

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y RESPUESTA FISIOLÓGICA DE CABRITOS
NUBIOS CRIADOS ARTIFICIALMENTE CON SUBSTITUTOS DE LECHE**

POR:

MARTA OLIVIA DÍAZ GÓMEZ

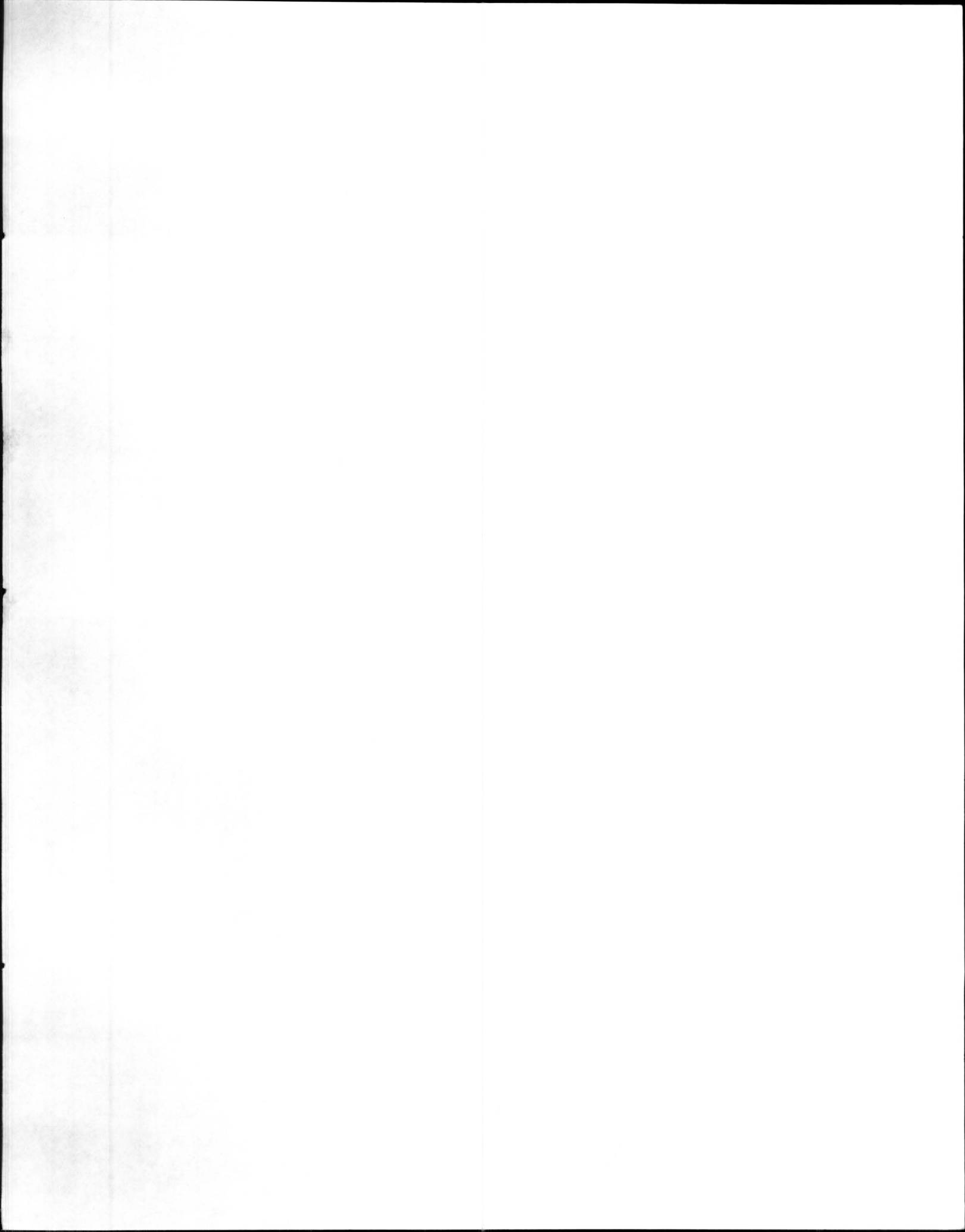
**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE**

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS



San Luis Potosí, S. L. P., México

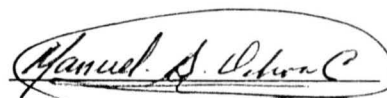
Septiembre del 2006



El trabajo titulado **COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y RESPUESTA FISIOLÓGICA DE CABRITOS NUBIOS CRIADOS ARTIFICIALMENTE CON SUBSTITUTOS DE LECHE**, presentado como requisito parcial para obtener el grado de “Doctor en Ciencias Agropecuarias”, fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

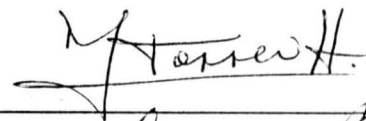
TUTOR:

DR. MANUEL ANTONIO OCHOA CORDERO

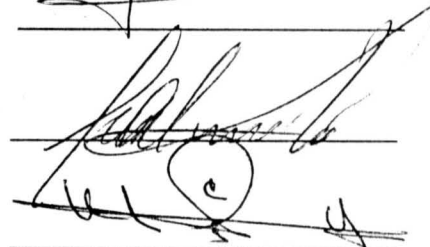


ASESORES:

DR. GLAFIRO TORRES HERNÁNDEZ



DR. JORGE URRUTIA MORALES



DR. CÉSAR A. MEZA HERRERA



DR. RÓMULO BAÑUELOS VALENZUELA



Ejido de la Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., a los veintinueve días del mes de septiembre del año dos mil seis.

DEDICATORIA

A DIOS:

Porque dice que no se alabe al sabio por su sabiduría, ni al valiente por su valentía, ni al rico por su riqueza.

Quien quiera alabarse que busque su alabanza en tener inteligencia para conocer a Dios. Digno eres, Señor y Dios nuestro de recibir la gloria, el honor y el poder, porque tu creaste todas las cosas y por tu voluntad existen.

A LA MEMORIA DE MI PADRE †

A MI FAMILIA:

A mi madre

Hermanos

Sobrinos

AGRADECIMIENTOS

A la universidad Autónoma de San Luis Potosí y a la Facultad de Agronomía, por la oportunidad y el apoyo para la realización de los estudios y la realización del proyecto de tesis para el doctorado. Al Fondo de ayuda para la Investigación (FAI-UASLP), por el apoyo económico para realizar parte de la tesis doctoral. Al Departamento de Informática y Bioestadística de la Facultad de Medicina de la UASLP. Al Laboratorio de Hematología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de FES-Cuautitlán – UNAM., y al Laboratorio de Análisis Clínico de para Pequeñas y Grandes Especies. Al Dr. Manuel Antonio Ochoa Cordero tutor principal de tesis, por su apoyo para la realización y culminación de este trabajo de investigación. Al Dr. Glafiro Torres Hernández, asesor de tesis, por el tiempo dedicado a la realización de observaciones, comentarios y sugerencias que fueron importantes para la terminación del proyecto. A los Doctores Dr. Jorge Urrutia Morales, Dr. César Alberto Meza Herrera y Dr. Rómulo Bañuelos Valenzuela, asesores de tesis por su colaboración en el proceso de revisión de los trabajos que conforman el trabajo. Al M.C. Peter B. Mandeville por su consistente apoyo mi más grande reconocimiento por la realización de los análisis estadísticos e interpretación de los datos de tesis. A la Q.F.B. Graciela Barrón Zamarripa, quien me asesoro y permitió el procesamiento de las muestras de sangre y suero en el Laboratorio de Análisis Clínicos para Pequeñas y Grandes Especies. Al M.C. Felipe de Jesús Morón Cedillo y Dr. Manuel Antonio Ochoa Cordero, por la ayuda en la toma de muestras sanguíneas y su procesamiento inmediato. A la I.A.Z. Aurora Terán Martínez, por su colaboración en la toma de datos en el trabajo de campo. Al I.A.Z. José Cristóbal Alvarado Vargas, por el apoyo en el manejo de los cabritos en el proceso experimental.

CONTENIDO

	Página
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN GENERAL	xv
GENERAL ABSTRACT	xvii

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS	1
--	---

CAPÍTULO 2

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS Y METABOLITOS SANGUÍNEOS DE CABRITOS CRÍADOS ARTIFICIALMENTE

1. REVISIÓN DE LITERATURA	3
1.1 Desarrollo Anatómico-Fisiológico y Función Digestiva del Tracto Digestivo de los Rumiantes	3
1.2 Requerimientos Nutricionales de los Cabritos	5
1.3 Materias Primas	6
1.3.1 Ingredientes de origen lácteo	6
1.3.1.1 Calostro	6
1.3.1.2 Leche deshidratada	7
1.3.1.3 Suero de leche	7
1.3.1.4 Leche ácida	8
1.3.2 Proteína de origen vegetal	8
1.3.2.1 Proteína de soya	8
1.3.2.1.1 Inhibidores de proteasa	9
1.3.2.1.2 Lectinas	10
1.3.2.1.3 Proteínas antigénicas	11
1.3.2.1.4 Oligosacáridos	11
1.3.2.1.5 Fitatos	12
1.3.2.2 Composición química de productos de soya	12
1.3.2.3 Digestibilidad de nutrientes de productos de soya	15
1.4 Alimentación de Cabritos con Leche y/o Substitutos Lácteos	17
1.4.1 Alimentación de cabritos con calostro	18
1.4.2 Alimentación de cabritos con leche deshidratada	19

1.4.3 Alimentación de cabritos con suero de leche	19
1.4.4 Alimentación de cabritos con leche ácida	20
1.4.5 Comportamiento de pre-rumiantes alimentados con substitutos lácteos elaborados con proteína de soya	22
1.4.5.1 Alimentación de cabritos con proteína de soya	22
1.5 Fuentes de Energía (grasa)	23
1.6 Cantidad de Dieta Líquida Consumida	25
1.6.1 Número de tomas de dieta líquida	25
1.7 Concentrado de Iniciación	26
1.7.1 Composición química e ingredientes utilizados en la formulación de concentrados de iniciación	27
1.7.2 Comportamiento de cabritos alimentados con concentrados de iniciación	29
1.8 Parámetros Hematológicos	30
1.8.1 Eritrocitos	30
1.8.2 Hematocrito	32
1.8.3 Hemoglobina	32
1.8.4 Factores que afectan los parámetro hematológicos	33
1.8.4.1 Edad	33
1.8.4.2 Raza	34
1.8.4.3 Sexo	35
1.8.4.4 Clima	35
1.8.4.5 Estado fisiológico	35
1.8.4.6 Salud	37
1.8.4.7 Alimentación	37
1.9 Metabolitos Sanguíneos	38
1.9.1 Glucosa	38
1.9.2 Proteína total	39
1.9.2.1 Albúmina	40
1.9.3 N - uréico	40
2.0 Metabolitos Medidos en Pre - rumiantes	41
2.1 LITERATURA CITADA	47

CAPÍTULO 3

EFFECTO DEL CONCENTRADO DE PROTEINA DE SOYA Y DOS FUENTES DE ENERGÍA COMO SUBSTITUTOS DE LECHE EN EL COMPORTAMIENTO DE CABRITOS NUBIOS

RESUMEN	62
ABSTRACT	64
1. INTRODUCCIÓN	66
1.1 Objetivo	66
2. MATERIALES Y MÉTODOS	68
2.1 Descripción del Área Experimental	68

2.2	Formulación de las Dietas Líquidas	68
2.3	Animales Utilizados y su Distribución en los Tratamientos	70
2.4	Manejo General	71
2.5	Variables a Evaluar en el Comportamiento del Animal	72
2.5.1	Consumo de dieta líquida y concentrado de iniciación	72
2.5.2	Cambios de peso	72
2.5.3	Índice de conversión alimenticia	73
2.5.4	Análisis económico	73
2.6	Análisis Estadístico	73
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	75
3.1	Consumos de Substituto de Leche, Concentrado de Iniciación y Ganancia de Peso	75
3.1.1	Efecto de la inclusión de concentrado de proteína de soya y fuentes de energía	75
3.1.2	Efecto del sexo y periodo de alimentación	77
3.1.3	Peso corporal	85
3.1.4	Índice de conversión alimenticia	86
3.1.5	Análisis económico	89
3.2	Interacciones	90
3.2.1	Consumos de dieta líquida	90
3.2.1.1	Interacción de concentrado de proteína de soya x fuente de energía en el consumo de dieta líquida	90
3.2.1.2	Interacción de concentrado de proteína de soya x semana en el consumo de dieta líquida	91
3.2.1.3	Interacción de fuente de energía x semana en el consumo de dieta líquida	92
3.2.1.4	Interacción de sexo x semana para consumo de dieta líquida	94
3.2.2	Consumos de concentrado de iniciación	96
3.2.2.1	Interacción de concentrado de proteína de soya x fuente de energía en el consumo de concentrado de iniciación	96
3.2.2.2	Interacción de concentrado de proteína de soya x sexo en el consumo de concentrado de iniciación	97
3.2.2.3	Interacción de concentrado de proteína de soya x semanas en el consumo de concentrado de iniciación	98
3.2.2.4	Interacción de fuente de energía x sexo en el consumo de concentrado de iniciación	100
3.2.2.5	Interacción de fuente de energía x semanas en el consumo de concentrado de iniciación	101
3.2.2.6	Interacción de sexo x semanas en el consumo de concentrado de iniciación	102
4.	CONCLUSIONES	104
5.	LITERATURA CITADA	105

CAPÍTULO 4

PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS Y METABOLITOS SANGUÍNEOS DE CABRITOS NUBIOS CRIADOS CON SUBSTITUTO DE LECHE

RESUMEN	109
ABSTRACT	111
1. INTRODUCCIÓN	113
1.1 Objetivo	114
2. MATERIALES Y MÉTODOS	115
2.1 Descripción del Área Experimental	115
2.2 Formulación de las Dietas Liquidas	115
2.3 Animales Utilizados y su Distribución en los Tratamientos	116
2.4 Manejo General	117
2.5 Variables a Evaluar en Sangre del Animal	119
2.5.1 Perfil hematológico	119
2.5.2 Perfil metabólico	119
2.6 Análisis Estadístico	120
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	121
3.1 Parámetros Hematológicos y Metabolitos Sanguíneos de Cabritos Nubios Alimentados con Substituto de Leche	121
3.1.1 Efecto de la inclusión de concentrado de proteína de soya y fuentes de energía sobre los parámetros hematológicos	121
3.1.1.1 Concentrado de proteína de soya	121
3.1.1.2 Fuentes de energía	122
3.1.2 Efecto del sexo y periodo de alimentación sobre los parámetros hematológicos	122
3.1.2.1 Sexo	122
3.1.2.2 Periodo	123
3.1.3 Efecto de la inclusión de concentrado de proteína de soya en los metabolitos sanguíneos	125
3.1.3.1 Glucosa	126
3.1.3.2 Albúmina	126
3.1.3.3 Proteína total y N-uréico	127
3.1.4 Efecto de la inclusión de fuentes de energía en los metabolitos sanguíneos	128
3.1.5 Efecto del sexo y periodo de alimentación en los metabolitos sanguíneos	128
3.1.5.1 Sexo	128
3.1.5.2 Periodo	129
3.2 Interacciones	131
3.2.1 Interacciones de parámetros hematológicos	131
3.2.1.1 Interacción de concentrado de proteína de soya x periodo de estudio para la concentración de hemoglobina	131
3.2.2 Interacciones de metabolitos sanguíneos	132

3.2.2.1 Interacción del periodo x fuentes de energía en la concentración de glucosa en suero sanguíneo	132
3.2.2.2 Interacción de concentrado de proteína de soya x dos fuentes de energía en la concentración de proteína total	134
3.3 Coeficientes de Correlación	137
4. CONCLUSIONES	140
5. LITERATURA CITADA	141
CAPÍTULO 5	
CONCLUSIÓN GENERAL	145

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO 2

Cuadro		Página
1	Composición comparativa entre la leche y el calostro de los bovinos	7
2	Contenido de inhibidores de proteasas de los productos de soya en mg g ⁻¹ de proteína	9
3	Composición típica de algunos productos de soya (% B.S.)	14
4	Composición de los principales aminoácidos de la proteína de la soya, leche y músculo de becerros (g de a.a./16gN)	15
5	Comportamiento de cabritos alimentados con leche o sustitutos lácteos	17
6	Digestibilidad aparente de algunas fuentes de lípidos usadas en sustitutos de leche para becerros	25
7	Concentrados de iniciación (%) elaborados con diferentes ingredientes alimenticios, que se han utilizado en la alimentación de cabritos	28
8	Contenido de nutrientes que se han reportado en concentrados de iniciación para cabritos	29
9	Medias y desviación estándar de algunos parámetros hematológicos en cabras West African Dwarf adultas y jóvenes	34

CAPÍTULO 3

Cuadro		Página
1	Formulación de los sustitutos de leche usados en la alimentación de cabritos (%)	69
2	Composición química de los sustitutos de leche utilizados en la crianza de cabritos Nubia	70
3	Distribución de los animales por sexo a cada uno de los sustitutos de leche	71
4	Composición del concentrado de iniciación suministrado a los cabritos	72
5	Consumo del sustituto de leche, concentrado de iniciación y ganancia diaria promedio de peso de cabritos criados con sustituto de leche elaborado con porcentajes diferentes de concentrado de proteína de soya y dos fuentes de energía	77
6	Efecto del sexo de los cabritos y el periodo de alimentación sobre el consumo del sustituto de leche, concentrado de iniciación y ganancia diaria promedio de peso de cabritos criados con sustituto de leche	83
7	Consumo de sustituto de leche y concentrado de iniciación en porcentajes del consumo total y su relación con la ganancia de peso de cabritos criados con sustituto de leche	84
8	Efecto del nivel de concentrado de proteína de soya, fuente de energía,	88

sexo de los cabritos y el periodo de alimentación sobre la conversión alimenticia de los cabritos, en base a sólidos totales(s.t.) del sustituto de leche mas concentrado de iniciación (M.S.)

- 9 Costo promedio de crianza de cabritos alimentados con sustituto de leche elaborado con concentrado de proteína de soya y dos fuentes de energía, basado en el consumo de sólidos totales del sustituto de leche más la materia seca del concentrado de iniciación por periodo 89

CAPÍTULO 4

Cuadro	Página
1 Formulación de los sustitutos de leche usados en la alimentación de cabritos (%)	116
2 Composición química de los sustitutos de leche utilizados en la crianza de cabritos de raza Nubia	116
3 Distribución de los animales por sexo a cada uno de los sustitutos de leche	117
4 Composición del concentrado de iniciación suministrado a los cabritos de raza Nubia	118
5 Concentración promedio de parámetros hematológicos (eritrocito, hematocrito y hemoglobina) en cabritos alimentados con sustituto de leche elaborado con porcentajes diferentes de concentrado de proteína de soya y dos fuentes de energía	125
6 Concentración promedio de metabolitos (glucosa, proteína total, albúmina y N-uréico) sanguíneos en cabritos alimentados con sustituto de leche elaborado con porcentajes diferentes de concentrado de proteína de soya y dos fuentes de energía	130
7 Coeficiente de correlación del peso vivo (P.V.), consumo de dieta líquida (CL), porcentaje de hematocrito (HEM), eritrocito (ERI), hemoglobina (Hb), consumo de alimento sólido (CAS), glucosa (GLU), proteína total (PT), albúmina (ALB), N-uréico (N-URE), y ganancia de peso diario (GDP)	139

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 3

Figura		Página
1	Ganancia de peso de cabritos alimentados con sustituto de leche elaborado con diferentes porcentajes de concentrado de proteína de soya	86
2	Interacción del consumo de tres niveles de concentrado de proteína de soya x dos fuentes de energía [sebo de puerco (p) y sebo de res (r)] en el consumo de sustituto de leche por cabritos de raza Nubia	91
3	Interacción de tres niveles de concentrado de proteína de soya x periodo (semanas) en el consumo de sustituto de leche por cabritos de raza Nubia	92
4	Interacción de la fuente de energía (p, r) x periodo (semana) en el consumo de sustituto de leche por cabritos de raza Nubia	94
5	Interacción del sexo (h, m) de los cabritos Nubia x periodo (semanas) en el consumo de sustituto de leche	95
6	Interacción de tres niveles de concentrado de proteína de soya x dos fuentes de energía (p, r) en el consumo de concentrado de iniciación por cabritos de raza Nubia	97
7	Interacción de tres niveles de concentrado de proteína de soya x sexo (m, h) de los cabritos Nubia alimentados con sustituto de leche en el consumo de concentrado de iniciación	98
8	Interacción de tres niveles de concentrado de proteína de soya x periodo (semanas) en el consumo de concentrado de iniciación por cabritos de raza Nubia criados con sustituto de leche	99
9	Interacción de dos fuentes de energía (p, r) x sexo (h, m) de cabritos Nubia alimentados con sustituto de leche en el consumo de concentrado de iniciación	100
10	Interacción de dos fuentes de energía (p, r) por periodo (semanas) en el consumo de concentrado de iniciación por cabritos de raza Nubia alimentados con sustituto de leche	102
11	Interacción del sexo (h, m) de cabritos Nubia x periodo (semanas) en el consumo de concentrado de iniciación	103

CAPÍTULO 4

Figura		Página
1	Interacción de tres niveles de concentrado de proteína de soya x periodo (semana) en la concentración de hemoglobina en cabritos de raza Nubia, criados con sustituto de leche	132
2	Interacción del periodo (semana) x dos fuentes de energía (p, r) en la concentración de glucosa en suero sanguíneo de caritos de raza Nubia criados con sustituto de leche	134

- 3 Interacción de tres niveles de concentrado de proteína de soya x dos fuentes de energía (p, r) en la concentración de proteína total en suero sanguíneo de cabritos de raza Nubia criados con sustituto de leche

136

RESUMEN GENERAL

El objetivo de este trabajo fue evaluar la inclusión de un concentrado de proteína de soya y dos fuentes de energía como substitutos de leche en el comportamiento productivo, parámetros hematológicos y metabolitos sanguíneos de cabritos criados artificialmente. Se utilizaron 68 cabritos (35 hembras y 33 machos) del nacimiento hasta las 9 semanas de edad, en la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, ubicada en la zona centro – norte de México (22° LN). Los cabritos se asignaron al azar a los tratamientos: T₁: proteína láctea más sebo de res, T₂: 20.0 % de concentrado de proteína de soya más sebo de res, T₃: 40.0 % de concentrado de proteína de soya más sebo de res, T₄: proteína láctea más sebo de puerco, T₅: 20.0 % de concentrado de proteína de soya más sebo de puerco y T₆: 40.0 % de concentrado de proteína de soya más sebo de puerco. El concentrado de proteína de soya a diferentes niveles no afectó ($P > 0.05$) el consumo de dieta líquida ni la ganancia diaria promedio de peso. Hubo diferencias ($P < 0.05$) en el consumo de concentrado de iniciación (95.0, 95.0 y 97.0 g d⁻¹ animal⁻¹). Las fuentes de energía no afectaron el consumo de la dieta líquida ni la ganancia diaria promedio de peso ($P > 0.05$). Sin embargo, hubo un efecto significativo ($P < 0.05$) en el consumo de concentrado de iniciación (97 vs. 95 g d⁻¹ animal⁻¹). El sexo de los cabritos afectó el consumo de concentrado de iniciación ($P < 0.05$), los machos consumieron mayor cantidad de concentrado que las hembras (100 vs. 92 g d⁻¹ animal⁻¹). Todas las variables fueron diferentes ($P < 0.05$) durante el periodo experimental (semanas). El sexo de los cabritos afectó ($P < 0.05$) la conversión alimenticia de sólidos totales más materia seca del concentrado, en el periodo experimental ambas conversiones alimenticias fueron diferentes ($P < 0.05$). Los cabritos alimentados con el substituto de leche que contenía 0.0 % de concentrado de proteína de soya presentaron mayor concentración de eritrocito, hematocrito y hemoglobina ($10.3 \pm 0.5 \times 10^6$ ml, 32.2 ± 3.1 % y 11.5 ± 1.0 g dl⁻¹ respectivamente) que los alimentados con niveles de 20 y 40 % de concentrado de proteína de soya ($P < 0.05$). La concentración del eritrocito y hematocrito de los cabritos que consumieron substituto de leche + sebo de res fueron mayores ($P < 0.05$) que las de

los cabritos alimentados con sebo de puerco (10.3 ± 0.5 vs $10.0 \pm 0.5 \times 10^6$ ml y 31.5 ± 3.6 vs 30.1 ± 3.5 %). Las hembras tuvieron mayores concentraciones ($P < 0.05$) de eritrocito y hemoglobina que las de los machos (10.2 ± 0.6 vs $10.1 \pm 0.5 \times 10^6$ ml y 11.3 ± 1.2 vs 10.9 ± 1.2 g dl⁻¹). El periodo no afectó ($P > 0.05$) los parámetros hematológicos. Los cabritos alimentados con 20 % del concentrado de proteína de soya tuvieron una mayor ($P < 0.05$) concentración de glucosa (89.9 ± 2.8 mg dl⁻¹) y albúmina (3.3 ± 0.4 g dl⁻¹), que aquellos alimentados con 0.0 y 40 %. La fuente de energía y el sexo no afectaron los metabolitos sanguíneos ($P > 0.05$). El periodo afectó ($P < 0.05$) solamente el N-uréico. Se presentaron interacciones significativas ($P < 0.05$) en el consumo de sustituto de leche, concentrado de iniciación, así como hemoglobina, glucosa y proteína total. A pesar de las diferencias en el comportamiento productivo, parámetros hematológicos y metabolitos sanguíneo, los sustitutos de leche elaborados con proteína de soya sebo de puerco y res pueden ser usados exitosamente en la alimentación artificial de cabritos Nubios.

Palabras clave: cabritos, alimentación artificial, proteína de soya, sebo de res, sebo de puerco.

GENERAL ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the inclusion of a concentrate of soy protein and two energy sources as milk substitutes on productive performance, hematological parameters, and blood metabolites of artificially fed kids. Sixty eight kids (35 females and 33 males) were utilized at the Goat Unit of the Faculty of Agronomy, Autonomous University of San Luis Potosí, located in the Center-North zone of México (22° N). Kids were randomly assigned to the treatments: T₁: milk protein+cow lard, T₂: 20.0 % of concentrate of soy protein+cow lard, T₃: 40.0 % of concentrate of soy protein+cow lard, T₄: milk protein+pork lard, T₅: 20.0 % of concentrate of soy protein+pork lard, T₆: 40.0 % of concentrate of soy protein+pork lard. The concentrate of soy protein at different levels did not affect ($P>0.05$) the consumption of liquid diet nor average daily weight gain. There were differences ($P<0.05$) in the consumption of starting concentrate (95.0, 95.0 y 97.0 g d⁻¹ animal⁻¹). The energy sources did not affect the consumption of liquid diet nor average daily weight gain ($P>0.05$). However, there was a significant effect ($P<0.05$) in consumption of starting concentrate (97 vs 95 g⁻¹ d⁻¹ animal⁻¹). Sex of kid affected the consumption of starting concentrate ($P<0.05$); males consumed more concentrate than females (100 vs 92 g d⁻¹ animal⁻¹). Sex of kid affected ($P<0.05$) the feed conversion of total solids plus dry matter of the concentrate; both feed conversions were different in the experimental period ($P<0.05$). Kids that were fed with the milk substitute that had 0.0 % of concentrate of soy protein had a higher concentration of eritrocite, hematocrite, and hemoglobin (10.3±0.5 x 10⁶ml, 32.2±3.1 %, and 11.5±1.0 g dl⁻¹, respectively) than those fed with levels of 20 and 40 % of the concentrate of soy protein ($P<0.05$). The concentrations of eritrocite and hematocrite of kids that consumed milk substitute + cow lard were higher ($P<0.05$) than those of kids fed with pork lard (10.3±0.5 vs 10.0±0.5 x 10⁶ml, and 31.5±3.6 vs 30.1±3.5 %). Females had higher concentrations ($P<0.05$) of eritrocite and hemoglobin than those of males (10.2±0.6 vs 10.1±0.5 x 10⁶ml, and 11.3±1.2 vs 10.9±1.2 g dl⁻¹). Period did not affect ($P>0.05$) hematological parameters. Kids fed with 20 % of concentrate of soy protein had a higher ($P<0.05$) concentration of glucose (89.9±2.8 mg dl⁻¹) and albumin (3.3±0.4 g dl⁻¹) than those fed with 0.0 and 40.0 %. Energy source and sex of kid did not affect ($P>0.05$) blood metabolites. Period affected ($P<0.05$) ureic N. There were significant interactions

($P < 0.05$) in consumption of milk substitute and starting concentrate, as well as hemoglobin, glucose and total protein. In spite of differences in productive performance, hematological parameters, and blood metabolites, milk substitutes prepared with soy protein, cow and pork lard, can be successfully used in artificial feeding of Nubian kids.

Key words: kids, artificial feeding, soy protein, cow lard, pork lard.

CAPÍTULO 1

1. Introducción General y Objetivos

Las cabras se encuentran distribuidas en el mundo en zonas montañosas, planicies, climas calientes, fríos, secos o húmedos. No sólo sobreviven, sino también generan productos en forma de carne, fibra y leche (Haenlein, 1996). En México existen aproximadamente 8.9 millones de caprinos que se encuentran distribuidos principalmente en los estados de Puebla, Oaxaca, Guerrero, San Luis Potosí, Coahuila y Zacatecas, cada uno de ellos con más de 510,000 cabezas. La producción de leche anual es aproximadamente de 160,000 toneladas, que se destinan principalmente a la elaboración de quesos, cajeta y dulce de leche. Los estados de Coahuila y Durango (zona norte del país) producen casi la mitad de la leche en el país, mientras que en la parte central destacan los estados de Guanajuato, San Luis Potosí y Michoacán con una producción de 33 % de la leche a nivel nacional (Valencia *et al.*, 2002; INEGI, 2005). Lo anterior indica una gran demanda de leche para la industria y el auto consumo de leche por las familias rurales.

La alimentación de cabritos con leche es una práctica que es considerada costosa. Pérez (1993) estima que en la alimentación de los cabritos se usan de 45 a 70 l de leche por cabrito, indicando su incosteabilidad al relacionarlo con el bajo precio que se paga por la carne de cabra. Una opción factible para la venta de la leche, o bien, para disminuir el costo de alimentación de cabritos vendidos como pie de cría, es el uso de los sustitutos de leche. Estudios previos han mostrado que los cabritos alimentados con sustituto de leche pueden comportarse similarmente a los alimentados con leche. Los resultados dependen de la composición, calidad del sustituto de leche; esto a su vez, está dado por el tipo de materias primas que se usen en la fabricación y su nivel de inclusión en el sustituto de leche, cantidad consumida, sistema de alimentación y manejo (Morand Fehr *et al.*, 1982; Sanz-Sampelayo *et al.*, 1987; Havreuoll *et al.*, 1991). Sin embargo, en el mercado de nuestro país los sustitutos de leche deshidratados para cabritos son escasos y de alto costo.

El concentrado de proteína de soya ha sido escasamente empleado en la crianza de cabritos. Probablemente sea debido a que este tipo de proteína, al igual que la de

pescado, trigo, carne y suero de leche, ha resultado en ganancias de peso ligeramente menores en los prerumiantes, comparadas con los sustitutos de leche basados en leche descremada (Sanz- Sampelayo *et al.*, 1987).

Otro aspecto importante en la nutrición de los cabritos está relacionado con el desarrollo ruminal, el cual es dependiente de la iniciación del consumo de alimento sólido, que estimula cambios en la disponibilidad de nutrientes en los rumiantes jóvenes. Antes del destete, la leche proporciona la energía y proteína que son absorbidas por el intestino; después del destete la energía es derivada primeramente de la fermentación ruminal y subsiguiente absorción de nutrientes. Además, la deficiencia de nutrientes ocurre en los sistemas de crianza por causas como acceso y tiempo a la dieta líquida, así como ingredientes y nutrientes que forman los sustitutos lácteos. Esto hace necesario evaluar algunos componentes de la sangre como indicadores del estado nutricional de los cabritos criados con sustitutos de leche.

La valoración del estado nutricional de diversas especies animales, según Cruz *et al.* (1999), se ha basado en la medida de peso corporal y en la determinación de algunos parámetro sanguíneos. Como indicadores del estado energético, se utilizan la glucosa sanguínea, ácidos grasos no esterificados y cuerpos cetónicos. Mientras que para el estado proteico son: albúmina, nitrógeno uréico y aminoácidos libres. La concentración de estos compuestos ofrece valiosa información en el diagnóstico para la interpretación del estado nutritivo en los animales y puede ser usada para mejorar el manejo nutricional y prevenir desórdenes metabólicos.

De acuerdo a lo anterior los objetivos del presente trabajo fueron:

- 1.1. Evaluar la inclusión de concentrado de proteína de soya y dos fuentes de energía como sustitutos de leche en el comportamiento de cabritos.
- 1.2. Determinar los parámetros hematológicos y metabolitos sanguíneos de cabritos Nubios criados con sustituto de leche elaborado con proteína vegetal y diferentes fuentes de energía.

CAPÍTULO 2

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS Y METABOLITOS SANGUÍNEOS DE CABRITOS CRÍADOS ARTIFICIALMENTE

1 REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Desarrollo Anatómico-Fisiológico y Función Digestiva del Tracto Digestivo de los Rumiantes

Al nacer, la única fuente de alimento para los rumiantes es a base de dieta líquida y no son capaces de digerir alimento sólido. En esta etapa se caracterizan por el funcionamiento del reflejo de la gotera esofágica, cuya acción de mamar determina su cierre, lo que provoca que los líquidos vayan directamente al abomaso (Frandsen, 1976; Leibholz, 1976; Crane y Lakes, 1986).

Al analizar el desarrollo del tracto digestivo de corderos, se indica que el peso relativo de los estómagos (retículo, rumen, omaso y abomaso), intestino delgado e intestino grueso, cambia muy poco durante los primeros 28 días de vida post-natal. Posteriormente los incrementos se hacen patentes (el retículo-rumen se incrementa de 31 a 75 % entre el nacimiento y 56 días de edad, el abomaso disminuye de 62 a 22 % en el mismo periodo y el omaso cambia sólo ligeramente), mientras que el intestino delgado disminuye y el intestino grueso no cambia sustancialmente con el avance de la edad (Oh *et al.*, 1972).

Se tiene pleno conocimiento del efecto de la dieta sobre el desarrollo de los estómagos. El desarrollo del retículo-rumen se incrementó de 71 a 95 % y el omaso-abomaso bajó a 5 y 29 % del volumen total de los componentes estomacales, entre los 37 y 68 días de edad, en cabritos alimentados con una dieta líquida y forraje. Mientras que la alimentación de cabritos con leche solamente, mantiene un desarrollo similar del retículo-rumen y omaso-abomaso entre las edades de 32 a 38 días (Pérez, 1986). El peso del rumen, retículo y omaso-abomaso de cabritos alimentados con 100 y 70 % de leche, al momento de nacer fue de 10 y 14 g; 6.5 y 5 g; y 23.5 y 25 g respectivamente; a las 8 semanas de edad, el peso del rumen fue de 160 y 140 g, el retículo de 40 y 40 g el omaso-abomaso de 90 y 83 g, mientras que a las 16 semanas de edad, el peso del rumen

fue de 375 y 345 g, el retículo de 80 y 70 g, y el omaso-abomaso de 180 y 155 (Thea *et al.*, 1995).

Las papilas ruminales en los prerumiantes al nacer miden alrededor de 1 mm de largo. Estas sufren un desarrollo debido a los productos de la fermentación microbiana (síntesis de AGV), aunado a la estimulación física (Mc.Gavin y Morrill, 1976, citado por Beharka *et al.*, 1998). De los AGV, el ácido butírico es prioritario en el crecimiento de las papilas, al provocar una respuesta inflamatoria e incrementar el flujo de sangre hacia las papilas (Lyford, 1988). La estimulación para el desarrollo anatómico y fisiológico del rumen por los ácidos grasos volátiles sugiere una estrecha relación entre el desarrollo del rumen y la actividad microbiana (Anderson *et al.*, 1987, citado por Beharka *et al.*, 1998), mencionando que el establecimiento de la población de bacterias del rumen parece ser primeramente dependiente de la dieta de los animales. La estimulación física es dada a través del suministro de forrajes. La paja de arroz es superior a los henos para estimular físicamente el crecimiento muscular del rumen, razón por la cual se sugiere su uso como material inerte durante el periodo de amamantamiento (Abe *et al.*, 1999).

El abomaso es la porción del estómago de los poligástricos que segrega enzimas y ácidos que permiten la predigestión del alimento. Las enzimas (renina y pepsina) se encuentran en forma inactiva, y su actividad depende de un pH ácido, el cual es favorecido por el ácido clorhídrico. Siendo la presencia de alimento y la calidad del mismo en el abomaso el desencadenante de la secreción. La renina (mayor actividad a pH de 3.5) es la enzima proteolítica predominante en animales alimentados a base de leche y su función es la coagulación de la caseína de la leche, provocando la formación de un coágulo (contiene la fracción proteica, grasa y vitaminas liposolubles) abundante y de consistencia dura y la separación del suero. La pepsina se produce con la presencia de dietas sólidas y aparece a las pocas horas de nacido el animal y después de la 6ª semana de edad alcanza su mayor valor. Su máxima actividad se presenta a un pH de 2.0 y el coágulo es de consistencia floculante (Liford y Huber, 1988; Ruckebusch y Thivend, 1980).

El intestino delgado de los rumiantes recién nacidos es permeable a la proteína de alto peso molecular (inmunoglobulinas) proveniente del calostro en las primeras 6 a 8

horas de vida, disminuyendo su absorción hasta prácticamente hacerse nula después de las 24 horas. Sin embargo, pequeñas cantidades continuarán absorbiéndose en las crías hasta las 72 horas de vida (Harker, 1974; Rincón, 1976; Moreno, 1978; Tórtora, 1978). Se secretan tres grupos principales de enzimas: Las proteolíticas (tripsina, quimotripsina y carboxipeptidasa) que se encargan de degradar a las proteínas. Brown y Perry (1981) y Pérez (1986) demostraron que los niveles de la tripsina se cuadruplicaron y la quimiotripsina se duplicó en animales a los 7 y 14 días de edad; las lipasas incluyen a esterasas y a la lipasa pancreática y las glucolíticas, que comprenden a la lactasa; la cual es secretada en cantidades adecuadas para el desdoblamiento de la lactosa en glucosa y galactosa; la sucrasa, maltasa y amilasa; el nivel de estas enzimas es muy bajo al nacer el animal y se mantiene bajo hasta los 44 días de edad en el caso del becerro. Ninguna de las enzimas mencionadas anteriormente se secreta en grandes cantidades en las primeras horas de vida para proteger a las inmunoglobulinas del calostro de ser digeridas (Ledesma, 1978; Morril, 1987; Leibholz, 1976; Zatarain, 1986).

1.2 Requerimientos Nutricionales de los Cabritos

El Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación de España (1989) sugiere que los sustitutos de leche para cabritos deben de contener de 16.0 a 23.0% de grasa; 22.0 a 32.0% de proteína cruda (por lo menos el 60.0% debe de ser de leche) y un consumo de 150 g de sólidos totales /l de agua. Sin embargo, Arbiza (1986) menciona que el sustituto de leche no debe de sobrepasar el nivel medio de grasa de la leche de cabra, por lo que la cantidad de grasa será de 25 a 30 %, la proteína cruda de 22.0 a 25.0 % y la concentración de sólidos totales de 12 a 18.0 %. Mientras que Jarrige (1989) considera que 20 a 24 % de grasa y de 22 a 27 % de proteína cruda son niveles adecuados de nutrientes para el buen desarrollo del cabrito. El NRC (1981) aún no presenta requerimientos de cabritos en la etapa del nacimiento al destete; sólo considera necesidades nutritivas a partir de los 10 kg de peso vivo. Cabe señalar la importancia que tiene el suministro de diferentes concentraciones de sólidos totales de los sustitutos lácteos en la composición de los depósitos de grasa en los cabritos (Rojas *et al.*, 1994).

1.3 Materias Primas

La importancia de este apartado es conocer las materias primas más utilizadas en la formulación de las dietas líquidas (sustitutos de leche) para cabritos.

1.3.1 Ingredientes de origen lácteo

1.3.1.1 Calostro

El calostro es la primera secreción láctea de la glándula mamaria después del parto y durante unos días a partir del parto (Crowley, 1973; Otterby *et al.*, 1977; Tórtora, 1978; Foley y Otterby, 1978; Valdés, 1977; Rincón, 1976; Arbiza, 1986; Pérez, 1986). El calostro es de color amarillento, de mayor viscosidad que la leche y coagula por ebullición y con un pH ligeramente ácido (6.2 a 6.4) (Ortega y Ledesma, 1978; Arellano *et al.*, 1985). La composición química del calostro reúne todos los elementos necesarios para ser considerado un buen alimento, de hecho es considerado mejor que la propia leche, especialmente para animales jóvenes (Muller *et al.*, 1975). El calostro bovino del primer ordeño contiene el doble de materia seca o sólidos totales; 1.5 veces de grasa; 4 a 5 veces más proteína, siendo las inmunoglobulinas las más importantes; casi dos veces la cantidad de cenizas; siendo el hierro el más importante de los oligoelementos; y presenta la mitad de la lactosa de la leche. La riqueza en vitamina A que posee el calostro permite al recién nacido mantener importantes reservas hepáticas de este elemento, del que carece al nacer (Cuadro 1) (Tórtora, 1978; Valdés, 1977).

Cuadro 1. Composición comparativa entre la leche y el calostro de los bovinos

Parámetros	Leche normal	Calostro
Sólidos totales	12.0	23.9
Grasa	3.5	6.7
Sólidos no grasos	8.6	18.5
Lactosa	4.6	3.0
Minerales	0.5	1.5
Proteínas	3.5	14.0
caseína	2.9	5.2
albúmina	0.2	0.4
inmunoglobulinas	0.09	6.8

Fuente: Tórtora, 1978; Valdés, 1977.

1.3.1.2 Leche deshidratada

En el pasado, el principal ingrediente en muchos substitutos lácteos fue la leche deshidratada (Heinrichs, 1993), debido a que es un alimento cualitativa y cuantitativamente equilibrado y por lo mismo difícil de reemplazar para la alimentación de los animales jóvenes (Morris, 1987). La leche en polvo se conoce con el nombre de leche deshidratada; se obtiene por sustracción casi total del agua, al eliminar parte del agua aumenta el extracto seco en una concentración superior al 65.0% de sólidos solubles y como consecuencia los gérmenes no pueden desarrollarse (SEP, 1982). La composición química de la leche entera en polvo que reporta la compañía Nestlé Nido para proteína es de 26.4 g, lactosa 38.6 g, grasa 26 g, minerales 5.8 y agua 3 g/100 g.

1.3.1.3 Suero de leche

El suero de leche es un subproducto que se obtiene de la industria quesera. Es una fuente barata de azúcares, minerales y vitaminas hidrosolubles, pero es pobre en proteínas, grasa y vitaminas liposolubles (Ledesma, 1978). Se considera la fuente

primaria de proteína en los substitutos de leche (Heinrichs, 1993). Por ultra filtración se obtiene un producto denominado concentrado de proteína de leche, que tiene esencialmente la misma composición química que la leche descremada deshidratada, pero el concentrado de proteína de suero cuesta 40 % menos que la leche deshidratada. Los componentes químicos del suero de leche son: lactosa (73.8 %), proteína (12.9 %), grasa (1.1 %), cenizas (8.0 %) y agua (4.5 %). Debido a su alto contenido de lactosa se le considera una buena fuente de energía (Ledesma, 1978).

1.3.1.4 Leche ácida

La acción de los gérmenes produce fermentación de la leche, ocasionando un incremento de la solubilidad de sus proteínas, siendo más fácilmente digeridas que las de la leche no ácida (Agenjo, 1948). En la leche ácida el coágulo está finamente desmenuzado y sin separación de suero. Su composición es extracto seco 21.22 %, proteína 4.99 %, grasa 4.13 %, azúcar 6.32 %, minerales 1.01 % y ácido láctico 1.28 % (Agenjo, 1948).

1.3.2 Proteína de origen vegetal.

1.3.2.1 Proteína de soya

El contenido de proteína cruda varía de 40 a 95, de una calidad alimenticia similar a la proteína animal (carne, leche, pescado y huevo) y aceptada como la fuente de proteína más importante para uso en la alimentación humana, aves y ganado; además, es altamente disponible y de bajo costo (Smith, 1997; Gottemoller, 1994). Dicha calidad está en función de varios factores, incluyendo el contenido de aminoácidos, la digestibilidad, la presencia de factores antinutricionales, y los requerimientos de aminoácidos de los animales. Se consideran proteínas de alto valor aquéllas que son totalmente digeribles, con una composición de aminoácidos cercano al patrón requerido por los animales y humanos que consumen esa proteína (Liu, 2000). La digestibilidad es un indicador de la calidad de proteína (Sohn *et al.*, 1994; Grala *et al.*, 1998). La proteína de soya purificada debe estar totalmente disponible para los animales; sin embargo, no

existe en la naturaleza y, en la mayoría de los casos, se mezcla con otros componentes naturales de la soya, como son los componentes biológicamente (factores antinutricionales) activos que ocurren de manera natural y limitan su uso en algunas especies de animales, tales como inhibidores de proteasas, lectinas, proteínas antigénicas, oligosacáridos, saponinas, polifenoles, fitatos, etc. (Liener, 1994; Dréau *et al.*, 1994 y Tamminga *et al.*, 1995).

1.3.2.1.1. Inhibidores de proteasa

Los inhibidores de tripsina (proteasas) encontrados en semillas de leguminosas pertenecen a dos categorías: el inhibidor de tripsina Kunitz y el inhibidor Bowman- Birk (BB), encontrados predominantemente en la soya. Los primeros son inactivados por calor y jugos gástricos y los segundos son resistentes a la proteólisis enzimática, debido a la abundancia de los puentes disulfuros, los cuales parecen ser relativamente resistentes al calor, excepto en la forma purificada (Huisman and Jansman, 1991). Además, los inhibidores de la soya disminuyen la digestibilidad de la proteína a través de la reducción o inhibición de la acción de las enzimas pancreáticas (tripsina y quimotripsina), así como la hipertrofia del páncreas causada en algunos animales, como gatos y pollos (Liener, 1994).

La actividad del inhibidor de tripsina expresada en mg por g de proteína se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Contenido de inhibidores de proteasas de los productos de soya en mg g⁻¹ de proteína

Fuente de proteína de soya	Inhibidor de tripsina	de Kunitz (contra tripsina)	Bowman-Birk (contra quimotripsina)
Frijol de soya entero	16.7-27.2		
Harina cruda	28.0-32.0	1.0-20.0	0.2-4.9
Harina tostada	7.9 - 9.4		
Concentrado de soya	5.4 - 7.3	<0.5-6.1	<0.2-1.0
Aislado de soya	1.0 - 30.0	<0.5-3.6	0.3-2.0

Bourquin, 1996.

La desactivación o remoción de los inhibidores de tripsina (TI) de la soya se realiza mediante tratamientos térmicos, generando no sólo una reducción en la actividad de TI, sino también en la solubilidad de la proteína de la semilla. Sin embargo, el tratamiento con calor excesivo puede producir pérdida de los aminoácidos indispensables de la proteína de la soya, por lo que es esencial utilizar condiciones óptimas (temperatura/presión, humedad y tiempo) para maximizar la destrucción de TI y a la vez minimizar la reducción de la solubilidad de la proteína, así como reducir la pérdida de aminoácidos indispensables. Los tratamientos más comúnmente usados son: extrusión, rayos infrarrojos, micronización, autoclave u hojuelado, los cuales inactivan adecuadamente los TI a temperaturas cerca de 80 °C. (Gatel, 1992).

1.3.2.1.2. Lectinas

Estas glicoproteínas son compuestos de azúcares específicos, resistentes a la acidez estomacal y a las enzimas digestivas (proteólisis). Las lectinas pueden aglutinarse en la pared del intestino y dañar su mucosa, alterando la permeabilidad intestinal (morfología del epitelio), el transporte de nutrientes, las funciones inmunes, metabolismo de proteínas, actividad enzimática y regulación hormonal. Además, estos compuestos pasan a través del intestino a la circulación general de manera intacta (Putzai, 1991). Las lectinas aglutinan fuertemente a células receptoras del epitelio en el tracto digestivo, estimulando el crecimiento del intestino delgado y del páncreas (Pusztai *et al.*, 1995). La afinidad de las lectinas por células del epitelio difiere entre las especies y la edad animal (Frokiaer *et al.*, 1997). La pared intestinal dañada permite el paso a la circulación general de proteínas diferentes a la lectina, causando reacciones alérgicas incluyendo anafilaxis. Una vez que las lectinas se encuentran en la circulación general se pueden aglutinar en la superficie de las membranas de las células en arterias y vasos, órganos y glándulas incluyendo tiroides, páncreas, riñones y adrenales, tanto en animales como en humanos. Estas aglutinaciones pueden traer reacciones antígeno-anticuerpo conduciendo a desórdenes auto inmunes o a enfermedades degenerativas (Schang y Azcona, 2000).

Basados en la prueba de hemoaglutinación, el contenido de lectinas en la harina de soya desgrasada es de 1600 a 3000 unidades/mg, las cuales son inactivadas

adecuadamente con tratamientos por calor, siendo más efectivo el calor por vapor (Gatel, 1992).

1.3.2.1.3 Proteínas antigénicas

Estas moléculas son principalmente glicoproteínas (glicina, α conglucina y β conglucina), probablemente incluyen inhibidores de proteasas (tripsina y quimotripsina) y lectinas. Los animales pueden desarrollar cierta predisposición intestinal de reacción adversa en respuesta a la ingestión repetida de moléculas alergénicas. Esto ha sido bien establecido en becerros y lechones alimentados con soya, al presentar los animales efectos detrimentales en la mucosa del intestino delgado y niveles elevados de anticuerpos en el suero sanguíneo (Sissons y Tolman, 1991; Russett, 1997). Similares cambios en morfología y fisiología intestinal se han observado en otras especies como ratas (Govers *et al.*, 1993) y peces (Bureau *et al.*, 1998). El efecto negativo de los antígenos de la soya sobre el comportamiento de los animales jóvenes se puede explicar por el daño a las células de las vellosidades del epitelio intestinal, reduciendo la capacidad enzimática y de absorción del intestino delgado, lo cual es asociado con una mala digestión, absorción y diarrea (Lallés *et al.*, 1996).

Mathew *et al.*, (1997) encontraron cambios significativos en la mucosa intestinal de animales post-destete alimentados con productos de soya, resultando en menor resistencia a patógenos intestinales como *Escherichia coli* y *salmonella*.

La glicina y β conglucina son resistentes a tratamientos térmicos y a la digestibilidad de los becerros. Sin embargo, soluciones acuosas de etanol han sido propuestas para inactivar estas globulinas. La concentración óptima de alcohol, temperatura y tiempo de procesamiento son 65-70%, 80° C y dos horas, respectivamente (Lallés, 1993).

1.3.2.1.4 Oligosacáridos

Los oligosacáridos presentes en la soya pueden ser responsables de la flatulencia y diarrea en los animales. Este problema deriva de la presencia de oligosacáridos α - ligados principalmente a rafinosa y estaquiosa, ambos azúcares no reductores que

contienen fructosa, glucosa y galactosa. Los animales monogástricos carecen de la enzima α 1, 6 galactosidasa en su mucosa intestinal. Cuando se ingieren, estos hidratos de carbono permanecen inabsorbidos, pasan al tracto intestinal bajo donde son metabolizados por la microflora intestinal que contiene la enzima, generando la producción de gases (Liener, 1994 y Naczk *et al.*, 1997). Sin embargo, un estudio realizado por De Schrijver (1998) no encontró cambios en el consumo o utilización de la proteína debido a la presencia de α galactosidasa en la dieta de puercos jóvenes.

El tratamiento térmico por sí sólo, tiene poco efecto en la eliminación de los oligosacáridos, debido a que son estables al calor. Sin embargo, un método efectivo es la extracción con etanol acuoso. Este método se emplea principalmente en la producción de concentrado de proteína de soya. Otra técnica de eliminación de los oligosacáridos es la hidrólisis enzimática. Se emplean enzimas endógenas producidas durante la germinación y enzimas exógenas para la fermentación (Liu, 2000).

1.3.2.1.5 Fitatos

Los fitatos son sales de calcio, magnesio y potasio del ácido inositol hexafosfórico que se conoce comúnmente con el nombre de ácido fítico, el cual es la principal fuente de fósforo en la soya. Este compuesto es de interés por su efecto sobre la biodisponibilidad de nutrimentos inorgánicos y la solubilidad de la proteína, cuando se encuentra presente en los alimentos destinados al consumo humano y animal (Liener, 1994).

Los fitatos son termoestables. Liu (2000) reportó que aplicando vapor o cocinando por 20 min. el frijol de soya, se produce un efecto ligero en la reducción de ácido fítico, sin llegar a ser significativo.

1.3.2.2 Composición química de productos de soya

La soya es fuente de aminoácidos y proteína, considerada como la mejor alternativa para la alimentación proteica de los becerros (Kolar and Wagner, 1991). Existen tres tipos de proteína de soya, cuya clasificación se realiza de acuerdo al contenido de proteína y el método de extracción.

El procesamiento de los frijoles crudos implica una limpieza inicial, templado ruptura, descascarillado y hojuelado, aspectos necesarios para hacer la extracción de aceite con el uso de hexano. El producto resultante son hojuelas desgrasadas, sémolas de soya o harinas de soya (Cuadro 3); la diferencia entre la sémola y la harina de soya es el tamaño de partícula. La harina de soya es finamente molida para pasar por un tamiz estándar del No. 100, mientras que la sémola se clasifica en tamices del No.10 hasta 80, con la misma composición química que la harina de soya. Su producción es barata y generalmente proporcionan pobres resultados en la alimentación por el alto contenido de antígenos y carbohidratos que no pueden ser utilizados por los prerumiantes (Horna, 1974 y Gottemoller, 1994).

La harina de soya es sometida a una extracción acuosa de alcohol o ácida (pH 4.5) para eliminar los carbohidratos solubles y aumentar la concentración de proteína hasta 70% (concentrado de proteína de soya), donde la cantidad de antígenos disminuye.

Se aducen tres razones para remover los azúcares solubles: La primera, eliminar el sabor afrijolado y al removerlos resultará una soya con sabor suave (también se elimina el sabor producido por las enzimas); la segunda, reducir los factores de la flatulencia y la tercera, disminuir los factores antigénicos.

El tratamiento con alcohol proporciona proteínas muy bajas en sodio y de color muy claro, pero con un índice de dispersabilidad proteínica (IDP) muy bajo, menor a 10 con muy baja emulsificación. La extracción ácida da como resultado un menor contenido de cenizas y un IDP mayor de 70. Este producto es muy bueno para la emulsificación y se utiliza ampliamente en la industria cárnica.

Los aislados de proteína de soya son elaborados con una harina desgrasada con IDP del 90 %. Se realizan dos extracciones para remover los carbohidratos solubles como los insolubles. La primera extracción se realiza bajo un medio levemente alcalino con un pH de 7.5 -8.5 para remover los carbohidratos insolubles. Los carbohidratos solubles, las proteínas y minerales son acidificados a un pH de 4.5 y las proteínas que se obtienen son separadas de los carbohidratos solubles. El producto resultante tiene un 90 % de proteína en base seca (Cuadro 3) (Morris, 1988; Gottemoller, 1994).

Cuadro 3. Composición típica de algunos productos de soya (% B.S.)

Componentes	Harina	Concentrado	Aislado
Materia seca	93.5	95.1	95.3
Proteína	56.0	72.0	96.0
Grasa	1.0	1.0	0.1
Fibra cruda	3.5	4.5	0.1
Cenizas	6.0	5.0	3.5
Carbohidratos (solubles)	14.0	2.5	0.0
Carbohidratos (insolubles)	19.5	15.0	0.3

La composición de aminoácidos de las proteínas de soya es muy parecida a los patrones de aminoácidos de las fuentes proteicas de origen animal de alta calidad, como leche de vaca y músculo de becerros (Cuadro 4) Do Prado et al. (1989). La soya tiene menor contenido de lisina, metionina y treonina, pero tiene más arginina que la proteína de la leche de vaca, siendo esta última más baja en glicina, alanina, cistina y arginina. Los principales aminoácidos limitantes para los prerumiantes jóvenes son los aminoácidos azufrados (metionina, cistina y cisteina) y especialmente la metionina (Do Prado et al., 1989). La adición de metionina a los substitutos de leche que contienen proteína de soya mejora el comportamiento de los becerros (Walker y Kirk, 1975). Además se encontró que los substitutos de leche que tienen proteína de soya son también limitantes en lisina y treonina, por lo que se requiere adicionar dichos aminoácidos para mejorar la calidad del sustituto de leche (Erickson et al., 1989; Kanjanapruthipong, 1998).

Cuadro 4. Composición de los principales aminoácidos de la proteína de la soya, leche y músculo de becerros (g de a.a./16gN)

Aminoácidos (a.a.)	Soya	Leche de vaca	Músculo de becerro
Treonina	3.7	4.6	4.9
Prolina	5.7	10.1	5.1
Glicina	4.7	2.0	6.5
Alanina	4.8	3.5	7.0
Cistina	1.5	0.9	1.3
Metionina	1.5	2.6	2.8
Isoleucina	5.8	5.8	5.5
Lisina	6.7	8.5	9.5
Arginina	7.8	3.6	6.8
Aminoácidos esenciales	46.5	47.7	49.2
Aminoácidos no esenciales	62.4	60.3	56.4

Do Prado *et al.*, 1989

1.3.2.3 Digestibilidad de nutrientes de productos de soya

La proteína de soya es un importante sustituto de la proteína de la leche en los substitutos lácteos para los prerumiantes. No obstante, el comportamiento de los animales y la digestibilidad del nitrógeno (N) son usualmente más bajos con dietas de soya que con dietas de proteína de leche. La magnitud de esta variación depende del nivel de inclusión de la soya en la dieta, del contenido de factores antinutricionales y la susceptibilidad de los productos de soya a la digestión (Lallés, 1993).

En un estudio con diversos productos derivados de la soya, se encontró que la actividad antitripsina, lectina y proteína total, fueron los factores más importantes que explican la variación de la digestibilidad aparente del N (Tukur *et al.*, 1993). En contraste, Lallés *et al.* (1996) observaron una relación negativa entre la digestibilidad aparente del N de la soya y la concentración de glicina antigénica y β con glicina (proteínas antigénicas), también demostraron que cantidades importantes de glicina

inmunoreactiva y en menor grado la α con glicina y β con glicina, escapan de la digestión en el intestino delgado de los becerros pre-rumiantes. Una relación negativa existe entre el flujo de la glicina y la digestibilidad aparente del nitrógeno a nivel de ileon, el flujo se incrementa cuando se alimenta a los becerros con sustitutos de leche que contienen harina de soya, ocasionando interrupción en la motilidad del intestino delgado, lo cual está usualmente asociado con mala digestión, mala absorción y diarrea, ésto se agudiza cuando se proporciona harina de soya tostada en los sustitutos lácteos en niveles superiores al 18 % (18 % de la proteína cruda total del sustituto) (Lallés *et al.*, 1995).

Lallés *et al.* (1996) concluyen que la digestibilidad aparente del nitrógeno de la soya se encuentra correlacionada negativamente con la actividad antitripsica y la concentración de glicina, α con glicina y β con glicina en productos comerciales de soya que fueron incorporados en los sustitutos lácteos a niveles de 58 a 71 % del total de la proteína de la dieta. La β con glicina fue la mejor forma de predecir de la digestibilidad del N de la soya. Cuando los productos de soya no tuvieron niveles detectables de β con glicina, la digestibilidad del N fue mejor predicha por la actividad antitripsica. Esto ocurrió en nueve productos de soya (tres harinas tostadas y seis concentrados de proteína de soya), en los cuales la digestibilidad osciló de 59 a 84%, siendo mayor para los concentrados de proteína de soya.

Los coeficientes de digestibilidad para sustitutos de leche para cabritos, elaborados con proteína de soya texturizada fueron de 90.3% para materia seca, 92.5% para materia orgánica, 91.7% para proteína cruda, 90.3% para grasa. Con ganancias de peso promedio por día de 123.0 g (Do Prado *et al.*, 1991). Ouédraogon *et al.* (1998) trabajando con harina de soya tostada a 100° C por 10 min. y harina de soya tostada a 100° C por 30 min. obtuvieron una digestibilidad de la materia seca de 83.30 y 86.05%, materia orgánica de 83.43 y 86.60%, nitrógeno de 67.15 y 75.05%, grasa de 84.35 y 87.45%, para calcio 46.35 y 49.25% y para el fósforo 80.75 y 81.75, respectivamente. Estos mismos autores mencionan que los valores de la digestibilidad del nitrógeno son bajos comparados a los que reportan Do Prado *et al.* (1993), que fueron de 75.0 a 86.0% en soya texturizada, incorporada en los reemplazantes lácteos de cabritos a niveles de 32.5 y 65.0% de la proteína total.

1.4 Alimentación de Cabritos con Leche y/o Sustitutos Lácteos

En el Cuadro 5 se muestra el comportamiento de cabritos criados artificialmente con sustitutos de leche, elaborados con ingredientes de origen lácteo como principal fuente de proteína debido a su elevada digestibilidad (más de 90 %) y con productos de soya que tiene menor digestibilidad, en reemplazo de la proteína láctea (Jarrige, 1989).

Cuadro 5 Comportamiento de cabritos alimentados con leche o sustitutos lácteos

Dieta líquida	Tipo de mezcla	Consumo	Ganancia g/d	Peso destete Kg.	Conclusión y autores
Calostro	Leche de cabra		138		El calostro y leche de cabra fueron (Magaña <i>et al.</i> , 1987)
	Calostro fermentado		120		
	Subs. de becerros		72		
Leche deshidratada	Leche de cabra más 96 g/l de leche en polvo con 40 g de manteca vegetal (50.0:50.0%)	600ml 1er sem. con incremento de 100ml/sem.	126		Ruíz <i>et al.</i> , 1982
	Misma dieta para cabritos de raza Nubia	1129 g/d	102	11.3	Díaz <i>et al.</i> , 1995
	Subs. lácteo (60 días) Cabritos			9.28	Menores depósitos de grasa (Sanz <i>et al.</i> , 1993)
Suero de leche	T1 leche de cabra		167		Resultados similares en la leche de cabra y el T3 (Galina <i>et al.</i> , 1995)
	T2 20.0%		152		
	T3 35.0%		168		
	T4 50.0 %.		152		
	Alpino				
	T1=0.0		144	12.79	Solamente se presentó una reducción de
	T2=20.0		145	13.02	
	T3=40.0		130	12.21	

	T4=60.0 Cruza ½,Nubia + 1/4 Alpina + ¼ Moxoto		147	12.33	costos de 30.6, 41.4 y 79.28% (De Paiva <i>et al.</i> , 1998)
Leche ácida	Leche de cabra	11.5 Kg./sem.	125	10.8	No hubo diferencia (Sahlu <i>et al.</i> , 1992)
	Leche acidificada a 14.8% de S.T.	8.7 kg./sem.	115	10.3	
Proteína de soya Cruza de Alpinos o Nubia x criollo	Leche de cabra (LC)		160.33	11.33	Mejores ganancias con LC y LV que con PS (Do Prado <i>et al.</i> , 1993)
	Leche de vaca (LV)		163.99	11.41	
	Subst. leche (PS) con proteína de soya		85.08	7.49	
	Subs. de leche			10.2	No hubo
	Subs. HSF 10 (45 % PT).			9.1	diferencia (Ouédraogo
	Subs.HSF30 (45%PT)			9.4	<i>et al.</i> , 1998)

1.4.1 Alimentación de cabritos con calostro

Las vacas lecheras usualmente producen más calostro del que puede ingerir su cría, aspecto que ha dado oportunidad a la realización de una gran cantidad de investigaciones y experiencias prácticas en el uso del calostro como alimento de animales jóvenes, principalmente, en estado fresco, congelado, fermentado, acidificado, deshidratado y diluido (Snyder *et al.*, 1974; Calderón *et al.*, 1990).

El uso del calostro bovino en la alimentación de los caprinos ha sido bastante restringido. El suministro de calostro fermentado de vaca a cabritos ha dado ganancias de peso similares a la leche de cabra (Magaña *et al.*, 1987). Por otro lado, se ha observado que el calostro fermentado en sustitución del 50 % de la leche materna favorece la crianza de los cabritos (Jara *et al.*, 1994).

1.4.2. Alimentación de cabritos con leche deshidratada

Cabritos alimentados con una combinación de 50 % de leche de cabra y 50 % de leche en polvo administrada a razón de 600 ml de leche/día a partir de la primera semana de vida, y con un incremento de 100 ml/semana, tuvieron ganancias de peso mayores (Ruíz *et al.*, 1982), a los aportados por Díaz *et al.* (1995) en cabritos Nubios con el mismo tipo de dieta líquida, con consumos promedio de 1129 g/día, es probable que dicha diferencia haya sido por el mayor consumo de la dieta y una mayor concentración de sólidos totales de la misma. Considerando que en cabritos Alpinos alimentados con leche de cabra, se encontró un mayor consumo de energía en comparación con aquellos alimentados con sustituto de leche (leche deshidratada) durante las primeras tres semanas de prueba, siendo similares los consumos al final del experimento (Bas *et al.*, 1991).

El sustituto lácteo (a base de leche en polvo) suministrado a libertad a cabritos y corderos proporcionó una composición corporal similar en ambas especies; con un peso mayor de los corderos a los 60 días de edad (15.47 vs 9.28 kg); posiblemente debido a un menor consumo y utilización de energía por los cabritos y un grado menor de depósitos de grasa (Sanz-Sampélayo *et al.*, 1993). El uso de un sustituto lácteo comercial en sustitución de la leche entera de cabra en la crianza artificial de cabritos, durante tres etapas y tres tratamientos, no manifestó diferencias entre tratamientos para los pesos dentro de una misma etapa (García *et al.*, 1998).

1.4.3 Alimentación de cabritos con suero de leche

La utilización del suero de leche deshidratado, calostro de bovino fresco, acidificado o refrigerado como sustitutos de la leche en la dieta de cabritos de 0 a 60 días de nacidos, sin que afecte sus ganancias de peso corporal, rendimiento de canal al sacrificio, con perspectivas de una reducción al mínimo el índice de mortandad postnatal y haciendo un ahorro de leche para su industrialización, se sustenta en su menor precio. Este aspecto se corroboró en cabritos Alpinos x raza nativa, alimentados con diferentes niveles de sustitución de suero de leche por leche de cabra (15 hasta 69 %), resultando un peso final mayor de cabritos con pura leche y al mismo tiempo no se

presentó diferencia entre los niveles de sustitución (Pimenta *et al.*, 1996). Resultados semejantes con niveles de suero de leche deshidratado (14 a 29 %) en sustitución de leche en polvo han sido señalados por Posavac (1992). La sustitución de la leche de vaca por suero de queso de cabra (0 hasta 60 %) en la alimentación de cabritos de 35 a 84 días de edad, no se reflejó en un mejor comportamiento de los animales (peso final, ganancia de peso, producción de canal e índice de conversión). Sin embargo, se observó una disminución de los costos conforme se incrementó la sustitución de la leche de vaca (De Paiva *et al.*, 1998). Galina *et al.* (1995) utilizaron suero de leche a niveles de 20.0, 35.0 y 50.0 % en cabritos cuyas ganancias de peso fueron 152.0, 168.0 y 152.0 g/día respectivamente, siendo similares el nivel de 35.0 % de suero y la leche entera de cabra (167.0 g). Por otra parte, de todas las características de la composición de la canal, únicamente el porcentaje de grasa total es afectado negativamente por la inclusión de suero de leche (Pimenta *et al.*, 1996; Ribeiro *et al.*, 1997; Alfaro *et al.*, 2004).

1.4.4 Alimentación de cabritos con leche ácida

La acidez (5-5.2) de los sustitutos de leche ácida ejerce una acción favorable en la digestibilidad de nutriente debido al decremento del pH del abomaso, además de reducir la incidencia de diarrea (Thickett *et al.*, 1983).

El peso al nacimiento, el peso final y la ganancia diaria en cabritos de la raza Angora, no se afectaron con el suministro de dietas con leche de cabra o sustituto de leche acidificada. Se observó un consumo de leche mayor con leche de cabra, pero el consumo de M.S. del alimento sólido fue similar. Por otro lado, el peso corporal fue afectado ($P < 0.01$) por semana y sexo. Las hembras tuvieron menor peso al nacer y un peso final similar al observado en cabras Alpinas (Sahlu *et al.*, 1992).

En cabritos Alpinos y Saanen nacidos en dos estaciones (invierno y verano), la concentración de leche acidificada no afectó el desarrollo de los cabritos, considerando la ganancia de peso y el consumo de materia seca. Sin embargo, la eficiencia alimenticia fue mejor en la estación fría (Andrighetto *et al.*, 1994).

Se estudió el efecto del consumo restringido de dieta líquida (sustituto de leche acidificado) en cabritos, mediante un consumo restringido (aproximadamente 500 mL) o

ad libitum (alimento durante una hora) de reemplazante de leche ácida, el cual se proporcionó dos veces al día. El sustituto de leche fue reconstruido a una concentración de 14.8% de materia seca. A partir de la tercera semana de edad se proporciono *ad libitum* un concentrado de iniciación. Los machos tuvieron mayores ganancias de peso que las hembras (135 vs. 111 g/día; $P < 0.05$) y la alimentación *ad libitum* dio mejores resultados que la alimentación restringida (138 vs. 108g/día $P < 0.0001$). La mayor ganancia de peso promedio (152g/día; $P < 0.0001$) fue observada para cabritos machos alimentados *ad libitum*. Las hembras alimentadas *ad libitum* aumentaron 123 g/día y esta respuesta fue semejante ($P > 0.10$) a la obtenida por los machos con restricción alimenticia (118 g/día). Mientras tanto, las hembras con restricción alimenticia manifestaron una respuesta muy inferior (99 g/día, ($P < 0.05$)). Los más altos consumos de leche, tanto para machos como para hembras, fueron mayores con la alimentación *ad libitum* (1.473 vs. 1.281 l/día; $P < 0.05$).

Un aspecto semejante se observó con la alimentación restringida tanto para machos como para hembras (0.983 vs. 0.960 l/día; $P < 0.01$). El consumo del concentrado de iniciación fue mayor para el grupo restringido que para el grupo *ad libitum* (32.4 vs. 9.1g/día; $P < 0.0001$) y para los machos que para las hembras (28.9 vs. 12.6 g/día; $P < 0.01$). El consumo de sólidos fue mayor para machos en el grupo restringido (50 g/día; $P < 0.001$). No se observaron diferencias en el consumo de concentrado de iniciación entre las hembras del grupo restringido, machos y hembras del grupo *ad libitum* (15, 10 y 8 g/día, respectivamente). La eficiencia de conversión alimenticia (consumo de materia seca por gramo de peso aumentado o producción de mohair) fue mayor (1.45 vs. 1.52; $P < 0.05$ y 41.1 vs. 54.5; $P < 0.001$; respectivamente) para los cabritos del tratamiento de consumo restringido que para aquellos del grupo *ad libitum*. Las hembras fueron menos eficientes que los machos (1.54 vs. 1.42 $P < 0.01$) en conversión alimenticia a peso corporal. La restricción en el consumo de leche disminuye el costo de crianza de cabritos por disminución en el costo de la leche y fomenta una rápida adaptación al alimento sólido (Davis *et al.*, 1998).

1.4.5 Comportamiento de pre-rumiantes alimentados con substitutos lácteos elaborados con proteína de soya

El reemplazo de la proteína láctea con fuentes alternativas en los substitutos lácteos para pre-rumiantes es una práctica importante y ampliamente desarrollada en becerros, con algunas ventajas económicas (Huber y Slade, 1975).

El desarrollo de los pre-rumiantes alimentados con substitutos de leche conteniendo proteína no láctea (concentrado de proteína de pescado, proteína de huevo, concentrado de proteína de soya, etc.) depende de las características del producto, proporción reemplazada, porcentaje de proteína cruda reemplazada, edad del animal y del uso o no del concentrado de iniciación en el programa de alimentación. El crecimiento de becerros alimentados con niveles elevados de concentrado de proteína de pescado, fue pobre cuando el substituto de leche fue la única fuente de nutrientes (Roy *et al.*, 1977).

En contraste, la ganancia diaria promedio y la eficiencia alimenticia no fueron reducidas significativamente, cuando el concentrado de proteína de pescado proporcionó arriba del 40 % de la proteína de la dieta en los substitutos lácteos (St. Laurent y Brisson, 1972).

La sustitución de más del 30 % de la proteína de la leche por concentrado de proteína de soya en los substitutos lácteos, reduce el desarrollo y salud de los animales (Roy *et al.*, 1977). Mayores cantidades (44 a 70%) fueron perjudiciales. Sin embargo, Bringe y Barr (1979) reportan crecimiento satisfactorio cuando el concentrado de proteína de soya sustituyó más del 50% de la proteína cruda total del substituto de leche.

1.4.5.1 Alimentación de cabritos con proteína de soya

La soya es una fuente de proteína más económica que la proteína de la leche, y es usada en los substitutos lácteos para pre-rumiantes. Sin embargo, la ganancia de peso vivo y la digestibilidad del nitrógeno pueden disminuir de 60 a 20 y 90 a 50%, respectivamente, cuando productos refinados de soya son incorporados en altas cantidades. Estos efectos pueden ser debidos a la falta de coagulación en el abomaso, al rápido vaciado gástrico de las proteínas o menor secreción abomasal y pancreática. Además, los inhibidores de tripsina pueden contribuir a la pobre digestión de la proteína

de soya en los animales prerumiantes. La proteína de soya también puede inducir a reacciones alérgicas en el tracto gastrointestinal de los animales. Estos efectos indeseables pueden reducirse con tratamiento de la soya. El concentrado de soya preparado por extracción de la grasa en la harina de soya con etanol acuoso caliente muestra mejor utilización por los becerros que la harina tostada de soya.

En las explotaciones de cabras lecheras la producción de leche y cabritos es factible si se utilizan técnicas de alimentación, como la crianza artificial (Flores, 1977). Sin embargo, para que esto se pueda dar, se requiere de sustitutos de leche para cabritos, lo cual es difícil de encontrar en México. Una opción es utilizar proteína vegetal en sustitución de la proteína láctea.

Cabritos machos cruzas (Sannen o Anglonubio x cabras nativas del Brazil), se alimentaron con leche de cabra (LC), leche de vaca (LV), sustituto de leche (PS) constituido de leche de vaca y proteína de soya texturizada. El peso final (56 días) y la ganancia de peso de los tratamiento LC (11.33 kg. y 160 g d⁻¹) y LV (11.41kg y 163 g d⁻¹) fueron similares ($P>0.05$) pero superiores ($P<0.05$) al tratamiento de PS (7.49 kg. y 85 g d⁻¹). El mejor desempeño de los animales con LC y LV en comparación al tratamiento con PS, refleja una mejor calidad de la leche de cabra y de vaca para los cabritos de siete días de edad. De la misma forma, al sustituir la grasa de la leche de vaca por lactosa no afectó el desarrollo de los animales. La conversión alimenticia (kg. de materia seca o proteína cruda consumidos por kg. de peso vivo ganado) fue semejante ($P>0.05$) para los tratamientos con LC (1.12 y 0.34) y LV (1.33 y 0.32), e inferior ($P<0.05$) al tratamiento de PS (1.80 y 0.49) (Do Prado *et al.*, 1993).

En cabritos destetados a los 28 días de edad, la leche de soya puede sustituir a la leche de cabra con grandes beneficios (Moreira *et al.*, 1994). La harina de soya tostada a diferentes temperaturas es un ingrediente aceptable en los sustitutos de leche para cabritos (Ouédraogo *et al.*, 1998).

1.5 Fuentes de Energía (grasa)

En condiciones normales un nivel del 10% de grasa parece ser suficiente para satisfacer los ácidos grasos esenciales en becerros jóvenes, siempre que tenga amplios niveles de proteína de calidad (Crane y Lakes, 1986).

Los substitutos lácteos altos en grasa son una fuente segura de energía que incrementa los depósitos de grasa en la canal de prerumiantes, pero no una fuente rápida de energía para deposición de huesos y músculos. En varios estudios, el contenido de grasa en los substitutos ha sido para contrarrestar el frío, debido a la mayor densidad calórica (Jaster *et al.*, 1992).

Los substitutos altos en grasa han mostrado una reducción en la incidencia de diarrea en becerros jóvenes (Otterby y Linn, 1981). En contraste, Crane y Lakes (1986) y Jarringe (1989) mencionan que niveles de 20% de grasa propician mayor incidencia de diarrea, especialmente en los niveles excesivos (>25%). Además, los incrementos de grasa también han resultado en severas alopecias y disminución en el desarrollo de los animales. El contenido de grasa en los substitutos de leche parece depender de factores relacionados al procesamiento y no al tipo de grasa usado.

Las mejores grasas en los reemplazantes lácteos para los prerumiantes son las de origen animal por su alta calidad (grasa de leche, sebo y manteca), así como los aceites vegetales ligeramente insaturados (aceite de coco, de cacahuete y aceite de palma africana).

El procesamiento apropiado de las grasas en los substitutos lácteos es importante para que puedan ser digeridos por los prerumiantes. Estudios *in vitro* revelan que el substituto preparado con presión dispersa y baja produce un cuajo firme, mientras la homogenización produce un cuajo blando. De acuerdo a este estudio mejoras en el desarrollo de los becerros pueden ser el resultado de la formación del cuajo firme por la lenta liberación de lípidos y proteínas en el abomaso y se prevé la sobrecarga de lipasa intestinal y proteínasa. El tratamiento de las grasas con baja presión en lugar de homogenizarlas (el tamaño del glóbulo de grasa no debe de ser superior a 3-4 μ m) ha mostrado mejoras en el desarrollo de los becerros y en la eficiencia alimenticia, mientras que la homogenización refleja menor desarrollo de los animales y eficiencia alimenticia (Jenkins y Emmons, 1983). Otros investigadores consideran de manera general, que teniendo una adecuada homogenización y emulsificación, la digestibilidad de la mayoría de las grasas es alta. Se encontró que cuando un sustituto de leche se compone en forma predominante de leche descremada, deshidratada y se complementa con sebo sin homogenizar, con aceite de coco o manteca, la grasa era digerida muy pobremente, pero

cuando se adicionaba lecitina de soya, se incrementaba la utilización de los tres. Sin embargo, el empleo de la lecitina no elimina la necesidad de la homogenización, especialmente cuando el nivel de grasa es de 20% en los sustitutos lácteos (Anónimo, 1986). Además, se considera que la digestibilidad de las grasas se ve afectada por la fuente, pero es más importante el procesamiento de las grasas que el origen (Crane y Lakes, 1986), de cualquier forma se ha observado mayor digestibilidad de las grasas animales que las vegetales (Roy *et al.*, 1977) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Digestibilidad aparente de algunas fuentes de lípidos usadas en sustitutos de leche para becerros

Fuentes	Digestibilidad aparente %	Rango %
Grasa de leche	97.0	95.0-98.0
Manteca	92.0	87.0-96.0
Cebo	90.4	85.0-93.0
Aceite de coco	95.0	93.0-96.0
Semilla de palma (sin hidrogenizar)	88.0	
Semilla de palma (hidrogenizada)	95.0	
Aceite de cacahuete	93.2	

Fuente: Roy (1980); Anónimo (1986).

1.6 Cantidad de Dieta Líquida Consumida

El índice de crecimiento de los cabritos depende esencialmente de la cantidad de leche ingerida. El máximo nivel de consumo es de 1.5 kg (Moreno, 1989) a 1.8 kg (Moran Fehr, 1975; citado por Arbiza, 1986). La máxima eficiencia de conversión (1.2 y 1.4 kg de leche en polvo / kg de peso vivo) se obtiene en cabritos destetados a edad temprana.

1.6.1 Número de tomas de dieta líquida

A través de algunos estudios se ha comprobado que se obtienen buenos resultados suministrando toda la leche en una sola toma, en vez de dos, lo que permite una economía de la mano de obra. Verma *et al.* (1984) alimentando cabritos de 1 a 3 veces

por día no obtuvieron diferencias en la ganancia de peso. Sin embargo, el grupo alimentado una vez por día, necesitó 33.6% menos mano de obra que los alimentados dos veces por día y 66.8% menos que los alimentados tres veces por día. Para evaluar tres frecuencias de amamantamiento y los correspondientes consumos máximos obtenibles, así como el uso de nitrógeno lácteo, mediante la retención del mismo, se alimentaron a los cabritos con leche entera de cabra a saciedad, a intervalos regulares de dos, cuatro y seis veces al día, el consumo diario de leche fue el mismo (1488.4 g/cabrito; $P > 0.10$). Pero el consumo por toma fue menor conforme se aumentó en número diario de amamantamientos ($b = -108.7 \text{ g / toma / cabrito}$, $r^2 = 0.93$; $P < 0.005$). La ganancia de peso fue mayor ($b = 21.9 \text{ g/cabrito/día}$, $r^2 = 0.97$, $P < 0.01$) según aumentaron las tomas de leche por día, lo cual mejoró la eficiencia alimenticia ($b = 0.011$ en ganancias de peso/por unidad de consumo, $r^2 = 0.77$; $P < 0.05$). La relación de eficiencia proteica mostró también un efecto lineal, siendo mejor en los cabritos con el mayor número de amamantamientos ($b = 0.295$ ganancia de peso / unidad de proteína, $r^2 = 0.78$; $P < 0.05$). El balance de nitrógeno no se alteró ($P > 0.10$) por la frecuencia de alimentación (Fernández *et al.*, 1992).

1.7 Concentrado de Iniciación

La alimentación de pequeños rumiantes del nacimiento al destete debe de estar constituida por dieta líquida y concentrado de iniciación, siendo los objetivos de este manejo alimenticio:

Un desarrollo adecuado del tracto digestivo de los animales a partir del nacimiento, que se caracterizan por poseer un retículo rumen escasamente desarrollado, mientras que omaso y abomaso tienen un gran desarrollo. A base de una dieta sólida con niveles adecuados de nutrientes tales como P.C., E.M. y F.C. los órganos antes mencionados alcanzan su desarrollo fisiológico parecido al del rumiante adulto (Agraz, 1984).

Otro aspecto importante es minimizar el consumo de dieta líquida, dado que limita el consumo de alimento sólido y agua, ocasionando un disturbio al destete, el grado de este depende de la edad al destete y forma de alimentación predestete (Morand Fehr *et al.*, 1982). Al mismo tiempo se debe de asegurar un consumo de alimento sólido suficiente

al final del periodo de crianza, para facilitar el paso de la alimentación láctea a la alimentación sólida (Amo *et al.*, 1989; Bravo *et al.*, 1980)

Por último, y no menos importante, es disminuir el alto costo de la dieta líquida utilizada en la crianza de cabritos, por lo cual es necesario proporcionar a partir de la primer semana de vida un concentrado de iniciación, el cual favorecerá a mejorar el crecimiento (García *et al.*, 1998).

1.7.1 Composición química e ingredientes utilizados en la formulación de concentrados de iniciación

Los concentrados de iniciación deben de ser preparados en base a granos de cereales, suplementos proteicos.

La proteína debe de ser de buena calidad, es deseable que contenga algunas proteínas de origen animal (harina de pescado) o proteínas vegetales (harina de soya), y adecuada suplementación mineral con macro y micro elementos y vitamina E (González, 1998).

Las cantidades a mezclar de cada ingrediente son muy variadas, lo mismo ocurre con la composición química de estos concentrados (Cuadros 7 y 8). Para obtener un buen consumo es recomendable que el concentrado sea peletizado el cual a pesar de ser caro, por su bajo consumo, éste no tiene gran efecto sobre el costo de alimentación.

Cuadro 7. Concentrados de iniciación (%) elaborados con diferentes ingredientes alimenticios, que se han utilizado en la alimentación de cabritos

Ingredientes	Goetsch <i>et al.</i> , 2001	Pérez <i>et al.</i> , 2001	Goetsch <i>et al.</i> , 2001	Díaz <i>et al.</i> , 2000	Nagpal <i>et al.</i> , 1995
Alfalfa deshidratada	15.0		15.0	5.0	
Maíz molido	18.0	65.03	57.31		45.0
Trigo *fibra	20.0				*17.0
Avena molida	20.0				
Harina de soya	11.01	25.0	16.39	22.0	
Cebada				40.0	
Sorgo				15.0	
Harina de sangre	1.0		1.0		
Harina de pescado	1.4	8.08	1.0		
Harina de pluma	1.0		1.0		
Mezquite molido				15.0	
Melaza	10.0		5.0		5.0
Fosfato de calcio			0.75		
Carbonato de calcio	1.54		1.30		
Vitaminas ADE	0.50	0.5	0.50		
Minerales trazas	0.50		0.69	1.0	2.0
Sebo de res		0.90			
Cloruro de sodio		0.5		0.5	1.0
Harina de coco					30.0
Bicarbonato de sodio				1.0	

Cuadro 8. Contenido de nutrientes que se han reportado en concentrados de iniciación para cabritos

Autores	Proteína cruda %	Energía		Grasa %	Fibra cruda %
		EM Mcal kg ⁻¹	TND %		
Goetsch <i>et al.</i> , 2001	20.1	2.90	77.4		
Pérez <i>et al.</i> , 2001	21.8			4.6	2.7
Díaz <i>et al.</i> , 2000	18.5		70.0		8.8
Luo <i>et al.</i> , 2000	20.0			2.5	12.0
Teran, 1999	18.0		71.0		7.0
Jaramillo y Buenrostro, 1997	14.0	2.65			
Nagpal <i>et al.</i> , 1995	20.8			2.3	9.5
Potchoiba <i>et al.</i> , 1990	15.8	3.0			

1.7.2 Comportamiento de cabritos alimentados con concentrados de iniciación

Reyes y Bermúdez (1995) alimentaron cabritos de la raza Alpina con leche entera a libre acceso y un concentrado de iniciación con dos niveles de energía a través del uso de Megalac ® (5 y 10%). El consumo, la ganancia diaria y el peso final de los cabritos fueron mayores con Megalac al 10%. Thea *et al.* (1995) señalan que el consumo limitado puede estar ligado al tamaño del retículo-rumen, y probablemente, al uso de dietas concentradas en este periodo permita un mayor consumo.

Jaramillo y Buenrostro (1997) distribuyeron cabritos de la raza Nubia en dos grupos; uno permaneció con su madre hasta el destete, el otro se separó de sus madres al cuarto día de nacido para recibir lactancia artificial con leche de cabra hasta la octava semana. Los cabritos al separarse de sus madres recibieron un alimento sólido a voluntad, con un 14 % de proteína cruda y 2.65 Mcal EM kg⁻¹ a partir de la tercer semana de edad. Las ganancias de peso diario fueron similares para ambos grupos, pero el consumo de alimento sólido para el grupo separado de las madres, a partir de la segunda semana fue creciente hasta la octava semana, siendo de 22 hasta 250 g d⁻¹ animal.

En cabritos Nubios se obtuvo un consumo de 181 g d⁻¹ de un concentrado con 18 % de P.C. y 70 % de T.N.D. (Terán, 1999). Por su parte, Potchoiba *et al.* (1990), en cabras

En cabritos Nubios se obtuvo un consumo de 181 g d^{-1} de un concentrado con 18 % de P.C. y 70 % de T.N.D. (Terán, 1999). Por su parte, Potchoiba *et al.* (1990), en cabras Alpinas, con dos sistemas de alimentación: el primero, un sistema restringido con acceso a un concentrado de iniciación, el segundo, los cabritos fueron alimentados con leche *ad libitum* sin acceso al concentrado. Los animales de alimentación restringida dispusieron de un concentrado con $3.0 \text{ Mcal EM kg}^{-1}$ de M.S. y 15.8% de P.C. a partir de la quinta semana. Los grupos no presentaron diferencias en la ganancia de peso con medias de 107 g d^{-1} en animales con leche *ad libitum* y 120 g d^{-1} en el grupo restringido.

Es conocido que el consumo de concentrado de iniciación (alimentación pre - destete) es un criterio importante para realizar el destete. Luo *et al.* (2000), al trabajar con cabritos de diferentes razas, determinaron que el consumo de materia seca total del concentrado de iniciación para los cabritos cruzas de Boer x Española, en la semana 3 a la 8, fue mayor que para los cabritos Boer x Angora y para los cabritos de la raza Española ($133 \text{ vs } 120 \text{ y } 119 \text{ g d}^{-1}$). Arbiza (1986), considera que un consumo adecuado es de 30 a 40 g kg^{-1} de peso vivo d^{-1} . Otro indicador es el peso al destete, el cual se sugiere sea cuando la cría alcanza 2.5 veces su peso al nacer (García *et al.*, 1998).

1.8 Parámetros Hematológicos

El clima, altura sobre el nivel del mar, humedad, manejo y sistemas de producción son factores que influyen los parámetros hematológicos y constantes fisiológicas en los animales (Prada *et al.*, 1996). Mención aparte, merece el efecto del nivel nutricional deficiente, que afecta de manera adversa el hematocrito y la hemoglobina en vacas en lactación (Doxey, 1977).

1.8.1 Eritrocitos

La principal función de los hematíes o eritrocitos es transportar hemoglobina que lleva el oxígeno desde los pulmones a los tejidos. Para que la hemoglobina permanezca en el torrente sanguíneo debe estar dentro de los hematíes. Además, los hematíes contienen gran cantidad de anhidrasa carbónica, que cataliza la reacción entre el dióxido de carbono y el agua, aumentando la intensidad de esta reacción reversible varios cientos

de veces. Esto hace posible que el agua de la sangre reaccione con grandes cantidades de dióxido de carbono, y por tanto la transporte desde los tejidos a los pulmones en forma de ion bicarbonato (HCO_3^-). Además, la hemoglobina en las células es un excelente amortiguador ácido-básico, de tal forma que los hematíes son responsables de la mayor parte del poder amortiguador de la sangre completa (Swenson y Reece, 1999).

Debido a que el hematíe normal tiene un gran exceso de membrana celular para la cantidad de material que tiene dentro, la deformación no estira la membrana demasiado y, en consecuencia, no rompe la célula, como sería el caso de otras muchas células (Frandsen y Spurgeon, 1995). La concentración de eritrocitos es mayor en los machos que en las hembras, y el número de los hematíes se ve fuertemente afectado por la altitud en la que viven los animales (Prada *et al.*, 1996).

Los hematíes son relativamente pobres en agua (60 % de su peso) y ricos en materias sólidas. Su principal componente es la hemoglobina (32.7 % en B.H.); contiene, además, otras proteínas, lípidos y grasas. La colessterina, que en el plasma se halla principalmente esterificada se encuentra en el hematíe en estado libre, y precisamente disuelta en la lecitina absorbida en los glóbulos rojos. El contenido en lecitina es quizá la causa de la diferente sensibilidad que ofrecen los hematíes de las distintas especies para ciertos venenos hemolíticos que activa ese cuerpo; en cambio, la cantidad de colessterina influye aumentando la resistencia de los glóbulos rojos frente a dichos venenos (Morros, 1961).

Los órganos formadores se denominan hemopoyéticos o hematopoyéticos, y los destructores hemocateréticos. En los mamíferos superiores los eritrocitos tienen su origen, principalmente, en la médula ósea de los huesos. Existe un cuarto de gramo de médula ósea por cada gramo de sangre, habiéndose calculado que produce unos 250,000 hematíes por milímetro cúbico diariamente (Morros, 1961). En la carencia de vitamina A existe una anemia hipocrómica, que se cura dando dicha vitamina. Pero también un exceso de vitamina A puede producir hipoglobulia e hipocronemia. La falta de vitamina C provoca asimismo anemia, independientemente de que existan o no hemorragias. Este factor debe actuar como estimulante general de la médula ósea, más que sobre un punto determinado del ciclo de maduración. Todos los factores incluidos en el complejo B ejercen una acción más o menos acusada sobre la eritropoyesis (Morros, 1961).

1.8.2 Hematocrito

El valor hematocrito (volumen de los hematíes concentrados) es la parte de la sangre que está formada por los hematíes. En problemas de anemia intensa, el hematocrito puede descender a niveles de 10.0 %, una cifra que apenas es suficiente para mantener la vida. La producción excesiva de hematíes da lugar a una policitemia. En este caso el hematocrito aumenta hasta 65.0 % (Guyton y Hall, 1996).

1.8.3 Hemoglobina

La hemoglobina es necesaria para transportar oxígeno a los tejidos. Aproximadamente del 97 % del oxígeno conducido desde los pulmones a los tejidos es transportado en combinación química con la hemoglobina en los hematíes. El 3 % restante circula disuelto en el agua del plasma y de las células. La hemoglobina realiza otra función importante y esencial para la vida como “amortiguador de oxígeno tisular”; es decir, estabiliza la presión de oxígeno en los tejidos (Guyton y Hall, 1996).

Para la formación del pigmento hemático se requieren materiales que den lugar a la fracción proteica (globina) y la prostética (heme) compuesto metálico que contiene un átomo de hierro

La hematopoyesis normal requiere una dieta adecuada, cualitativa y cuantitativamente. Una dieta pobre en proteínas determina anemia hipocrómica, que no se mejora por el aporte suplementario de hierro; dicho efecto es más desfavorable con alimentación rica en carbohidratos, probablemente porque los animales sometidos a una dieta pobre en distintos alimentos utilizan de sus propios tejidos los elementos básicos para la síntesis de hemoglobina, pero ante una preponderancia de los hidratos de carbono, como estos principios ahorran la utilización de prótidos, impiden de este modo la movilización de las proteínas hísticas para la fabricación de hemoglobina (Morros, 1961).

La globina es una histona con escasa glicocola y abundante histidina, leucina, lisina, valina, ácido glutámico y otros aminoácidos. Las hemoglobinas de los diferentes mamíferos difieren precisamente entre sí en la composición de la fracción globínica, que puede ser más o menos rica en aminoácidos azufrados. La prolina y la metionina son necesarias para la síntesis de la globina, habiéndose descrito anemia por

hipoglobinogénesis al someter al sujeto a dietas sin prolina. Administrándose lisina, glicocola y otros aminoácidos marcados con carbono radioactivo se demuestra que estos aminoácidos son utilizados en la biosíntesis de la globina (Morros, 1961).

1.8.4 Factores que afectan los parámetros hematológicos

1.8.4.1 Edad

La concentración de hemoglobina, hematocrito y número de eritrocitos en cabras de la raza Danish Landrace son comparables a los rangos reportados en otras razas de cabras. En cabritos jóvenes de 1 a 7 días se observó menor concentración de hemoglobina ($4.3-8.0 \text{ g dl}^{-1}$), hematocrito (20-39 %) y eritrocitos ($5.56-11.6 \times 10^6 \mu\text{l}$) que en cabras adultas de 8 a 12 meses de edad, cuyos valores fueron de $6.5 \text{ a } 9.3 \text{ g dl}^{-1}$, 30 a 45 % y de $10.2 \text{ a } 20.6 \times 10^6 \mu\text{l}$, respectivamente. En esta edad, los animales presentaron las mayores concentraciones de los parámetros estudiados. Sin embargo, en animales de uno a cinco años los valores tendieron a descender, siendo más parecidos a los de los animales jóvenes (Mbassa y Poulsen, 1993). Por otra parte, en ovinos de pelo, encontraron mayor concentración del hematocrito en animales menores de un año de edad (Prada *et al.*, 1996).

En cabras Granadinas se determinó el nivel de hemoglobina en las madres y sus crías durante las primeras 30 semanas después del parto. Los resultados mostraron valores menores en las crías ($P < 0.01$) que en las madres, detectados de la semana 18 a la 25 después del parto (De la Haba *et al.*, 1991). La misma tendencia se observó con cabras West African Dwarf en la determinación de algunos parámetros hematológicos (Cuadro 9), donde se observa que el hematocrito (PCV) fue mayor en cabras adultas que en jóvenes, sin diferencia significativa ($P > 0.05$). Mientras que la concentración de hemoglobina y glóbulos rojos fueron mayores en cabras adultas ($P < 0.05$), comparado a los valores obtenidos en los cabritos.

Cuadro 9. Medias y desviación estándar de algunos parámetros hematológicos en cabras West African Dwarf adultas y jóvenes

Parámetros	Adultas		Jóvenes	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Hematocrito %(PCV)	28.1 ± 1.7 ^a	31.3 ± 2.1 ^a	25.3 ± 1.2 ^a	30.0 ± 2.1 ^a
Hemoglobina g dl ⁻¹	9.6 ± 0.5 ^a	10.3 ± 1.7 ^a	7.6 ± 0.3 ^b	7.9 ± 0.1 ^b
Eritrocitos x 10 ⁶ µl	11.8 ± 2.8 ^a	10.8 ± 1.0 ^a	10.2 ± 1.1 ^b	10.1 ± 0.4 ^b

Modificado de Daramola *et al.* (2005)

En estos resultados se observa que la edad tiene un efecto significativo en Hb y RBC. Las diferencias observadas en las cabras adultas y jóvenes sugieren que la capacidad de transportar oxígeno en la sangre fue mayor en las cabras adultas. Además, estos resultados muestran que los niveles de PCV, Hb y RBC fueron comparables ($P > 0.05$) en hembras y machos (Daramola *et al.*, 2005). Pero al analizar el efecto de la edad en tres razas indígenas (Arsi-Bali, Long-eared Somali y Central Highland) no se observó diferencia estadística ($P > 0.05$) con respecto a el número de eritrocitos, hematocrito y hemoglobina en las cabras de 12 hasta más de 36 meses (Tibbo *et al.*, 2004).

1.8.4.2 Raza

Los parámetros hematológicos en tres razas indígenas (Arsi-Bali, Long-eared Somali y Central Highland) tuvieron una diferencia significativa ($P < 0.0001$) para hematocrito y hemoglobina. Las cabras Long-eared Somali tuvieron menor porcentaje de hematocrito (23.89 ± 0.37 %) comparado a las otras razas (Arsi- Bali 25.53 ± 0.36 y Central Highland 26.28 ± 0.35 %). Mientras la Arsi- Bali tuvo mayor concentración de hemoglobina (11.25 ± 0.16 g dl⁻¹). Sin embargo, con respecto al eritrocito no se presentó diferencia estadística significativa. A diferencia de lo encontrado en cabras Red Sokoto, cuyos valores de hematocrito fueron de 25.7 ± 3.1 %, confirmando que existe una variación entre razas (Tambuwal *et al.*, 2002).

En bovinos se han reportan efectos significativos para hemoglobina y hematocrito por efecto de raza. La raza Guernsey presentó medias mayores ($10.95 \pm 0.11 \text{ g dl}^{-1}$ y $33.44 \pm 0.41 \%$, respectivamente) que la Brown Swiss ($9.70 \pm 0.11 \text{ g dl}^{-1}$ y $30.53 \pm 0.39 \%$) ($P < 0.05$), mientras que las razas Holstein y Jersey presentaron parámetros intermedios. Lo anterior indica que la raza influyó significativamente en los niveles de hemoglobina y hematocrito (Shaffer *et al.*, 1981).

1.8.4.3 Sexo.

Las concentraciones del hematocrito y eritrocitos han sido superiores en hembras que en machos ($P < 0.05$). Este aspecto pudiera ser atribuido a factores fisiológicos, como la inquietud y excitación que presentan las hembras en el estro, donde las contracciones del bazo pueden incrementar los valores del eritrocito (Tibbo *et al.*, 2004). A diferencia de los resultados que se muestran en el Cuadro 8, en dónde los niveles de PCV, Hb y RBC fueron comparables ($P > 0.05$) entre hembras y machos de la misma edad (Daramola *et al.*, 2005).

1.8.4.4 Clima

El estrés por calor y su efecto sobre la química sanguínea fueron evaluados en borregos Omán y Merino Australiano. No se encontró efecto de estrés por calor sobre el total de la hemoglobina en borregos Omán, pero el estrés por calor decreció ($P < 0.01$) THb en los borregos Merino, indicativo de que la raza de borregos Omán es más tolerante al calor que los Merino (Sricandakumar *et al.*, 2003).

En ovinos explotados en clima cálido, los valores de la hemoglobina fueron más altos para los machos que para las hembras, y los animales más jóvenes presentaron constantes fisiológicas más altas que los adultos (Prada *et al.*, 1996).

1.8.4.5 Estado fisiológico

La gestación y la lactación se consideran como un estrés metabólico y algunos

cambios bioquímicos han sido estudiados tanto en bovinos como en ovinos. Generalmente, las células rojas decrecen gradualmente durante la gestación y permanecen bajas por pocas semanas post parto, esto se ha observado en vacas, borregas, yeguas, cerdas y perras (Jain, 1993). En cabras se presenta una gran variación de estos parámetros en los pocos estudios realizados. Además, es muy difícil formular un perfil metabólico universal para cabras.

En cabras de raza Baladí se investigaron los cambios en algunos parámetros hematológicos durante las últimas 4 semanas de gestación, parto y primeras 4 semanas post parto. El conteo del eritrocito decreció ($P < 0.001$) durante las últimas tres semanas de gestación (13.77 ± 0.43 , 13.29 ± 0.45 y $13.16 \pm 0.27 \times 10^6 \mu\text{l}$) y durante el periodo post parto (14.62 ± 0.34 , 14.09 ± 0.34 , 13.76 ± 0.33 y $14.31 \pm 0.37 \times 10^6 \mu\text{l}$), comparado a valores antes de la gestación ($16.42 \pm 0.27 \times 10^6 \mu\text{l}$) y con el momento del parto ($16.35 \pm 0.38 \times 10^6 \mu\text{l}$). El hematocrito (PCV) decreció significativamente ($P < 0.05$) durante las últimas cuatro semanas de gestación (25.38 ± 0.34 , 24.63 ± 0.50 , 24.75 ± 0.49 , y 24.50 ± 0.33 %) tanto como en el periodo de post parto (25.50 ± 0.33 , 24.25 ± 0.72 , 23.25 ± 0.50 y 23.50 ± 0.53 %) en relación al día del parto (28.88 ± 0.26). El conteo del eritrocito y del PCV no fueron significativamente diferentes de los valores obtenidos antes del parto. El decremento de la concentración de Hemoglobina no fue significativo durante las últimas cuatro semanas de gestación (7.93 ± 0.74 , 7.81 ± 0.23 , 7.82 ± 0.24 y $7.77 \pm 0.16 \text{ g dl}^{-1}$) y llegó a ser significativo ($P < 0.001$) durante el periodo del post parto (7.65 ± 0.22 , 7.35 ± 0.13 , 7.04 ± 0.19 y $6.97 \pm 0.16 \text{ g dl}^{-1}$). El presente estudio mostró un decremento en el conteo de células rojas y PCV sin un cambio significativo en la concentración de Hb durante la gestación avanzada. Los resultados durante este periodo pueden ser atribuidos al efecto de la hemodilución, resultado de un incremento en el volumen plasmático (Mohamed y Hussein, 1999).

La hemodilución observada en la gestación avanzada de los animales domésticos puede tener importancia fisiológica porque reduce la viscosidad sanguínea, lo cual incrementa grandemente el flujo sanguíneo en los pequeños vasos sanguíneos (Guyton y Hall, 1996). La hemodilución puede mejorar el flujo sanguíneo a través de las venas de la placenta, especialmente en la gestación tardía para incrementar la difusión de nutrientes y O_2 al feto. Esta hipótesis ha sido confirmada por Pere *et al.* (1996). La

hemodilución se ha observado también en cabras Saanen (Biagi *et al.*, 1988) y cabras Danish landrace (Mbassa y Poulsen, 1991).

1.8.4.6 Salud

Los valores hematológicos de cabras con y sin mastitis fueron comparados. Se conoce que el conteo de leucocitos es mayor ($P < 0.05$) en hembras con mastitis que en las hembras sin ella. En contraste, los valores de eritrocito de las cabras con mastitis fueron más bajos ($P < 0.05$) que los valores de las hembras sin mastitis. Al respecto, Ajuwape *et al.* (2005) mencionan que el conteo hematológico es un reflejo del estado de salud de los animales y un asistente clínico en la predicción de animales con mastitis.

1.8.4.7 Alimentación

En un estudio se probó que los becerros que recibían calostro y leche *ad libitum* presentaron un mejor estado nutricional, cambios metabólicos y endocrinos que expresan el metabolismo anabólico y en consecuencia un mejor comportamiento que aquellos becerros alimentados con restricción. Se trabajó con becerros alimentados a libertad vs alimentados con restricción. El hematocrito decreció ($P < 0.0001$) del nacimiento al día 28 en ambos tratamientos; sin embargo, estos datos no presentaron diferencia significativa. Los alimentados a libertad presentaron $38.0 \pm 0.02\%$ de hematocrito el primer día, $29.0 \pm 0.01\%$ el día siete y $23.0 \pm 0.01\%$ el día 28. Mientras que para los animales de alimentación restringida fue de $41.0 \pm 0.03\%$ de hematocrito el primer día, 29.0 ± 0.02 al día siete y $26.0 \pm$ al día 28. El hematocrito decrece durante el primer mes de vida, probablemente como consecuencia de la hemodilución después del primer consumo de alimento (Hammon *et al.*, 2002).

La concentración de hematocrito fue más alta en becerros alimentados con diferentes substitutos de leche del nacimiento (leche en polvo descremada, 33% de concentrado de proteína de suero con 67 % de leche descremada en polvo, 67 % de concentrado de proteína de suero con 33 % de leche descremada en polvo, 100 % concentrado de proteína de suero) a las 6 semanas de edad, sin efectos significativos (Lammers *et al.*,

1998).

En becerros alimentados con dietas secas, el hematocrito se mantiene estable, pero en becerros alimentados con dieta líquida decrece con la edad, debido al bajo contenido de hierro en la dieta líquida comercial. La diferencia entre la dieta líquida y sólida fue significativa ($P < 0.0002$) y la interacción dieta x grasa fue significativa ($P < 0.10$), mostrando que el hematocrito de becerros alimentados con dieta líquida fue mayor con altos niveles de grasa que con niveles bajos de grasa, y en dietas altas en grasa el hematocrito declina lentamente con la edad en becerros alimentados con dieta líquida (Doppenberger y Palmquist, 1991).

En cabritos Angora el hematocrito fue 57.0% mayor en cabritos alimentados con sustituto de leche que en cabritos alimentados con leche de cabra ($P < 0.01$), sin presentar diferencia entre sexo. Se manifestó una variación en la concentración del hematocrito a través del periodo de estudio, lo que indica un aparente cambio en el hematocrito con la edad. Estas diferencias pudieron haberse debido a un mayor consumo de líquido para el grupo de leche de cabra, causando una mayor hidratación en los cabritos y resultando una menor concentración de hematocrito (Sahlu *et al.*, 1992). Mientras que Lane y Campbell (1969) sugieren que las variaciones en la concentración del hematocrito están dadas por el estrés de los animales.

En cabras Tswana en condiciones tropicales se evaluó el efecto de la suplementación sobre el hematocrito, proporcionando 400 g/animal/día en la gestación y aumentando la cantidad a 750 g/animal/día dos semanas antes del parto, a diferencia del grupo testigo que sólo recibió 600 g/animal/día, de una dieta que contenía 106 g /kg P.C. y 10.2 MJ/Kg de EM. Las cabras suplementadas presentaron un hematocrito mayor (21.74 %, $P < 0.05$) que las cabras testigo (18.22 %) (Madiabela y Segwagwe, 1999).

1.9 Metabolitos Sanguíneos

1.9.1 Glucosa

La glucosa sanguínea es utilizada por todas las células del organismo para la producción de energía, dicha dependencia de los diversos tejidos varía ampliamente. El sistema nervioso central (SNC) depende más estrechamente de la glucosa sanguínea, ya

que este compuesto es la principal fuente energética que puede atravesar la barrera hematoencefálica a una velocidad suficiente para mantener la función normal del tejido encefálico. En cambio, otros tejidos como el músculo esquelético, son capaces de obtener cantidades considerables de sus necesidades energéticas de otros nutrientes (cuerpos cetónicos y ácidos grasos) y no son tan dependientes de niveles glucémicos sostenidos para cubrir sus requerimientos energéticos.

El nivel de glucosa en sangre es un factor importante en la determinación de la concentración de glucosa en el líquido intersticial, lo que a su vez influye en la velocidad de transporte de este azúcar a las células individuales. El nivel de la glucosa en las células tiene un efecto significativo en la velocidad de degradación de la glucosa e indirectamente en la utilización de otros nutrientes celulares.

Los valores de la glucemia varían considerablemente entre las diversas especies. Se ha observado a menudo una variabilidad entre animales de una especie dada. Lo que quizá se relacione con el estado nutritivo y con los depósitos de carbohidratos que tiene el animal. Los niveles glucémicos de los rumiantes recién nacidos se aproximan a los de los mamíferos no rumiantes, pero tienden a disminuir bruscamente durante las primeras semanas de su vida, y después con más lentitud hasta el sexto mes, edad en que se alcanzan aproximadamente los valores del adulto. Se ha encontrado en terneros criados con una dieta todo-leche que los niveles de glucosa sanguínea siguen las mismas variaciones que en los terneros criados con dietas ricas en forrajes. Puede concluirse que el rumiante posee un cambio de desarrollo característico hacia la hipoglucemia relativa, independientemente del programa de alimentación (Swenson y Reece, 1999).

1.9.2 Proteína total

Las principales proteínas presentes en el plasma son la albúmina, la globulina y el fibrinógeno. La función de las proteínas plasmáticas son: intervienen en el proceso de la coagulación de la sangre, mantiene la presión oncótica de este medio, comunican a la sangre cierta viscosidad (mantienen la presión sanguínea normal), intervienen en pequeño grado en la regulación del equilibrio ácido – básico, las globulinas tienen gran interés inmunológico, desempeñan una función de transporte para varias sustancias,

protegen a los hematíes de la acción de agentes hemolíticos, siendo muy superior este papel en las albúminas con relación a las globulinas.

No se conoce con exactitud el modo de formación de las proteínas plasmáticas. Es indudable que se forman normalmente a expensas de las proteínas de los alimentos. Una dieta baja en estos principios conduce a la hipoproteinemia, pero como aún en la inanición no desaparecen en absoluto, hay que suponer que se regeneran, en parte, a expensas de las proteínas hísticas (Morros, 1961).

1.9.2.1 Albúmina

La albúmina, la proteína más abundante del plasma, es la principal proteína producida por el hígado, es importante para el enlace y transporte de muchas sustancias en la sangre, y es responsable de 80 % de la presión osmótica potencial total (presión oncótica) del plasma. Esto se debe a que la albúmina y otras proteínas de elevado peso molecular no pasan fácilmente por las paredes vasculares o capilares, de modo que ayudan a conservar el líquido en el sistema vascular. Casi toda la albúmina se forma en el hígado y su velocidad de formación hepática es extremadamente alta (hasta 30 g d⁻¹) (Franson y Spurgeon, 1995).

1.9.3 N - uréico

Las proteínas dietéticas se digieren mediante la acción de las enzimas hidrolíticas (proteasas) que rompen los enlaces peptídicos, liberando aminoácidos. Estos se absorben casi por completo vía células de los villi intestinales y pasan en su mayor parte a la sangre de la porta. Se transportan al hígado y desde aquí al sistema sanguíneo sistemático, que los lleva a otros tejidos y órganos. Los aminoácidos que derivan del metabolismo tisular representan también una cantidad notable, de la cual puede obtenerlos el organismo para todas las finalidades del metabolismo proteico.

Aunque los aminoácidos intracelulares no están necesariamente en equilibrio con los aminoácidos circulantes, el conjunto sanguíneo sirve como fuente principal de aminoácidos específicos que son necesarios para la síntesis de las proteínas. Además,

otros muchos compuestos nitrogenados que son esenciales para una función tisular apropiada se forman a partir de los aminoácidos que se obtienen del conjunto de aminoácidos sanguíneos. Los aminoácidos que están en exceso sobre las necesidades reales para la elaboración de las proteínas tisulares, enzimas, hormonas y otros compuestos especiales, se catabolizan por el hígado. El proceso catabólico implica comúnmente la desaminación y la utilización de los α cetoácidos resultantes con fines energéticos. La mayor parte del amoniaco, formado por la desaminación de los aminoácidos en el hígado es convertido en urea y ésta es excretada en la orina (Ganong, 1976; Dukes, 1970).

2.0 Metabolitos Medidos en Pre - rumiantes

Los metabolitos antes mencionados están relacionados con el estado de salud de los animales, su estado nutricional y el nivel de producción. Algunos investigadores reportan una relación positiva entre N - uréico del plasma y el consumo de proteína cruda. Una baja concentración de N uréico ha sido mostrada en ganado lechero por la alta producción de leche, en ovinos seleccionados para incrementar la producción de lana, puercos y borregos seleccionados para disminuir el espesor de grasa del lomo. Las principales fuentes de N - uréico en plasma es el amonio (NH_3) producido por el hígado, conversión del exceso de aminoácidos (a.a.) y degradación de la proteína cruda de la dieta (Carter *et al.*, 1989). Mersman *et al.* (1984) sugieren que las diferencias en la concentración de N - uréico en plasma entre líneas de puercos seleccionados para grasa o carne magra ocurre como un resultado del uso más eficiente de los a.a. para la síntesis de proteína en las líneas para carne magra. Mayores concentraciones de N - uréico en plasma fueron observadas en puercos obesos debido a la deaminación de a.a. utilizados para energía. Mas tarde, Carter *et al.* (1989) sugirieron una explicación basada en diferencias en el índice de excreción de N - uréico y/o los espacios de distribución del N - uréico entre líneas. Seal *et al.* (1978), Hawley y Peden (1982), Warren *et al.*, (1982) encontraron una relación positiva entre N - uréico en plasma y el consumo de proteína cruda. Esta tendencia se reporta también en cabras Nubias, Alpinas y Angora, cuando se evaluaron las diferencias en la utilización de proteínas con dietas que contenían 9.0, 15.0

y 21.0 % de proteína cruda y 2.4 Mcal EM kg⁻¹ de M.S. El N- uréico del plasma se incrementó (P<0.01) a 8.3, 22.0 y 33.3 mg dl⁻¹ con los nivel de proteína cruda de la dieta antes mencionados. Además, la concentración de N-uréico del plasma fue más baja para las cabras Angora y mayores para las Nubia (18.5 vs 21.2 vs 23.9 mg dl⁻¹) (P<0.01). La proteína total del plasma (media de 69.7 g l⁻¹) y glucosa (media 83.1 mg dl⁻¹) no fue afectada por el nivel de proteína cruda de la dieta o la raza. El estudio indica que no hay diferencia entre las razas en la utilización de nitrógeno, cuando las cabras fueron alimentadas con dietas de pellets conteniendo de 9.0 a 21.0 % de proteína cruda (Sahlu *et al.*, 1993). Pero las concentraciones plasmáticas de glucosa a las 0.0 hrs. de muestreo fueron menores y se elevaron rápidamente en respuesta a la alimentación (82.3, 83.7, 84.6 y 86.8 mg dl⁻¹ para las 0.0, 2.0, 4.0 y 6.0 hrs., respectivamente). Esta respuesta es consistente con la conservación de glucosa de los animales de carne por la demanda de energía para la movilización de adipositos, reserva y catabolismo de ácidos grasos en el hígado (Carter *et al.*, 1989).

Cabritos machos enteros Boer y Kiko fueron alimentados con heno de Festuca con 15.3 % de proteína cruda y un concentrado con 16.0 % de P.C. proporcionado al 2 o 3 % de su peso vivo. Los cabritos suplementados al 2 % de su peso vivo tuvieron mayor (P<0.01) concentración de nitrógeno uréico en plasma (21.3 vs 19.3 mg dl⁻¹) y menor glucosa (63.1 vs 72.1 mg dl⁻¹), comparados con los suplementados al 3 % del peso vivo (Wildeus *et al.*, 2004). Al comparar la Festuca con heno de alfalfa (16.3 % de proteína cruda) suplementados con el mismo tipo de concentrado, consumido al 2 % del peso vivo, tanto el N - uréico (21.0 vs 19.9 mg dl⁻¹) como la glucosa (71.0 vs 66.9 mg dl⁻¹) fueron mayores (P<0.01) con el heno de alfalfa. Los resultados sugieren que un forraje de buena calidad incrementa uniformemente el comportamiento de los animales, independiente de la especie animal y de la raza (Wildeus *et al.*, 2004). Sin embargo, cuando se usó soya tratada con radiación con 0.0, 10 .0 y 20.0 kGy en cabritos Barbari de tres a cuatro meses de edad con 10 kg de peso vivo, se observó que las concentraciones de glucosa y urea no fueron afectadas significativamente debido al tratamiento (Veena y Prakash, 2005).

Para medir el efecto de las proporciones de proteína degradable en el rumen (PDR) y proteína de sobrepaso (PSP) en cabras Alpina x Beetal en lactancia, se formularon tres

dietas I) 75 PDR:25 PSP %, II) 60 PDR:40 PSP % y III) 60 PDR:40PSP %, este grupo fue alimentado al 85 % de los requerimientos de proteína cruda. Se observó que los niveles de glucosa sanguínea no fueron afectados por las proporciones de proteína cruda de la dieta, pero el nivel de proteína plasmática fue diferente ($P < 0.05$) en los tres tratamientos, la proteína total en plasma en el grupo II fue menor (6.20, 6.01 y 6.34 g dl⁻¹) comparado con los otros grupos, indicando más eficiencia en la utilización de los aminoácidos absorbidos para la síntesis de leche. Mientras que la concentración de N - uréico fue menor en el grupo III ($P < 0.01$) que en los otros dos grupos. Esto puede ser debido a una menor producción de amonio en rumen por la reducida suplementación proteica en la dieta (Pailan y Kaur, 1996). En relación a la glucosa, se reportan similares hallazgos (Lu and Potchoibia, 1990) al no encontrar ningún efecto sobre el nivel de glucosa sanguíneo debido a la variación del nivel de proteína cruda de la dieta.

En cabritos alimentados con leche acidificada la concentración de glucosa en plasma tendió a ser menor ($P < 0.05$) que en aquellos alimentados con leche de cabra. Las hembras presentaron menor concentración de glucosa que los machos, probablemente debido a las diferencias en el consumo de alimento. La glucosa del plasma se incrementó por semana de estudio hasta la semana 6 y después decreció drásticamente hasta la semana 9, conforme los cabritos fueron destetados gradualmente a través de restricción diaria en el consumo de leche. Debido a que las muestras de sangre fueron tomadas antes de la alimentación, las concentraciones de glucosa son bajas y no reflejan valores típicos de animales pre-rumiantes. Las concentraciones plasmáticas de proteína total fueron mayores ($P < 0.01$) en cabritos alimentados con leche de cabra que en aquellos alimentados con leche acidificada (50.3 vs. 46.6 g l⁻¹). Pero la proteína total plasmática no fue afectada por el sexo y se observa un incremento de la proteína total del plasma con la semana del experimento. La mayor concentración de proteína plasmática presente en los cabritos alimentados con leche de cabra puede ser un reflejo de mayor consumo de proteína, como resultado de un mayor consumo de leche por día (Sahlu *et al.*, 1992). Kaneko (1989) ha descrito que existe una relación muy estrecha entre la proteína total del plasma y el consumo de proteína de la dieta. Además, menciona que el mayor sitio de síntesis de proteína total es el hígado y el sistema inmune actúa como un segundo sitio. En machos caprinos alimentados en sub mantenimiento ($P < 0.05$) se incrementa el

nitrógeno ureico, el nivel de este compuesto en la alimentación *ad libitum* de machos caprinos fue dependiente ($P < 0.003$) de los niveles previos de alimentación (Kouakou *et al.*, 1990).

La concentración de urea en plasma fue mayor (< 0.01) en cabritos alimentados con leche de cabra que en cabritos alimentados con leche acidificada (16.0 vs 12.7 mg dl⁻¹). No se presentaron efectos significativos por sexo. La concentración de N - uréico decreció en un 44.0 % de la semana 1 a la 4 y permaneció bajo hasta la semana 9 del muestreo para los cabritos alimentados con leche acidificada. El N - uréico en plasma se incrementó significativamente en la semana 4 para los cabrito alimentados con leche de cabra, seguidos por un decremento significativo en la semana 6 ($P < 0.05$); hay una pequeña variación a través del resto del estudio (Sahlu *et al.*, 1992). Becerros alimentados con leche entera presentan mayores concentraciones de N - uréico y albúmina que becerros alimentados con sustituto lácteo (Jaster *et al.*, 1990).

En ovinos de la raza Romanov criados artificialmente con leche materna y con sustituto de leche se observó que, en ambos grupos, los niveles de glucosa decrecen con la edad y en su mayoría cuando se aproxima el destete. Este hecho puede estar relacionado con la función del rumen en animales destetados, a partir de la ingestión de alimento sólido, desde que ellos han ingerido alimento sólido. Es bien conocido que la función del pre-estómago causa un decremento de carbohidratos absorbidos. Después del destete hay un incremento inicial de glucosa, el cual puede ser dependiente del nuevo régimen alimenticio (Celi *et al.*, 1982). Otros investigadores han observado que los valores de glucosa descienden significativamente en los subsiguientes periodos (Annison *et al.*, 1959). La proteína total decrece antes del destete, en particular en el grupo experimental, en los patrones de variación es más evidente que en el testigo. Este decremento puede depender de la reducción de la leche materna en el grupo alimentado naturalmente y sobre la insuficiencia intestinal de absorber proteínas contenidas en el sustituto de leche. Después del destete el incremento de la proteína puede estar relacionado a la diferente composición de la nueva dieta (Celi *et al.*, 1982).

La albúmina representa el 52.0 % de la proteína del suero. Ésta decrece significativamente antes del destete (más evidente en la crianza artificial), lo que puede ser explicado por el hecho de que muchos aminoácidos absorbidos a través del intestino

sirven para la manufactura de otras proteínas que para albúmina, como se ha demostrado en ganado lechero (Celi *et al.*, 1982).

A tres grupos de becerros se les ofreció sustituto de leche al 10 % del peso vivo, en los dos primeros se realizó el destete a los 35 días, la diferencia fue que al segundo grupo se le dio el sustituto (10 % P.V) hasta los 28 día y posteriormente se ofreció al 5 % del P.V., mientras que al tercer grupo se destetó cuando el consumo de concentrado de iniciación alcanzó 454 g d⁻¹ durante dos día consecutivos. La concentración de nitrógeno uréico fue mayor para los becerros del segundo grupo, comparado con el primer grupo durante los primeros 28 días y éstas fueron aún mayores durante la semana 6, lo que pudo haber ocurrido por la remoción parcial del sustituto de leche durante la semana 5 (Quigley, 1996).

Por otro lado, en becerros alimentados con sustituto de leche *ad libitum* (GrAL) versus restringidos (GrRS), se presentó diferencia significativa en la concentración de albúmina (GrRS < GrAL) por el mayor nivel de alimentación, el cual influyó la concentración de albúmina plasmática durante el periodo experimental, pero no para urea, glucosa y proteína total. La concentración de proteína total se incrementó similarmente después del primer consumo de alimento en ambos grupos, debido a la absorción de las IgG del calostro, pero las concentraciones de este compuesto fueron similares en ambos grupos durante la primera semana de vida y no indican un mayor consumo de proteína en el grupo alimentado con GrAL que con el grupo Gr RS. El marcado incremento en la concentración de urea en plasma del nacimiento a los 3 días de nacidos, reflejó mayor índice de degradación de proteína o deaminación de aminoácidos después de un alto consumo de proteínas. Sin embargo, el mayor consumo de proteína en GrAL que en GrRS no afectó la concentración de urea. Con este consumo tampoco se afectó la concentración de glucosa en plasma, indicando que la homeostasis de la glucosa fue mantenida, pero las concentraciones de los metabolitos no fueron diferenciadas por la alimentación (Hommon *et al.*, 2002).

Lammers *et al.* (1998) obtuvieron una respuesta diferente en las concentraciones de glucosa en plasma, fue mayor en becerros alimentados con sustituto de leche (que contenía 67.0 % de concentrado de proteína de suero), contra los alimentados con 0.0% de esa proteína. No hubo diferencia en la concentración de N-ureico ni en la proteína

total por efecto de fuente de proteína (leche descremada y concentrado de proteína de suero de leche) de los substitutos lácteos. También se reporta una concentración de glucosa mayor en becerros alimentados con grano que los que consumieron leche (5.02 vs 4.43 mM). Mientras que la urea en plasma estuvo relacionada con el consumo de grano ($r = 0.71$ y 0.79 a las 0.0 y 2.0 horas del consumo de alimento), indicando una extensa degradación ruminal de proteína y carbohidratos, metabolismo de aminoácidos absorbidos y posiblemente reciclaje de urea (Quigley y Bernard 1992).

Doppenberg y Palmquist (1991) obtuvieron un esquema diferente sobre la concentración de glucosa en plasma en becerros alimentados con dieta líquida, mientras que en los animales que consumen dieta sólida hay una declinación en la concentración de glucosa muy fuerte a las 8 semanas de edad.

Los becerros alimentados con calostros tuvieron mayor concentración de N-uréico al día de nacidos que los becerros alimentados con un substituto de calostro (12.60 ± 0.78 y 10.03 ± 0.77 mg dl⁻¹, respectivamente) ($P = 0.0012$). Los becerros alimentados con substituto recibieron un mayor volumen de líquido en las primeras 24 horas de vida y un mayor incremento en el volumen del plasma, que los becerros alimentados con calostro (4.39 ± 0.75 comparado a 2.63 ± 0.76 %). Sin embargo, la concentración de N-uréico puede estar diluida en los becerros alimentados con el substituto.

La diferencia en los contenidos de proteína cruda de los alimentos puede también contribuir a diferencias entre becerros alimentados con calostro (15.0 % P.C) y becerros alimentados con substituto de calostro (10.0 % P.C). Los becerros alimentados con calostro tuvieron mayor proteína total en plasma que los becerros alimentados con substituto ($P < 0.0001$); así, es probable que el calostro proporcione más proteína total en plasma que el substituto de calostro. En animales mayores, este exceso de proteína probablemente sea metabolizado a urea para excretarlo del cuerpo, pero el sistema digestivo de los becerros no es completamente funcional en las primeras 24 horas, la actividad de enzimas del páncreas y el desarrollo del sistema digestivo se incrementan con el tiempo. Para la 3 semana de edad los becerros son capaces de digerir proteínas no lácteas. Sin embargo, diferencias en la concentración de N-uréico son probablemente debidas a diferencias en volumen del plasma (Mowrey, 2001).

2.1 LITERATURA CITADA

- Abe, M., Matsunaga, M., Iriki, T., Funaba, M., Honjo, T., and Wada, Y. 1999. Water balance and fecal moisture content in suckling calves as influenced by free access to dry free. *J. Dairy Sci.* 28: 320-332.
- Agenjo, C.C. 1948. *Industrias Lácteas*. 2º edición. Ed. ESPASA-CALPE, S.A. Madrid, España. 45 p.
- Agraz, A.A. 1984. *Caprinotecnia I*. Segunda edición. Ed. Limusa. pp: 139, 144, 371.
- Ajuwape, A.T.P., Roberts, A.A., Solarin, O.O. and Adetosoye, A.I. 2005. Bacteriological and haematological studies of clinical mastitis in goats in Ibadan, Oyo State, Nigeria. *Small Rumin. Res.* 60(3): 307-310.
- Alfaro, Z. S. , Gutiérrez M., J., Ducoing W, A. E. 2004. Efecto de la utilización de suero de queso de cabra como sustituto parcial en cabritos sobre la composición de la canal. *Memoria de la XIX Reunión Nacional sobre Caprinocultura, AMPCA*. Acapulco, Gro. pp: 290-295.
- Amo, G.J.S., Baró, E.S., Cuenca, A.S., Fuentes, J.L.Y., García, J. L., García, M.R., Asensio, J.de D.M., García, R.G. de la M. 1989. *Manual sobre cabras*. Edición Mundi-prensa. 88 p.
- Andrighetto, I., Bailonia L., Zancana, M., and Dalvitb P. 1994. Effect of concentration of cold acidified milk replacers, breed and rearing season on the performance of goat kids. *Small Rumin. Res.* 13 (3): 223-229.
- Annison, E.F., Lewis, D., Lindsay, D.B. 1959. The metabolic changes which occur in sheep transferred to lush spring grass. I. changes in blood and rumen constituents. *J. Agric. Sci.* 53: 34-41.
- Anónimo, 1986. Informe especial. Valor nutricional de un sustituto de leche. *Síntesis Lechera*. pp: 22-31.
- Arbiza, A.S.I. 1986. *Producción de Caprinos*. Ed. A.G.T. Editor, S.A., México. pp 449-477.
- Arellano, M.L.G., Muñoz, N.C., Ortega, C.M.E. y Zorrilla, R.J.M. 1985. Cría de becerros lactantes. 1. Uso de calostro fermentado adicionado con sorgo. *Téc. Pec. Méx.* 49: pp18-27.
- Bas, P., Schmidely, P. and Morand-Fehr, P. 1991. Change in the level of energy intake

- in kids fed goat milk or milk replacer. *Reproduction-Nutrition Development*. 31:3.
- Beharka, A. A., Nagaraja, T. G., Morrill, J.L., Kennedy, G. A., and Klemm, R.D. 1998. Effects of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 81: 1946-1955.
- Biagi, G., Bagliacca, M., Leto, A., Romagnoli, A. 1988. The use of metabolic profile test in a Saanen goat herd. *Ann. Fac. Med. Vet. Pisa XLI*, pp: 395-410.
- Bourquin, L. D. 1996. Soya y cancer. *Soya noticias*. Asociación Americana de la Soya, A.C. No. 246. pp: 16-22.
- Bravo, J., García, E., Bravo, H. y Camacaro, A. 1980. Amamantamiento artificial en caprinos. *Rev. CIARCO*. 10(1-4): 17-26.
- Briger, A.N. and Barr, G.W. 1979. Effect of protein source of milk replacer on performance of dairy calves in cold housing *J. Dairy Sci.* 62 (Supl. 1): Abstr.
- Brown, J.J. and Perry, T.W. 1981. Trypsin and chymotrypsin development in the neonatal lamb. *J. Anim. Sci.* 52 (2): 34.
- Bureau, D. P., Harris, A. M. and Purhap, C. Y. 1998. The effects of purified alcohol extracts from soy products on feed intake and growth of chinook salmon and rainbow trout. *Aquaculture* 161: 27-43.
- Calderón, E.R., Gutiérrez, O.E., Cárdenas, G.F.de J. y Suárez, D.M. 1990. Calostros fermentados y acidificados en la alimentación de becerras de reemplazo. *Ciencia Agropecuaria*. 3(2): 29.
- Carter, M.L., McCutcheon, S.N. and Purchas, R.W. 1989. Plasma metabolite and hormone concentrations as predictores of genetic merit for lean meat production in sheep: effect of metabolic challenges and fasting. *N.Z.J. Agric. Res.* 32: 343-353.
- Celi, R., Martemucci, G. Jirillo, E. 1982. Modification of some hematological parameters in artificially reared lambs. *World Review of Animal Production*. XVIII (3): 33-38.
- Crane, M.F. and Lakes, O.L. 1986. Criando animales jóvenes sin sus madres. *Síntesis Lechera*. pp: 14-16.
- Crowley, J.W. 1973. Calostrum is life-save for nex born kids. *Dairy Goat Journal*. 58. 19-27.
- Cruz, M., García, R., Rivero, F., Viamonte, M. 1999. Relación entre peso vivo,

condición corporal e indicadores bioquímicos de la nutrición en ovejas vacías y secas de la raza pelibuey. Arch. Zootec. 48: 223-236.

- Daramola, J. O., Adeloje, A.A., Fatoba, T.A. and Soladoye, A.O. 2005. Haematological and biochemical parameters of West African Dwarf goat. Livestock Res. for Rural Development. 17 (8): 342-351.
- Davis, J. J.; Sahlu, T., Puchala, R., Tesfai, K. 1998. Performance of Angora goat kids fed acidified milk replacer at two levels of intake. Small Rumin. Res. 28: 249-255.
- De la Haba, M.R., Moreno, A., and Morera, L. 1991. Erythrocyte GSH, hemoglobin and potassium concentrations during the postnatal period in Granadina goats. Small Rumin. Res. 4(2): 189-196.
- De Paiva, M.M., de Azevedo, A. R., Barros, N. N., Machado, J. C. P. y Alves, A. A. 1998. Use of whey of goat cheese in the artificial nursing of goat kids. Rev. Bras. de Zoot. 6: 1212-1217.
- De Schrijver, R. 1998. Impact of soya oligosaccharides on intestinal fermentation products and ileal digestibility in pigs: In effects of legume diets. Eds. S. Bardocz, F.V. Nekrep and A. Pusztai. Vol. 3:31p
- Díaz, G.M.O., Morón, C.F.de J. y Ochoa, C.M.A. 1995. Crecimiento de cabritos Nubios estabulados con diferentes sistemas de crianza y tipo de alimento. Memorias: Congreso Internacional en Producción Caprina. Simposio Internacional sobre Brucelosis Caprina. X Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Zacatecas, Zac. México. 43 p
- Díaz, G.M.O., Ochoa, C.A.M., Díaz M. S., 2000. Mezquite (*Prosopis* sp) molido en sustitución parcial del sorgo y alfalfa en un concentrado de iniciación para cabritos. En: Memorias de la XV Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Universidad Autónoma de Yucatán, Fac. de Medicina Veterinaria y Zootecnia. AMPCA, A.C. Mérida Yuc. pp: 136-139.
- Do Prado, I. N., Borges, I., Macedo, F. A. F., Santos, G. T. D. 1991. Digestibilidade aparente em cabritos pré-rumiantes alimentados com leite de vaca ou proteínas da soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 26 (8): 47-52.
- Do Prado, I. N., Toullec, R., Guilloteau, P. and Guéguen, J. 1989. Digestión des protéines de pois et de soja chez le veau pré-ruminant. II. Digestibilité apparente á

- la fin de l'ileon et du tube digestif. *Reprod. Nutr. Dévelop.* 29: 425-349.
- Do Prado, I. N, Tadeu Dos Santos, G., Fonseca de Macedo, F.A. 1993. Desempenho de cabritos pre-ruminantes alimentados com leite semi-desnatado de vaca ou proteínas texturizadas da soja. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 22(1): 39-46.
- Doppenberg, J. and Palmquist, D.L. 1991. Effect of dietary fat level on feed intake, growth, plasma metabolites and hormones of calves fed dry or liquid diets. *Livestock Production Sci.* 29: 151-166.
- Doxey, D.L. 1977. Haematology of the ox. *Comparative clinical haematology*. R.K. Archer and L.B. Jeffcott, eds. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London Edinburgh, Melbourne. 265 p.
- Dréau, D., Lalls, J. P., Philouze-Rom, V., Toullac, R. and Salmon, H. 1994. Local and systemic immune responses to soybean protein ingestion in early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 72: 2090.
- Dukes, H. H.; 1970. *Fisiología de los Animales Domésticos*. Tomo 1. Funciones Vegetativas. Ed. Aguilar. Pp: 691-760.
- Erickson, P.S. Schauff, D.J. and Murphy M.R. 1989. Diet digestibility and growth of Holstein calves fed acidified milk replacer containing soy protein concentrate. *J. Dairy Sci.* 72: 1528-1533.
- Fernández, T.S.R., Robledo, S.O.M., Buntinx, D.S.E., Shimada, M.A.S. y Cuarón, I.J.A. 1992. Efecto de la frecuencia de amamantamiento sobre el comportamiento productivo y el balance de nitrógeno en cabritos. *Tec. Pec. Méx.* 30(2): 119-124.
- Flores, A. A. J. 1997. Consideraciones generales sobre lactancia artificial en chivos. *Rev. Albeitar No. 2*: 34-40.
- Foley, J.A. and Otterby, D.E. 1978. Availability, storage, treatment, composition and value of surplus colostrum: a review. *J. Dairy Sci.* 61: 1033-1060 pp
- Frandsen, R.D. 1976. *Anatomía y Fisiología de los Animales Domésticos*. 2º Edición en Español. Ed. Interamericana. México pp 123-135.
- Frandsen, R.D.; Spurgeon, T. L. 1995. *Anatomía y Fisiología de los Animales Domésticos*. 5th ed. Interamericana McGraw-Hil. México. pp: 222-242.
- Frokiaer, H., Jorgensen, T. M. R., Rosendal, A., Tongsgaard, M.C. and Barkholt V. 1997. Antinutritional and allergenic proteins. In: *Antinutrients and Phytochemicals in*

- food. Eds. F. Shahidi. American Chemical Socccciety, Wash. D.C. pp: 1-125.
- Galina, M.A., Palma, J. M, Pacheco, D., and Morales, R. 1995. Effect of goat milk, cow milk, cow milk replacer and partial substitution of the replacer mixture with whey on artificial feeding of female kids. *Small Rumin. Res.* 17 (2): 153-158.
- Ganong, W. F. 1976. *Manual de Fisiología Médica*. 7th Ed. El Manual Moderno, S.A. México, D.F. pp: 229-269.
- García, de H. M., Sánchez, C. y Colmenares, J. 1998. Evaluación comparativa de tres sistemas de amamantamiento de cabritos bajo explotaciones intensivas. *Zootecnia Tropical*. 16(1): 87-98.
- Gatel, F. 1992. Protein quality of legume seeds for monogastric animals 1st Europ. Conf. on Grain Legumes, Angers France. pp: 461-472.
- González, C. 1998. Desarrollo caprino en la región de Coquimbo: Antecedentes y análisis. Citado en caprinos de leche en Chile: situación actual y perspectivas, FIA, Ministro de Agricultura, Chile. 63 p.
- Goetsch, A.L., Detweiler, G., Sahlu T., Dawson, L.J. 2001. Effects of different management practices on preweaning and early postweaning growth of Alpine kids. *Small Rumin. Res.* 41: 109-116.
- Gottemoller, T. 1994. Productos Comestibles de proteína de soya en las tortillas. Propiedades funcionales de las harinas concentrados y aislados en estos alimentos. *Soyanoticias*. Asociación Americana de la Soya. No. 236. pp: 12-14.
- Govers, M. J. A. P., Lapre, J.A., de Vries, H.T. and Van der Meer, R. 1993. Dietary soybean protein compared with casein damages colonic epithelial proliferation in rats. *J. Nutr.* 123: 1709-1713.
- Grala, W., Verstegen, M.W.A., Jansman, A.J.M., Huisman, J. and Van Leeusen, P. 1998. Ileal apparent protein and amino digestibilities and endogenous nitrogen losses in pigs fed fed soybean and rapeseed products. *J. Anim. Sci.* 76:557.
- Guyton, A. C., Hall, J.E. 1996. *Texbook of Medical Physiology*, 9th ed. Saunders, Philadelphia, PA. pp: 168-1036.
- Haenlein, G.F.W. 1996. Status and prospects of the dairy goat industry in the United States. *J. Anim. Sci.* 74: 1173-1181.
- Hammon, H. M., Schiessler, G., Nussbaum, A. and Blum J.W. 2002. Feed intake

- patterns, growth performance, and metabolic and endocrine traits in calves fed unlimited amounts of colostrum and milk by automate, starting in the neonatal period. *J. Dairy Sci.* 85: 3352-3362.
- Harker, D.B. 1974. Serum immune globuline levels in artificially reared lambs. *Vet. Rec.* 95: 229.
- Havreuoll, O., Hadjipanayiotou, Sanz-Sampelayo, R.M., Nitsan, Z. and Schmidely, P. 1991. Milk feeding systems of young goats. In: Morand-Fehr (editor), *Goat Nutrition*. EAAP Publication. No. 46: 259-270.
- Hawley, A.W.L. and Peden, D.G. 1982. Effect of ration, season and animal handling on composition of bison and cattle blood. *J. Wildl. Dis.* 18: 321-338.
- Heinrichs, A. J. 1993. Milk replacers for dairy calves. Part 1. *Compend. Food Anim.* 16: 1605-1612.
- Horna, F.E. 1974. Soya protein products and their production. *J. Am.Oil Chem Soc.* 51: 67.
- Huber, J.T. and Slade, L.M. 1975. Fish protein concentrate and fish meal in calf milk replacer. *J. Dairy Sci.* 58: 446.
- Huisman, J. and Jansman, A.J.M. 1991. Dietary effects and some analytical aspects of antinutritional factors in peas (*Pisum sativa*), common beans (*Phaseolus vulgaris*) and soybeans (*Glycine max L*) in monogastric farm animals. A literature review. *Nutr. Abstr. Rev. (series B)*. 61: 901-921.
- INEGI. 2005. El sector alimentario en México. Secretaria de Estadística Sectorial. Ed. 2005. México. pp: 74-80.
- Jain, N.C. 1993. *Essentials of veterinary hematology, comparative hematology of common domestic animals*. Lea and Figer, Philadelphia, PA pp: 44-46.
- Jara, R. Ma. L., Pérez, D.E. y Trejo, G.A. 1994. Crecimiento de cabritos alimentados desde el nacimiento hasta los 60 días de edad con calostro fermentado de vaca. *Memorias. IX Reunión Nacional de Caprinocultura*. AMPCA. Universidad Autónoma de Baja California. La Paz, B.C.S. Méx. 252 p.
- Jaramillo, L. E. y Buenrostro, T. A. 1997. Evaluación de un sistema de crianza de cabritos con leche de cabra. *Memorias de la XII. Reunión Nacional sobre Caprinocultura*. AMPCA. Torreón, Coah. pp: 293-295.

- Jarrige, R. 1989. Ruminant nutrition. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Paris Francia. 391 p.
- Jaster, E. N., G. C., Mc. Coy, N., Spanski and Tomkins, T. 1992. Effect of extra energy as fat or milk replacer solids in diets of young dairy calves on growth during cold weather. *J. Dairy Sci.* 75: 2529-2531.
- Jaster, E.H.; Mc Coy, G.C.; Tomkins, T. and Davis, C.L. 1990 Feeding acidified or sweet milk replacer to dairy calves. *J. Dairy Sci.* 73: 3563.
- Jenkins, K. J. and D. B., Emmons. 1983. Fortification of calf milk replacers with amino acids in free form or plastein – bound. *Can. J. Anim. Sci.* 63: 893–903.
- Kaneko, J.J. 1989. Serum protein and the dysproteinemias. Page 146 in *Clinical biochemistry of domestic animals*. 4th ed. J.J. Kaneko, ed. Academic Press, Inc., New York, N.Y.
- Kanjanapruthipong, J. 1998. Supplementation of milk replacers containing soy protein with threonine, methionine, and lisen in the diets of calves. *J. Dairy Sci.* 81: 2915-2919.
- Kolar, C.W. and Wagner, T. J. 1991. Alternative protein use in calf milk replacers. In: J. H. M. Metz and C. M. Goenestein (Editors). *New Trends in Veal Calf Production*. Pudoc. Wageningen. pp: 211-215.
- Kouakou, B. Gazal, O. S., Terrill, T.H. Kannan, G. Gelaye, S. and Amoah, E.A. 1990. Effects of plane of nutrition on blood metabolites and hormone concentration in goats. *J. Anim. Sci.* 77 (Suppl. 1). p 267.
- Lallés, J. P. 1993. Nutritional and antinutritional aspects of soyabean and field pea proteins used in veal calf production: a review. *Livestock Production Science.* 34: 181-202.
- Lallés, J. P., Tukur, H.M., Toullec, R. and Miller, B. G. 1996. Analytical criteria for predicting apparent digestibility of soybean protein in preruminant calves. *J. Dairy Sci.* 79: 475-482.
- Lallés, J.P., Benkredda, D. and Toullec, R. 1995. Influence of soy antigen levels in milk replacers on the disruption of intestinal motility patterns in calves sensitive to soya. *J. Vet. Med. Ser A.* 42:467.
- Lammers, B. P., Heinrichs, A.J., and Aydin, A. 1998. The effects of whey protein

- concentrate or dried skim milk in milk replacer on calf performance and blood metabolites. *J. Dairy Sci.* 81: 1940-1945.
- Lane, A. G. and Campbell, J. R. 1969. Relationship of hematocrit values to selected physiological conditions in dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 28: 508.
- Ledesma, F.R.A. 1978. La cría artificial de becerros. Aspectos fisiológicos nutricionales y materias primas utilizables en su dieta. *Bovirama*. No 7: 27.
- Leibholz, J. 1976. The nutrition and management of the ruminant calf. Memoria: Seminario Internacional de Ganadería Tropical. Producción de Leche como Actividad Especializada. Banco de México, S.A. FIRA. No. 3: 23.
- Liener, I.E. 1994. Antinutritional factors in legume seeds: state in the art. In: J.Huisman, T.F.B. van der Poel and I.E. Liener (Editors). *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*, Pudoc.Wageningen. pp: 6-14.
- Liu, Keshun. 2000. Limitaciones actuales en la utilización de alimentos derivados de soya y los esfuerzos para superarlas. *Soya noticias*. Asociación Americana de la Soya, A.C. Vol. 1, no. 258: 27.
- Lu, C.D., and Potchoibia, M.J. 1990. Feed intake and weight gain of growing goats fed diets of various energy and protein levels. *J. Anim. Sci.* 68: 1751.
- Luo, J., Sahlu, T., Cameron, M., Goetsch, A.L. 2000. Growth of Spanish, Boer x Angora and Boer x Spanish goat kids fed milk replacer. *Small Rumin. Res.* 36: 189-194.
- Lyford, S.J. 1988. Crecimiento y desarrollo del aparato digestivo de los rumiantes. En: D.C. Church (Ed). *El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición*. Acribia. Zaragoza, España. pp: 47-68.
- Lyford, S.J. y Huber, J. T. 1988. Digestión, metabolismo y necesidades nutritivas en pre-rumiantes. En: D.C. Church (Ed) *El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición*. Ed. Acribia. Zaragoza, España. pp: 459-481.
- Madibela, O.R. and Segwagwe, B. V. E. 1999. Nutritional effects on maternal blood metabolites and on outcome of pregnancy of dry season kidding Tswana goats. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa*. 46: 205-208.
- Magaña, C.A., Duarte, V.F. y Rodríguez, G.F. 1987. Estudio comparativo de diferentes sustitutos de leche utilizados en el destete precoz de cabritos. *Memorias: Reunión de Investigación Pecuaria en México*. México. D.F. p. 45.

- Mathew, A., Pestova, M., and Clift, R. 1997. Weaning changes intestinal coating. National Hog Farmer. 12 p.
- Mbassa, G.K. and Poulsen, J.S.D. 1991. Influence of pregnancy, lactation and enviromental on hematological profiles in Danish Landrace dairy goats of different parity. *Comp. Biochem. Physiol. B.* 100 (2): 403-412.
- Mbassa, G.K. and Poulsen, J.S.D. 1993. Reference ranges for hematological values in landrace goats. *Small Rumin. Res.* 9: 367-376.
- Mersmann, H.J., Pond. W.G. and Yen, J.T. 1984. Use of carbohydrate and fat as energy source of obese and lean swine. *J. Anim. Sci.* 58: 894-902.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación-Servicio de Extensión Agraria. 1989. Manual sobre Cabras. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 47 p.
- Mohamed, E. A., Hussein, A.A.M. 1999. Changes in some hematological and biochemical parameters during prepartum and post partum periods in female Baladi goats. *Small Rumin Res.* 34: 77-85.
- Morand-Fehr, P., Hervieu, J., Bas, P., Fauvant, F. 1982. Feeding of young goats In: Proceedings of the Third International Conference on Goat Production and Disease. pp 90-108.
- Moreira, M.C.G., De Sousa, F.M. y Fernández, R.N.N. 1994. Uso de leche de soya en el destete precoz de caprinos, ganancia de peso y mortandad, noreste de Brasil. XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Acapulco, Méx. p179.
- Moreno, G. de las M. 1989. La Alimentación de cabrito. In: Manual sobre Cabras. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 47 p.
- Moreno, V.F.J. 1978. Efecto de la administración oral de suero (Gamaglobulina) además de calostro en corderos recién nacidos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 45 p.
- Morril, J.L. 1987. La proteína de soya en los sustitutos de leche para becerros. Asociación Americana de la Soya. No. 75. México. 52 p.
- Morros, S.J. 1961. Propiedades fisicoquímicas de la sangre. In: Elementos de fisiología. Ed. Científico Médico. 8º edición, Barcelona, España. pp: 414-499.
- Mowrey, C. M. 2001. Influence of feeding pooled colostrum replacement on IgG levels

- and evaluation of animal plasma as a milk replacer protein source. Thesis Master of Science. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VI. 65 p.
- Muller, L.D. Beardsley, G.L. and Ludens, F.C. 1975. Amounts or sours colostrum for growth and health of calves. *J. Dairy Sci.* 58: 895-903.
- N.R.C. 1981. Nutrient requirements of dairy and meat goats in temperate and tropical countries. No.15. National Academic Press. Washington, D.C. 10 p.
- Naczki, M., Amarowicz, R. and Shahidi, F. 1997. Alpha-galactosides of sucrose in foods: composition, flatulence-causing effects and removal. In: *Antinutrients and Phytochemical in food*. Ed. F. Shahidi, American Chemical Society, Washington. D.C. 39 p.
- Nagpal, A.K., Singh, D., Prasad, U.S.S., Jain, P.C. 1995. Effect of weaning age and feeding system on growth performance and carcass traits of male kids in three breeds in India. *Small Rumin. Res.* 17: 45-50.
- Oh, J.H., Hume, I.D., and Torrell, D.T. 1972. Development of microbial activity in the alimentary tract of lambs. *J. Anim. Sci.* 35: 2.
- Ortega, C.M.E. y Ledesma-Feret, R. 1978. Efecto de la fermentación del calostro sobre la flora bacteriana inducida. *Veterinaria México.* 9: 39-47.
- Otterby, D.E. and Linn, J.F. 1981. Advances in nutrition and management of calves and heifers. *J. Dairy Sci.* 64: 1365-1377.
- Otterby, D.E., Dutton, R.E. and Foley, J.A. 1977. Comparative fermentations of bovine calostrual milk. *J. Dairy Sci.* 60. 437-443.
- Ouédragon, C. L., Lallés, J.P., Toullec, R., Grongnet, J.F. 1998. Roasted fullfat soybean as an ingredient of milk replacers for goat kids. *Small Rumin. Res.* 28: 53-59.
- Pailan, G.H., Kaur, H. 1996. Influence of dietary protein content and digestibility on milk yield and blood constituents in lactating goats. *Small Rumin Res.* Vol. 20: 47-51.
- Pere, M.C., Dourmad J.Y., Etienne, M. 1996. Variation of uterine blood flow in the sow during gestation. *Journées de la Recherche Porcine en France.* 18: 371-378.
- Pérez, D.E. 1986. El Cabrito. In: *Producción de caprinos*. Ed. A.G.T.-EDITOR. México, D.F. pp: 449-477.

- Párez, P. 1993. Caracterización de la producción caprina en Chile. (Characteristics of goat production in Chile). Curso de producción caprina. Centro de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos, Zaragoza, España. 39 p.
- Pérez, P., Maino, M., Morales, M.S., Soto, A. 2001. Effect of goat milk and milk substitutes and sex on productive parameters and carcass composition of cróele kids. *Small Rumin. Res.* 42: 87-93.
- Pimenta, F.E.C., Albuquerque, S.M.U, De Almeida C. C. y Ribeiro, M.N. 1996. Effect of replacing milk with cheese whey on the artificial rearing of kids. *Rev. Bras. de Zoot.* 3: 522.
- Posavac, J. 1992. Influencia of different whey quantities in milk replacer used in kids feeding. *Mljekarstvo.* 42:2 (Abstracts).
- Potchoiba, M. J., Lu, C. D., Pinkerton , F., Sahlu, T. 1990. Effects of all- milk diet on weight gain, organ development, carcass characteristics and tissue composition, including fatty acids and cholesterol contents of growing male goats. *Small Rumin. Res.* 3: 583-593.
- Prada H., J.J., Rodríguez R., M.J., Guerrero de A., M.C. 1996. Establecimiento de parámetros hematológicos y constantes fisiológicas normales en ovinos de clima cálido del departamento del Tolima-Colombia. *Rev. Latamer. Peq. Rumin.* 2(4): 301-314.
- Pusztai, A. 1989. Biological effects of dietary lectins. In: J. Huisman, T.F.B. van der Poel and I. E. Liener (Editors). *Recent Advances of research in antinutritional Facts in legume Seeds*, Pudoc. Wageningen. pp: 17-29.
- Pusztai, A., Grant, G., Brown, D. S. S., Bardocz, S. W. B., Ewen, K. Baintner, W. J. Peunams, E. J., Van Damme, M.. 1995. *Lectins: Biomedical Perspectives*. Eds. A. Pusztai and S. Bardocz, Taylor and Frances Ltd., London, G.G. pp: 141-154.
- Putzai, A. 1991. *Plant lectins*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, G.B. pp: 1-263.
- Quigley, J. D and Bernard J. K. 1992. Effects of nutrient source and time of feeding on changes in blood metabolites in young calves. *J. Anim. Sci.* 70: 1543-1549.
- Quigley, J. D. III. 1996. Influence of weaning method on growth, intake, and selected blood metabolites in Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 79: 2255-2260.
- Reyes, M.A. y Bermúdez, J.E. 1995. Consumo y ganancia de peso de cabritos

- alimentados con leche de cabra y dos dietas sólidas con diferentes concentraciones de energía. Memorias del Congreso Internacional en Producción Caprina. Zacatecas, Zac. pp: 117-119.
- Ribeiro, M.N, Pimenta, E. C. F., de Almeida C.C., Costa, R. G., y do Nascimento, J. C., 1997. Physico-chemical traits of meat goat kids submitted to different levels of substitution of milk by serum of cheese during milking. *Rev. Bras. de Zoot.* 3: 595-598.
- Rincón, R.R.M. 1976. Cría de becerros con leche descremada y calostro fermentado en sustitución de leche entera. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Méx. 38 p.
- Ruckebusch, Y. y Thivend, P. 1980. Digestive physiology and metabolism in ruminants. 5th ed. Avi Publishing Company. Lancaster, England. 106 p.
- Rojas, A., López-Bote, C., Rota, A., Martín, L., Rodríguez, P.L. and Tovar, J.J. 1994. A Fatty acid composition of Verata goat kids fed either goat milk or commercial milk replacer. *Small Rumin. Res.* 14:61- 66.
- Roy, J.H.B., Stobo, I.J.F., Shotton S.M., Ganderton, P., and Gillies C. M. 1977. The nutritive value of non-milk proteins for the preruminant calf. The effect of replacement of milk protein by soya-bean flour or fish-protein concentrate. *Br. J. Nutr.* 38: 167.
- Ruíz, J.M., Galina, A. y Gutiérrez, A. 1982. Cría artificial de cabritos bajo tres regimenes alimenticios. VIII Congreso Nacional de Buiatría. Veracruz, Ver. México. pp: 37-43
- Russett, J.C. 1997. Extruded soy concentrate for weanling pigs. Chemurgy Report from Research. SPC-S. 31 p.
- Sahlu, T., Carneiro, H., El-Shaer, H.M. and Fernández, J.M. 1992. Production performance and physiological responses of Angora goat kids fed acidified milk replacer. *J. Dairy Sci.* 75: 1643-1650.
- Sahlu, T., Hart, S. P. and Fernandez, J.M. 1993. Nitrogen metabolism and blood metabolites in three goat breeds fed increasing amounts of protein. *Small Rumin. Res.* 10: 281-292.
- Sanz-Sampelayo, M.R., Lara, L., Prieto, I., Gil Extremera, F. and Boza, J. 1993. Body

- composition and energy metabolism of pre-ruminant kids and lambs. *Investigación Agraria, Producción y Sanidad Animal*. 8(1): 75-89.
- Sanz, S.M.R., Muñoz, F.J., Lara, L., Boza, J., 1987. Efectos del nivel de alimentación, clase de leche y edad en el desarrollo de cabritos de raza Granadina. *Invest. Agric. Prod. Sanid. Anim.* 2: 93-103.
- Schang, M.J. y Azcona, J. O. 2000. Aplicación de los futuros productos de soya en la alimentación avícola. *Soya noticias*, Asociación americana de soya, A.C. México. 20-25p
- Seal, U.S., Verme, L.J. and Ozoga, J.J. 1978. Dietary protein and energy effects on deer fawn metabolic patterns, *J. Wildl. Manage.* 42: 776-790.
- Secretaria de Educación Publica. 1982. Elaboración de productos lácteos. Area: Industrias Rurales. Manual para Educación Agropecuaria. Ed. Trillas. México. 60 p.
- Shaffer, L., Roussel, J. D. and Koonce, K.L. 1981. Effects of age, temperature- season, and breed on blood characteristics of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 64(1): 62-86.
- Sissons, J.W. and Tolman H.1991. Antinutritional properties of soybean antigens in calves. In: *Toxic Factors in Crop Plants*. Eds J.P.F. D'Mello and C.M. Duffus. Proc. 2nd Spring Conf. Edinburgh, Scotland. pp: 62-85.
- Smith, K.J. 1997. Soybean meal: Production, composition and utilization. *Feedstuffs*. 17: 22-25.
- Sneyder, A.C., Schuh, J.D., Wegner, T.N. and Gebert, J.R. 1974. Passive immunization of the newborn dairy calf via fermented colostrum. *J. Dairy Sci.* 57: 5.
- Sohn, K.S., Maxwell C.V., Pollmann D.S. and Southern L. L. 1994. Improved soybean protein sources for early weaned pigs: I. Effects on performance and total tract amino acid digestibility. *J. Anim. Sci.* 72: 622.
- Srikandakumar, A., Jonson, E. H., Mahgoub, O. 2003. Effect of heat stress on respiratory rate, rectal temperature and blood chemistry in Omani and Australian Merino sheep. *Small Rumin. Res.* 49(2): 193-198.
- St. Laurent, G. J. and Brisson G. J. 1972. Nutritive value of FPC for young calves. *Can. J. Anim. Sci.* 52: 585.
- Swenson M.J., and Reece, W.O. 1999. *Fisiología de los Animales Domésticos de Dukes*.

- 5th Ed. UTEHA NORIEGA Editores. México. pp: 22-46.
- Tambuwal, F. M., Agale, B. M. and Bangana, A. 2002. Hematological and biochemical values of apparently healthy Red Sokoto goats. Proceeding of 27th Annual Conference Nigerian Society of Animal Production (NSAP), March, 17-21, 2002, FUTA, Akure, Nigeria. pp: 50-52.
- Tammaing, S., Schulze, H., Van Brucheu, J. and Huisman, J. 1995. The nutritional significance of endogenous N- losses along the gastro-intestinal trac of farm animals. Arch. An. Nut. 49: 9.
- Terán, M. A. 1999. Proteína de soya y manteca de puerco en substitutos de leche para cabritos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P. 44 p.
- Thea, L.P., Tórtora, P.J. y Bermúdez, E.J. 1995. Efecto de la restricción láctea sobre el consumo de alimento sólido, ganancia de peso y el desarrollo del retículo rumen en cabritos. Memorias: Congreso Internacional en Producción Caprina. Simposio Internacional sobre Brucelosis Caprina. X Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Zacatecas, Zac. Méx. p 120.
- Thickett, W. S., Cuthbert N. H., Brigstocke, T. D., Lindeman, M. A., Wilson, P. N. 1983. A note on the performance and management of calves raised on cold acidified milk replaced fed ad libitum. Anim. Prod. 36: 147-154.
- Tibbo, M., Jibril, Y., Woldemeskel, M., Dawo, F., Aragaw, K., Rege, J.E.O. 2004. Factors affecting hematological profiles in three Ethiopian Indigenous goat breeds. Int. J. Appl. Res. Vet. Med. 12(4): 297-309.
- Tórtora, P.J.L. 1978. El Calostro: Su importancia y utilización en las especies domésticas. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Cuatitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. Boletín de Rumiantes. 2(1). 12 p.
- Tukur, H.M., Lallés, J.P., Mathis, C., Cougant, I., and Toullec, R. 1993. Digestion of soy-bean globulins, glycinin, α conglycinin and β conglycinin in the preruminant and the ruminant calf. Can. J. Anim. Sci. 73: 891.
- Valdés, V.F. 1977. Uso del calostro para los terneros. Boletín de Reseña. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana. Ed. CIDA. Serie Ganadería. 4: 7-8.

- Valencia, C. C. M. 2002. Desafíos del sistema extensivo de producción caprina. En: Memorias de la 17ª Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Durango, Dgo. pp: 102-107.
- Veena, M. and Prakash, Ch. 2005. Effect of feeding γ - irradiated soybean on growth performance and blood metabolites in Barbari Kids. *Small Rumin. Res.* 57(2-3): 213-219.
- Walker, D.M. and Kirk R.D. 1975. The utilization by preruminant lambs of milk replacer containing isolated soya bean protein. *Aust. J. Agric. Res.* 26: 1025-1035.
- Warren, R.J., Kirkpatrick, R. L., Oelschlaeger, A., Scanlon, P.F., Webb Jr., K.E. and Whwlan, J.B. 1982. Energy, protein and seasonal influences in white-tailed deer fawn nutrition indices. *J. Wildl. Manage.* 46: 302-312.
- Wildeus, S., Turner, K., Collins, J. 2004. Effect of two levels of corn-based supplementation on forage intake, growth, and blood parameters in Boer and Kiko-sired crossbred kids. *J. Anim. Sci.* 82(1): 356.
- Zataráin, M. R. 1986. Substitutos lácteos en la alimentación de becerros. Síntesis lechera. Informe especial. Querétaro, Qro. 1(6): 9-15.

CAPÍTULO 3

EFFECTO DEL CONCENTRADO DE PROTEINA DE SOYA Y DOS FUENTES DE ENERGÍA COMO SUBSTITUTOS DE LECHE EN EL COMPORTAMIENTO DE CABRITOS NUBIOS

RESUMEN

La leche de cabra es un producto de alta rentabilidad en los sistemas de producción caprina y el mantenimiento de elevados volúmenes de leche para venta o industrialización requiere de algunas estrategias de manejo y alimentación de las crías. El objetivo de este trabajo fue evaluar la inclusión de concentrado de proteína de soya y dos fuente de energía en substitutos de leche en el comportamiento de 68 cabritos (35 hembras y 33 machos) del nacimiento hasta las 9 semanas de edad, en la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, ubicada en la zona centro – norte de México (22° LN). Los cabritos se asignaron al azar a los siguientes tratamientos: T₁: proteína láctea más sebo de res, T₂: 20.0 % de concentrado de proteína de soya más sebo de res, T₃: 40.0 % de concentrado de proteína de soya más sebo de res, T₄: proteína láctea más sebo de puerco, T₅: 20.0 % de concentrado de proteína de soya más sebo de puerco y T₆: 40.0 % de concentrado de proteína de soya más sebo de puerco. Los substitutos se hidrataron y proporcionaron a los cabritos en biberones en una concentración de sólidos totales de 150.0 g l⁻¹ dos veces al día. A partir de la segunda semana de edad, los cabritos tuvieron acceso a un concentrado de iniciación con 18.0 % de proteína cruda y 2.6 Mcal Kg⁻¹ de energía metabolizable a base de cereales enteros. Los datos se analizaron por un arreglo factorial 3x2x2x9. Las variables analizadas fueron consumo de substituto de leche, concentrado de iniciación, cambio de peso corporal, conversión alimenticia y análisis económico. El concentrado de proteína de soya a diferentes niveles no afectó (P>0.05) el consumo de dieta líquida ni la ganancia de peso. Hubo diferencias (P<0.05) en el consumo de concentrado de iniciación (95.0, 95.0 y 97.0 g d⁻¹ animal⁻¹). Las fuentes de energía (sebo de res y puerco) no afectaron el consumo de la dieta líquida ni la ganancia diaria promedio de

peso ($P>0.05$); sin embargo, hubo un efecto significativo ($P<0.05$) en el consumo de concentrado de iniciación (97 vs. 95 g d⁻¹). El sexo de los cabritos no influyó ($P>0.05$) en el consumo del sustituto de leche ni en la ganancia diaria promedio de peso, pero el consumo de concentrado de iniciación si fue diferente de acuerdo al sexo ($P<0.05$), los machos consumieron mayor cantidad de concentrado que las hembras (100 vs. 92 g d⁻¹). Todas las variables fueron diferentes ($P<0.05$) durante el periodo experimental (semanas). Hubo un efecto lineal en la ganancia de peso corporal ($P<0.05$) descrito por la ecuación $Y = 2.2044 + 1.0027 X$, ($r = 0.997$). Los diferentes niveles de concentrado de proteína de soya, fuentes de energía y sexo de los cabritos no afectaron ($P>0.05$) la conversión alimenticia de sólidos totales de la leche, pero el nivel del concentrado de proteína de soya tubo un efecto ($P<0.05$) en la conversión alimenticia de sólidos totales más materia seca del concentrado. Ambas conversiones alimenticias fueron diferentes ($P<0.05$) durante todo el periodo experimental (semanas). De este estudio se concluye que es posible criar cabritos con sustitutos de leche elaborados con concentrado de proteína de soya, sebo de res y/o de puerco.

PALABRAS CLAVE: sustituto de leche, concentrado de iniciación, concentrado de proteína de soya, sebo de res, sebo de puerco, cabritos.

were different ($P < 0.05$) during the entire experimental period (weeks). From this study it is concluded that it is possible to raise kids with milk substitutes prepared with a concentrate of soy protein, cow and/or pork lard.

KEY WORDS: milk substitute, starting concentrate, concentrate of soy protein, cow lard, pork lard, kids.

1. INTRODUCCIÓN

En México existen aproximadamente 8.9 millones de caprinos, los cuales producen 160,000 toneladas de leche, que se consume principalmente en forma de quesos, cajeta y dulces de leche. Los estados de Coahuila y Durango (zona norte del país) producen casi la mitad de la leche en el país. En la parte central destacan los estados de Guanajuato, San Luis Potosí y Michoacán con el 33 % de leche a nivel nacional (Valencia *et al.*, 2002; INEGI, 2005).

En los últimos años se ha mantenido un creciente interés por los sistemas de producción de leche caprina como un nuevo enfoque agroindustrial, donde es muy importante el volumen de leche producida para que el sistema sea económicamente rentable, siendo necesario comercializar la mayor cantidad de leche posible. Esto genera la necesidad de establecer procedimientos de crianza de cabritos que permitan destinar la mayor cantidad de leche para la venta, sin afectar el desarrollo de las crías (Meneses *et al.*, 2001).

Algunas estrategias de manejo pueden ser el destete temprano de los cabritos (42 días de edad), cuando el consumo de alimento y los índices de crecimiento no son afectados negativamente (Ferreira y Thornton, 2004; Morand-Fehr 1976). Estos autores también, reportan que es posible destetar los cabritos cuando tienen un consumo de concentrado de iniciación de 30 a 50 g d⁻¹ animal⁻¹. El uso de lacto reemplazantes exige que estos productos tengan características nutritivas muy parecidas a la leche materna, que sean económicos, palatables y que los cabritos tengan un buen comportamiento.

1.1. Objetivo

El objetivo de este trabajo fue evaluar la inclusión de concentrado de proteína de soya y dos fuentes de energía como sustituto de leche en el comportamiento de cabritos.

Hipótesis

El reemplazo de proteína láctea por concentrado de proteína de soya y el uso de sebos de res y/o de puerco en substitutos lácteos para cabritos no afecta el comportamiento de cabritos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción del Área Experimental

El presente estudio se llevó a cabo en la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), ubicada en el ejido "Palma de la Cruz", Mpio. de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., en el Km. 14.5 de la carretera San Luis - Matehuala. Se localiza en las coordenadas geográficas a 22° 12' Latitud Norte y 100° 51' Longitud Oeste del meridiano de Greenwich a 1835 msnm (INEGI, 1985). El clima es seco frío, con una temperatura media anual de 17.8° C y una precipitación media anual de 271 mm (García, 1973).

2.2. Formulación de las Dietas Líquidas

Los substitutos lácteos fueron balanceados al 25.0 % de proteína cruda, 23.0% de grasa y 30.0% de lactosa, con una concentración de sólidos totales de 15.0% en base seca, de acuerdo a lo recomendado por Arbiza (1986); M.A.P.A.de España (1989); Jarrige, (1989). Los tratamientos utilizados en este trabajo se presentan en el Cuadro 1, donde se observa que los requerimientos de proteína cruda fueron cubiertos con leche deshidratada, descremada y caseína en los tratamientos 1 y 4, mientras que para cubrir los requerimientos de grasa se utilizó sebo de res para el tratamiento 1 y sebo de puerco para el tratamiento 4. Se incluyó concentrado de proteína de soya para realizar una substitución parcial de la proteína láctea requerida, equivalente al 20.0 % en los tratamientos 2 y 5 y al 40.0 % del requerimiento proteínico en los tratamientos 3 y 6, mientras que en los tratamientos 1 y 4 este nutriente fue cubierto con productos lácteos exclusivamente. Cada nivel de concentrado de proteína de soya (0.0, 20.0 y 40.0) se combinó con cada una de las fuentes de grasa (sebo de res o de puerco), de esta manera se formaron seis substitutos lácteos. Para cubrir el requerimiento de 30.0% de lactosa se utilizó lactosa anhidra a diferentes niveles en cada uno de los substitutos. Los sucedáneos lácteos también proporcionaron cantidades adecuadas de macro y micro minerales, vitaminas ADE, sal, antibióticos y lecitina como emulsificador. La

composición química de los substitutos de leche se detalla en el (Cuadro 2).

Cuadro 1. Formulación de los substitutos de leche usados en la alimentación de cabritos (%)

Ingredientes	Tratamientos					
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Leche Descremada	53.0	44.7	31.5	54.0	45.9	31.5
Caseína	7.5	4.5	4.5	7.0	4.5	4.5
Conc. de proteína de soya	0.0	7.7	15.5	0.0	7.6	15.5
Almidón de trigo	8.0	8.0	6.5	9.0	7.0	7.5
Sebo de res	24.0	24.0	24.0	0.0	0.0	0.0
Sebo de puerco	0.0	0.0	0.0	23.0	23.0	23.0
Lactosa	3.5	7.0	14.0	3.0	8.0	14.0
Fosfato di cálcico	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Sal	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Min. Trazas	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vit. ADE	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Antibiótico	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Lecitina	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Total	99.80	99.70	99.80	99.80	99.80	99.80

Cuadro 2. Composición química de los substitutos de leche utilizados en la crianza de cabritos

T r a t a m i e n t o s						
Componentes %	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Humedad	3.20	3.17	3.23	3.20	3.17	3.23
Proteína cruda	25.33	25.40	25.32	25.82	25.22	25.32
Grasa	23.57	23.48	23.35	23.31	23.21	23.18
Lactosa	30.80	30.69	30.81	30.89	30.71	30.21

2.3. Animales Utilizados y su Distribución en los Tratamientos.

Se utilizaron 68 cabritos de la raza Nubia recién nacidos, de los cuales 35 fueron hembras y 33 machos, que fueron asignados al azar con forme fueron naciendo a los tratamientos, los cuales fueron proporcionados en biberones: T₁) proteína láctea más sebo de res, T₂) 20% de concentrado de proteína de soya más sebo de res, T₃) 40% de concentrado de proteína de soya más sebo de res, T₄) proteína láctea más sebo de puerco, T₅) 20 % de concentrado de proteína de soya más sebo de puerco y T₆) 40 % de concentrado de proteína de soya más sebo de puerco, la descripción de los tratamientos y distribución de los animales se detalla en el Cuadro 3. Se utilizó un diferente número de repeticiones por tratamiento debido a la disponibilidad de animales.

Cuadro 3. Distribución de los animales por sexo a cada uno de los substitutos de leche

Tratamientos	T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅		T ₆	
Conc. de proteína de soya %	0.0		20.0		40.0		0.0		20.0		40.0	
Sebo de res %	23.0		23.0		23.0		0.00		0.0		0.0	
Sebo de puerco %	0.0		0.0		0.0		23.0		23.0		23.0	
Sexo	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H
Número de animales	5	5	5	6	6	6	6	7	5	5	6	6

2.4. Manejo General.

Los cabritos al momento del nacimiento se retiraron de sus madres, se pesaron y se identificaron. Se distribuyeron dos animales por corraleta, con dimensiones de 2 x 2 m, circulada con malla ciclónica y piso de tierra, equipadas con bebedero y comedero tipo canoa. El calostro materno se ofreció en biberones a razón del 10.0 % de su peso vivo, en dos tomas por día a las 0700 y a las 1500 horas. El tercer día de edad recibieron 50.0% de calostro y 50.0 % del substituto, y a partir del cuarto día consumieron únicamente substituto *ad libitum*, proporcionado en biberones una vez que los substituto eran hidratados, con una concentración de sólidos totales de 150 g l⁻¹. A la semana de edad se les aplicó hierro (1.0 mL animal⁻¹) y selenio (0.1 mL animal⁻¹) intramuscular, la aplicación de hierro se repitió a la segunda semana de edad.

Los cabritos recibieron un concentrado de iniciación, a partir de la segunda semana de edad, compuesto de granos de cereales (cebada y sorgo entero 65.0%), además de heno de alfalfa, sal y minerales, formulado para proporcionar 18.0 % de proteína cruda, 7.0 % de fibra cruda y 2.6 Mcal kg⁻¹ de energía metabolizable (Cuadro 4). El concentrado de iniciación se proporcionó *ad libitum* a partir de la segunda hasta la cuarta semana de edad una vez al día y de la quinta a la novena semana, dos veces al día después de la dieta líquida.

Cuadro 4. Composición del concentrado de iniciación suministrado a los cabritos

I n g r e d i e n t e s	%
Grano de cebada entero	40.0
Grano de sorgo entero	25.0
Harina de soya	21.5
Heno de alfalfa	11.5
Minerales	1.0
Sal	1.0
Composición química	
Proteína cruda	18.0
Energía metabolizable Mcal kg ⁻¹ .	2.6*
Fibra cruda	7.2

*EM Mcal kg⁻¹ calculada

2.5. Variables a Evaluar en el Comportamiento del Animal

2.5.1. Consumo de dieta líquida y concentrado de iniciación

Se registraron los consumos diarios de dieta líquida (g d⁻¹ animal⁻¹) por tratamiento y por sexo. Además, se registro el consumo de concentrado de iniciación (g d⁻¹ animal⁻¹) por tratamiento y por sexo (macho o hembra).

2.5.2. Cambios de peso

Se registró el peso (báscula marca PEXA[®], con capacidad de 170 kg) al nacimiento y a los tres días de nacidos, cuando finalizó la etapa de consumo de calostro y se inició el consumo de sustituto lácteo. A partir de ese momento, se registraron los peso cada siete días (07.00 hrs) previo ayuno, hasta el destete, el cual se realizó a las nueve semanas de edad.

2.5.3. Índice de conversión alimenticia

Este índice de conversión alimenticia se calculó de dos formas:

- 1).- dieta líquida consumida (sólidos totales kg)/ ganancia de peso promedio (kg)
- 2).- Sólidos totales (kg) de la dieta líquida + concentrado de iniciación (M.S.) kg/ ganancia de peso (kg) promedio.

2.5.4. Análisis económico

Para determinar el análisis económico se consideró el costo promedio de los sustitutos lácteos por litro, del concentrado de iniciación por kilogramo y el consumo por semana de la dieta líquida y del concentrado de iniciación. De tal forma, que el costo de alimentación de un cabrito comprendió desde los tres días de nacido hasta las nueve semanas de edad momento en que fueron destetados.

2.6. Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico "R" (Ihaka y Gentleman, 1996). Los datos se analizaron mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial de $3 \times 2 \times 2 \times 9$, mediante el siguiente modelo.

$$Y_{ijkl} = \mu + NP_i + E_j + S_k + P_l + (NP \times E)_{ij} + (NP \times S)_{ik} + (NP \times P)_{il} + (E \times S)_{jk} + (E \times P)_{jl} + (S \times P)_{kl} + E_{ijkl}$$

En donde:

Y_{ijklm} = Ganancia de peso ($g d^{-1}$) o peso del cabrito en (kg), consumo de sustituto lácteo (kg), consumo de concentrado de iniciación (kg) y conversión alimenticia

μ = media de la población

NP_i = efecto del i-ésimo nivel de proteína (1,2,3)

E_j = efecto del j-ésimo nivel de energía (1,2)

S_k = efecto del k-ésimo sexo (1 y 2)

P_l = efecto del l-ésimo periodo (1,2,3,4,5,6,7,8,9)

Interacciones = $(NP \times E)_{ij}$, $(NP \times S)_{ik}$, $(NP \times P)_{il}$, $(E \times S)_{jk}$, $(E \times P)_{jl}$, $(S \times P)_{kl}$

E_{ijklm} = error residual NID $(0, \sigma^2.e)$.

Donde se encontró significancia ($P < 0.05$), se efectuó la prueba de HSD de Tukey.

Se efectuó la prueba de HSD de Tukey cuando se encontró significancia al 0.05 de probabilidad. Por otra parte, se realizó un análisis de regresión entre las variables ganancia de peso y periodo (semanas).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Consumos de Substituto de Leche, Concentrado de Iniciación y Ganancia de Peso

3.1.1. Efecto de la inclusión de concentrado de proteína de soya y fuentes de energía

En el Cuadro 5 se detallan las medias y desviación estándar de las variables consumo del sustituto de leche y concentrado de iniciación, así como de la ganancia diaria promedio de peso, de acuerdo a diferentes niveles de inclusión de concentrado de proteína de soya y fuentes de energía en los sustitutos de leche proporcionados a los cabritos.

La inclusión de concentrado de proteína de soya a diferentes niveles en la elaboración de sustitutos de leche para cabritos no afectaron ($P > 0.05$) las variables de consumo de leche ni la ganancia diaria promedio de peso. Sin embargo, el consumo de concentrado de iniciación difirió ($P < 0.05$) entre tratamientos. Los cabritos alimentados con el sustituto que contenía concentrado de soya al 40.0 % consumieron mayor cantidad de concentrado de iniciación (97 g d^{-1}) que los alimentado con el sustituto que contenía 0.0 y 20.0 % de concentrado de soya (95 g d^{-1} para ambos). Este mayor consumo es posible que se haya debido al menor consumo del sustituto de leche ($P > .05$) y de alguna manera, esto se reflejó en una menor ganancia de peso ($P > 0.05$) con este nivel de concentrado de soya. Similares resultados han sido enunciados por Ansotegui (1987), Baker *et al.* (1976), LeDu *et al.* (1976), LeDu y Baker (1979), becerros que recibían menos leche, consumían más forraje, sugiriendo estos resultados, que la ingestión de forraje + leche puede regularse metabólicamente, debido a que conforme declina la ingestión de leche, substancialmente se incrementa la ingestión de forraje.

De acuerdo a Roy *et al.* (1977) la sustitución de más del 30 % de la proteína de la leche por concentrado de proteína de soya, en los sustitutos lácteos, reduce el desarrollo y salud de los animales y cantidades del orden del 44 al 70 % fueron detrimentales. Sin embargo Bringer y Barr (1979), manifiestan un crecimiento satisfactorio con sustituciones del 50 % de la proteína cruda total del sustituto de leche por concentrado de proteína de soya.

La utilización de diferentes fuentes de energía a través de sebos de res y de puerco en la elaboración de sustitutos de leche para cabritos no afectaron el consumo del

substituto de leche ni la ganancia diaria promedio de peso ($P>0.05$). En cambio se presentó un efecto significativo en el consumo de concentrado de iniciación ($P<0.05$). Los cabritos que consumieron el sustituto de leche complementado con sebo de res tuvieron un consumo mayor de concentrado (97 vs 95 g d^{-1}). De acuerdo a este resultado, se observa que a igual consumo de sustituto de leche un incremento en el consumo de concentrado no repercute en una mayor ganancia de peso en cabritos alimentados con las dos fuentes de energía ($P>0.05$).

En becerros jóvenes con niveles adecuados de proteína de calidad, un nivel del 10 % de grasa es suficiente para satisfacer las necesidades de ácidos grasos esenciales (Crane y Lakes, 1986). Mientras que niveles > 25 % propician mayor incidencia de diarreas, resultando a veces en problemas de alopecia y disminución del desarrollo de los animales (Crane y Lakes, 1986; Jarringe, 1989). En efecto el contenido de grasa en los sustitutos de leche depende más de factores relacionados con el procesamiento y no al tipo de grasa empleado.

La utilización de Megalac ® (5 y 10 %) como fuente de energía en cabritos, el consumo de concentrado fue mayor con el máximo nivel del producto (225 vs 172 g d^{-1}), lo cual se reflejó en mayores ganancias de peso (159 vs 146 g d^{-1}) y mayor peso al destete (16.5 vs 14.9 kg) (Reyes y Bermúdez, 1995).

La ganancia de peso no difirió ($P>0.05$) en cabritos con lactancia natural y lactancia artificial suplementados con concentrado de iniciación (169 vs 155 g d^{-1}), observando un incremento en el consumo de concentrado de iniciación a partir de la segunda hasta la octava semanas fue creciendo de 22 hasta 250 g d^{-1}) (Jaramillo y Buenrostro, 1997). Potchoiba *et al.* (1990) obtuvieron resultados similares al comparar dos sistemas de alimentación en cabritos; con leche *ad libitum* y otro restringido con acceso a concentrado de iniciación, obtuvieron ganancias de peso de 170 y 120 g d^{-1} , respectivamente. Los consumos de concentrado de iniciación varían de acuerdo a la raza, así en cabritos Españoles, cruce de Boer x Española y Boer x Angora, los consumos promedio de concentrado de iniciación de la semana 3 a la 8 fueron de 120 , 133 y 119 g d^{-1} (Luo *et al.*, 2000). A su vez, Terán (1999) indica un consumo de 181 g d^{-1} de concentrado de iniciación con 18 % de P.C. y 70 % TND.

Cuadro 5. Consumo del sustituto de leche, concentrado de iniciación y ganancia diaria promedio de peso de cabritos criados con sustituto de leche elaborado con porcentajes diferentes de concentrado de proteína de soya y dos fuentes de energía

Factores	Consumo del sustituto leche (g d ⁻¹)	Consumo de concentrado de iniciación (g d ⁻¹)	Ganancia diaria promedio de peso (g d ⁻¹)
Concentrado de proteína de soya %			
0.0	1146±411 a	95±62 a	138±.07 a
20.0	1146±435 a	95±65 a	140±.08 a
40.0	1136±430 a	97±64 b	135±.06 a
Fuente de energía			
Sebo de res	1143±429 a	97±63 a	137±.07 a
Sebo de puerco	1142±423 a	95±64 b	138±.07 a

Columnas con diferente literal son diferentes estadísticamente (P<0.05)

3.1.2. Efecto del sexo y periodo de alimentación

En el Cuadro 6 se incluye el efecto del sexo de los cabritos y de las semanas sobre las variables estudiadas. El sexo de los cabritos no influyó (P>0.05) en el consumo del sustituto de leche. Aún cuando no se presentó un efecto estadístico en la ganancia diaria promedio de peso, cuantitativamente los machos tuvieron mayores ganancias que las hembras (P>0.05). Sin embargo, el consumo de concentrado de iniciación fue mayor en los machos (P<0.05), (100 vs 92 g d⁻¹). En un estudio con cabritos criollos

alimentados con leche de cabra (20, 30, 40 y 61 días) el consumo de leche promedio por periodos y tratamientos no fueron diferentes ($P>0.05$) entre sexos, aunque los machos mostraron una leve superioridad (66.92 vs 61.91 kg) (Meneses *et al.*, 2001).

Durante todo el periodo de prueba (semanas), todas las variables estudiadas (consumos del sustituto de leche, concentrado de iniciación y ganancia diaria promedio de peso) fueron diferentes ($P<0.05$).

El consumo del sustituto de leche tuvo un incremento sostenido desde la primera semana hasta la quinta semana, precisamente cuando se obtuvo el máximo consumo del sustituto de leche (1562 g d^{-1}) sin diferencia al consumo de la sexta semana ($P>0.05$).

Al respecto, cabe poner de manifiesto la respuesta al consumo de sustituto de leche que tuvieron los cabritos tanto en la fase inicial como en la final del periodo de prueba.

La fase inicial se caracterizó por un importante incremento en el consumo del sustituto de leche en el transcurso de la segunda a la tercera semana, siendo del orden del 38.0 %; mientras que en la fase final, se presentó un decremento en el consumo del sustituto de leche, en el transcurso de la séptima a la octava semana y de la octava a la novena semana del periodo de prueba, que correspondió a un 37.0 y 65.0% respectivamente.

A partir de la segunda semana, que fue el inicio del suministro del concentrado de iniciación a los cabritos, el consumo de éste fue aumentando gradual y consistentemente hasta la finalización del trabajo. Sin embargo, la proporción del consumo del concentrado de iniciación, fue disminuyendo a partir de la tercera semana que fue cuando se presentó la máxima proporción del consumo de concentrado de iniciación del orden del 88% en relación a la segunda semana, de tal modo que durante las semanas 8 y 9 la proporción de aumento fue únicamente del 17 y 16 % respectivamente, en comparación a su consumo de la semana anterior.

La ganancia diaria promedio de peso de los cabritos en el transcurso de las semanas fue variable ($P<0.05$). Se presentó una disminución de la ganancia a partir de la primera semana hasta la tercera semana, repuntando desde este momento hasta la semana 7 y posteriormente presentar una disminución en las dos últimas semanas. La máxima ganancia de peso de los cabritos se manifestó en las semanas 3, 6 y 7 (154 g d^{-1} en cada una) y el menor incremento ocurrió en las semanas 3 (117 g d^{-1}) y 9 (121 g d^{-1}).

En el estudio de Meneses *et al.* (2001) con cabritos criollos alimentados con leche de cabra (20, 30, 40 y 61 días) los consumos de leche promedio por periodos y tratamientos no fueron diferentes ($P > 0.05$). Sin embargo se observó una mayor variación en el primer periodo, lo que indican estos autores que puede atribuirse al aprendizaje de las crías al amamantamiento. También agregan que la ganancia promedio de peso se vio afectada al momento del destete (20, 30 y 40 días) en comparación al testigo (61 días al destete), por lo regular debido al bajo consumo de concentrado, lo que determinó movilización de reservas corporales y por lo tanto pérdida de peso.

Morand-Fehr y Sauvant, (1990) en cabritos destetados tanto a los 21 como a los 49 días obtuvieron ganancias de peso de 160 g d^{-1} , dichas ganancias pueden atribuirse a un consumo importante de dieta sólida.

En cabritos Alpinos de dos semanas de edad alimentados con leche *ad libitum* y leche restringida con o sin acceso a concentrado. La ganancia diaria fue menor con leche restringida sin concentrado, mientras que los otros tratamientos no fueron diferentes a las 10 semanas. Sin embargo, a las 13 semanas, los cabritos alimentados con leche restringida mas concentrado, tuvieron mayores ganancias que con leche *ad libitum* (151, 55 y 149 g a las 10 semanas y 110, 49 y 144 g a las 13 semanas respectivamente). En resumen, en cabritos criados hasta las 10 semanas de edad se puede utilizar para su crianza tanto la leche *ad libitum* como leche restringida más concentrado. Pero con edades al sacrificio de más de 10 semanas, el peso corporal de cabritos puede ser mayor con leche más suplementación con concentrado comparado con leche *ad libitum* únicamente (Genandoy *et al.*, 2002).

La ingestión diaria de leche y pesos semanales se determinaron en cabritos Angora con sustituto de leche ácida, a libertad o ingestión restringida durante 11 semanas. El alimento sólido se dio *ad libitum* al inicio de la 3a semana. La ganancia diaria promedio durante el experimento fue 30 % más alta para los cabritos alimentados *ad libitum* comparados con restringidos ($144 \text{ vs } 112 \text{ g d}^{-1}$ $P < 0.001$). El consumo promedio de leche fue de 0.97 l para restringidos y 1.37 l para *ad libitum* ($P < 0.001$). La restricción afectó las ganancias de peso. La restricción de la ingestión de leche puede disminuir los costos del desarrollo de los cabritos al disminuir los costos de la leche (Davis *et al.*, 1998).

La alimentación de cabritos Alpino de 3 a 9 días de edad, individual o en grupo con leche *ad libitum* y un iniciador, no afectaron el comportamiento ni aún aquellos en los que se les suministró heno de alfalfa (Goetsch *et al.*, 2000).

En becerros Holstein de 3 a 8 días de edad utilizando proteína de soya y pescado deshidratado en substitutos de leche se obtuvieron las mejores ganancias de peso con dietas altas en proteína de leche (19 y 23 %) e intermedio para la dieta que contenía 6 % de concentrado de proteína de soya (Campos *et al.*, 1982).

En cabritos criollos suplementados con concentrado a los 10 días de edad, solamente incrementaron su consumo después del destete (20, 30 y 40 días), sin embargo no alcanzaron a consumir el mínimo de 50 g d⁻¹ necesario para la realización del destete Morand-Fehr y Sauvart, (1990).

Cabe indicar que el consumo inicial y promedio del sustituto de leche en el presente trabajo, es semejante al suministrado a cabritos Saanen en la primera semana y destetados en dos edades (42 y 70 días) aproximadamente de 600 mL d⁻¹, con un aumento de 100 mL d⁻¹ hasta obtener un consumo de 1200 mL promedio en el transcurso del experimento (7-84 días) (Ferreira y Thornton, 2004).

En becerros la reducción del sustituto de leche tuvo un efecto lineal ($P < 0.05$) sobre la ingestión de MO del forraje (g kg⁻¹. peso vivo). Sin restricción de leche consumieron menos y el grupo con 60% de restricción consumieron más que los grupos con 0 y 30% de restricción. Aunque la ingestión total de MO (forraje + leche) no se afectó por el tratamiento ($P < 0.10$). Las relaciones de consumo entre los diferentes tratamiento, sugiere que existe un punto en donde un decremento en la ingestión del sustituto de leche no puede reemplazarse por una cantidad igual de forraje (Broesder *et al.*, 1990). Este aspecto pudo haber sucedido en este trabajo, pues al final, a pesar del incremento en el consumo de concentrado, esto no fue suficiente para compensar la disminución en el consumo del sustituto, lo cual se reflejó en menores ganancias de peso.

Por otro lado, los cabritos destetados a los 42 días tuvieron un consumo de alimento para crecimiento mayor en un 48 % a los cabritos destetados a los 70 días (periodo de 7-84 días), esto debido a que el consumo de alimento reemplazaba al consumo de leche. De tal forma que los cabritos destetados a los 42 días estaban consumiendo 240 g de la dieta de crecimiento (Ferreira y Thornton, 2004). Este

consumo es mucho mayor al promedio obtenido por los cabrios en este trabajo que fue aproximadamente de 96 g d⁻¹. Sin embargo, Moran-Fehr (1976) indica que no se presentan efectos detrimentales por efecto de la edad al destete, si las crías consumen alrededor de 30-50 g alimento seco por día.

La suministración con diferentes tipos de alimentos sólidos (forrajes) a cabritos desde los 37 días de edad, determinaron que la ganancia diaria de peso, ingestión de alimento sólido y el peso final fueron los mejores predictores para el crecimiento de los compartimentos de los estómagos (músculatura ruminal y peso de omaso) y otros órganos (Hamada *et al.*, 1976). Esto es similar a lo señalado por Okeudo *et al.* (2004) en corderos, cuyo rumen-retículo e hígado fueron más pesados cuando se alimentaron con heno más concentrado que con leche entera. Se demostró así que la inclusión de forraje y concentrado en la dieta de pequeños rumiantes resulta en un desarrollo más rápido del rumen y que la diferencia en la deposición de grasa puede ser debido a la baja proporción de proteína-caloría de la leche en comparación a la de cualquier concentrado típico para corderos.

En corderos alimentados con dietas a base de sustituto de leche y heno de alfalfa en tres periodos (3-5, 17-19 y 31-33 semanas de edad), el tamaño del retículo-rumen fue rudimentario a las 3-5 semanas y permaneció poco desarrollado a las 17-19 semanas cuando recibieron únicamente sustituto de leche durante la fase II. El tamaño de retículo-rumen se incrementó el doble en los corderos alimentados con heno de alfalfa en la fase II, las papilas también fueron más desarrolladas (Swan y Groenewald, 2000). También, se ha observado un incremento en la concentración de ácidos grasos volátiles con la edad de los corderos desde la semana 1 a la 10. En la primera semana se observó la más alta proporción molar de ácido acético (71.2 %) y en la semana 6 la de ácido propiónico (20.8%) (Zitnan *et al.*, 1993). De acuerdo a Lane *et al.* (2000) la ausencia de alimento no permite el cambio de oxidación de glucosa a butirato, y por lo tanto compromete la maduración metabólica del rumen.

Wardrop y Coombe (1990) manifiestan que el contenido ruminal de corderos se incrementa con la edad y la tasa del incremento es mayor a partir de la 3 semana de edad en adelante y la ingestión *ad libitum* de materia seca del forraje relativo al peso vivo se incrementa a partir de la 8 semana de edad permaneciendo constante.

También se ha sugerido que el suministro de forrajes estimula el desarrollo del rumen (Anderson *et al.*, 1987), además de que la reducción de la leche puede incrementar la ingestión de la MO del forraje (LeDu y Baker, 1979).

Cuadro 6. Efecto del sexo de cabritos y el periodo de alimentación sobre el consumo del sustituto de leche, concentrado de iniciación y ganancia diaria promedio de peso de cabritos criados con sustituto de leche

Factores	Consumo del sustituto leche (g d ⁻¹)	Consumo de concentrado de iniciación (g d ⁻¹)	Ganancia diaria promedio de peso (g d ⁻¹)
Sexo			
Hembras	1142±423 a	92±62 b	134±.07a
Machos	1143±429 a	100±65 a	142±.08 a
Periodo (semanas)			
1	686±64 a	0.0±0.0 a	132±.07 d
2	964±45 b	25±2.62 b	127±.07 e
3	1331±133 c	47±3.92 c	117±.07 g
4	1451±158 dg	68±2.91 d	136±.07 c
5	1562±68 ef	92±21.98 f	154±.06 a
6	1554±46 f	119±5.93 g	154±.07 a
7	1480±158 g	145±5.93 h	154±.06 a
8	932±57 h	170±9.67 i	145±.07 b
9	325±65 i	197±5.01 j	121±100 f

Columnas con diferente literal son diferentes estadísticamente (P<0.05)

En el Cuadro 7 se presenta el consumo total (sustituto de leche + concentrado de iniciación) por semana en base a porcentajes de cada uno y su relación con la ganancia diaria promedio de peso de los cabritos.

Cuadro 7. Consumo de sustituto de leche y concentrado de iniciación en porcentajes del consumo total y su relación con la ganancia de peso de cabritos criados con sustituto de leche

Periodo (semanas)	Consumo total de alimento (g d ⁻¹)	Consumo de sustituto de leche (%)	Consumo de concentrado de iniciación (%)	Ganancia diaria promedio de peso (g d ⁻¹)
1	686	100	0	132±.07d
2	989	97.5	2.5	127±.07e
3	1378	96.6	3.5	117±.07g
4	1519	95.5	4.5	136±.07c
5	1654	94.4	5.6	154±.06a
6	1673	92.9	7.1	154±.07a
7	1625	89.6	10.4	154±.06a
8	1102	84.5	15.5	145±.07b
9	522	62.2	37.8	121±1.00 f

Columnas con diferente literal son diferentes estadísticamente (P<0.05)

Se observa que la máxima ganancia de peso de los cabritos estuvo relacionada al máximo consumo del alimento (sustituto de leche + concentrado de iniciación), que se

presentó en las semanas de la cinco a la siete y donde la diferencia en el porcentaje de consumo aportado por la leche varió entre el 1 y 3 %. En la última semana se observó una disminución muy importante en la ganancia de peso, que bien puede ser atribuida a la disminución abrupta en el consumo total del alimento (522 g d^{-1}) en la que se incluye una disminución del 65 % en el consumo de sustituto de leche, que no fue suficientemente compensada por el aumento en el consumo del concentrado de iniciación del 38 %.

En corderos tanto hembras como machos alimentados con sustituto y alimento iniciador no se presentó efecto en el peso corporal antes de los 49 días (sacrificio). Sin embargo, después de los 49 días los corderos con alimento sólido mostraron mayores ganancias que los alimentados con sustituto de leche (Lane *et al.*, 2000).

La ingestión total de MO del forraje por kg de peso vivo, se afectó por la edad del becerro ($P < 0.05$). La ingestión entre los 72-87 días de edad fue menor ($P < 0.05$) que a los 129-151 días. El incremento de ingestión de forraje mayor antes del destete se dio entre los días 87-108 (Le Du *et al.*, 1976).

3.1.3. Peso corporal

La ganancia de peso corporal de los cabritos presento diferencia estadística significativa por periodos. La respuesta fue lineal ($P < 0.05$) y se describe por la siguiente ecuación: $Y = 2.2044 + 1.0027 X$ ($r = 0.9975$) en donde Y = peso corporal, en función de la edad en semanas (períodos) (Figura 1). La relación mínima de peso al destete debe de ser 2.5 a 3 veces el peso de nacimiento (Morand – Fehr y Sauvant, 1990), en este caso se alcanzó una relación de 3.5 veces el peso del nacimiento, que en promedio fue de 2.51 kg y se destetó con un peso vivo promedio de 11.35 kg con un consumo promedio mínimo de concentrado de iniciación de 95.60 g d^{-1} superior a los 50 g d^{-1} que recomienda (Hetherington, 1980). Sin embargo, Meneses *et al.* (2001) reportan que es posible destetar cabritos que solamente alcanzaron una relación de 1.5 veces su peso de nacimiento, pero con consumos mínimos de 50 g d^{-1} de concentrado de iniciación.

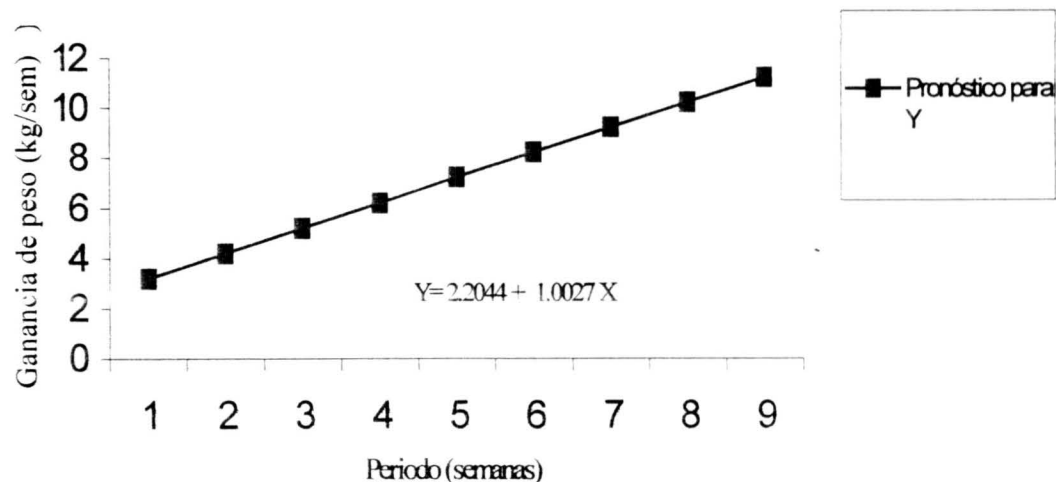


Figura 1. Ganancia de peso de cabritos alimentados con sustituto de leche elaborado con diferentes porcentajes de concentrado de proteína de soya

3.1.4. Índice de conversión alimenticia

En el Cuadro 8 se señala la conversión alimenticia de dos formas; la primera está expresada en base al consumo de sólidos totales (kg) del sustituto de leche entre la ganancia de peso (kg), la segunda esta fundamentada en el consumo de sólidos totales del sustituto de leche más la materia seca del concentrado de iniciación (kg) entre la ganancia de peso de los cabritos (kg), en función de los diferentes niveles de inclusión de concentrado de proteína de soya, fuente de energía sexo y periodo.

La inclusión de concentrado de proteína de soya a diferentes niveles, así como las diferentes fuentes de energía utilizadas en la elaboración del sustituto de leche y el sexo de los cabritos no afectó ($P > 0.05$) la conversión alimenticia de sólidos totales de la leche. La misma tendencia se observó en la conversión alimenticia de sólidos totales más materia seca del concentrado de iniciación. La excepción fue el factor concentrado de proteína de soya ($P < 0.05$). La conversión alimenticia más eficiente fue de 1.956, presentada por los cabritos alimentados con el sustituto de leche con 0.0 % de concentrado de proteína de soya, siendo menos eficientes los cabritos alimentados con sustituto de leche elaborado con 40.0 % de concentrado de proteína de soya, los cabritos de este grupo consumieron mayor cantidad de concentrado de iniciación, menor

consumo de sustituto de leche y tuvieron las menores ganancias de peso. Similares resultados han sido reportados en cabritos Alpinos alimentados con leche de cabra *ad libitum*, durante 14 semanas de prueba presentaron una conversión alimenticia de 2.16 (Goetch *et al.*, 2001). Pero por otro lado (Luo *et al.*, 2000) reportan conversiones alimenticias más eficientes en cabritos de raza Española, Boer X Angora y la Boer X Española de 1.99, 1.66 y 1.77 alimentados con sustituto de leche acidificada de tipo comercial que contenían 23.0 % de proteína cruda y 30.0 % de grasa. Los sustitutos de leche deben de dar resultados similares y algunas veces dan mejores índices de crecimiento que la leche materna, aunque la conversión alimenticia puede llegar a ser menos eficiente (Church, 1988).

Durante todo el periodo de prueba (semanas) las conversiones alimenticias fueron diferentes ($P < 0.05$), ya que para la conversión alimenticia de sólidos totales las semanas 1, 2 y 8 fueron iguales y presentaron la mejor eficiencia alimenticia mientras que las semanas 3, 4, 5, 6, y 7 se presentaron las conversiones alimenticias de menor eficiencia, es decir en este periodo el consumo de sólidos totales del sustituto de leche se incrementó y las ganancias de peso no se aumentaron en la misma proporción.

La conversión alimenticia expresada en función del consumo de sólidos totales del sustituto de leche más la materia seca del concentrado difirieron entre tratamientos ($P < 0.05$). En las semana 1 y 2 se observó la conversión alimenticia más eficiente lo que concuerda con Arbiza, (1986), quien menciona que la máxima eficiencia de conversión alimenticia se presenta a edades tempranas de los cabritos. Las semanas que presentaron las menores eficiencias alimenticias fueron de la 3 a la 9, alcanzado la mínima eficiencia de conversión alimenticia en la semana 7 con 2.44. Estos valores son muy parecidos a los encontrados por Pérez *et al.* (2001) en cabritos criollos (2.5) alimentados con sustituto de leche para becerros y la conversión alimenticia se mejoró (2.1) en los animales que recibieron sustituto de leche para cabritos.

Cuadro 8. Efecto del nivel de concentrado de proteína de soya, fuente de energía, sexo de los cabritos y el periodo de alimentación sobre la conversión alimenticia de los cabritos, en base a sólidos totales(s.t.) del sustituto de leche mas concentrado de iniciación (M.S.)

Factores	Conversión alimenticia en base a sólido totales (s.t.)	Conversión alimenticia en base a s.t. más M.S. del concentrado de iniciación
Concentrado de proteína		
de soya %		
0.0	1.491 ± 1.34 a	1.956 ± 0.90 a
20.0	1.425 ± 0.87 a	2.083 ± 1.00 a b
40.0	1.469 ± 0.82 a	2.290 ± 1.17 b
Fuente de energía		
Sebo de res	1.478 ± 1.16 a	2.059 ± 1.04 a
Sebo de puerco	1.438 ± 0.87 a	2.157 ± 0.48 a
Sexo		
Hembras	1.430 ± 0.82 a	2.142 ± 1.07 a
Machos	1.490 ± 1.21 a	2.077 ± 1.00 a
Periodo (semanas)		
1	1.167 ± 1.02 a	1.177 ± 1.02 a
2	1.454 ± 1.02 a	1.669 ± 1.06 a
3	1.766 ± 0.74 c	2.251 ± 0.90 b
4	1.635 ± 0.55 c	2.247 ± 0.97 b
5	1.690 ± 0.60 c	2.292 ± 0.81 b
6	1.717 ± 0.68 c	2.241 ± 0.83 b
7	1.786 ± 1.60 c	2.448 ± 0.74 b
8	1.331 ± 1.03 a	2.303 ± 0.94 b
9	1.589 ± 0.60 b	2.169 ± 1.30 b

Columnas con diferente literal son diferentes estadísticamente (P<0.05).

3.1.5. Análisis económico

En el Cuadro 9 se observa que la aplicación del sustituto de leche más el concentrado de iniciación en la crianza de cabritos generó un costo de \$ 423.74, considerando que el precio del sustituto de leche es de \$ 4.53 por l⁻¹, el del concentrado de iniciación de \$2.30 kg⁻¹. Los cabritos criados de esta manera deben de ser vendidos como sementales a través del programa de ganado mejor de gobierno del estado, lo cual permite obtener una ganancia siete veces su costo de crianza por concepto de alimentación o bien aunque el precio del sustituto lácteo sea superior al de la leche, aun se tiene el beneficio del valor agregado de la comercialización del queso panela, que tiene un costo de \$50.00 por kilogramo y se utilizan 8.0 l de leche por kilogramo de queso.

Cuadro 9. Costo promedio de crianza de cabritos alimentados con sustituto de leche elaborado con concentrado de proteína de soya y dos fuentes de energía, basado en el consumo de sólidos totales del sustituto de leche más la materia seca del concentrado de iniciación por periodo

Periodo (semanas)	Costo del consumo de sustituto de leche. (\$)	costo por consumo de sustituto de leche (s.t.) más concentrado de iniciación (M.S.) (\$)
1	34.03	34.05
2	42.49	42.98
3	51.61	52.72
4	47.78	49.19
5	49.39	50.77
6	50.18	51.38
7	52.19	53.71
8	38.89	41.13
9	46.43	47.77
Total	413.027	423.746

3.2. Interacciones

3.2.1. Consumo de dieta líquida

3.2.1.1 Interacción de concentrado de proteína de soya x fuente de energía en el consumo de dieta líquida

Los consumos del sustituto de leche (1132, 1164, y 1128 g d⁻¹) para los niveles de 0, 20 y 40 % de concentrado de proteína de soya respectivamente y fuente de energía sebo de puerco, presentaron diferencias estadística ($P < 0.05$). Mientras que el consumo de la dieta líquida con sebo de res las diferencias de los valores (1156, 1131 y 1150 g d⁻¹) ($P > 0.05$) (Figura 2) para 0, 20 y 40 % de concentrado de proteína de soya disminuyeron.

Los consumos del sustituto de leche con 0 y 40 % de concentrado de proteína de soya se comportaron de similarmente con las dos fuentes de energía. Ambos niveles tuvieron bajos consumos con sebo de puerco y altos consumos para la fuente de energía sebo de res ($P > 0.05$). Pero los consumos del sustituto de leche con 20 % de concentrado de proteína de soya fueron superiores con la fuente de energía sebo de puerco que con sebo de res ($P < 0.05$).

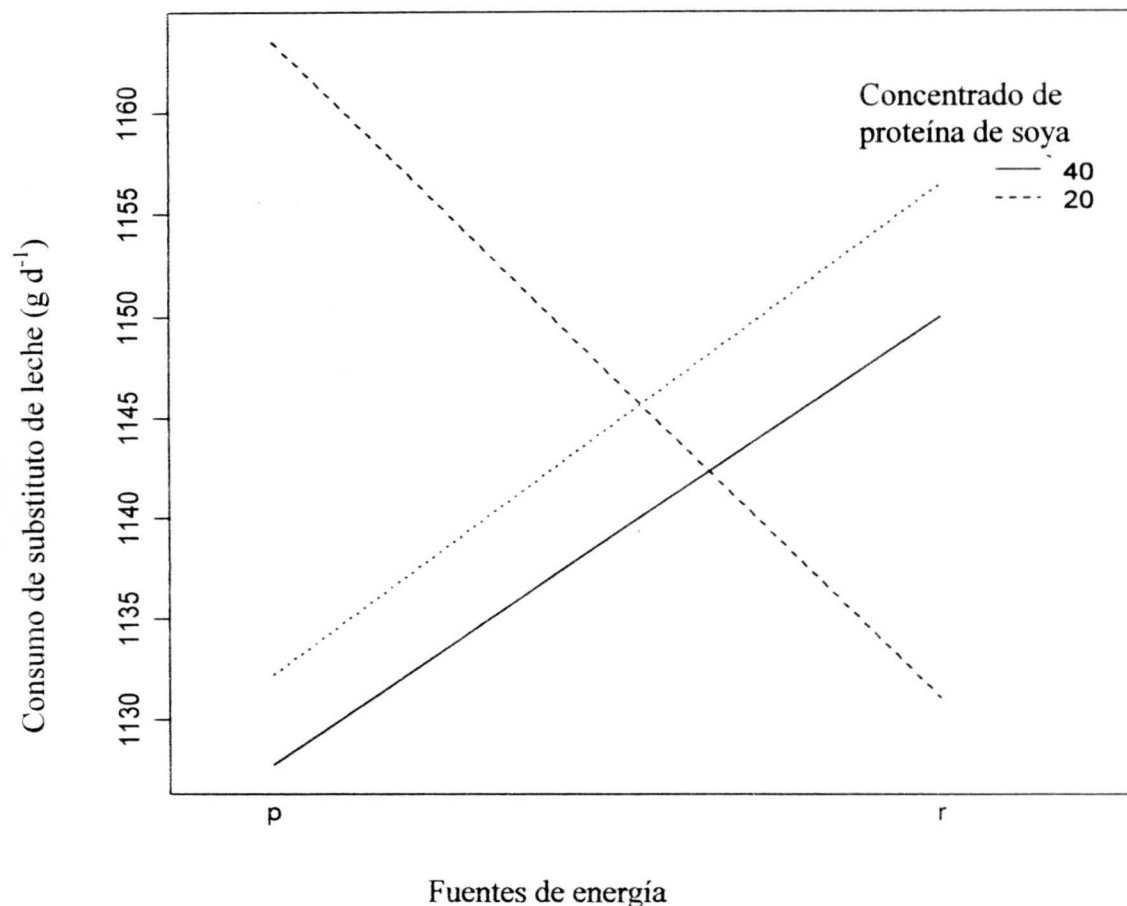


Figura 2. Interacción del consumo de tres niveles de concentrado de proteína de soya x dos fuentes de energía [sebo de puerco (p) y sebo de res (r)] en el consumo de sustituto de leche por cabritos de raza Nubia

3.2.1.2 Interacción de concentrado de proteína de soya x semana en el consumo de dieta líquida

El consumo del sustituto de leche por los cabritos durante las primeras 4 semanas del periodo experimental se redujo progresivamente al aumentar el nivel de concentrado de proteína de soya (de 0 a 40 %) ($P < 0.05$) (Figura 3). Contrariamente, en las semanas 5, 6 y 7, el consumo aumento progresivamente con el nivel de concentrado de proteína de soya ($P < 0.05$). Al final, en las semanas 8 y 9, el consumo de leche no varió ($P > 0.05$) por

el efecto de los diferentes niveles de concentrado de proteína de soya.

La interacción para consumo de dieta líquida mostró diferencias mayores en los valores en las semanas 3 (1402, 1318, y 1280 g d⁻¹), 4 (1542, 1475 y 1366 g d⁻¹), 7 (1321, 1531 y 1574 g d⁻¹) (P<0.05) para los niveles 0, 20 y 40 % de concentrado de proteína de soya, respectivamente.

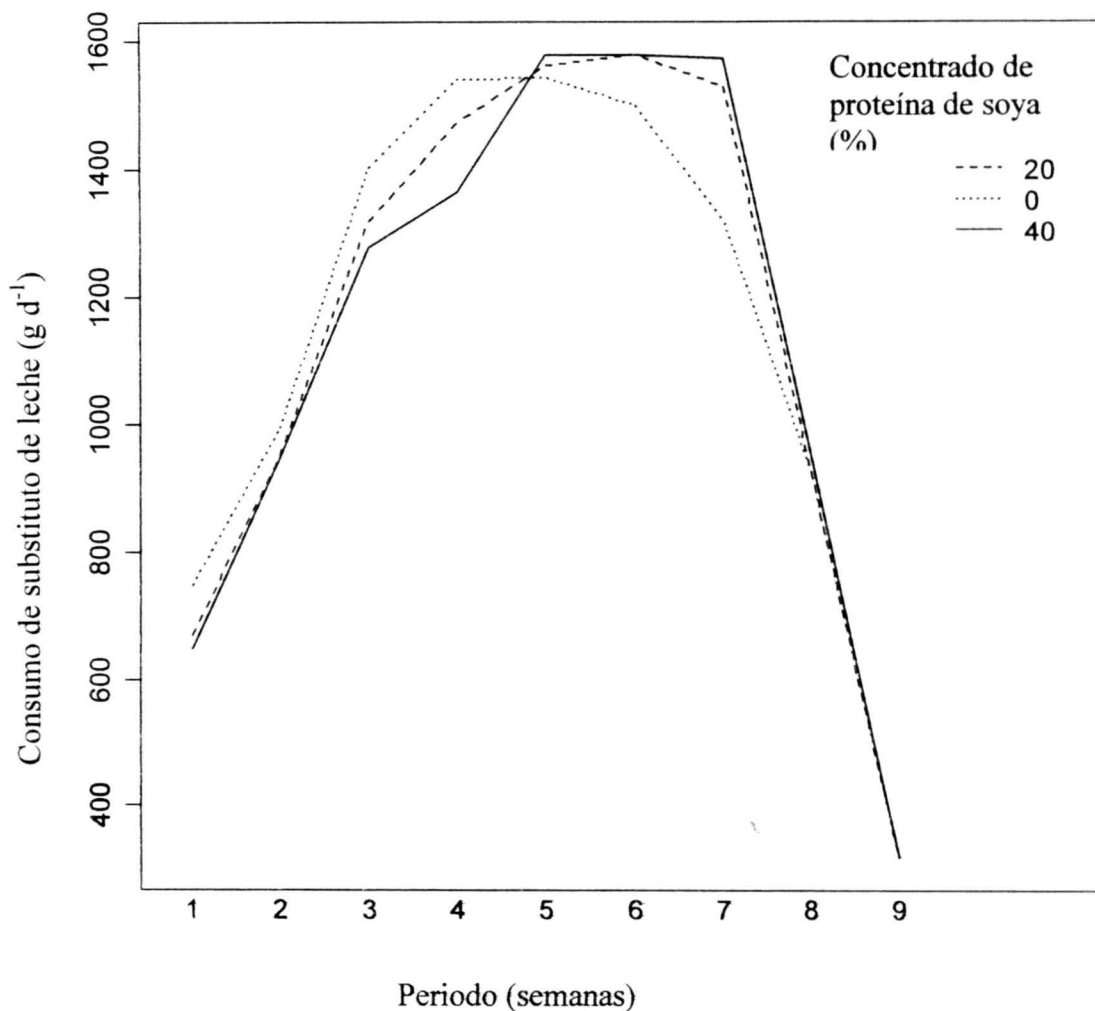


Figura 3. Interacción de tres niveles de concentrado de proteína de soya x periodo (semanas) en el consumo de sustituto de leche por cabritos de raza Nubia

3.2.1.3. Interacción de fuente de energía x semana en el consumo de dieta líquida.

El consumo de leche por los cabritos durante las primeras 5 semanas exceptuando la semana 2, fue mayor con la fuente de energía proporcionada por el sebo de res (Figura 4) ($P>0.05$).

Mientras que este efecto se invirtió en las semanas 6, 7 y 8 ($P>0.05$). En la semana 9, el consumo de leche fue igual para las dos fuentes de energía.

La interacción para consumo de leche mostró diferencias mayores en los valores en las semanas 3 (1308 y 1359 g d⁻¹), 4 (1438 y 1486 g d⁻¹), 7 (1503 y 1454 g d⁻¹) para las fuentes de energía de sebo de puerco y sebo de res, respectivamente.

La interacción en el consumo de leche presentó el mayor consumo en las semanas 5 y 6 (1558, 1568 y 1564, 1545 g d⁻¹) para sebo de puerco y res respectivamente, estas semanas fueron diferentes ($P<0.05$) con las semanas 3, 4 y 7 (1308 y 1359, 1438 y 1486 y 1503 y 1454 g d⁻¹ respectivamente) del periodo experimental. Los menores consumos se presentaron en las semanas 1, 2, 8 y 9.

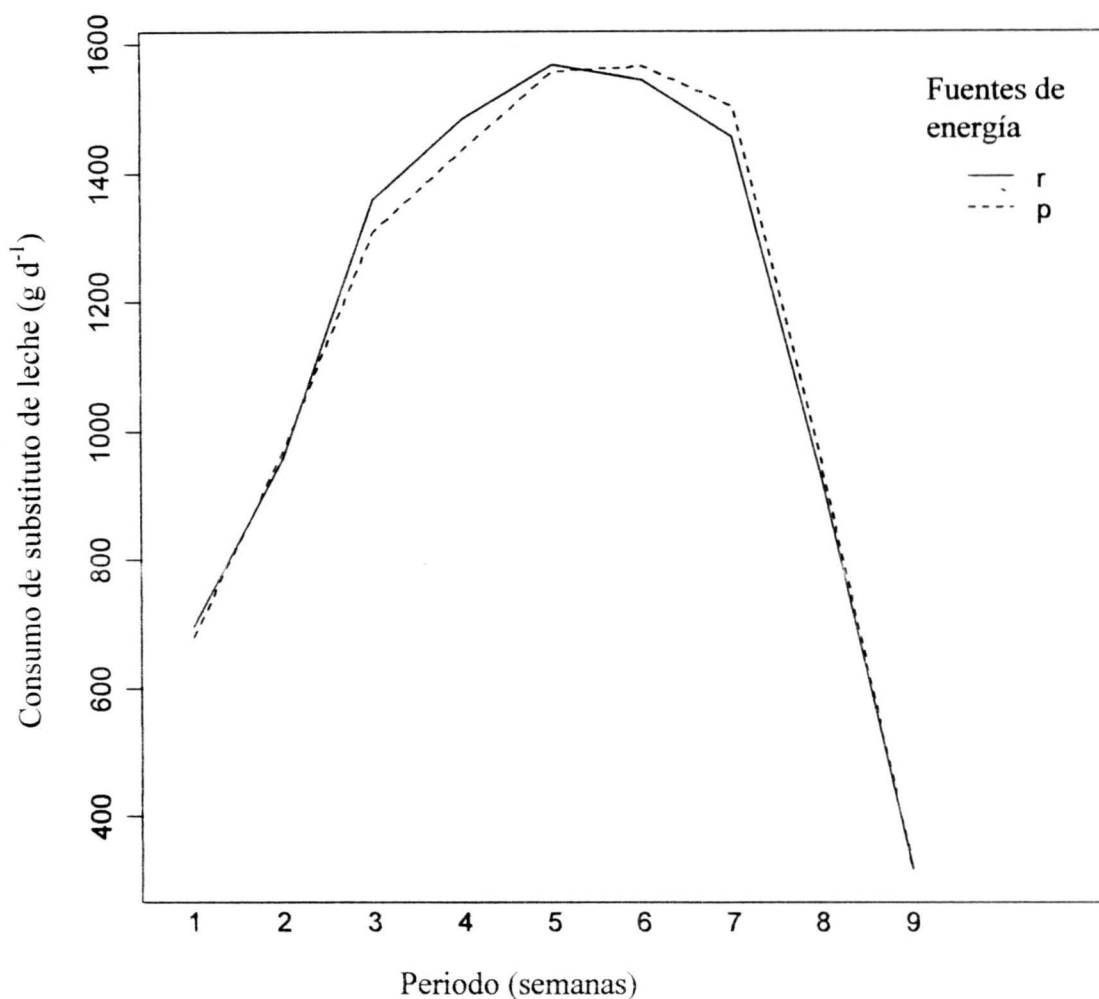


Figura 4. Interacción de la fuente de energía (p, r) x periodo (semana) en el consumo de sustituto de leche por cabritos de raza Nubia

3.2.1.4. Interacción de sexo x semana en el consumo de dieta líquida.

El consumo de la dieta líquida durante las primeras 4 semanas exceptuando la semana 2, fue mayor para los cabritos machos pero sin presentar diferencias ($P > 0.05$). En la semana 5 el consumo presenta la misma tendencia pero con diferencia estadística a favor de los machos ($P < 0.05$). Sin embargo, en las semanas 6, 7, 8 el consumo de dieta líquida fue mayor para los cabritos hembras ($P > 0.05$). En la semana 9, el consumo de

leche fue igual para los dos sexos (Figura 5).

La interacción para consumo de dieta líquida mostró diferencias mayores en los valores en las semanas 4 (1432 y 1491 g d⁻¹), 5 (1544 y 1583 g d⁻¹) (P<0.05), 7 (1505 y 1453 g d⁻¹) para cabritos hembras y machos, respectivamente. El consumo del sustituto de leche presento diferencias significativas (P<0.05) a través de las semanas del periodo de estudio.

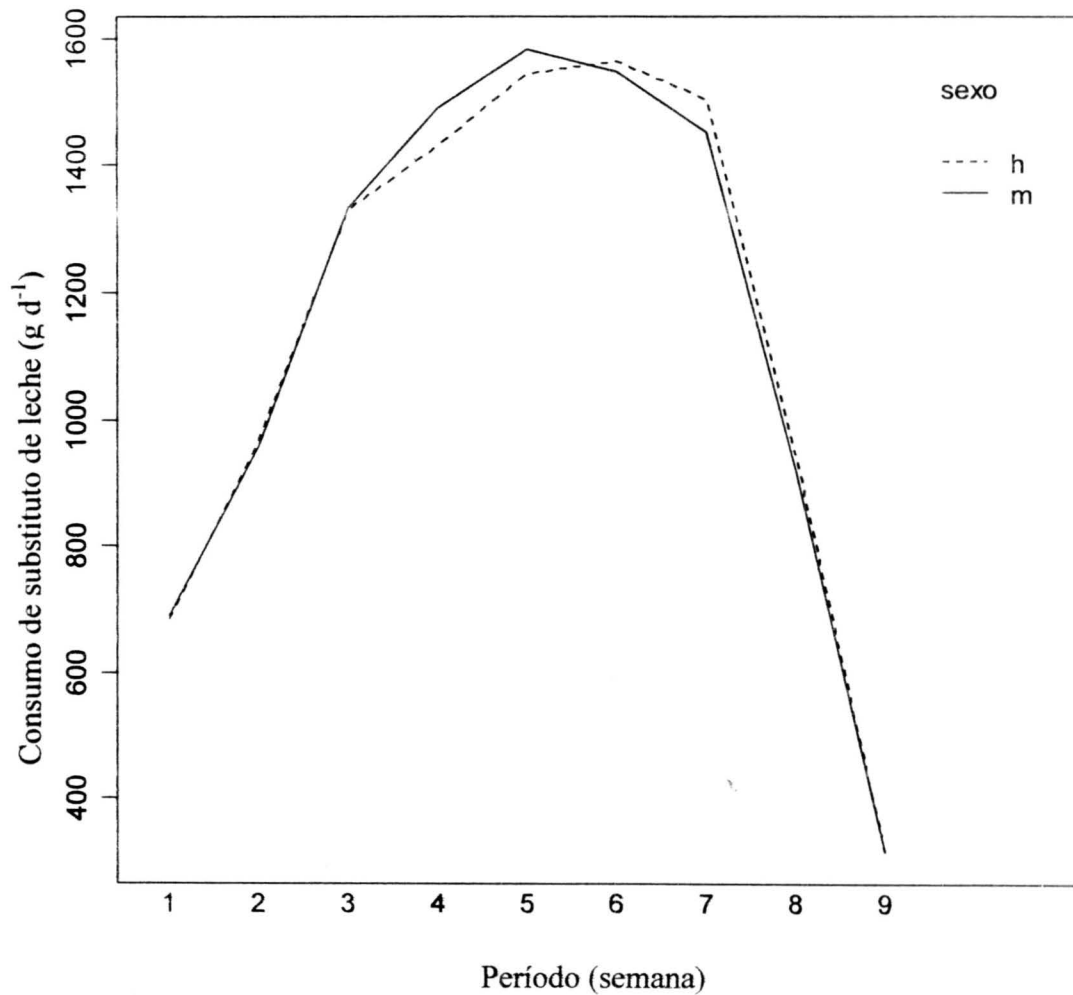


Figura 5. Interacción del sexo (h, m) de los cabritos Nubia x periodo (semanas) en el consumo de sustituto de leche

3.2.2. Consumos de concentrado de iniciación

3.2.2.1 Interacción de concentrado de proteína de soya x fuente de energía en el consumo de concentrado de iniciación.

Los consumos del concentrado de iniciación con 0.0 y 20.0 % de concentrado de proteína de soya tendieron a comportarse en forma inversa con las dos fuentes de energía (Figura 6). Con la fuente de energía proporcionada por el sebo de puerco los cabritos con el nivel 0.0% de concentrado de proteína de soya consumieron una mayor cantidad de concentrado de iniciación que aquéllos alimentados con el 20.0 % de concentrado de proteína de soya ($P>0.05$). Con la fuente de energía suministrada con el sebo de res los consumos de concentrado de iniciación fueron mayores con el 20.0 % que con el 0.0 % de concentrado de proteína de soya ($P<0.05$). Estos consumos fueron inferiores a los obtenidos con el 40 % de concentrado de soya con la fuente de energía de sebo de puerco, sin embargo con la fuente de sebo de res los consumos de concentrado de iniciación fueron muy parecidos entre 20.0 y 40.0 % de proteína. El consumo de este nivel fue similar entre las dos fuentes de energía ($P>0.05$).

La interacción para consumo de concentrado de iniciación con el sustituto de leche con sebo de puerco mostró diferencias mayores en los valores (94, 93, y 97 g d⁻¹/concentrado) para los niveles 0.0, 20.0 y 40.0 % de concentrado de proteína de soya, respectivamente. Mientras que con el sebo de res las diferencias de los valores (95, 97 y 97 g d⁻¹/concentrado para los niveles de 0.0, 20.0, y 40.0 % de concentrado de soya, respectivamente) disminuyeron.

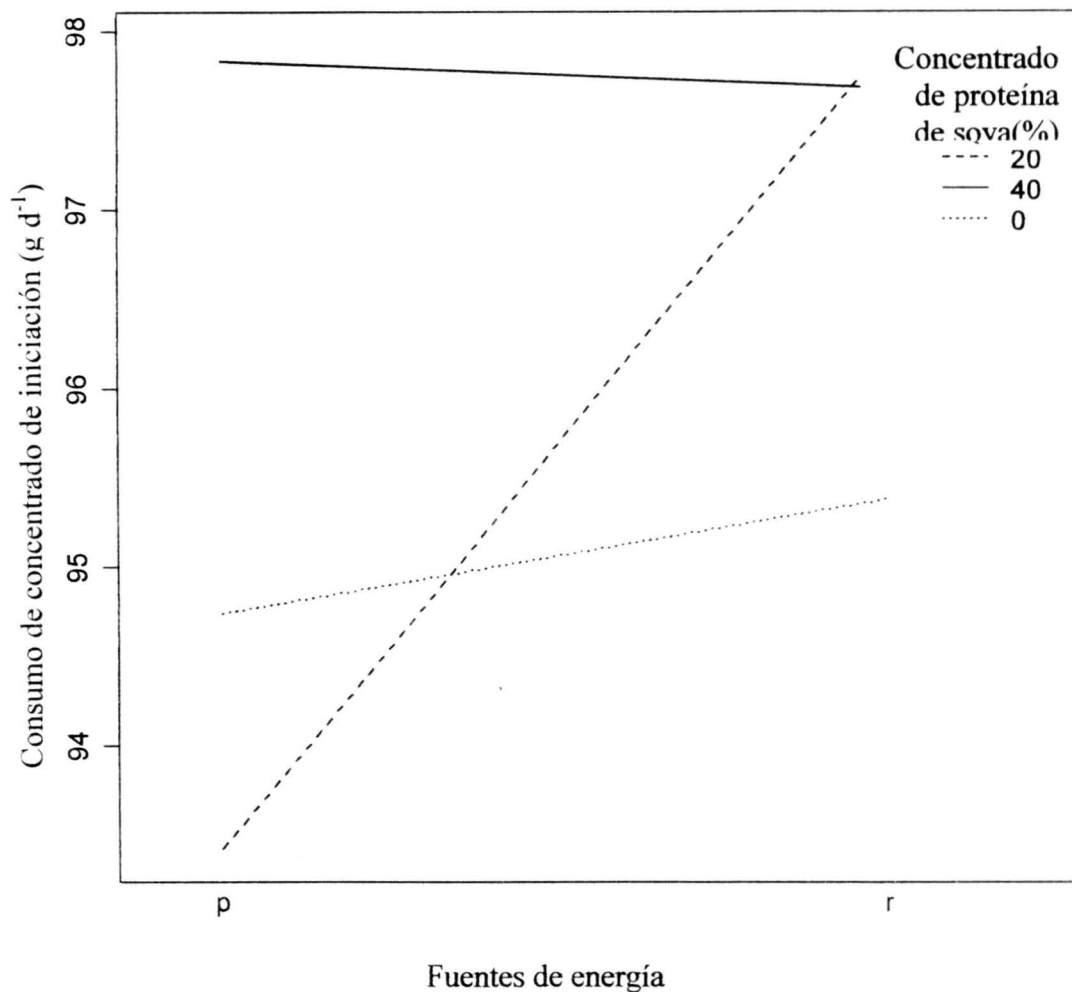


Figura 6. Interacción de tres niveles de concentrado de proteína de soja x dos fuentes de energía (p, r) en el consumo de concentrado de iniciación por cabritos de raza Nubia

3.2.2.2. Interacción de concentrado de proteína de soja x sexo en el consumo de concentrado de iniciación

Los consumos del concentrado de iniciación con los tres niveles (0.0, 20.0 y 40.0 %) de concentrado de proteína de soja fueron superiores en los machos que en las hembras ($P < 0.05$) (Figura 7). Sin embargo, las hembras consumieron menos concentrado con 20.0 % que con el 0.0 % de concentrado de proteína de soja, mientras que los machos

consumieron más con el 20.0 que con 0.0% de concentrado de proteína de soya.

La interacción para consumo de concentrado de iniciación para hembras mostró diferencias mayores en los valores (92, 90, y 99 g d⁻¹/ concentrado) (P>0.05) para los niveles 0.0, 20.0 y 40.0 % de concentrado de proteína de soya, respectivamente. Mientras que los machos presentaron una diferencia menor en los valores (98, 101 y 100 g d⁻¹/concentrado) (P>0.05) para los niveles de 0.0, 20.0, y 40.0 % de concentrado de soya, respectivamente).

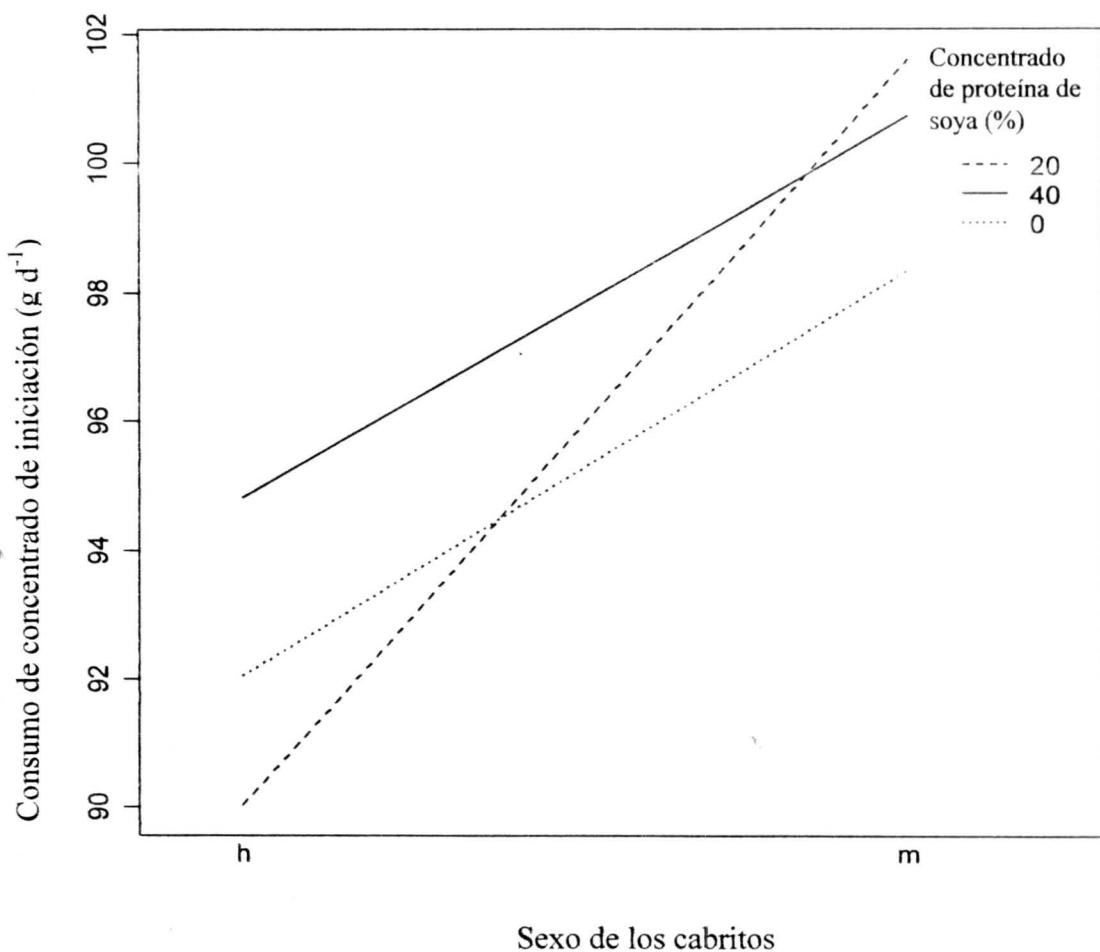


Figura 7. Interacción de tres niveles de concentrado de proteína de soya x sexo (h, m) de los cabritos Nubia alimentados con sustituto de leche en el consumo de concentrado de iniciación

3.2.2.3. Interacción de concentrado de proteína de soya x semanas en el consumo de concentrado de iniciación.

El consumo de concentrado de iniciación por los cabritos fue en aumento y muy similar para los tres niveles de concentrado de proteína de soya (0.0, 20.0 y 40.0 %), durante casi todas las semanas (Figura 8). La excepción fue en la semana 5, donde se presentó un mayor consumo con el nivel del 40.0 y 0.0 % en comparación al 20.0 %.

La interacción para consumo de concentrado de iniciación mostró diferencias mayores en los valores en la semana 5 (95, 82 y 99 g d⁻¹ concentrado) (P<0.05) para los niveles 0.0, 20.0 y 40.0 % de concentrado de proteína de soya, respectivamente. El consumo de concentrado de iniciación presento diferencias significativas (P<0.05) a lo largo del periodo experimental.

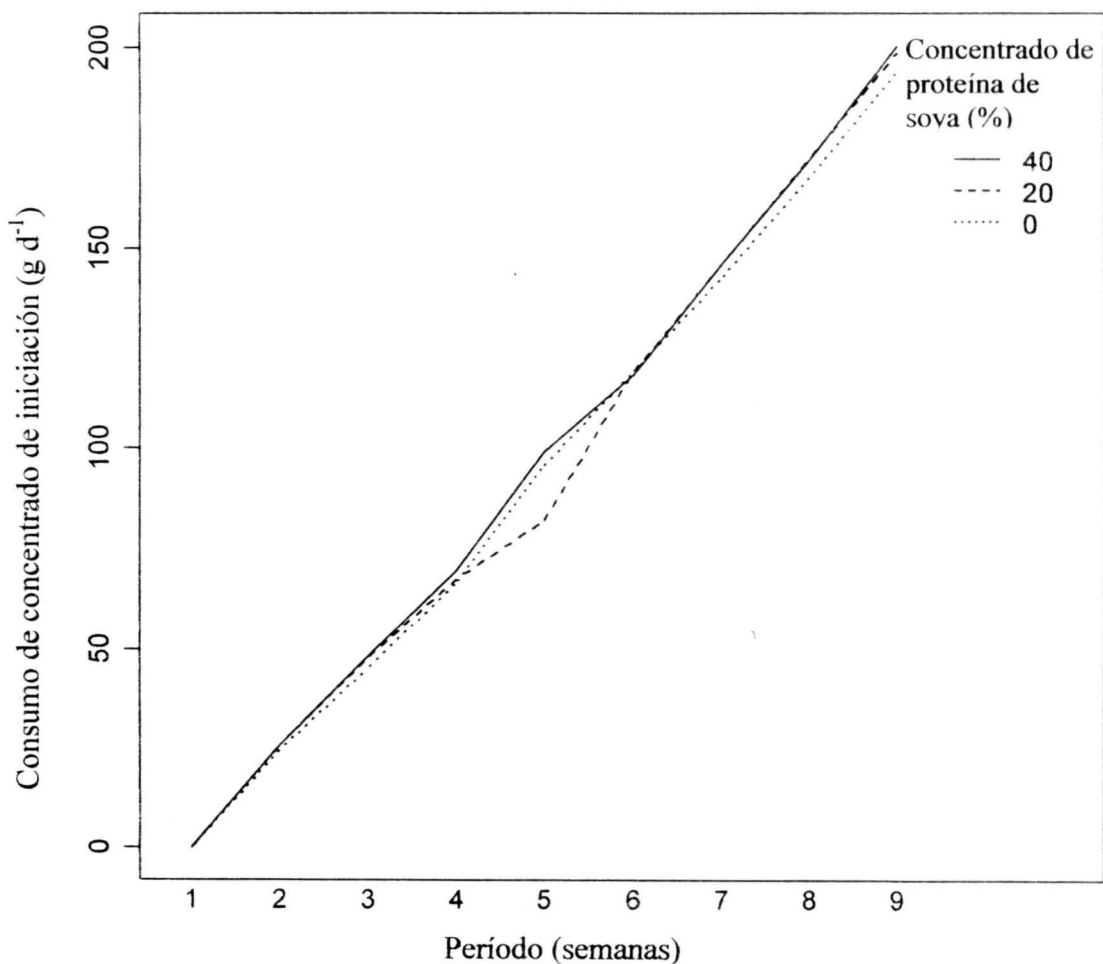


Figura 8. Interacción de tres niveles de concentrado de proteína de soya x periodo (semanas) en el consumo de concentrado de iniciación por cabritos de raza Nubia criados con sustituto de leche

3.2.2.4. Interacción de fuente de energía x sexo en el consumo de concentrado de iniciación.

En las hembras el consumo de concentrado de iniciación fue menor que en los machos (89 y 101 g d⁻¹) (P<0.05) con la fuente de energía proporcionada por el sebo de puerco, la misma tendencia se observa con el sebo de res (95 y 99 g d⁻¹), pero sin ser diferentes (P>0.05) mientras que los machos el consumo de concentrado de iniciación fue menor con la fuente de energía suministrada por el sebo de res (Figura 9).

La interacción para consumo de concentrado de iniciación para hembras mostró diferencias mayores en los valores (89 y 95 g d⁻¹ para sebo de puerco y sebo de res, respectivamente). Mientras que los machos presentaron una diferencia menor en los valores (101 y 99 g d⁻¹ para sebo de puerco y sebo de res, respectivamente) (P>0.05).

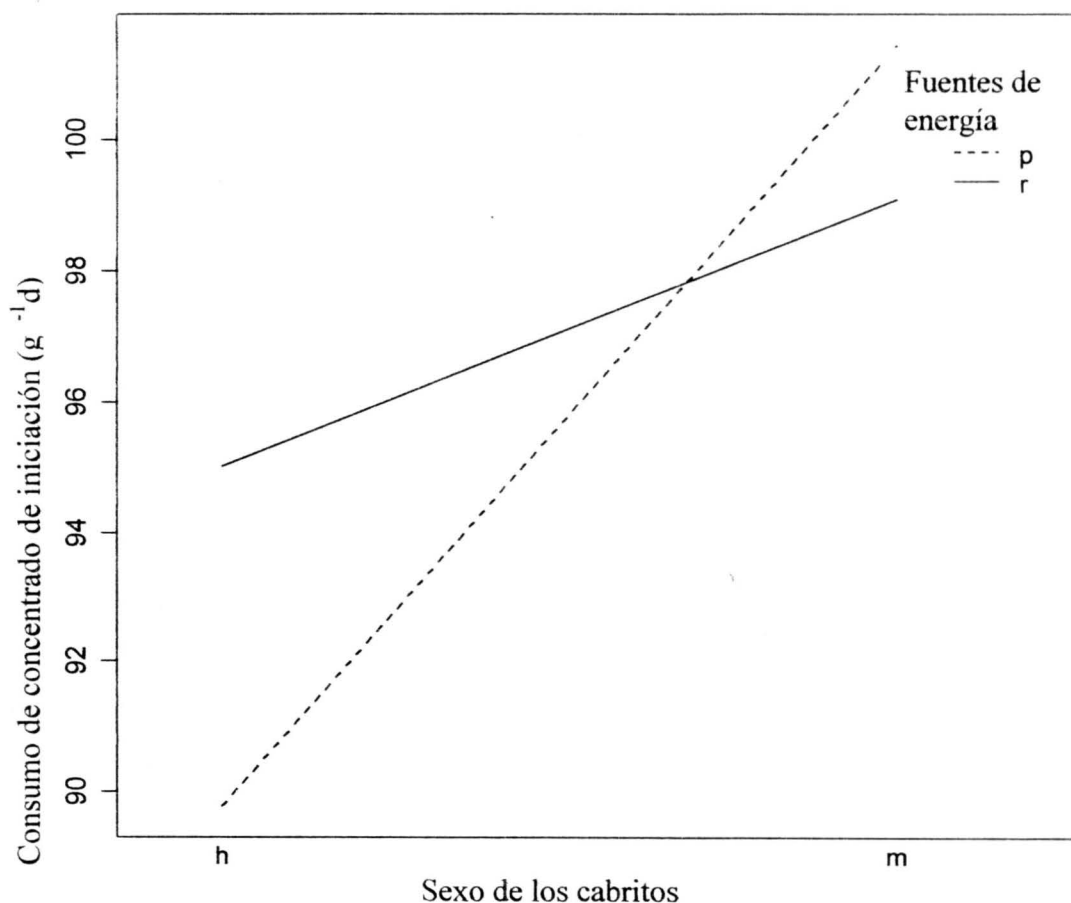


Figura 9. Interacción de dos fuentes de energía (p, r) x sexo (h, m) de cabritos Nubia alimentados con sustituto de leche en el consumo de concentrado de iniciación

3.2.2.5. Interacción de fuente de energía x semanas en el consumo de concentrado de iniciación

El consumo de concentrado de iniciación por los cabritos durante las semanas 4, 5, 6 y 7 fue mayor con la fuente de energía proporcionada por el sebo de res (Figura 10). En el resto de las semanas el consumo de concentrado de iniciación fue similar para las dos fuentes de energía ($P>0.05$).

La interacción para consumo de concentrado de iniciación mostró diferencias mayores en los valores en las semanas 4 (66 y 95 g d⁻¹) y 5 (83 y 101 g d⁻¹) ($P<0.05$) para las fuentes de energía de sebo de puerco y sebo de res, respectivamente.

El consumo de concentrado de iniciación con fuentes de energía sebo de puerco y res en el sustituto de leche presento diferencias ($P<0.05$) a través de las semanas del periodo experimental.

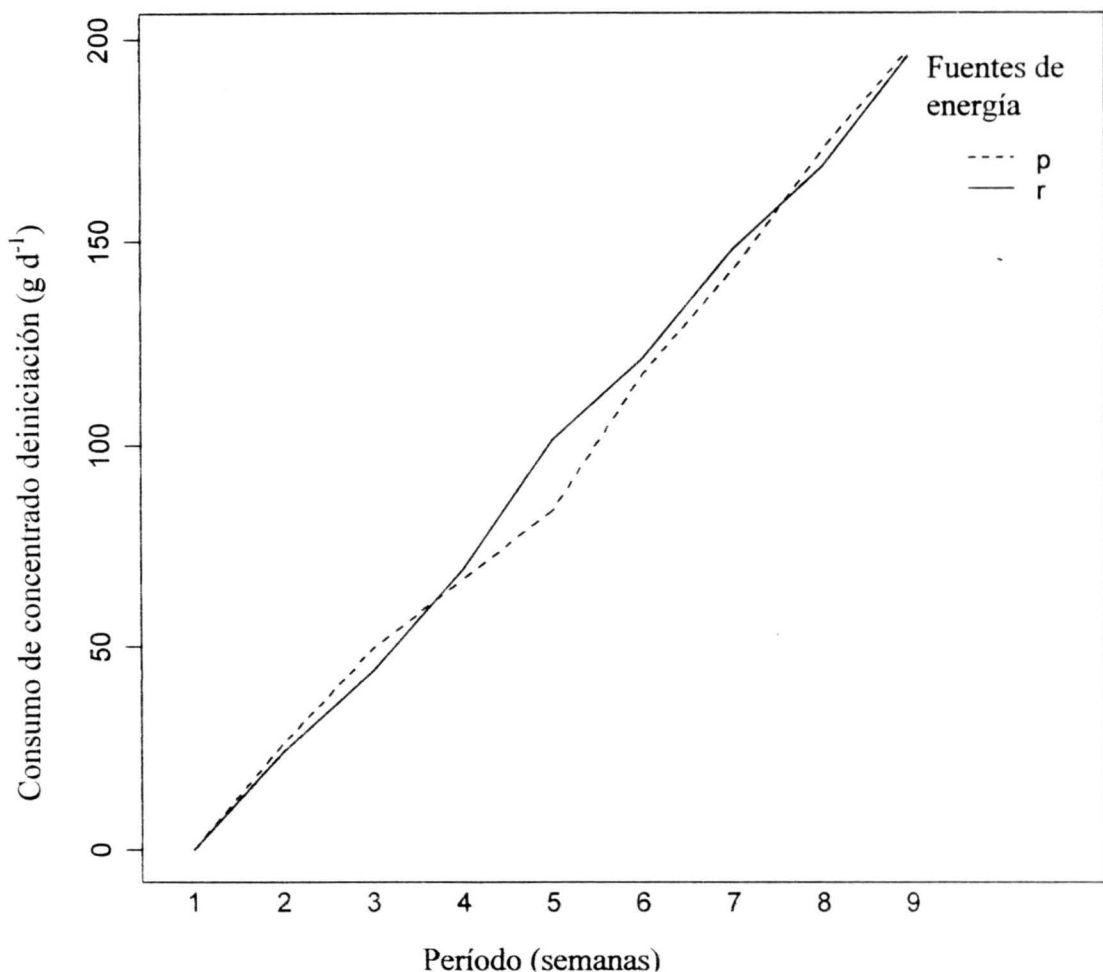


Figura 10. Interacción de dos fuentes de energía (p, r) x periodo (semanas) en el consumo de concentrado de iniciación por cabritos de raza Nubia alimentados con sustituto de leche

3.2.2.6. Interacción de sexo x semanas en el consumo de concentrado de iniciación

El consumo de concentrado durante las semanas del trabajo fue mayor para los cabritos machos que para los cabritos hembras (Figura 11). Si embargo, esta diferencia fue más notable en las semanas 5 y 8.

La interacción para consumo de concentrado de iniciación mostró diferencias mayores en los valores en las semanas 5 (102 y 82 g d⁻¹) y 8 (179 y 162 g d⁻¹) (P<0.05) para cabritos machos y hembras.

El consumo de concentrado de iniciación en relación al sexo de los cabritos durante el periodo de estudio presento diferencias significativas (P<0.05)

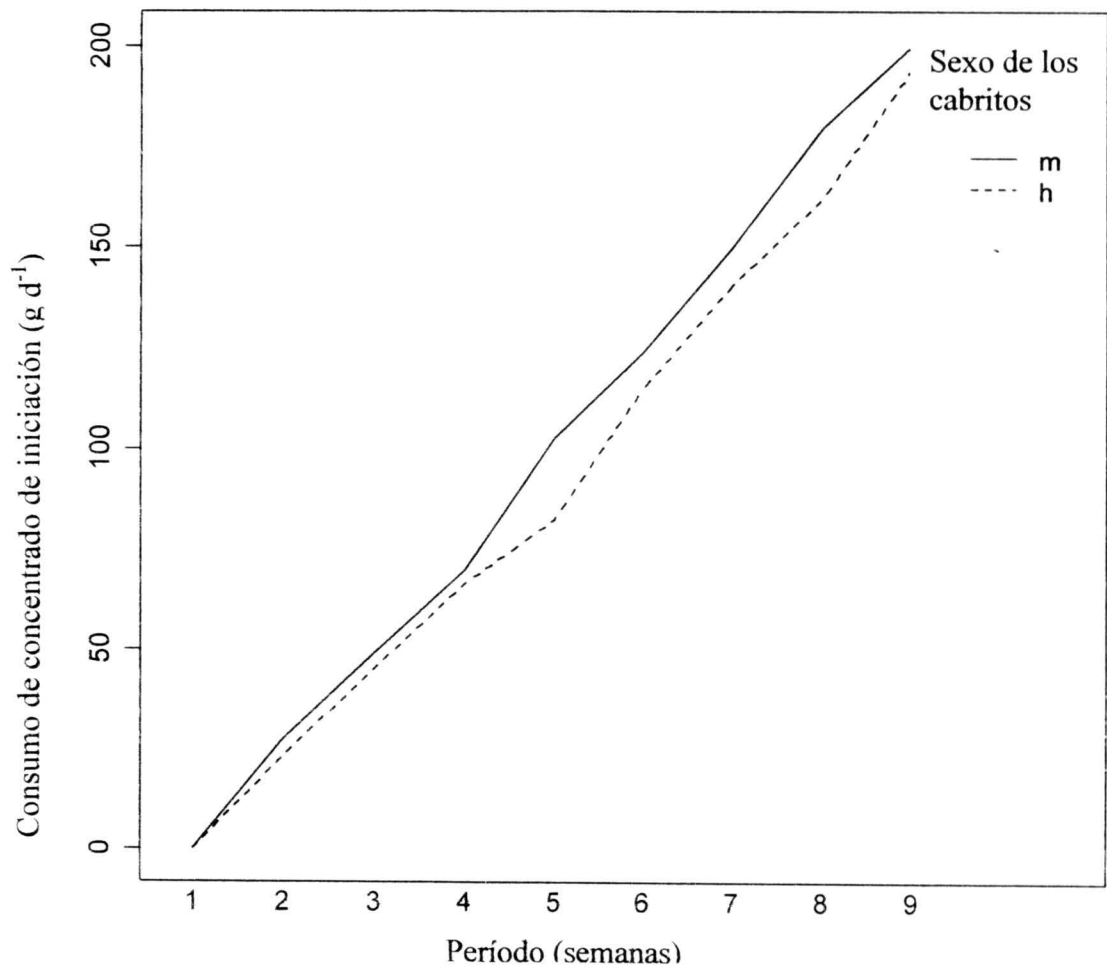


Figura 11. Interacción del sexo (h, m) de cabritos Nubia x periodo (semanas) en el consumo de concentrado de iniciación

4. CONCLUSIONES

Los niveles de reemplazo de la proteína láctea por concentrado de proteína de soya (proteína vegetal), fuentes de energía (sebo de res y sebo de puerco) no afectaron el consumo de la dieta líquida ni la ganancia de peso. Mientras que el consumo de concentrado iniciación si se afectó por los niveles de proteína de soya y fuentes de energía, además por efecto del genero del cabrito ($P < 0.05$). El consumo del sustituto de leche, ganancia de peso consumo de concentrado de iniciación y ambas conversiones alimenticias se vieron afectadas por el periodo de prueba ($P < 0.05$). Mientras que la conversión alimenticia de sólidos totales más materia seca del concentrado de iniciación se afectó por efecto del nivel de concentrado de proteína de soya en el sustituto ($P < 0.05$). Se observaron interacciones significativas ($P < 0.05$) del concentrado de proteína de soya x fuente de energía, del concentrado de proteína de soya x semanas, fuente de energía x semanas y sexo x semanas en el consumo de dieta líquida. Del concentrado de proteína de soya x fuente de energía, concentrado de proteína de soya x sexo, concentrado de proteína de soya x semanas, fuente de energía x sexo, fuente de energía x semanas y sexo x semanas en el consumo de concentrado de iniciación. De acuerdo a estos resultados es factible criar cabritos con sustituto de leche cuyos requerimientos de proteína láctea son reemplazados hasta 40.0 % por concentrado de proteína de soya y usando como fuentes de energía el sebos de res y/o de puerco. El destete puede efectuarse a las nueve semanas de edad, sin usar leche materna durante el periodo de crianza, ya que los cabritos presentaron un buen índice de conversión alimenticia.

5. LITERATURA CITADA

- Arbiza, A.S.I. 1986. Producción de Caprinos. Ed. A.G.T. Editor, S.A., México. pp 449.
- Anderson, K.L., Nagaraja, T.G., Morrill, J.L. 1987. Ruminant metabolic development in calves weaned conventionally or early. *J. Dairy Sci.* 70, 1000-1012.
- Ansotegui, R.P. 1987. Chemical composition and rumen digesta kinetics of diets selected and influence of milk intake on forage intake by suckling calves grazing native range. Ph.D. Dissertation. New Mexico State University., Las Cruces, N.M. U.S.A. pp 173.
- Baker, R.D., LeDu, Y.L.P., Barker, J.M. 1976. Milk-fed calves. 1. The effects of milk intake upon the herbage intake and performance of grazing calves. *J. Agric. Sci. (Camb)* 87, 187-193.
- Briger, A. N. And G. W. Barr. 1979. Effect of protein source of milk replacer on performance of dairy calves in cold housing. *J. Dairy Sci.* 62 (Supl. 1): Abstr 34.
- Broesder, J.T., Judkins, M.B., Krysl, L.J., Gunter, S.A., Barto, R.K. 1990. Thirty or Sixty percent milk replacer reduction for calves: Effects on alfalfa hay intake and digestibility, digestive kinetics and ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.* 68, 2974-2985.
- Campos, O. F.; J. T., Huber; J. L., Morrill; R. K., Brownson; A. D., Dayton; H. J. S., Harrison and R. G., Warner. 1982. Spray-dried fish solubles or soy protein concentrate in milk replacer formulations. *J. Dairy Sci.* 65, 97-104.
- Crane, M.F. and Lakes, O.L. 1986. Criando Animales Jóvenes sin sus Madres. Síntesis Lechera. México, D.F. pp 14-16.
- Davis, J.J., Sahlu, T., Puchala, R. 1998. Performance of Angora goat kids fed acidified milk replacer at two levels of intake. *Small Rumin. Res.* 28, 249-255.
- Church, D.C. 1988. El Rumiante. Fisiología Digestiva y Nutrición. Ed. Acribia. Zaragoza, España. pp 641.
- Ferreira, A.V., Thornton, J.D. 2004. Feed intake of Saanen kids weaned at 42 y 70 days of age. *South African Journal of Animal Science.* 34, (supplement 1), 49-51.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen.

- Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México, México , D.F. pp 246.
- Genandoy, H., Sahlu, T., Davis, J., Wang, R.J., Hart, S.P., Puchala, R., Goetsch, A.L., 2002. Effects of different feeding methods on growth and harvest traits of young Alpine kids. *Small Rumin. Res.* 44, 81-87.
- Goetsch, A.L., Detweiler, G., M., Sahlu, T., Dawson, L.J., Zeng, S. 2000. Effects of individual vs group confinement and forage access on performance of artificially reared, confined Alpine kids. *Agricultural Research and Extension Programs.* Langston University. Langston, O. K. U.S.E. p 27
- Goetsch, A.L.; G., Detweiler; T., Sahlu; L.J., Dawson.2001. Effects of different management practices on preweaning and early postweaning growth of alpine kids. *Small Rumin. Res.* 41, 109-116.
- Hetherington, L. 1980. Cabras, manejo, producción, patologías. Ed. Aedos, Barcelona Esp. pp 236.
- Hamada , T., Maeda, S., Kameoka, K. 1976. Factors influencing growth of rumen, liver, and other organs in kids weaned from milk replacers to solid foods. *J. Dairy Sci.* 59 (6), 1110-1118.
- Ihaka, R. and R. Gentleman. 1996. R: A language for data analysis and graphics. *J. of Comp. and Graph. Stat.* 5, 209-314.
- INEGI. 1985. Síntesis geográfica del estado de San Luis Potosí. México, D.F. pp 186.
- INEGI, 2005. El sector alimentario en México. Serie de estadística sectorial Ed. 2005. México. pp 74- 80.
- Jaramillo, L. E. y Buenrostro, T. A. 1997. Evaluación de un sistema de crianza de cabritos con leche de cabra. *Memorias de la XII. Reunión Nacional sobre Caprinocultura, Torreón, Coah.* 293 – 295.
- Jarrige, R. 1989. *Ruminant Nutrition.* Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Paris Francia. pp 391.
- Lane, M.A., Balwin, R.L., Jesse, B.W. 2000. Sheep rumen metabolic development in response to age and dietary treatment. *J. Anim. Sci.* 78 (7), 1990-1996.
- LeDu, Y.L.P., Baker, R.D. 1979. Milk-fed calves. 5. The effects of a change in milk intake upon the herbage intake and performance of grazing calves. *J. Agric. Sci. (Camb)* 92, 443.

- LeDu, Y.L.P., Baker, R.D., Barker, J.M. 1976. Milk-fed calves. 1. The effects of length of milk intake upon the herbage intake and performance of grazing calves. *J. Agric. Sci. (Camb)* 87, 197.
- Luo, J.; Sahulu, T.; Cameron, M.; Goetsch, A.L. 2000. Growth of Spanish, Boer x Angora and Boer x Spanish goat kids fed milk replacer. *Small Rumin. Res.* 36, 189-194.
- Meneses, R.R., Pérez, M.P., Pitter, D.J., Galleguillo, R.P., Morales S.M.S. 2001. Estrategia de alimentación durante la crianza de crías caprinas criollas. *Agric. Tec.* 61(2), 22-31.
- Ministro de Agricultura, Pesca y Alimentación-Servicio de Extensión Agraria. 1989. *Manual sobre Cabras*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, Esp. p 47
- Moran-Fher, P. 1976. Growth. In: *Goat Production*. Academic Press Inc. pp. 253-283.
- Morand-Fehr, P., Sauvant, D. 1990. Alimentación del caprino. In: *Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos*. Institute de la Recherche Agronomique. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 432p
- Okeudo, N.J., Moss, B.W., Chestnutt, M.B. 2004. The effect of feeding of milk diet versus concentrate and hay diet on the meat quality and fatty acid profile of lambs. *Pakistan Journal of Nutrition* 3 (2), 107-111.
- Pérez, P.; Maino, M.; Morales, M.S.; Soto, A. 2001. Effect of goat milk and milk substitutes and sex on productive parameters and carcass composition of cróele kids. *Small Rumin. Res.* 42, 87-93.
- Potchoiba, M. J.; C. D., Lu, F., Pinkerton ; T., Sahlu. 1990. Effects of all-milk diet on weight gain, organ development, carcass characteristics and tissue composition, including fatty acids and cholesterol contents, of growing male goats. *Small Rumin. Res.* 3, 583-593.
- Reyes, M.A. y Bermúdez, J.E. 1995. Consumo y ganancia de peso de cabritos alimentados con leche de cabra y dos dietas sólidas con diferentes concentraciones de energía. *Memorias del Congreso Internacional en Producción Caprina*. Zacatecas, Zac. pp 117-119.
- Roy, J.H.B.; I.J.F. Stobo; S.M., Shotton; P., Ganderton and C. M., Gillies. 1977. The nutritive value of on-milk proteins for the preruminant calf. The effect of

- replacement of milk protein by soya-bean flour or fish-protein concentrate. *Br. J. Nutr.* 38, 167-172.
- Swan, G.E., Groenewald, H.B. 2000. Morphological changes associated with the development of the rumino-reticulum in growing lambs fed different rations. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 67 (2), 105-114.
- Terán, M. A. 1999. Proteína de soya y manteca de puerco en substitutos de leche para cabritos. Tesis Profesional de licenciatura. Fac. de Agronomía se la U.A. S. L. P. San Luis Potosí, Mex. pp 44.
- Valensia, C. C. M. 2002. Desafíos del sistema extensivo de producción caprina. En *Memorias de la 17ª Reunión Nacional sobre Caprinocultura*. Durango, Dgo. 102 – 107.
- Wardrop, I.D., Coombe, J.B. (1980). The development of rumen function in the lamb. *Australian Journal of Agricultural Research*. 12 (4), 661-680.
- Zitnan R., Bomba, A., Sommer, A., Kolodzieyski L. 1993. Development of rumen metabolism and ruminal epithelium in lambs. *Arch. Tierernahr.* 44 (3), 227-233.

CAPÍTULO 4

PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS Y METABOLITOS SANGUÍNEOS DE CABRITOS NUBIOS CRIADOS CON SUBSTITUTO DE LECHE

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar los parámetros hematológicos y metabolitos sanguíneos de cabritos Nubios criados con un sustituto de leche elaborado con proteína vegetal y diferentes fuentes de energía. Para tal efecto, se utilizaron 68 cabritos (35 hembras y 33 machos) a partir del nacimiento hasta las 9 semanas de edad, de la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, ubicada en la zona centro - norte de México (22° LN). Los cabritos se asignaron al azar a los siguientes tratamientos: T₁: proteína láctea más sebo de res, T₂: 20 % de concentrado de proteína de soya más sebo de res, T₃: 40 % de concentrado de proteína de soya más sebo de res, T₄: proteína láctea más sebo de puerco, T₅: 20 % de concentrado de proteína de soya más sebo de puerco y T₆: 40 % de concentrado de proteína de soya más sebo de puerco. Los sustitutos de leche se hidrataron y proporcionaron a los cabritos en biberones en una concentración de sólidos totales de 150.0 g L⁻¹, en biberones dos veces al día. A partir de la segunda semana de edad, los cabritos tuvieron acceso a un concentrado de iniciación con 18 % de proteína cruda, 2.6 Mcal kg⁻¹ de energía metabolizable a base de cereales enteros. Las muestras de sangre se tomaron a los 7 días de nacidos, posteriormente a la semana 3, 6 y 9 de edad. Los datos se analizaron con un arreglo factorial de 3 x 2 x 2 x 4 con medidas repetidas con tratamiento y tiempo. Las variables analizadas fueron parámetros hematológicos (eritrocito, hematocrito y hemoglobina) y perfil metabólico (glucosa, proteína total, albúmina y N-uréico). El concentrado de proteína de soya a diferentes niveles afectó (P<0.05) el eritrocito, hematocrito y hemoglobina. Los cabritos alimentados con el sustituto de leche que contenía 0.0 % de concentrado de proteína de soya presentaron mayor concentración de eritrocito, hematocrito y hemoglobina (10.3 ± 0.5 x 10⁶ ml, 32.2 ± 3.1 % y 11.5 ± 1.0 g dl⁻¹ respectivamente) que los alimentados con sustituto de leche que contenía 20 y 40 % de concentrado de proteína de soya. La concentración del

eritrocito y hematocrito de los cabritos que consumieron sustituto de leche más sebo de res fueron mayores que el de los cabritos alimentados con sustituto de leche más sebo de puerco (10.3 ± 0.5 vs $10.0 \pm 0.5 \times 10^6$ ml), (31.5 ± 3.6 vs 30.1 ± 3.5 %) ($P < 0.05$). Las hembras tuvieron una concentración mayor ($P < 0.05$) de eritrocito (10.2 ± 0.6 vs $10.1 \pm 0.5 \times 10^6$ ml) y hemoglobina (11.3 ± 1.2 vs 10.9 ± 1.2 g dl⁻¹) que los machos. Los parámetros hematológicos no fueron afectados por el periodo (semana) ($P > 0.05$). En los cabritos alimentados con 20 % del concentrado de proteína de soya se presentó una mayor ($P < 0.05$) concentración de glucosa (89.9 ± 2.8 mg dl⁻¹) y albúmina (3.3 ± 0.4 g dl⁻¹), que los alimentados con 0.0 y 40 % de concentrado de proteína de soya. Los efectos de la fuente de energía y sexo no afectaron los metabolitos sanguíneos ($P > 0.05$). El periodo (semanas) afectó ($P < 0.05$) solamente el N-uréico; observando un incremento a partir de la semana 3 alcanzando su máxima concentración en la semana 9 del periodo experimental. Se presentaron interacciones significativas ($P < 0.05$) de la concertación de proteína de soya x periodo de estudio (semana) en la concentración de hemoglobina, fuente de energía (sebo de puerco y/o res) x periodo de estudio en la concentración de glucosa y concentrado de proteína de soya x fuente de energía en la concentración de proteína total. Se encontraron correlaciones significativas ($P < 0.05$) entre el peso corporal vivo y algunos parámetros sanguíneos, consumo de dieta líquida, consumo del concertado de iniciación y promedio de ganancia diaria de peso. Estos resultados reflejan que la inclusión de concentrado de proteína de soya y fuentes de energía afectaron los parámetros hematológicos y algunos metabolitos sanguíneos.

PALABRAS CLAVE: parámetros hematológicos, metabolitos sanguíneos, sustituto de leche, concentrado de proteína de soya, sebo de res, sebo de puerco, cabritos.

ABSTRACT

The aim of this work was to determine hematological and blood metabolite parameters in Nubian kids raised with a milk substitute prepared with vegetal protein and different energy sources. Sixty eight kids (35 females and 33 males) from birth to nine weeks of age were utilized at the Goat Unit of the Faculty of Agronomy, Autonomous University of San Luis Potosi, located in the center - north zone of Mexico (22° N). Kids were randomly assigned to the following treatments, T₁: lactic protein plus cow lard, T₂: 20 % of concentrate of soy protein plus cow lard, T₃: 40 % of concentrate of soy protein plus cow lard, T₄: lactic protein plus pork lard, T₅: 20 % of concentrate of soy protein plus pork lard, and T₆: 40 % of concentrate of soy protein plus pork lard. Milk substitutes were hydrated and offered to kids in baby bottles in a total solids concentration of 150 g l⁻¹, twice a day. From the second week of age on kids had access to a starting concentrate with 18 % of crude protein and 2.6 Mcal kg⁻¹ of metabolizable energy, based on whole cereals. Blood samples were taken in kids at 7 days of age, and subsequently at weeks 3, 6 and 9 of age. Variables analyzed were hematological parameters (eritrocyte, hematocrite and hemoglobin) and metabolic profile (glucose, total protein, albumin and ureic N). The concentrate of soy protein at different levels affected (P<0.05) the eritrocyte, hematocrite and hemoglobin. Kids fed with the milk substitute containing 0.0 % of the soy protein concentrate had a higher concentration of eritrocyte, hematocrite and hemoglobin ((10.3 ± 0.5 x 10⁶ ml, 32.2 ± 3.1 %, y 11.5 ± 1.0 g dl⁻¹, respectively) than those fed with milk replacer containing 20 and 40% of concentrate of soy protein. The concentration of eritrocyte and hematocrite of kids that consumed milk substitute plus cow lard was higher than that of kids fed with milk substitute plus pork lard. Females had a higher (P<0.05) concentration of eritrocyte ((11.3 ± 1.2 vs 10.9 ± 1.2 x 10⁶ ml) and hemoglobin (11.3 ± 1.2 vs 10.9 ± 1.2 g dl⁻¹) than males. Hematological parameters were not affected by period (week) (P>0.05). In kids fed with 20 % of the concentrate of soy protein there was a higher (P<0.05) concentration of glucose (89.9 ± 2.8 mg dl⁻¹) and albumin (3.3 ± 0.4 g dl⁻¹) than fed with 0.0 and 40% of concentrate of soy protein. The effects of the energy source and sex did not have a significant influence (P>0.05) on the blood metabolites. Period (week) had a

significant effect ($P < 0.05$) only on ureic N; an increase was observed from week 9 and this reached its maximum concentration in week 9 of the experimental period. Significant correlations ($P < 0.05$) were found between live body weight and some blood parameters, consumption of liquid diet, consumption of the starting concentrate, and average daily gain.

KEY WORDS: hematological parameters, blood metabolites, milk substitute, concentrate of soy protein, cow lard, pork lard, kids.

1. INTRODUCCIÓN

La determinación y variaciones de los índices hematológicos y bioquímicos de los animales domésticos ha sido bien documentada, así como sus variaciones en otros rumiantes (bovinos, ovinos y cabras) observándose una gran variación por efecto de raza en el ganado caprino (Tambuwal *et al.*, 2002). Aunque tal condición dificulta definir un perfil metabólico universal en los caprinos, existe la necesidad de establecer los valores fisiológicos básicos para los caprinos en función de una serie de variables como edad, raza, sanidad, alimentación, etc (Tibbo *et al.*, 2004). La sangre es también una parte esencial del sistema inmune, crucial para el balance de fluidos y temperatura, un fluido hidráulico para ciertas funciones y una vía para mensajes hormonales (Lázzaro, 1999).

La valoración del estado nutricional de diversas especies animales según (Cruz *et al.*, 1999), se ha basado en la medida de peso corporal y en la determinación de algunos parámetro sanguíneos; como indicadores del estado energético considerando a la glucosa sanguínea, ácidos grasos no esterificados y cuerpos cetónicos, mientras que para el estado protéico se ha utilizado la albúmina, N uréico y aminoácidos libres. La concentración de estos compuestos ofrece valiosa información para el diagnóstico del estado nutritivo en los animales y puede ser usada para mejorar el manejo nutricional y prevenir desordenes metabólicos (Caldeira *et al.*, 2006; Rivero *et al.*, 1990). Así, un nivel nutricional deficiente afecta de manera adversa algunos parámetros hematológicos, como son el hematocrito y la hemoglobina en vacas en lactación (Doxey, 1977).

La concentración sanguínea de proteínas en rumiantes está asociada al ingreso de proteínas en el alimento, de sus precursores nitrogenados no protéicos y de los carbohidratos disponibles como fuente de energía para la fermentación y degradación ruminal (Cunnigham, 2002). La proteína albúmina representa el 52 % de las proteínas totales del suero, que se ha visto que decrece ligeramente antes del destete en corderos criados artificialmente, (Little *et al.*, 1977, Maston *et al.*, 1977) y ganado de leche (Kitchenham *et al.*, 1975).

1.1 Objetivo

El objetivo de este trabajo fue determinar los parámetros hematológicos y metabolitos sanguíneos de cabritos Nubios criados con un sustituto de leche elaborado con proteína vegetal y diferentes fuentes de energía

Hipótesis

El reemplazo de proteína láctea por concentrado de proteína de soya y el uso de sebos de res y/o de puerco como sustitutos lácteos para cabritos no afecta los parámetros hematológicos y metabolitos sanguíneos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción del Área Experimental

El presente estudio se llevó a cabo en la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), ubicada en el ejido "Palma de la Cruz", Mpio. de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., en el km. 14.5 de la carretera San Luis - Matehuala. Se localiza en las coordenadas geográficas a 22° 12' Latitud Norte y 100° 51' Longitud Oeste del meridiano de Greenwich a 1835 msnm (INEGI, 1985). El clima es seco frío, con una temperatura media anual de 17.8° C y una precipitación media anual de 271 mm (García, 1973).

2.2. Formulación de las Dietas Líquidas

Los substitutos lácteos fueron balanceados al 25.0 % de proteína cruda, 23.0% de grasa y 30.0% de lactosa, con una concentración de sólidos totales de 15.0% en base seca, de acuerdo a lo recomendado por Arbiza (1986); M.A.P.A.de España (1989); Jarrige, (1989). Los tratamientos utilizados en este trabajo se presentan en el Cuadro 1, donde se observa que los requerimientos de proteína cruda fueron cubiertos con leche deshidratada, descremada y caseína en los tratamientos 1 y 4, mientras que para cubrir los requerimientos de grasa se utilizó sebo de res para el tratamiento 1 y sebo de puerco para el tratamiento 4. Se incluyó concentrado de proteína de soya para realizar una substitución parcial de la proteína láctea requerida, equivalente al 20 % en los tratamientos 2 y 5 y al 40 % del requerimiento proteínico en los tratamientos 3 y 6, mientras que en los tratamientos 1 y 4 este nutriente fue cubierto con productos lácteos exclusivamente.

Cada nivel de concentrado de proteína de soya (0.0, 20.0 y 40.0) se combinó con cada una de las fuentes de grasa (sebo de res o de puerco), de esta manera se formaron seis substitutos lácteos. Para cubrir el requerimiento de 30.0% de lactosa se utilizó lactosa anhidra a diferentes niveles en cada uno de los substitutos. Los sucedáneos lácteos también proporcionaron cantidades adecuadas de macro y micro minerales, vitaminas ADE, sal, antibióticos y lecitina como emulsificador. La composición química de los substitutos de leche se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Formulación de los substitutos de leche usados en la alimentación de cabritos (%)

Ingredientes	Tratamientos					
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Leche Descremada	53.0	44.7	31.5	54.0	45.9	31.5
Caseína	7.5	4.5	4.5	7.0	4.5	4.5
Conc. de proteína de soya	0.0	7.7	15.5	0.0	7.6	15.5
Almidón de trigo	8.0	8.0	6.5	9.0	7.0	7.5
Sebo de res	24.0	24.0	24.0	0.0	0.0	0.0
Sebo de puerco	0.0	0.0	0.0	23.0	23.0	23.0
Lactosa	3.5	7.0	14.0	3.0	8.0	14.0
Fosfato di cálcico	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Sal	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Min. Trazas	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vit. ADE	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Antibiótico	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Lecitina	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Cuadro 2. Composición química de los substitutos de leche utilizados en la crianza de cabritos

Componentes %	Tratamientos					
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Humedad	3.20	3.17	3.23	3.20	3.17	3.23
Proteína cruda	25.33	25.40	25.32	25.82	25.22	25.32
Grasa	23.57	23.48	23.35	23.31	23.21	23.18
Lactosa	30.80	30.69	30.81	30.89	30.71	30.21

2.3 Animales Utilizados y su Distribución en los Tratamientos.

Se utilizaron 68 cabritos de la raza Nubia recién nacidos, de los cuales 35 fueron hembras y 33 machos, que fueron asignados a los tratamientos al azar conforme fueron

naciendo. Los tratamientos fueron proporcionados en biberones: T₁) proteína láctea más sebo de res, T₂) 20% de concentrado de proteína de soya más sebo de res, T₃) 40% de concentrado de proteína de soya más sebo de res, T₄) proteína láctea más sebo de puerco, T₅) 20 % de concentrado de proteína de soya más sebo de puerco y T₆) 40 % de concentrado de proteína de soya más sebo de puerco. La distribución de los animales se muestra en el Cuadro 3; se utilizó un diferente número de repeticiones por tratamiento debido a la disponibilidad de animales.

Cuadro 3. Distribución de los animales por sexo a cada uno de los substitutos de leche

Tratamientos	T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅		T ₆	
Conc. de proteína de soya %	0.0		20.0		40.0		0.0		20.0		40.0	
Sebo de res %	23.0		23.0		23.0		0.00		0.0		0.0	
Sebo de puerco %	0.0		0.0		0.0		23.0		23.0		23.0	
Sexo	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H
Número de animales	5	5	5	6	6	6	6	7	5	5	6	6

M=machos, H=hembras

2.4. Manejo General

Los cabritos al momento del nacimiento fueron retirados de sus madres, fueron pesados, identificados y distribuidos considerando dos animales por corraleta, las cuales tenían una dimensiones de 2 x 2 m, circundadas con malla ciclónica y piso de tierra, equipadas con bebederos y comederos tipo canoa. El calostro materno se ofreció en biberones a razón del 10.0 % de su peso vivo, en dos tomas por día a las 0700 y a las 1500 horas. El tercer día de edad recibieron 50.0% de calostro y 50.0 % del substituto, y a partir del cuarto día consumieron únicamente substituto *ad libitum*, proporcionado en biberones una vez que los substituto eran hidratados, con una concentración de sólidos totales de 150 g L⁻¹. A la semana de edad se les aplicó hierro (1.0 mL animal⁻¹) y selenio (0.1 mL animal⁻¹) intramuscular, la aplicación de hierro se repitió a la segunda semana de edad.

Los cabritos recibieron un concentrado de iniciación, a partir de la segunda semana de edad, compuesto de granos de cereales (cebada y sorgo entero 65.0%), además de heno de alfalfa, sal y minerales, formulado para proporcionar 18.0 % de proteína cruda, 7.0 % de fibra cruda y 2.6 Mcal kg⁻¹ de energía metabolizable (Cuadro 4). El concentrado de iniciación se proporcionó *ad libitum* a partir de la segunda hasta la cuarta semana de edad una vez al día y de la quinta a la novena semana, dos veces al día después de la dieta líquida.

Las muestras de sangre fueron tomadas a los 7 días de nacidos, y posteriormente a las 3,6 y 9 semanas de edad, siempre por la mañana (0500 horas) por medio de punción en la vena yugular, previa desinfección del área. Para la toma de muestras se usaron tubos vacutainer de 7 mL. fueron rotuladas y conservadas en refrigeración en el laboratorio para su análisis hematológico inmediato.

Para los metabolitos se trabajó con suero obtenido por centrifugación de muestras de sangre con anticoagulante (EDTA) a 3000 rpm, el cual se dividió en alícuotas de 2 mL. las cuales se mantuvieron en congelación a -4° C para posteriormente realizar su análisis.

Cuadro 4. Composición del concentrado de iniciación

I n g r e d i e n t e s	%
Grano de cebada entero	40.0
Grano de sorgo entero	25.0
Harina de soya	21.5
Heno de alfalfa	11.5
Minerales	1.0
Sal	1.0
Composición química	
Proteína cruda	18.0
Energía metabolizable Mcal kg ⁻¹ .	2.6*
Fibra cruda	7.2

*EM Mcal kg⁻¹ calculada

2.5 Variables a Evaluar en Sangre del Animal

2.5.1. Perfil hematológico

Los valores hematológicos fueron determinados de acuerdo a procedimientos estándares. El conteo total de eritrocitos fue determinado con la ayuda del conteo en la cámara de Neubauer. El hematocrito (volumen de paquete celular) fue determinado por el método del microhematocrito, centrifugado a 11,000 rpm durante 5 minutos. La concentración de hemoglobina fue determinada por el método del cianuro de hemoglobina descrito por Merck – México, S.A. (Merck Art. 3317) y medida la absorbancia con el espectrofotómetro a 540 nM. (Bernal, 1990).

2.5.2. Perfil metabólico

La concentración de glucosa se determinó por el método de la glucosa-oxidasa descrita por Merck – México, S.A. (Merck Art. 3393) para sangre total, suero o plasma. Se basa en la transformación de la glucosa en presencia de la enzima glucosa – oxidasa (GOD), oxígeno y agua, en ácido glucónico y peróxido de hidrógeno. El peróxido así formado reacciona con 4 aminoantipirina y 2,4 – diclorofenol en presencia de la enzima peroxidasa formando una solución de color rojo (antipirilquinonimina); la cantidad del colorante es proporcional a la concentración de glucosa. Se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 500 nM. Los resultados quedaron expresados en mg dl^{-1} .

La determinación de proteínas totales y de albúmina fue por el método de Biuret descrito por Merck – México, S.A. que consta de un juego de reactivos (Merck Art. 3327). Se mide la absorbancia en el espectrofotómetro a 540 nM., para las proteínas totales, mientras que la albúmina se lee a una longitud de onda de 620 nM. los resultados quedaron expresados en g dl^{-1} .

La concentración de N uréico fue determinada por el método colorimétrico descrito por Merck – México, S.A. (Merck Art. 3341) método de DAM. El principio de este método se basa en la reacción entre la urea y la diacetil - monoxiamina la cual en presencia de tiosemicarbacida produce una sustancia de color rojo, que se puede medir fotométricamente. La absorbancia se lee a una longitud de onda de 546 nM. Se reporta en concentración de urea o concentración de N uréico ambos en mg dl^{-1} (Bernal, 1990).

2.6. Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico "R" (Ihaka y Gentleman, 1996). Los datos se analizaron con un arreglo factorial de 3 x 2 x 2 x 4 con medidas repetidas, de acuerdo al modelo que se describe.

$$Y_{ijklm} = \mu + NP_i + E_j + S_k + P_l + (NP \times E)_{ij} + (NP \times S)_{ik} + (NP \times P)_{il} + (E \times S)_{jk} + (E \times P)_{jl} + (S \times P)_{kl} + E_{ijklm}$$

En donde:

Y_{ijklm} = Concentración de eritrocito ($\times 10^6$ mL), concentración de hematocrito (%), concentración de hemoglobina (g dl^{-1}), concentración de glucosa (mg dl^{-1}), concentración de proteína total (g dl^{-1}), concentración de albúmina (g dl^{-1}) y concentración de N uréico (mg dl^{-1}).

μ = media de la población

NP_i = efecto del i-ésimo nivel de proteína (1,2,3)

E_j = efecto del j-ésimo nivel de energía (1,2)

S_k = efecto del k-ésimo sexo de la cría (1 y 2)

P_l = efecto del l-ésima semana (1, 3, 6, 9)

Interacciones = $(NP \times E)_{ij} + (NP \times S)_{ik} + (NP \times P)_{il} + (E \times S)_{jk} + (E \times P)_{jl} + (S \times P)_{kl}$

E_{ijklm} = error residual NID ($0, \sigma^2_e$)

En caso de observar un efecto ($P < 0.05$) de tratamiento sobre las variables de respuesta, la separación de medias consideró la prueba HSD de Tukey. Además, se realizó un análisis de correlación entre todas las variables usando el coeficiente de correlación de Pearson's.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Parámetros Hematológicos y Metabolitos Sanguíneos de Cabritos Nubios Alimentados con Substituto de Leche

3.1.1 Efecto de la inclusión de concentrado de proteína de soya y fuentes de energía sobre los parámetros hematológicos

Las medias y desviación estándar de los parámetros hematológicos eritrocito, hematocrito y hemoglobina se presentan en el Cuadro 5, de acuerdo a los diferentes niveles de inclusión de concentrado de proteína de soya y fuentes de energía en los substitutos de leche suministrada a los cabritos.

3.1.1.1 Concentrado de proteína de soya

La incorporación de concentrado de proteína de soya a diferentes niveles en la elaboración de substitutos de leche para cabritos afectó ($P < 0.05$) el eritrocito, hematocrito, hemoglobina. Los cabritos alimentados con el substituto de leche que contenía 0.0 % de concentrado de proteína de soya presentaron mayor concentración de eritrocito, hematocrito, hemoglobina ($10.37 \pm 0.51 \times 10^6$ mL, 32.21 ± 3.12 % y 11.51 ± 1.04 g dl⁻¹, respectivamente) que los alimentados con substituto de leche que contenían 20.0 y 40.0 % de concentrado de proteína de soya. La mayor concentración de estos parámetros hematológicos en los cabritos alimentados con 0.0 % de concentrado de proteína de soya es posible que sea debido a la inclusión de proteína de origen láctea en los substitutos de leche, se ha observado una menor concentración de hematocrito en becerros alimentados con substituto de leche formulado con niveles de 67 o 100 % concentrado de proteína de suero que los alimentados con 100 % de leche descremada en polvo (Lamers *et al.*, 1998). Cabe señalar que la concentración del hematocrito en animales bien alimentados es aproximadamente tres veces la concentración de hemoglobina en gramos dl⁻¹ (Swenson y Reece, 1999) tendencia que se observa en los datos obtenidos en este estudio.

3.1.1.2 Fuentes de energía

El empleo de fuentes de energía como sebo de res o de puerco en la elaboración de substitutos de leche para cabritos afectó ($P < 0.05$) los parámetros de eritrocito y hematocrito. La concentración del eritrocito y del hematocrito de los cabritos que consumieron sustituto de leche formulado con sebo de res fue mayor que aquellos alimentados con sustituto de leche complementado con sebo de puerco (10.32 ± 0.56 vs $10.07 \pm 0.54 \times 10^6$ mL), (31.47 ± 3.60 vs 30.14 ± 3.48 %). Estos resultados indican que los animales alimentados con sustituto de leche complementado con sebo de res, trasportan mayor contenido de hemoglobina dado que es la función principal de los hematíes o eritrocitos que son las células que forman el hematocrito. Sin embargo, las fuentes de energía no afectaron ($P > 0.05$) en la concentración de hemoglobina, esta respuesta podría estar relacionada con lo señalado por Jarringe (1989), que la inclusión de grasa en los substitutos de leche, depende más de factores relacionados con el procesamiento y no con el tipo de grasa. La diferencia entre el número de hematocrito apenas es de 1.23 % la cual puede ser debido a una inadecuada concentración de los hematíes en el tubo del hematocrito (Guyton y Hall, 1996) y que niveles de 10.0 % del hematocrito pueden ser reflejo de anemia intensa, apenas suficiente para mantener la vida. La concentración similar de hemoglobina en los cabritos alimentados con sustituto de leche elaborado con sebo de res o de puerco sugieren una misma capacidad para transportar oxígeno de los pulmones a los tejidos en cantidades muy semejantes, y una igual capacidad amortiguadora de oxígeno tisular es decir estabilización de la presión de oxígeno en los tejidos (Guyton y Hall, 1996).

3.1.2 Efecto del sexo y periodo de alimentación en los parámetros hematológicos

En el Cuadro 5 además, observamos que contiene la respuesta del efecto del sexo de los cabritos y de las semanas sobre la concentración de eritrocito, hematocrito y hemoglobina.

3.1.2.1 Sexo

El sexo de los cabrios no influyó ($P>0.05$) en la concentración del hematocrito, lo anterior coincide con los resultados de Daramola *et al.* (2005) del hematocrito, dónde se observa que el nivel del volumen de paquete celular (PCV) fue comparable ($P>0.05$) entre hembras y machos de la misma edad. Sin embargo la concentración de eritrocito y hemoglobina si fueron diferentes de acuerdo al sexo ($P<0.05$). Aunque las diferencias numérica son mínimas entre hembras y machos, se observa que las cabritas hembras tuvieron mayor concentración de eritrocito y hemoglobina que los cabritos machos (10.23 ± 0.60 vs $10.15 \pm 0.52 \times 10^6$ mL, 11.28 ± 1.22 vs 10.96 ± 1.17 g dl⁻¹ respectivamente). Es importante mencionar que el número de glóbulos rojos y la concentración de hemoglobina en la sangre circulante son exponentes del balance estricto entre la destrucción globular y la actividad eritropoyetica de la medula ósea (Morros, 1961). Además como lo encontraron Swenson y Reece (1999), el número de glóbulos rojos varía considerablemente entre las especies. El número varía también dentro de las especies y entre los individuos de una misma especie (debido a que las células no se distribuyen uniformemente en el sistema vascular sanguíneo) afectando como consecuencia el porcentaje de hematocrito y la concentración de hemoglobina. Prada *et al.* (1996) encontraron que los ovinos de pelo rojo tenían las mismas constantes hematológicas en las hembras que en los machos, siendo muy ligeras las diferencias entre animales de la misma edad. Tendencia muy similar citan Tibbo *et al.* (2004) en tres razas de cabras, en dónde las hembras presentan mayor porcentaje de glóbulos rojos y hematocrito ($P<0.05$) que los machos. Sin embargo, la concentración de hemoglobina no fue afectada por el sexo. En cabritos Dwarf, el hematocrito, la hemoglobina y los glóbulos rojos fueron comparables ($P>0.05$) en hembras y machos (Daramola *et al.*, 2005). En cabritos Angora alimentados con leche de cabra y un sustituto de leche ácida, sucedió lo mismo con respecto a la concentración de hematocrito (Sahlu *et al.*, 1992).

3.1.2.2 Periodo

Aún cuando las variables hematológicas (eritrocito, hematocrito y hemoglobina) tienden a disminuir entre la primera y la sexta semana de edad del cabrito, y luego

aumentan en la novena semana, los resultados no difirieron ($P>0.05$). Los resultados promedio del periodo experimental obtenidos sobre el números de eritrocitos ($10.19 \pm 0.55 \times 10^6$ mL) se encuentran ligeramente por debajo del máximo rango de concentración de eritrocitos para cabritos jóvenes de la raza Landrace, de 2 meses de edad (Mbassa y Poulsen, 1993). El valor del hematocrito (30.7 ± 3.54 %) obtenido en este trabajo es ligeramente menor a los obtenidos en cabritos alimentados con leche acidificada (Sahlu *et al.*, 1992), aunque mayores a los obtenidos en cabras de la raza Landrace (Mbassa y Poulsen, 1993), cabritos Dwarf (Daramola *et al.*, 2005) y cabras indígenas de Etiopía (Tibbo *et al.*, 2004). Sin embargo, la concentración de hemoglobina (11.12 ± 1.17 g dl⁻¹) fue muy similar lo que se reporta en los trabajos anteriormente citados.

La tendencia de comportamiento de los parámetros hematológicos que se presentaron en este trabajo, muestran una tendencia a decrecer con la edad, sin que se presente diferencia ($P>0.05$). Esta respuesta es apoyada por los resultados de otros trabajos como los de Tibbo *et al.* (2004) que no encontraron diferencia significativa por la edad en toda la serie de hematíes ($P>0.05$) en cabras de raza indígena. Mientras que en cabritos de raza Angora la disminución en la concentración del hematocrito a través de las semanas de estudio, la asocian a un mayor consumo de dieta líquida ocasionando que los cabritos estén más hidratados y tengan una menor concentración de hematocrito que los animales que consumieron menor cantidad de leche (Sahlu *et al.*, 1992).

Es importante señalar que el tiempo de vida de los glóbulos rojos en los animales jóvenes (corderos y becerros) es más corto (50-100 días) que en los adultos (125-150 días) Swenson y Reece (1999); mientras que Morros (1961) da un tiempo de vida de 100 a 120 días. Asumiendo que el tiempo de vida de un eritrocito es de 50 a 100 días, nos permitiría entender porque en el periodo experimental en la última semana (63 días de edad de los cabritos) se incrementa el número de eritrocitos y como consecuencia los otros parámetros.

Cuadro 5. Concentración promedio de parámetros hematológicos (eritrocito, hematocrito y hemoglobina) en cabritos alimentados con sustituto de leche elaborado con porcentajes diferentes de concentrado de proteína de soya y dos fuentes de energía

Factores	Eritrocito (x 10⁶ mL)	Hematocrito (%)	Hemoglobina (g dl⁻¹)
Nivel de Proteína %			
0.0	10.37 ± 0.51a	32.21 ± 3.12a	11.51 ± 1.04a
20.0	10.10 ± 0.57b	30.42 ± 3.59b	11.07 ± 1.29b
40.0	10.12 ± 0.58b	29.77 ± 3.62b	10.81 ± 1.15b
Fuente de energía			
Sebo de res	10.32 ± 0.56a	31.47 ± 3.60a	11.10 ± 1.21a
Sebo de puerco	10.07 ± 0.54b	30.14 ± 3.48b	11.10 ± 1.20a
Sexo			
Hembras	10.23 ± 0.60a	31.14 ± 3.76a	11.28 ± 1.22a
Machos	10.15 ± 0.52b	30.37 ± 3.82a	10.96 ± 1.17b
Periodo (semanas)			
1	10.34 ± 0.48a	31.66 ± 3.13a	11.11 ± 1.09a
3	10.10 ± 0.60a	30.56 ± 3.74a	10.79 ± 1.16a
6	10.09 ± 0.64a	29.95 ± 3.82a	10.99 ± 1.28a
9	10.23 ± 0.51a	30.89 ± 3.49a	11.60 ± 1.15a

Columnas con diferente literal son diferentes estadísticamente (P<0.05)

3.1.3 Efecto de la inclusión de concentrado de proteína de soya en los metabolitos sanguíneos

En el Cuadro 6 se detallan las medias y desviación estándar de las variables glucosa, proteína total, albúmina y N uréico, (metabolitos sanguíneos) en función de los diferentes niveles de inclusión de concentrado de proteína de soya y fuentes de energía.

3.1.3.1. Glucosa

La sustitución parcial de la proteína láctea por concentrado de proteína de soya a diferente niveles en la formulación de substitutos de leche para cabritos presentó diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) en la concentración de glucosa de los cabritos que fueron alimentados con el substituto de leche que contenía 20.0 % de concentrado de proteína de soya, con la mayor concentración de glucosa sanguínea ($89.87 \pm 2.79 \text{ mg dl}^{-1}$). Los niveles de 0.0 y 40.0 % de concentrado de proteína de soya fueron iguales. De acuerdo a Lindsay y Leat (1975) la concentración de glucosa en el plasma está entre los rangos de 55 a 110 mg dl^{-1} , los valores reportados en este trabajo están comprendidos en estos rangos (88.47, 89.87 y 88.50 mg dl^{-1}). Por otro lado es importante mencionar que los resultados de glucosa son semejantes a las concentraciones de glucosa reportados por Sahlu *et al.* (1992) (88.5 y 84.2 mg dl^{-1}). Ambos resultados se consideran bajos y no reflejan los valores típicos de animales prerumiantes, lo cual pudo haber sido a que las muestras de sangre fueron tomadas antes del consumo del alimento. El contenido de glucosa en becerros fue de 98, 103, 107 y 106 mg dl^{-1} cuando las muestra de sangre fueron tomadas entre 4 a 5 horas después de la alimentación de la mañana (Lammers *et al.*, 1998).

La mayor concentración de glucosa en suero puede estar relacionada con el mayor incremento de peso ($140 \pm 0.08 \text{ g d}^{-1}$) que presentaron los cabritos de este grupo, de acuerdo a lo que reportan Kitchenham *et al.* (1975), debido a que los aminoácidos pueden ser usados para gluconeogenesis y síntesis de ATP, mayor concentración de aminoácidos puede conducir a incrementar la deaminación de aminoácidos en el plasma, resultando en mayor concentración de nitrógeno ureico (Lammers *et al.*, 1998), lo cual está reflejado en los resultados del mismo grupo de cabritos en este trabajo sin ser llegar a ser diferente ($P > 0.05$).

3.1.3.2. Albúmina

El contenido de albúmina también fue afectado ($p < 0.05$) por el nivel de concentrado de proteína de soya (20.0%), mientras que los niveles de 0.0 y 40.0 % de concentrado de proteína de soya fueron iguales. La principal función de la albúmina es mantener la

presión osmótica de la sangre, para evitar hemólisis es decir la desintegración o dilución de los corpúsculos sanguíneos, especialmente de los hematíes, con la liberación consiguiente de la hemoglobina. Los resultados obtenidos en este trabajo, están en los rangos de 3.16 a 3.33 g dl⁻¹, que son ligeramente menores al promedio de 3.96 g dl⁻¹ que reporta Morros (1961) y Lazzaro (1999). La diferencia que existe entre el nivel más bajo y el mayor de albúmina apenas es de 5.10 % , sin que estas diferencias manifestaran anomalías en las concentraciones de hematíes, debido a que éstas también se encontraron en los rangos normales. Hammon *et al.* (2002) asocian la mayor concentración de albúmina en suero durante el periodo experimental con el mayor nivel de alimentación. Lo cual también ocurrió en este trabajo, los cabritos alimentados con el 20.0 % de concentrado de proteína de soya consumieron más dieta líquida que los cabritos de los otros substitutos lácteos (0.0 y 40 % de concentrado de proteína de soya). Valores similares de albúmina (3.7 vs 4.08 g dl⁻¹) (P>0.05) a los encontrados en este trabajo han reportado Madibela y Segwagwe (1999), en cabras en agostadero que fueron suplementadas con 600 vs 750 g animal⁻¹ d⁻¹, señalando que la suplementación alimenticia de cabras en pastoreo puede compensar los efectos detrimentales del estrés nutricional y que los niveles de albúmina están en correlación directa con el contenido de proteína cruda de los alimentos y con el nivel de consumo.

3.1.3.3 Proteína total y N-uréico

Las concentraciones de proteína total y N-uréico en suero no fueron afectados (P>0.05) por el nivel de inclusión de concentrado de proteína de soya en los substitutos de leche para cabritos; concordando con lo que menciona Kaneko (1989), es decir que existe una relación entre la proteína total y proteína de la dieta consumida, además se considera que un alto índice de N-uréico en suero refleja alta degradación de la proteína o deaminación de aminoácidos después de un alto consumo de proteína (Hammon *et al.*, 2002). Esta tendencia también la observaron Sahlu *et al.* (1993) al encontrar que la concentración de N-uréico en machos caprinos está en función del contenido de proteína cruda que tiene el alimento consumido, debido a que niveles de 9.0, 15.0 y 21.0 % P.C. causaron concentraciones de N-uréico 18.5, 22.0 y 33.3 mg dl⁻¹ respectivamente.

Situación que no ocurrió en este trabajo, dado que el consumo de los substitutos lácteos y el contenido de proteína cruda (25.0 % P.C.) de cada uno de los substitutos lácteos fue igual en los tres niveles de inclusión de concentrado de proteína de soya.

3.1.4 Efecto de la inclusión de fuentes de energía en los metabolitos sanguíneos

La inclusión de fuentes de energía a través de sebo de res y de puerco en la elaboración de los substitutos de leche para cabritos no afectaron la concentración de glucosa en suero, proteína total, albúmina y N-uréico ($P>0.05$). Los valores obtenidos de los metabolitos de los cabritos que consumieron el substituto de leche elaborado con sebo de res y los metabolitos de los cabritos que consumieron el substituto de leche que contenía sebo de puerco, están dentro de los parámetros normales que reporta Lázzaro (1999). La tendencia de los resultados coinciden con Doppenberg y Palmquist (1991), al alimentar becerros con substituto de leche con diferentes fuentes y niveles de grasa, debido a que la grasa de la dieta no influenció la concentración de ninguno de los metabolitos (glucosa, proteína total N-uréico). Esto coincide con Jarringe (1989) quién menciona que la respuesta a la inclusión de grasa en los substitutos de leche, depende más de factores relacionados con el procesamiento y no con el tipo de grasa.

3.1.5 Efecto del sexo y periodo de alimentación en los metabolitos sanguíneos

3.1.5.1 Sexo

El sexo de los cabritos no afectó ($P>0.05$) la concentración de los metabolitos sanguíneos. Los niveles de glucosa fueron cuantitativamente mayores en los machos que en las hembras, probablemente debido a diferencias en el consumo de alimento. La misma tendencia se observa en la concentración de N-uréico (cuadro 6). Pero los niveles de proteína total y albúmina son comparables en ambos sexos. Similar comportamiento se observa en cabritos de la raza West African Dwarf (WAD) para los niveles de proteína total (7.0 vs 7.13 g dl⁻¹), albúmina (2.97 vs 3.57 g dl⁻¹) y N-uréico (14.0 vs 37 mg dl⁻¹) para machos y hembras respectivamente, sin que exista diferencia estadística significativa ($P>0.05$) (Daramola *et al.*, 2005).

3.1.5.2 Periodo

Durante todo el periodo de prueba (semanas) los metabolitos; glucosa, proteína total y albúmina fueron equivalentes, no hubo diferencia estadística ($P > 0.05$) por efecto de periodo (Cuadro 6). La concentración de glucosa se mantiene en los mismos niveles de la semana 1 hasta la 6, después decrece en la semana 9 del periodo experimental, cuando los cabritos fueron destetados gradualmente y hay una restricción del consumo de la dieta líquida, con un incremento en el consumo del concentrado de iniciación. Los valores de proteína total se incrementan en la semana 2 del periodo de estudio, disminuyen en la semana 6 y permanece baja hasta la semana 9. Mientras que los valores de albúmina, se inician altos, se aminoran en la semana 3 y 6 de la etapa experimental, y asciende en la semana 9.

La concentración del N-uréico fue afectado por el tiempo (periodo) ($P < 0.05$), se observa un incremento del N-uréico a partir de la semana 3 del periodo de prueba y alcanza su máxima concentración en la semana 9 del periodo de ensayo.

La respuesta en la concentración de glucosa y N-urico en el periodo experimental es congruente con lo encontrado por Quigley *et al.* (1994) donde los valores de glucosa declinan hasta el destete y el N-uréico incrementa marcadamente en la semana 8 del estudio. Asimismo, en cabritos de raza Angora, alimentados con sustituto de leche, la concentración de N-uréico se incrementa hacia el final del periodo experimental hasta 19.7 mg dl^{-1} (Sahlu *et al.*, 1992). Por su parte Jaster *et al.* (1990), observaron incrementos en la concentración de N-uréico y la albúmina de becerros alimentados con leche entera comparados con los alimentados con sustituto de leche.

Quigley *et al.* (1991), trabajaron con becerros alimentados con concentrado de iniciación, proporcionados en cubos de plástico o amamantadores, hallaron que todos los metabolitos medidos, presentan una transición al destete, como los becerros empiezan a depender de la fermentación ruminal para cubrir sus demandas de nutrientes para mantenimiento y crecimiento. El rápido desarrollo de las funciones del rumen, conducen a grandes cambios en la concentración de metabolitos sanguíneos. Son necesaria investigaciones para determinar el efecto de esos cambios en la salud, eficiencia energética y comportamiento de los rumiantes (Quigley y Bernard, 1992).

Cuadro 6. Concentración promedio de metabolitos sanguíneos (glucosa, proteína total, albúmina y N - uréico) en cabritos alimentados con sustituto de leche elaborado con porcentajes diferentes de concentrado de proteína de soya y dos fuentes de energía

Factores	Glucosa (mg dl ⁻¹)	P. total (g dl ⁻¹)	Albúmina (g dl ⁻¹)	N-uréico (mg dl ⁻¹)
Nivel de proteína %				
0.0	88.47 ± 3.69a	6.32 ± 0.49a	3.19 ± 0.11a	12.98 ± 1.25a
20.0	89.87 ± 2.79b	6.37 ± 0.47a	3.33 ± 0.37b	13.05 ± 0.92a
40.0	88.50 ± 2.51a	6.48 ± 0.50a	3.16 ± 0.37a	12.92 ± 1.01a
Fuente de energía				
Sebo de res	89.40 ± 3.38a	6.35 ± 0.61a	3.23 ± 0.59a	13.01 ± 0.97a
Sebo de puerco	88.53 ± 2.63a	6.41 ± 0.53a	3.27 ± 0.38 a	12.96 ± 1.15a
Sexo				
Hembras	88.74 ± 3.26a	6.38 ± 0.51a	3.28 ± 0.57a	12.88 ± 1.03a
Machos	89.27 ± 2.86a	6.38 ± 0.63a	3.22 ± 0.39a	13.10 ± 1.08a
Periodo (semana)				
1	89.34 ± 4.46a	6.31 ± 0.79a	3.27 ± 0.43a	12.55 ± 1.03a
3	89.58 ± 2.30a	6.44 ± 0.47a	3.20 ± 0.39a	13.00 ± 1.15b
6	89.02 ± 2.30a	6.38 ± 0.37a	3.21 ± 0.33a	13.19 ± 0.90b
9	88.04 ± 2.54a	6.39 ± 0.57a	3.32 ± 0.72a	13.21 ± 1.03b

Columnas con diferente literal son diferentes estadísticamente (P<0.05)

3.2. Interacciones

Se presentaron interacciones significativas ($P < 0.05$) de la concertación de proteína de soya x periodo de estudio (semana) en la concentración de hemoglobina, fuente de energía (sebo de puerco y/o res) x periodo de estudio en la concentración de glucosa y concentrado de proteína de soya x fuente de energía en la concentración de proteína total.

3.2.1. Interacciones de parámetros hematológicos

3.2.1.1 Interacción de concentrado de proteína de soya x periodo de estudio en la concentración de hemoglobina

La interacción significativa ($P < 0.05$) de la concentración de hemoglobina con tres niveles (0.0, 20.0 y 40.0%) de concentrado de proteína de soya en las semanas 1 y 3 (11.2 ± 0.2 , 11.1 ± 0.2 , 11.0 ± 0.2 y 11.0 ± 0.2 , 10.5 ± 0.2 , 10.8 ± 0.2 g dl⁻¹) respectivamente, no presentaron efecto significativo ($P > 0.05$) por el nivel de concentrado de proteína de soya, Sin embargo en la semana 6 hay un efecto significativo ($P < 0.05$) de los niveles de concentrado de proteína de soya en la concentración de hemoglobina, el mayor nivel de hemoglobina la presentaron los cabritos alimentados con 0.0 y 20.0 % de concertado de proteína de soya con 11.6 ± 0.2 y 11.0 ± 0.2 g dl⁻¹ seguidos del nivel de 40.0% con el mas bajo nivel de hemoglobina en todo el periodo experimental 10.3 ± 0.2 , g dl⁻¹, los valores de hemoglobina de los cabritos alimentados con 0.0% de concentrado de proteína de soya fueron diferentes estadísticamente de los alimentados con 40.0 % de concentrado de proteína de soya. En la semana 9 del periodo experimental la concentración de hemoglobina (12.1 ± 0.1 , 11.6 ± 0.2 y 11.0 ± 0.2 g dl⁻¹) ($P < 0.05$) presento la misma tendencia que en la semana 6. La concentración de hemoglobina fue mayor ($P < 0.05$) en la semana nueve que en la semana 3 y 6 del periodo experimental, en la semana 3 se presento la menor concentración de hemoglobina de todo el periodo experimental (Figura 1).

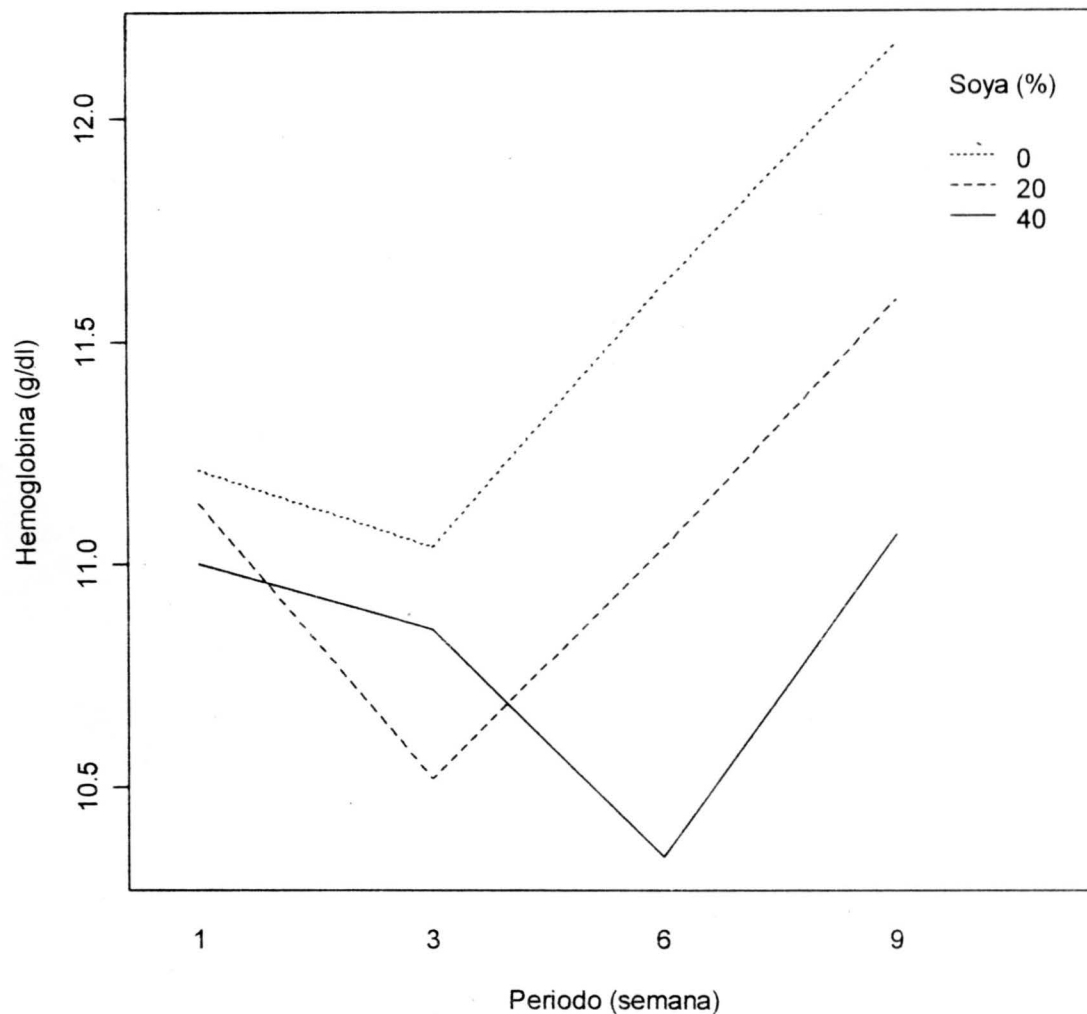


Figura 1. Interacción de tres niveles de concentrado de proteína de soya x periodo (semana) en la concentración de hemoglobina en cabritos de raza Nubia, criados con sustituto de leche

3.2.2 Interacciones de metabolitos sanguíneos

3.2.2.1 Interacción del periodo x fuentes de energía en la concentración de glucosa

La concertación de glucosa en suero por el factor fuente de energía en la semana 1, presento diferencias ($P < 0.05$) a favor de la fuente de energía sebo de puerco con 90.3 ± 0.08 mg dl⁻¹ contra 88.2 ± 00.6 mg dl⁻¹, en la semana 3 la concertación de glucosa fue de

90.1 ± 0.0 y 89.0 ± 0.3 mg dl⁻¹ (P>0.05) para el sebo de puerco y res respectivamente, en las semanas 6 y 9 la concentración de glucosa (89.4 ± 0.3, 88.5 ± 0.4 y 87.8 ± 0.5, 88.2 ± 0.03 mg dl⁻¹) (P>0.05) fue menor para sebo res en la semana 6 pero en la semana 9 fue menor para el sebo de puerco. Durante las semanas 1, 3 y 6 del periodo de estudio la concentración de glucosa no presentaron diferencias (P>0.05), pero hay diferencia estadística de las semanas 1 y 3 con la 9 del periodo de estudio marcada por la baja concentración de glucosa con sebo de puerco. Se observa una tendencia a disminuir la concentración de glucosa a través del periodo de estudio especialmente en los cabritos alimentados con sustituto de leche que contenía sebo puerco, pero la concentración de glucosa fue menor en los cabritos alimentados con sustituto lácteo con sebo de res (Figura 2). Los valores de glucosa encontrados en este trabajo son muy parecidos a los que reporta Sahlu *et al.*, (1992), mencionan que los valores de glucosa son bajos y que no reflejan valores típicos de los prerumiantes, esto fue debido a que las muestras de sangre se tomaron antes de darles alimento a los cabritos.

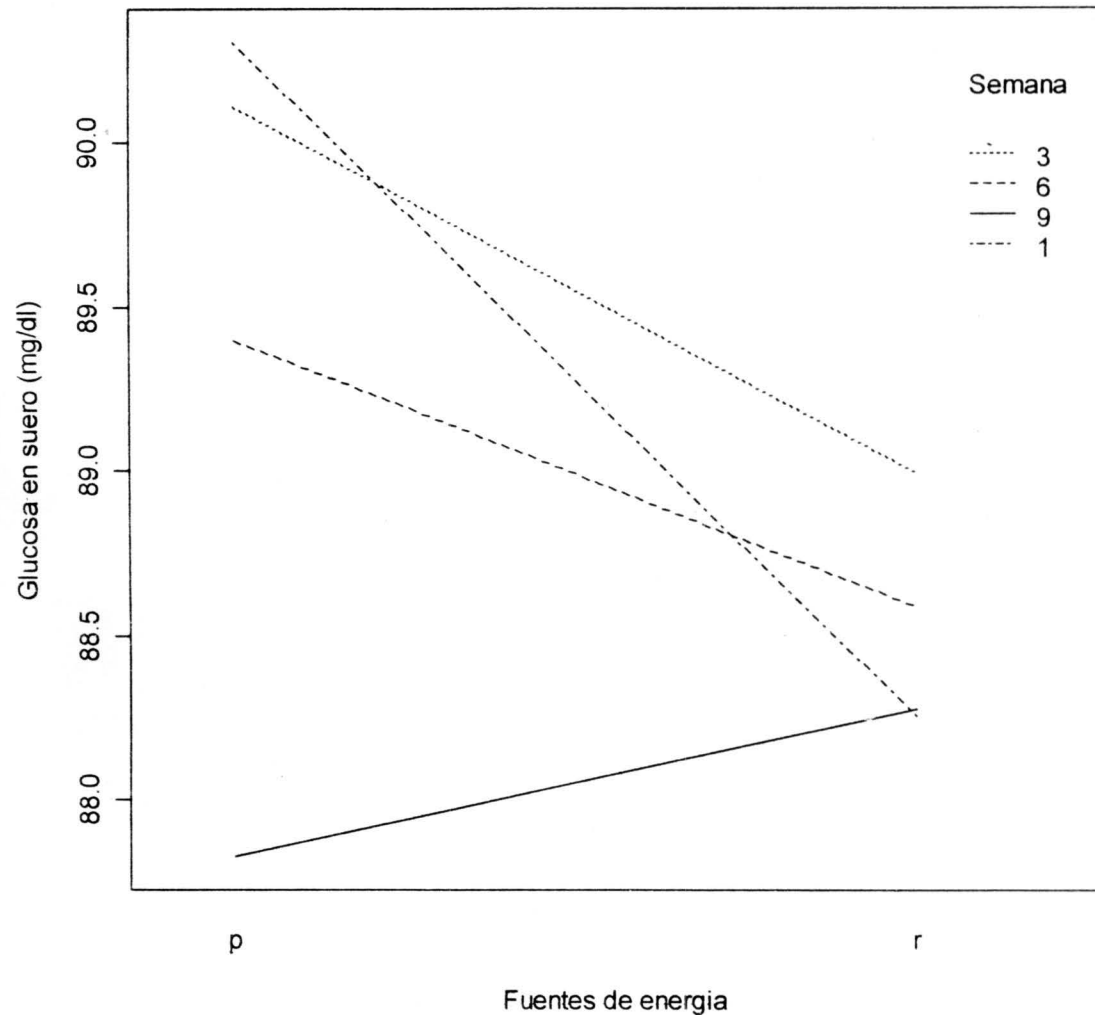


Figura 2. Interacción del periodo (semana) x dos fuentes de energía (p, r) en la concentración de glucosa en suero sanguíneo de caritos de raza Nubia criados con sustituto de leche

3.2.2.2 Interacción de concentrado de proteína de soja x dos fuentes de energía en la concentración de proteína total

Los niveles de proteína total en suero para tres niveles de (0.0, 20.0 y 40.0%) de concentrado de proteína de soja por fuentes de energía sebo de puerco fueron equivalentes (6.4 ± 0.0 , 6.3 ± 0.0 y $6.5 \pm 0.0 \text{ g dl}^{-1}$) ($P > 0.05$), la mínima concentración la presentó el nivel de 20.0% de concentrado de proteína de soja con sebo de puerco como

fuelle de energía (Figura 3). Los niveles (0.0, 20.0 y 40.0%) de concertado de proteína de soya con la fuente de energía sebo de res también fueron similares entre si (6.1 ± 0.0 , 6.4 ± 0.0 y 6.4 ± 0.0 g dl⁻¹) (P>0.05) Aquí la concertación mas baja de proteína total en suero la presento el nivel de 0.0% de concertado de proteína total. Las fuentes de energía sebo de puerco y res mostraron una mayor diferencia en el contenido de proteína total (6.4 ± 0.0 vs 6.1 ± 0.0 g dl⁻¹) (P<0.05) con el nivel de 0.0% de concentrado de proteína de soya. La menor concertación de proteína total en suero la presentaron los cabritos que consumieron el substituto de leche formulado con 0.0% de concentrado de proteína de soya con sebo de res como fuente de energía, esto puede ser atribuido a un menor consumo de proteína como resultado de un menor consumo de dieta líquida en el periodo de estudio. Kaneko (1989) ha descrito una estrecha relación entre el consumo de proteína de la dieta y proteína total en suero

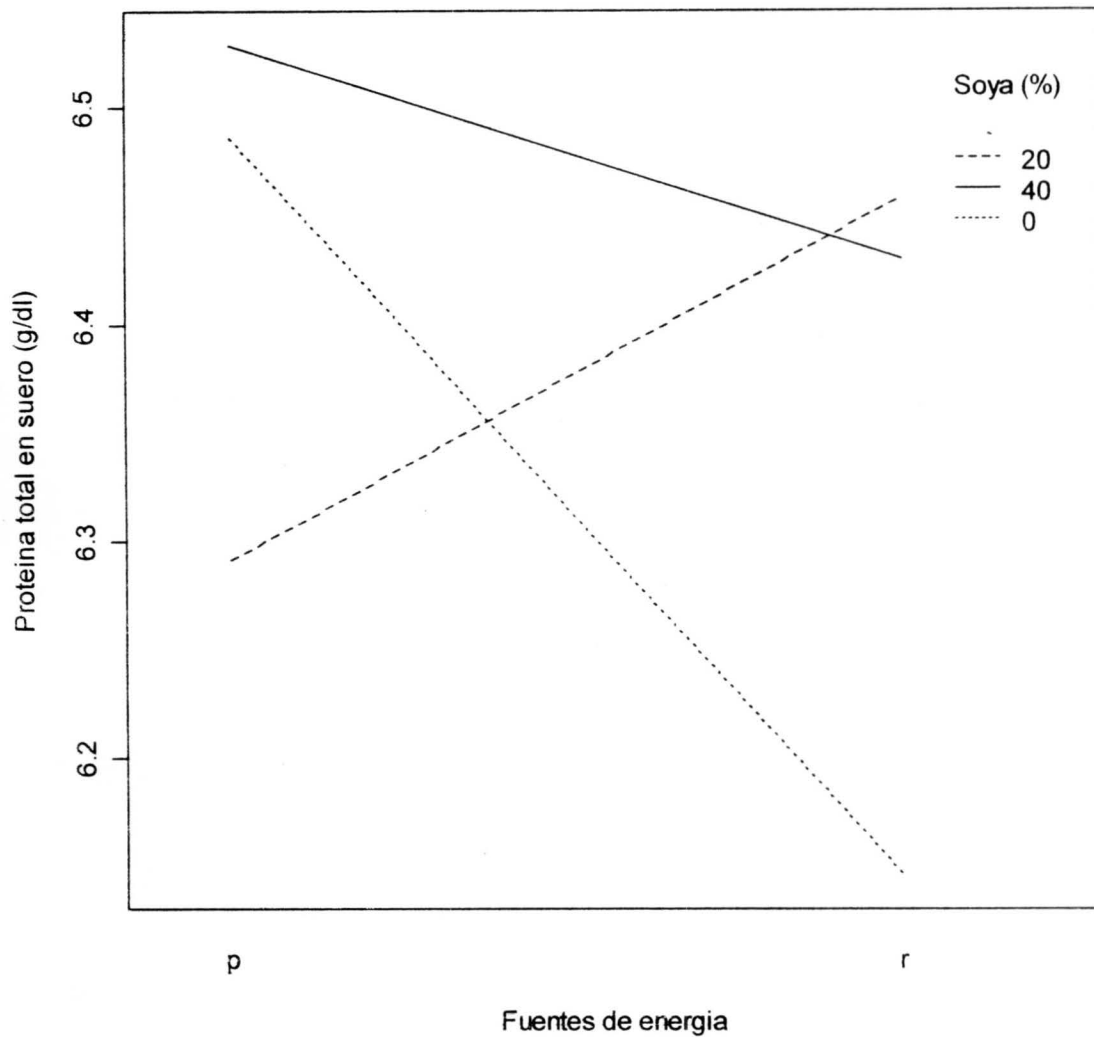


Figura 3. Interacción de tres niveles de concentrado de proteína de soya x dos fuentes de energía (p, r) en la concentración de proteína total en suero sanguíneo de cabritos de raza Nubia criados con sustituto de leche

3.3 Coeficientes de Correlación

Los coeficientes de correlación están presentes en el cuadro 7, se observa que hay una correlación, altamente significativa ($P < 0.01$) del peso vivo con algunos parámetros sanguíneos (0.220, -0.183 y 0.163 para hemoglobina, glucosa y N-ureico respectivamente). La correlación negativa del peso con la concentración de glucosa podría estar indicando un incremento en el metabolismo del cabrito dado por el incremento del peso corporal y trae como consecuencia una mayor utilización de la glucosa (Matheus y Figueiredo, 2004). Asimismo, el peso vivo se correlacionó con consumo de alimento sólido (0.916) y ganancia diaria de peso (0.290). Pero se encontró una correlación negativa significativa ($P < 0.01$) del peso vivo con el consumo de dieta líquida (-0.116), y reflejan el incremento en ganancias diarias de peso por el consumo de dietas líquidas y concentrado de iniciación (Sahlu, *et al.*, 1992). Mientras que el consumo de leche se correlacionó positivamente ($P < 0.01$) con la ganancia diaria de peso (0.259) y con la concentración de glucosa en suero (0.143) ($P < 0.05$), este comportamiento puede ser el resultado de la utilización de los aminoácidos mediante la gluconeogenesis y síntesis de ATP (Quigley *et al.*, 1991) y negativamente ($P < 0.01$) con hemoglobina (-0.199) y consumo de alimento sólido (-0.138). El porcentaje de hematocrito presentó una correlación altamente significativa ($P < 0.01$) con eritrocito (0.848), hemoglobina (0.531), esto explica la relación que existe entre estos parámetros hematológicos, es decir el hematocrito es el volumen de los hematíes concentrados y estos son los responsables del transporte de la hemoglobina (Guyton y Hall, 1996); con glucosa (-0.250) y con la proteína total (-0.132) ($P < 0.05$). El eritrocito presentó una correlación con la hemoglobina (0.438), con glucosa (-0.824), proteína total (-0.344) ($P < 0.01$) y con N-ureico (0.373) ($P < 0.05$). La hemoglobina se correlacionó con el consumo de alimento sólido (0.173; $P < 0.01$) y con proteína total (-0.127; $P < 0.05$). El consumo de alimento sólido estuvo correlacionado con la concentración de N-ureico (0.227), con la ganancia diaria de peso (0.412); y con concentración de glucosa (-0.168) ($P < 0.01$). La glucosa presentó una correlación para proteína total (0.262) y N-uréico (0.337) ($P < 0.01$). Proteína total presentó una correlación con el N-ureico (0.142)

($P < 0.05$). N-ureico presentó una correlación con la ganancia diaria de peso (-0.181)
($P < 0.05$).

Cuadro 7. Coeficiente de correlación del peso vivo (P.V.), consumo de dieta líquida (CL), porcentaje de hematocrito (HEM), eritrocito (ERI), hemoglobina (Hb), consumo de alimento sólido (CAS), glucosa (GLU), proteína total (PT), albúmina (ALB), N-uréico (N-URE), y ganancia de peso diario (GDP)

	CL	HEM	ERI	Hb	CAS	GLU	PT	ALB	N-URE	GDP
P.V.	-0.116**	-0.049	0.107	0.220**	0.916**	-0.183**	-0.073	0.001	0.163**	0.290**
CL		-0.087	-0.092	-0.199**	-0.138**	0.143*	0.049	-0.062	0.073	0.259**
HEM			0.848**	0.531**	-0.062	0.250**	-0.132*	-0.052	-0.039	-0.101
ERI				0.438**	-0.054	0.824**	-0.344**	-0.022	-0.373*	0.046
Hb					0.173**	0.001	-0.127*	-0.006	0.015	-0.092
CAS						-0.168**	-0.046	0.002	0.227**	0.412**
GLU							0.262**	0.037	0.337**	0.031
PT								-0.016	0.009	-0.072
ALB									-0.081	0.037
N-URE										-0.181**

*P<0.05, **P<0.01.

4. CONCLUSIONES

La inclusión del concentrado de proteína de soya y fuente de energía afectaron los parámetros hematológicos, mientras que los metabolitos sanguíneos (glucosa y albúmina) fueron afectados únicamente por el concentrado de proteína de soya. Así mismo los parámetros hematológicos fueron afectados por el sexo y el N uréico (metabolito sanguíneo) lo fue por el periodo. Los valores sanguíneos de este estudio pueden ser usados como referencia para avalar el estado nutricional de cabritos. De acuerdo a estos resultados es posible crear cabritos con substitutos de leche cuyos requerimientos de proteína láctea son reemplazados hasta 40.0% por concentrado de proteína de soya y usando como fuente de energía el sebo de res y/o de puerco.

5. LITERATURA CITADA

- Arbiza, A.S.I. 1986. Producción de Caprinos. Ed. A.G.T. Editor, S.A., México. pp 449.
- Bernal, Ma.G.M. 1990. 1990 Técnicas para evaluar el perfil metabólico. En Manual de técnicas de investigación en ruminología. Castellanos R. A., Llamas L.G. y Shimada A.S., Eds. México, D.F. p 211.
- Caldeira, R. M., Belo, A. T., Santos, C.C., Vazques, M.I. and Portugal, A.V. 2006. The effect of long-term feed restriction and over – nutrition on body condityon score, blood metabolites and hormonal profiles in ewes. *Small Rumin Res.* (Abstrac)
- Cunningham, J. 2002. Fisiología veterinaria. 2da Ed. Interamericana Mc. Graw – hill. México p 198
- Cruz, M., García, R., Rivero, F., Viamonte, M. 1999. Relación entre peso vivo, condición corporal e indicadores bioquímicos de la nutrición en ovejas vacías y secas de la raza pelibuey. *Arch. Zootec.* 48: 223–236.
- Daramola, J. O., Adeloye, A.A. Fatoba, T.A. and Soladoye, A.O. 2005. Hematological and biochemical parameters of West African Dwarf goat. *Livestock Res. for Rural Developmen.* 17 (8), 342-351.
- Doppenberg, J. and Palmquist, D.L. 1991. Effect of dietary fat level on feed intake, growth, plasma metabolites and hormones of calves fec dry or liquid diets. *Livestock Production Sci.* 29, 51-166.
- Doxey, D.L. 1977. Hematology of the ox. *Comparative clinical hematology.* R.K. Archer and L.B. Jeffcott, eds. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London Edinburgh, Melburned. p 265.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México, México , D.F. p 246.
- Guyton, A. C., Hall, J.E. 1996. *Texbook of medical physiology*, 9th ed. Saunders, Philadelphia, PA. p 168-1036.
- Hammon, H. M. Schiessler G., Nussbaum A. and Blum J.W. 2002. Feed intake patterns, growth performance, and metabolic and endocrine traits in calves fed unlimited amounts of colostrum and milk by automate, starting in the neonatal period. *J. Dairy Sci.* 85: 3352-3362.

- Ihaka, R. and R. Gentleman. 1996. R: A language for data analysis and graphics. *J. of Comp. and Graph. Stat.* 5: 209-314.
- INEGI. 1985. Síntesis geográfica del estado de San Luis Potosí. México, D.F. p 186.
- Jarrige, R. 1989. Ruminant Nutrition. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Paris, Francia. p 391.
- Jaster, E.H.; Mc Coy, G.C.; Tomkins, T. and Davis, C.L. 1990 Feeding acidified or sweet milk replacer to dairy calves. *J. Dairy Sci.* 73: 3563-3571.
- Kaneko, J.J. 1989. Serum protein and the dysproteinemias. In: *Clinical biochemistry of domestic animals*. 4th ed. J.J. Kaneko, ed. Academic Press, Inc., New York, N.Y. p 146.
- Kitchenham, B.A, Rowlands, G.A, Manston, R. and Dew, S.M. 1975. The blood composition of dairy calves reared under conventional and rapid-growth system. *Br. Vet. J.* 132: 436-445.
- Lammers, B. P., Heinrichs, A.J., and Aydin, A. 1998. The effects of whey protein concentrate or dried skim milk in milk replacer on calf performance and blood metabolites. *J. Dairy Sci.* 81: 1940-1945.
- Lazzaro, J. 1999. Normal blood chemistry values for adult goats. *Veterinary Drug Handbook*. Iowa State University Press. p 76.
- Lindsay, D.B., Leat, W.M.F. 1975. Carbohydrate and lipid metabolism. In: *Blood of sheep*. N. H. Blunt ed. Springer-Verlag Berlin- Heidelberg- New York. p 45-62.
- Little W., Kay R.M., Manston R., Rowlands, G.J., Stark A.J. 1977. The effect of ege, live-weight gain and food intake on the blood composition of young calves. *J. Agric. Sci. Camb.* 89: 291-296.
- Madibela, O.R. and Segwagwe, B. V. E. 1999. Nutritional effects on maternal blood metabolites and on outcome of pregnancy of dry season kidding Tswana goats. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa.* 46: 205-208.
- Manston, R., Kitchenham, B.A., Baldry, A.F. 1977. The influence of system of husbandry upon the blood composition of bull and steers reared for beef production. *Br. Vet. J.* 13: 37-45.
- Matheus, N. y Figueiredo, A. 2004. Peso corporal: Su relación con la concentración sérica de proteínas, lípidos y glucosa en cabras Mestizas Criollas. *Gaceta de*

- Ciencias Veterinarias. Barquisimeto, Ven. p 1-7.
- Mbassa, G.K. and Poulsen, J.S.D. 1993. Reference ranges for hematological values in landrace goats. *Small Rumin. Res.* 9: 367-376.
- Ministro de Agricultura, Pesca y Alimentación (M.A.P.A) -Servicio de Extensión Agraria. 1989. Manual sobre Cabras. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, Esp. p 47
- Morro, S.J. 1961. Propiedades fisicoquímicas de la sangre. *In* Elementos de fisiología. Ed. Científico médico. 8º edición, Barcelona, Esp. pp 414-499.
- Prada H., J.J.; Rodríguez R., M.J.; Guerrero de A., M.C. 1996. Establecimiento de parámetros hematológicos y constantes fisiológicas normales en ovinos de clima cálido del departamento del Tolima – Colombia. *Rev. Latamer. Peq. Rumin.* Vol. 2 No. 4. pp 301–314.
- Quigley, J. D., III, Caldwell, L. A., Sinks, G. D., and Heitmann, R.N. 1991. Changes in blood glucose, nonesterified fatty acids, and ketones in response to weaning and feed intake in young calves. *J. Dairy Sci.* 74: 250-259.
- Quigley, J. D and Bernard J. K. 1992. Effects of nutrient source and time of feeding on changes in blood metabolites in young calves. *J. Anim. Sci.* 70: 1543–1549.
- Quigley, J. D., III, Bernard, J. K., Tyberendt, T. L., and Martin, K.R. 1994. Intake, growth, and selected blood parameters in calves fed calf starter via bucket or bottle. *J. Dairy Sci.* 77: 354–357.
- Rivero, F., Viamonte, M. Cruz, M., García, R. 1990. Comportamiento de algunos indicadores metabólicos en novillas mestizas Holstein x Cebú. *Ciencias de la Agricultura.* 40: 150–165.
- Sahlu, T.; Carneiro, H.; El Shaer, H.M.; and Fernández, J.M. 1992. Production performance and physiological responses of Angora goat kids fed acidified milk replacer. *J. Dairy Sci.* 75: 1643 – 1650.
- Sahlu, T.; Hart, S. P. and Fernanadez, J.M. 1993. Nitrogen metabolism and blood metabolites in three goat breeds fed increasing amounts of protein. *Small Rumin. Res.* 1: 281–292.
- Swenson M.J.; Reece, W.O. 1999. Fisiología de los animales domésticos de Duker. 5th Ed. UTEHA NORIEGA Editores. México. pp 22-46.
- Tambuwal, F. M., Agale, B. M. and Bangana, A. 2002. Hematological and biochemical

values of apparently healthy Red Sokoto goats. Proceeding of 27th Annual Conference Nigerian Society of Animal Production (NSAP), March, 17-21, 2002, FUTA, Akure, Nigeria. pp 50-52.

Tibbo, M., Jibril, Y., Woldemeskel, M., Dawo, F., Aragaw, K., Rege, J.E.O. 2004. Factors affecting hematological profiles in three Ethiopian Indigenous goat breeds. *Intrn. J. Appl. Res. Vet. Med.* Vol 2, 4, 297-309

CAPÍTULO 5

CONCLUSIÓN GENERAL

Los tratamientos no afectaron el consumo de la dieta líquida ni la ganancia de peso. Pero el consumo de concentrado iniciación si se afectó por los tratamientos y sexo de los cabrito ($P < 0.05$). El consumo del sustituto de leche, ganancia de peso, consumo de concentrado de iniciación y ambas conversiones alimenticias se vieron afectadas por el periodo de prueba ($P < 0.05$). Mientras que la conversión alimenticia de sólidos totales más materia seca del concentrado de iniciación se afectó por el nivel de concentrado de proteína de soya en el sustituto ($P < 0.05$). Los tratamientos y el sexo de los cabritos afectaron los parámetros hematológicos, mientras que los metabolitos sanguíneos (glucosa y albúmina) fueron afectados únicamente por el concentrado de proteína de soya. El N uréico (metabolito sanguíneo) fue afectado por el periodo. Los valores sanguíneos de este estudio pueden ser usados como referencia para avalar el estado nutricional de cabritos, es posible crear cabritos con sustitutos de leche cuyos requerimientos de proteína láctea son reemplazados hasta 40.0% por concentrado de proteína de soya y usando como fuente de energía el sebo de res y/o de puerco. El destete puede efectuarse a las nueve semanas de edad, sin usar leche materna durante el periodo de crianza, ya que los cabritos presentaron un buen índice de conversión alimenticia.