, P. S. 1995. Environmental Biology. pp. 34-48. *In: Barbera, G., Inglese, P. y Pimienta, B. E. (eds). Agroecology, cultivation and uses of cactus pear.* FAO Plant Production and Protection Paper. p. 132.
- Norton, B. W. 1982. Differences between species in forage quality. *In: Hacker, J. B. (Ed). Proc. International Symposium. Nutritional limits to animal production from pastures.* Commonwealth Agricultural Bureaux. U. K.
- National Research Council. 1981. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Number 15. Nutrient Requirements on goats Angora, dairy and meat Goats in temperate and tropical countries. National Academic of Sciences. pp. 10.
- National Research Council. 1984. Nutrient Requirements of beef cattle. Washington. D. C. National Academy Press. Washington. D. C. Palmquist, D. L. and Jenkis. T. C. 1980. Fat in Lactation.
- Olizewsky, R., Rabasa, E. A., Fernández, J. L., Poli, M. A. y Núñez de K, M. S. 2002. Composición química y rendimiento quesero de la leche de cabras Criollas Serranas del noreste Argentino. *Zootecnia Tropical.* 20. (2): 179-189.
- Oliver, F., Pérez, G. M. D. y Montoro, V. 2001. Estudio de la influencia de la edad al primer parto sobre la producción lechera de cabras de raza Murciano-Granadina en castilla. La mancha. XXVI Jornadas Científicas y V Internacionales de la Sociedad Española de ovinotecnia y caprinotecnia. pp. 897-902. Ed. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- Pacheco, F., Monteiro, A. López, Z. y Barros, M. 1998. Controle laitier caprin dans la région du Minho (Portugal) *In: Milkging and milk production of dairy sheep and goats. Proceedings International Symposium on the Milkging on Small Ruminants.* Athens. Greece. EAAP. 95: 460-462.



- Páez, R., Gallino, R. y Alvarez, R. 1996. Composición química y fracción nitrogenada de leche de cabras durante un ciclo de producción. Congreso nacional de calidad de la leche y mastitis. Río Cuarto. Córdoba. Argentina. p. 81.
- Park, Y. W., Juárez, M. and Haenlein, J. F. W. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 68: 88-113.
- Peris, S., Caja, G., Such, X. S. y Casals, R. 1997. Influence of kid rearing systems on milk composition and yield of Murciano-Granadina dairy goats. *J. Dairy. Sci.* 80: 3249-3255.
- Pessoa, R. A. S., Ferreira, M. A., Lima, L. E., Lira, M. A., Veras, A. S. C., Silva, A. E. V. N., Sosa, M. y Azevedo, M., Miranda, K. F., Silva, F. M., Melo, A. A. S. y López, O. R. M. 2004. Desempenho de vacas leiteras submetidas a diferentes estratégias alimentares. *Arch. Zootec.* 53: 309-3320.
- Pimienta, B. E. 1993. Vegetable cactus pear (*Opuntia spp*) *In: Underutilized crops, pulses and vegetables.* Chapman and Hall. pp. 177-191.
- Pistoia, A., Poli, P., Casarosa, L., Balestri, G y Ferruzzi, G. 2003. Milk sheep variations during lactation in grazing and confined rared ewes. *Options Méditerranéennes, Series. A. N° 74.* pp. 203-207.
- Pinkerton, F. 1987. Tecnología de la Producción Caprina. FAO. Oficina Regional para América y El Caribe. Programa de Cooperación Técnica. Chile. p. 242.
- Preston, T. R. y Leng, R. A. 1987. Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and sub-tropics. Armidale. Australia. Penambul Books.
- Preston, T. R. y Leng, R. A. 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles. Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Círculo Impresores LTD. Cali. Colombia. pp. 184-192.
- Ramos, E. Q. R. C., Germano, C. R., Barreto, B. T. M., Nunes, M.A., Suley, M. M. y Pereyra, S. A. R. 2007. Influência do manejo do rebanho, das condições higiênicas da ordenha e da fase de lactação na composição química de leite de cabras Saanen. *Rev. Bras. Zootec.* Vol. 36. N° 2.
- Rangnekar, D. V. 1988. Availability and intensive utilization of sugar cane by-products. pp. 76-93. *In: Devendra, C. (ed). Non conventional feed resources and fibrous agricultural residues.* International Development Research Centre (IDRC) and Indian Council of Agricultural Research (ICAR).

- Remeuf, F., Cossin, V., Dervin, C., Lenoir, J. y Tomasono, R. 1991. Relations entre les caracteres physicochimiques des laits et leur aptitude fromagere. *Lait*: 71 : 397-421.
- Retamal, N., Durán, J. M. y Fernández, J. 1987. Seasonal variations of chemical composition of prickly pear cactus (*Opuntia ficus indica*). *J. Science of Food and Agriculture*. 38: 303-311.
- Ribeiro, N. L., Medeiros, A. N., Ribeiro, M. N. y Pimenta-Filho, E. C. 2004. Estimación del peso vivo de caprinos autóctonos Brasileños mediante medidas morfométricas. *Arch. Zootec.* 53: 341-344.
- Rosa, R. De la, Tovar, L. I. y Hernández, A. 1999. Consumo, Digestibilidad, Balance de Nitrógeno y cambio de Peso Vivo en caprinos consumiendo tres especies de nopal, y consumiendo nopal con heno de alfalfa. XIV Reunión Nacional de Caprinocultura. pp. 85-89.
- Ruiz, Z. F., Olivas, S. R. y Saucedo, V. L. R. 1996. Efecto de la inclusión de nopal (*Opuntia ficus indica*) en los cambios de peso y la producción de leche de cabras en corral. XI Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Memoria 16-18 de Octubre de 1996. Chapingo. México. UACH y AMPCA. pp. 108-111.
- Salvador, A., Martínez, G., Alvarado, C. y Haun, M. 2006. Composición de la leche de Cabras Mestizas Canarias en condiciones tropicales. *Rev. Zoot. Trop.* V. 24. N° 3.
- Sampelayo, S. M. R., Pérez, L., Boza, J. y Amigo, L. 1998. Forage of different physical forms in diets of lactating Granadina goats. Nutrient digestibility and milk production and composition. *J. Dairy Sci.* 81: 492-498.
- Sánchez, C. y García, M. 2006. Utilización de tuna de cabra (*Opuntia spp*) enriquecida con urea en cabras bajo explotaciones tradicionales de zonas semiáridas del Estado de Lara. Venezuela. *Zoot. Trop.* 24 (4): 457-466.
- Sánchez, M., Fernández, E., Martín, D. y Muñoz, E. 2006. Influencia de la Época y número de parto en los parámetros de producción y calidad de la leche en Cabras de Raza Florida. XXXI Jornadas SEOC. Zamora, España. Pp. 191-194.
- Sánchez, O. J. A., Díaz, G. M. O., Ochoa, C. M. A. y Urrutia, M. J. 2009. Producción y calidad en leche de cabras alimentadas con niveles crecientes de nopal (*Opuntia ficus-indica*). VI Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Querétaro, México.
- Santana, P. 1992. Tunas forrajeras (*Opuntia ficus indica*) and *Nopalva cochellinifera*) en el nordeste Brasileño. Actas del II Congreso Internacional de Tuna y Cochinilla. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile.

- Santos, D. C., Farias, L. y Lira, M. A. A. 1997. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill e *nopalea cochenillifera* Salm Dyck) em Pernambuco. Cultivo e utilização. Recife. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. P. 23.
- Sevi, A., Taibi, L., Albenzio, M., Muscio, A. y Annichiarico, G. 2000. Effect of parity on milk yield, composition, somatic cell count, renneting parameters and bacteria counts of comisana ewes. *Small Ruminant Research*. 37: 99-107.
- Shoop, M. C., Alford, E. J. y Mayland, H. F. 1977. Plains prickly pear is good for cattle. *Journal of Range Management*. 30: 12-17.
- Stefanon, B., Colitti, M., Gabai, G., Knigh, C. H. y Wilde, C. J. 2002. Mammary apoptosis and lactation persistency in dairy animals. *J. Dairy Res.* 69: 73-52.
- St-Gelais, D. y Haché, S. 2005. Effect of  $\beta$  casein concentration on cheese milk on rennet coagulation properties, cheese composition and cheese ripening. *Food Res. Int.* 38: 523-531.
- Tambajong, D., Wallenhorst, S. y Holtz, W. 2000. Quantity and composition of milk producer by suckled Boar goat does. 7<sup>th</sup> Int. Conf. on goats. Tours. France. 15-21 May. Tome 2: 599.
- Tegegne, 2005. Study on the effects of incorporating various levels of cactus pear (*Opuntia ficus indica*) on the performance of sheep. Conference on International Agricultural research for Development. Stuttgart Hohenheim. pp. 1-5.
- Tetra Pack Processing System. 1995. Dairy processing Handbook. Lund Sweden. Tecknotext. AB. p. 18.
- Teles, F. F. F. 1978. Nutrient analysis of prickly pear (*Opuntia ficus indica*) Ph. Diss. Michigan State University. Ann Arbor. Michigan.
- Theirez, M. 1965. Reserches sur la digestibilité de *Opuntia ficus indica* var. *inermis* en Tunisie. *Ins. Nat. Rech. Agr.*
- Trezeguet, M. 2007. Peso de cabras en el periparto y Producción láctea con tres niveles de alimentación. Sitio Argentino de Producción Animal. [www.produccion.animal.com.ar](http://www.produccion.animal.com.ar)
- Trujillo, E. y Noriega, D. 2001. Detección genética de la kappa-caseína en diferentes razas bovinas. *Despertar lechero*. 18: 189- 197.
- Tuffareli, V., Laudadio, M. D. y Laudadio, V. 2008. Forage to concentrate ratio in Jonica goats: Influence on lactation curve and milk composition. *Journal of Dairy Research*. pp. 124-128.

- Urrutia, M. J., Díaz, G. M. O., Gámez, V. H., Rivera, L. T., Beltrán, I. S. y Luna, V. J. 2007. Utilización de Chamizo (*Atriplex canescens*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*) como principales alimentos para producción de leche caprina en la Estación de estiaje. V Congreso de Especialistas en Pequeños Ruminantes y Camélidos Sudamericanos. Mendoza. Argentina.
- Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant, ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fibers. O and B Books, p. 373.
- Varade, P. K., Ali, S. Z. y Malkhede, P. S. 1997. Body measurements of local goats under field conditions. Indian Veterinary Journal. 74: 448-449.
- Veras, R. M. L., Ferreira, M. A., Ramos, C. F. F. y Chaves, V. A. S. 2005. Farelo de Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição ao milho. Digestibilidad aparente de nutrientes. R. Bras. Zoot. Vol. 34. N° 1.
- Villegas de G. A. 2004. Tecnología quesera. Ed. Trillas. México. pp. 159.
- Wanderley, W. L., Ferreira, M. A. y Andrade, D. K. B. 2002. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.1. p.273-281.
- Wilde, C. J., Adley, C. V. P., Li, P. y Fering, D. G. 1997. Programmed cell death in bovine mammary tissue during lactation and involution. Experimental Physiology. 82: 1679-1692.
- Woodward, T. F., Turner, W. F. and Griffiths, D. 1915. Prickly pear feed for dairy cows. J. Arg.. [USDA, Washington, D. C.] 4 (5): 405-449.
- Zeng, S. S., Escobar, E. N., y Popham, T. 1997. Daily variations in somatic cell count, composition and production of Alpine goat milk. Small. Rumin. Res. 26: 253-260.