

FECHA DE ADQUISICIÓN	00069
NUM. DE INVENTARIO	00069
PROCEDENCIA	
NUM. CALIFICACIÓN	
PRECIO	
DIST.	



TL00069

SF384.3  
.S64  
2006  
CID UAAAN UL  
Ej.1

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

**División Regional de Ciencia Animal**



**"ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE  
COMPUTACIÓN PARA EL BALANCEO DE  
RACIONES EN GANADO CAPRINO."**

**POR:**

**JORGE LUIS SOLIS BARRAZA**

**TESIS**

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

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**NOVIEMBRE DE 2006**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

División Regional de Ciencia Animal

T E S I S

**“ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE  
COMPUTACIÓN PARA EL BALANCEO DE  
RACIONES EN GANADO CAPRINO”**

APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

PRESIDENTE DEL JURADO

  
DR. JESÚS ENRIQUE CANTÚ BRITO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

  
M. C. JOSE LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELIAS

  
Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal  
F. AAN - UL

TORREÓN, COAHUILA

NOVIEMBRE DE 2006

00069

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

División Regional de Ciencia Animal

TESIS

JORGE LUIS SOLIS BARRAZA

"ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE  
COMPUTACIÓN PARA EL BALANCEO DE  
RACIONES EN GANADO CAPRINO"

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE  
ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

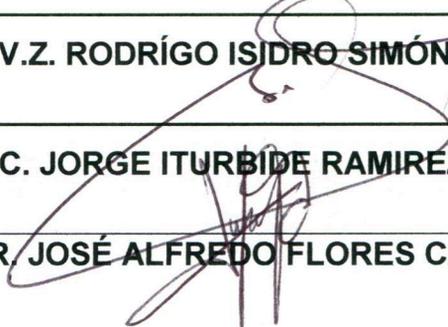
PRESIDENTE:

  
DR. JESÚS ENRIQUE CANTÚ BRITO

VOCAL:

  
M.V.Z. RODRÍGO ISIDRO SIMÓN ALONSO

VOCAL:

  
M.C. JORGE ITURBIDE RAMIREZ

VOCAL:

DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

TORREÓN, COAHUILA

NOVIEMBRE DE 2006

## **AGRADECIMIENTOS**

**A MI ALMA MATER POR TODOS LOS CONOCIMIENTOS EXPERIENCIAS Y BUENOS MOMENTOS QUE RECIBI DURANTE EL CURSO DE MI CARRERA**

**A MIS PROFESORES POR HABER APORTADO SUS CONOCIMIENTOS EN MI FORMACIÓN PROFESIONAL, POR SUS CONCEJOS Y EXPERIENCIAS GRACIAS, LOS RECORDARE SIEMPRE.**

**AL DR. JESÚS ENRIQUE CANTÚ BRITO POR SU VALIOSA AYUDA Y POR SU ASESORIA GRACIAS A LA CUAL FUE POSIBLE LA EXITOSA CULMINACIÓN DE ESTA INVESTIGACIÓN.**

**AL JURADO DE MI EXAMEN PROFESIONAL POR SUS CONSEJOS, SUGERENCIAS, OBSERVACIONES Y CORRECCIONES EN LA REVISIÓN DE ESTE TRABAJO, A TODOS MUCHAS GRACIAS**

## **DEDICATORIAS**

**A MI FAMILIA POR EL APOYO BRINDADO DURANTE LA REALIZACIÓN DE MIS ESTUDIOS Y EN LOS MOMENTOS MAS DIFÍCILES QUE HEMOS PASADO Y POR CREER EN MI, MUCHAS GRACIAS.**

**A MI MADRE:**

**POR GRAN ESFUERZO REALIZADO DURANTE ESTE TIEMPO PARA DARME LA HERENCIA MÁS VALIOSA QUE ES LA EDUCACIÓN, POR LA CONFIANZA DEPOSITADA EN MI PERSONA PARA PERMITIRME REALIZAR MIS METAS PERSONALES, Y DE LA CUAL ME SIENTO MUY ORGULLOSO.**

**A MI ABUELITA:**

**POR HABERME DADO MI PRIMERA EDUCACION; LA QUE SE DA DENTRO DE LA FAMILIA, POR TODO SUS CONCEJOS Y POR APOYARME SIEMPRE.**

**A MI ESPOSA POR SU APOYO INCONDICIONAL SIMPRE, POR ESTAR A MI LADO Y A MI HIJO QUE SON PARTE DE MI EN ESTA VIDA, JUNTOS AL ....**

**A MIS COMPAÑEROS DE SECCIÓN CON LOS CUALES COMPARTÍ UNA DE LAS MEJORES ETAPAS DE MI VIDA, A LOS QUE AGRADEZCO EL HABERME BRINDADO SU AMISTAD INCONDICIONAL.**

**A UN GRAN AMIGO, MIGUEL DONDE QUIERA QUE ESTES POR TANTOS BUENOS MOMENTOS**

## ÍNDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIAS .....	ii
INDICE GENERAL .....	iii
INDICE DE CUADROS .....	v
INDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	x
I INTRODUCCIÓN .....	1
II OBJETIVOS .....	3
2.1 Objetivos general .....	3
2.2 Objetivos específicos .....	3
2.3 Hipótesis .....	3
III REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
3.1 Producción mundial de leche y carne .....	4
3.2 Inventarios ganaderos y producción caprina a nivel nacional.....	9
3.3 Producción de leche y carne en la Comarca Lagunera ....	10
3.4 Alimentación del ganado caprino .....	11
3.5 Requerimientos nutricionales por etapas .....	14
3.5.1 Materia seca .....	15
3.5.2 Proteína .....	17
3.5.3 Agua .....	17
3.5.4 Energía .....	18
3.5.5 Minerales .....	20
3.5.6 Vitaminas .....	24
3.6 Balanceo de raciones .....	25
3.7 Composición de la dieta .....	27
3.8 Grasas .....	28
IV MATERIALES Y MÉTODOS .....	31
4.1 Características de la Región Lagunera.....	31

	<b>4.2 Localización .....</b>	<b>34</b>
	<b>4.3 Duración del estudio .....</b>	<b>34</b>
	<b>4.4 Materiales .....</b>	<b>34</b>
	<b>4.4 Métodos .....</b>	<b>35</b>
	<b>Inventario de ingredientes.....</b>	<b>36</b>
	<b>Costo de ración.....</b>	<b>39</b>
	<b>Como utilizar este programa y hoja de cálculo.....</b>	<b>40</b>
	<b>Requerimientos nutricionales de cabras lecheras.....</b>	<b>41</b>
	<b>Balanceo de raciones.....</b>	<b>42</b>
	<b>Herramientas auxiliares.....</b>	<b>43</b>
<b>V</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>46</b>
	<b>Resultados del escenario 1.....</b>	<b>46</b>
	<b>Resultados del escenario 2.....</b>	<b>49</b>
	<b>Resultados del escenario 3.....</b>	<b>52</b>
	<b>Resultados del escenario 4.....</b>	<b>55</b>
	<b>Resultados del escenario 5.....</b>	<b>56</b>
	<b>Resultados del escenario 6.....</b>	<b>60</b>
<b>VI</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>66</b>
	<b>APÉNDICE .....</b>	<b>68</b>
	<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Número		Página
1	Número de cabras y ovejas en 1998 en distintas Macroregiones y en comparación con otros rumiantes (millones de cabezas; FAO, 1999).....	5
2	Número de cabras en el mundo y su distribución en los principales países en población caprina en los años 2001 hasta el año 2004, inventario caprino en países desarrollados y en vías de desarrollo (millones de cabezas; FAO, 2005).....	6
3	Principales indicadores de la situación actual de la ganadería caprina a escala nacional de 1990-2002. ....	10
4	Consumo de materia seca y porciento de peso vivo para distintos tipos y pesos de animales caprinos.....	17
5	Microelementos que son requerios por el ganado caprino en miligramos (Mg) por kilogramo de materia seca (Kg/MS).....	22
6	Requerimientos de macroelementos para manutención, producción de leche y ganancia de peso Fuente: (Haenlein, 1987; Kessler, 1991).....	23
7	Requerimientos de vitamina "A" y vitamina "D" para animales adultos con diferentes kilogramos de peso vivo.....	26
8	Composición de la dieta consumida por hembras y hembras de la raza alpina en diferentes estados del ciclo de lactancia (Goetch et al., 2001).....	29

9	Composición química de las dietas para cabras maduras (PV $48.9 \pm 10.6$ Kg. para experimento 1 y $55.62 \pm 6.1$ Kg. para el experimento 2. (Terrill et al., 1998).....	30
10	Ingredientes utilizados en la explotación uno, los cuales se modifican dependiendo de la producción de leche y del peso del animal.....	36
11	Ingredientes utilizados en la explotación dos, para la alimentación de cabras lactantes.....	37
12	Cantidad de heno de alfalfa al 10% de floración y la cantidad de pmezcla según el nivel de producción.....	38
13	Ingredientes utilizados en la explotación tres para la alimentación de cabras lactantes.....	38
14	Cantidad de heno de alfalfa al 10% de floración, pmezcla y cantidad de nuez según los diferentes estados de producción..	39
15	Resultados del escenario 1 obtenidos con el modelo PBACL para una cabra de 40 kg de PV, producción de 2 kg de leche/día con 3.5% de grasa.....	46
16	Resultados del escenario 2 obtenidos con el modelo PBACL para una cabra de 50 kg de PV, producción de 3 kg de leche/día con 3.5% de grasa.....	50
17	Resultados del escenario 3 obtenidos con el modelo PBACL para una cabra de 60 kg de PV, producción de 4 kg de leche/día con 3.5% de grasa.....	53

18	Resultados del escenario 4 obtenidos con el modelo PBACL para una cabra de 40 kg de PV, producción de 2 kg de leche/día con 4.0% de grasa .....	55
19	Resultados del escenario 5 obtenidos con el modelo PBACL para una cabra de 50 kg de PV, producción de 3 kg de leche/día con 4.0% de grasa.....	58
20	Resultados del escenario seis obtenidos con el modelo PBACL para una cabra de 60 kg de PV, producción de 4 kg de leche/día con 4% de grasa.....	61

## INDICE DE FIGURAS

1	Producción de leche de ovinos en los años de 1980, 1990 y 1998 en países desarrollados, en vías de desarrollo y a nivel mundial (FAO, 1999).....	7
2	Producción de leche de caprinos en los años del 2002, 2003 y 2004 en países desarrollados, en vías de desarrollo y a nivel mundial (FAO, 2005).....	9
3	Resultado del análisis de regresión para el escenario uno (cabra de 40 kg de PV, producción de 2 kg de leche/día con 3.5% de grasa) obtenido con el PBACL.....	49
4	Resultado del análisis de regresión para el escenario tres (cabra de 50 kg de PV, producción de 3 kg de leche/día con 3.5% de grasa) obtenido con el PBACL.....	52
5	Resultado del análisis de regresión para el escenario tres (cabra de 60 kg de PV, producción de 4 kg de leche/día con 3.5% de grasa) obtenido con el PBACL.....	54
6	Resultado del análisis de regresión para el escenario cuatro (cabra de 40 kg de PV, producción de 2 kg de leche/día con 4% de grasa) obtenido con el PBACL.....	57
7	Resultado del análisis de regresión para el escenario cinco (cabra de 50 kg de PV, producción de 3 kg de leche/día con 4% de grasa) obtenido con el PBACL.....	59

7	Resultado del análisis de regresión para el escenario cinco (cabra de 50 kg de PV, producción de 3 kg de leche/día con 4% de grasa) obtenido con el PBACL.....	59
8	Resultado del análisis de regresión para el escenario seis (cabra de 60 kg de PV, producción de 4.0 kg de leche/día con 4% de grasa) obtenido con el PBACL.....	63
9	Resultado del análisis de la matriz de salida para consumo de materia seca por cabra (kg/MS/día) para seis escenarios obtenidos con el Programa de Balanceo para Cabras Lecheras en la Comarca Lagunera.....	64
10	Resultado del análisis de la matriz de salida para costo de la ración por cabra (\$/día) para seis escenarios obtenidos con el Programa de Balanceo para Cabras Lecheras (PBACL) en la Comarca Lagunera.....	65

## RESUMEN

El presente trabajo de desarrollo en la UAAAN UL en Torreón, Coah. de mayo a octubre de 2006. Tuvo como objetivo principal elaborar un modelo en hojas Excel que permita conocer los ingredientes de una ración y los requerimientos nutricionales de cabras productoras de leche el cual se denomina "PROGRAMA DE BALANCEO DE ALIMENTOS EN CABRAS LECHERAS" (PBACL) el cual es un programa sencillo y fácil de manejar por el productor que permita balancear una ración para cabras lecheras y además de conocer los ingredientes de una ración y al mismo tiempo conocer los costos de la misma.

El modelo se diseñó empleando hojas de cálculo de Excel para crear una matriz de entrada y una matriz de salida que permitieran analizar los distintos ingredientes que forman las raciones para cabras lecheras y que se propusieron para evaluar el desempeño del modelo de balanceo de raciones en cabras. El modelo consta de 4 libros a saber: Inventario de alimentos, requerimientos nutricionales de las cabras, balanceo de raciones y herramientas auxiliares o de apoyo. Para alimentar el modelo se requiere de ingredientes disponibles es decir que alimentos se incluyen en una ración para las distintas etapas, así como conocer la producción de leche por día, porcentaje de grasa y el peso del animal o los animales en que quiera llevar a cabo el balanceo de la ración.

Para evaluar el funcionamiento del modelo se realizaron escenarios con los valores para distintos animales en diferentes estados de producción, % de grasa y

peso vivo (kg) y proceder a realizar un análisis de sensibilidad para lo cual se utilizó como marco de referencia las Tablas de Requerimientos Nutricionales para ganado caprino de la RNC (1981).

Los resultados en las salidas indican que en general el modelo de acuerdo a los valores e ingredientes utilizados en la matriz de entrada, muestra en sus valores de salida valores y requerimientos que llenan las necesidades de las cabras para diferentes pesos y producciones de leche, así como permitir el poder obtener el costo de la ración.

La utilización de este tipo de programas y modelos para balanceo de raciones permiten evaluar de manera rápida y sencilla si el productor esta llenando las necesidades tanto de materia seca como de cuatro nutrientes (TND, PC, Ca y P) de sus cabras para diferentes niveles de producción y peso vivo, sin embargo lo anterior depende de disponer de la información de los ingredientes empleados en su ración así como el de disponer de la información y composición nutritiva de cada uno de ellos, además de contar con el precio por kilogramo de los mismos.

## INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera se encuentra localizada en las zonas áridas del norte de México, región que se distingue por presentar características ecológicas y climatológicas muy peculiares entre las que se incluyen buena calidad de los suelos que le permiten establecer superficies considerables de producción de forrajes bajo condiciones de riego y fertilización. El clima que presenta es caluroso con baja precipitación lo que permite el desarrollo de una ganadería caprina bajo sistemas intensivos de producción.

La caprinocultura en la Comarca Lagunera actualmente está recibiendo un gran auge ya que en el año 2005 contó con un total de 642,730 cabezas de las cuales 220,370 explotadas para producción de leche con una producción total de 78.2 millones de litros con un valor de \$265.9 millones de pesos. En los últimos dos años se han incorporado a la producción regional un número considerable de cabras principalmente de las razas "Saanen y Alpina francesa", animales genéticamente mejorados y que tienen la capacidad de producir leche bajo condiciones intensivas.

Uno de los principales componentes dentro del programa de producción intensivo de leche de cabra lo representa la alimentación, la cual llega a afectar entre un 70 y 80 % de los costos de producción. La alimentación del ganado caprino intensivo incluye la elaboración de raciones equilibradas en cuanto a

nutrientes se refiere incluyendo requerimientos de energía y proteína, proteína metabolizable, energía neta para lactancia, vitaminas y minerales.

Uno de los problemas en el balanceo de raciones en cabras lo representa la disponibilidad y determinación de los requerimientos de proteína y energía los cuales han sido desarrollados ampliamente para ganado bovino y ovino y ver la conveniencia de su aplicación en ganado caprino.

Dentro de los sistemas de producción intensivos de la región es probable que la energía sea el nutriente mas importante y limitante de la producción, ya que una eficiente utilización de los nutrientes depende de un adecuado suministro de energía, dado que una deficiencia de esta, retrasa el crecimiento, la pubertad y a su vez reduce la fertilidad y disminuye la producción láctea.

Muchos factores pueden tener efectos sobre la meta del mejoramiento de la producción de leche y carne del ganado caprino, los programas de computadora que están disponibles al menos para el ganado bovino pueden contribuir a resolver los costos de la formulación y maximizar la producción de leche. Desafortunadamente algunos de los programas computacionales no se han utilizado tan intensivamente como en vacas, razón por la cual se hace necesario llevar a cabo estudios tendientes a implementar herramientas de programas computacionales para el balanceo de raciones específicamente para ganado caprino.

Por lo anterior, el presente estudio tiende a generar en hojas de cálculo en Excel una herramienta que permita introducir los ingredientes alimenticios disponibles y conocer los requerimientos nutricionales de las cabras de acuerdo al nivel de producción.

### **Objetivo General**

Elaborar un modelo en hojas Excel que permita conocer los ingredientes de una ración y los requerimientos nutricionales de cabras productoras de leche.

### **Objetivos Específicos**

- a) Obtener las características nutritivas de los principales ingredientes utilizados en las raciones para cabras.
- b) Definir los principales ingredientes utilizados en la alimentación de cabras lecheras en la Comarca Lagunera.
- c) Estructurar y diseñar en una hoja de cálculo Excel un programa que permita balancear una ración para cabras lecheras.
- d) Diseñar un modelo que permita elaborar una ración balanceada y al mismo tiempo conocer los costos de la ración.

### **Hipótesis**

Es factible con el uso de modelos computacionales el poder balancear raciones económicamente costeables para distintas producciones de leche en cabras lecheras de la Comarca Lagunera.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### 3.1 Producción mundial de leche y carne

La finalidad zotécnica depende bastante de la comercialización de los productos obtenidos. En las áreas cercanas a centros urbanos predomina la producción de leche y se comercializa tanto en forma fluida como transformada; en este sistema se acostumbra la venta del cabrito a los 2 meses de edad. Por otro lado, mientras mas alejadas están las explotaciones de los centros de población, es sistema imperante es la venta de animales adultos, o bien, se explotan las cabras con la finalidad de utilizarlas para autoconsumo. En algunas otras regiones la comercialización de animales jóvenes es sistema establecido, por lo cual predomina la producción de carne. El 75% de los caprinos en el país se crían bajo un sistema extensivo en el cual los animales principalmente se explotan para la producción de carne y la obtención de leche es solo ocasional (para el autoconsumo). La leche caprina representa el 5% de la producción láctea nacional. Gran parte de este volumen se destina a la industria manufacturera de dulces, quesos y otros productos (Ciappesoni, 2002).

En los años 20's el sector ganadero a nivel mundial ha evolucionado significativamente. El numero de animales *per se* a cambiado y sobre todo en relación con la población humana y tanto la producción de carne como de leche se han incrementado especialmente en los países en desarrollo.

En el cuadro 1 se puede observar la población de ovinos y caprinos en diferentes macro-regiones en comparación con otros animales rumiantes según estadísticas de la FAO en 1999, encontrando que en Asia se localiza el mayor número de animales caprinos seguido de África. Sin embargo el número de bovinos es mayor en los Estados Unidos con 480 millones de cabezas seguido de Asia con 460 millones. En cuanto a la distribución de ovinos se puede observar que la mayor densidad ocurre en Asia con 404 seguido de África y 115 millones de cabezas en los Estados Unidos.

**Cuadro 1. Número de cabras y ovejas en 1998 en distintas Macro-regiones y en comparación con otros rumiantes (millones de cabezas; FAO, 1999).**

	Bovinos	Búfalos	Ovejas	Cabras
Asia	460	152	404	437
África	220	3.1	237	204
USA	480	1.5	115	40
Europa	150	0.2	159	18
Oceanía	36	0.06	165	1

En el cuadro 2 se muestra el número de cabras en el mundo y su distribución en los principales países en población caprina en los años 2001 -2004, hasta el año 2006, así mismo el inventario caprino en países desarrollados y en vías de desarrollo.

**Cuadro 2. Número de cabras en el mundo y su distribución en los principales países en población caprina en los años 2001 hasta el año 2004, inventario caprino en países desarrollados y en vías de desarrollo (millones de cabezas; FAO, 2005).**

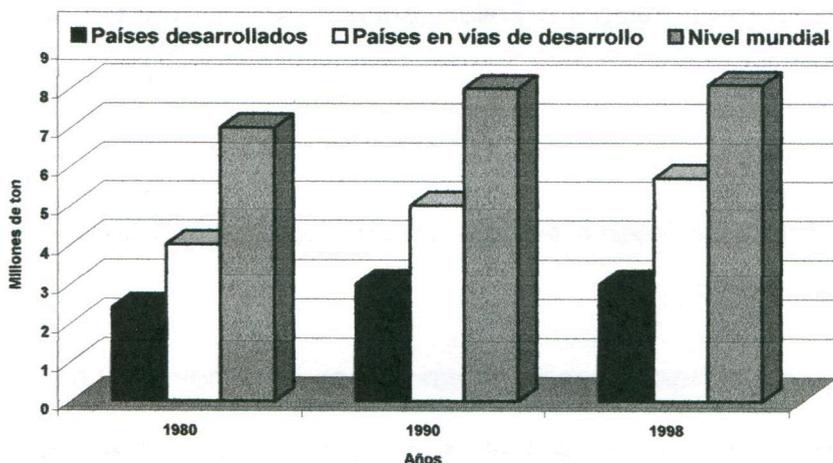
Cabras	2001	2002	2003	2004
Total mundial	734.70	750.24	766.9	782.94
India	120.9	120.5	120.09	120.7
China	157.36	161.4	172.9	183.36
Pakistán	49.14	50.91	52.76	54.7
Países en vías de desarrollo	703.419	718.81	734.86	751.17
Países desarrollados	31.28	31.42	32.08	31.77

Respecto al mejoramiento e incremento de la producción caprina a nivel mundial en los últimos años, varios factores han influido en la eficiencia de los sistemas de producción como son el mejoramiento de las técnicas de alimentación, junto con el constante incremento del potencial genético, mejor control de la reproducción, prevención de principales patologías asociadas con condiciones intensivas de producción, mejoramiento del tipo de instalaciones y salas de ordeña modernas han hecho posible en el curso de los últimos años un incremento mayor del doble de los niveles de producción de leche y carne en sistemas de tipo intensivo (Boyazoglu and Morand-Fehr, 2001).

En la figura 1 se muestran los valores del nivel de producción de leche de ovejas (FAO, 1999) y en la 2 se muestran los valores del nivel de producción de leche caprinos en el año 2003-2004 de acuerdo con la FAO (2005). Por otro lado

a nivel mundial, países en vías de desarrollo y en países desarrollados observándose un incremento de casi 5 millones en 1980 a 12 millones de toneladas en 1998 en lo que a producción de leche se refiere; por otro lado la producción de leche de ovino no se refleja aumentos tan considerables sin embargo en casi una década de 1990-98 se ha estancado en casi 8 millones de toneladas de leche (FAO, 1999-2005).

En lo que a la leche de vaca y búfalo se refiere las estadísticas indican que a nivel mundial en 1980 se tenía una producción de 430 millones de toneladas existiendo un ligero incremento en 1990 a 510 millones manteniéndose estable de 1990 a 1998, sin embargo en los países en vías de desarrollo existió una disminución de la producción, mientras que en los países desarrollados se observó un incremento de la producción de leche (FAO, 1999).



**Figura 1. Producción de leche de ovinos en los años de 1980, 1990 y 1998 en países desarrollados, en vías de desarrollo y a nivel mundial (FAO, 1999).**

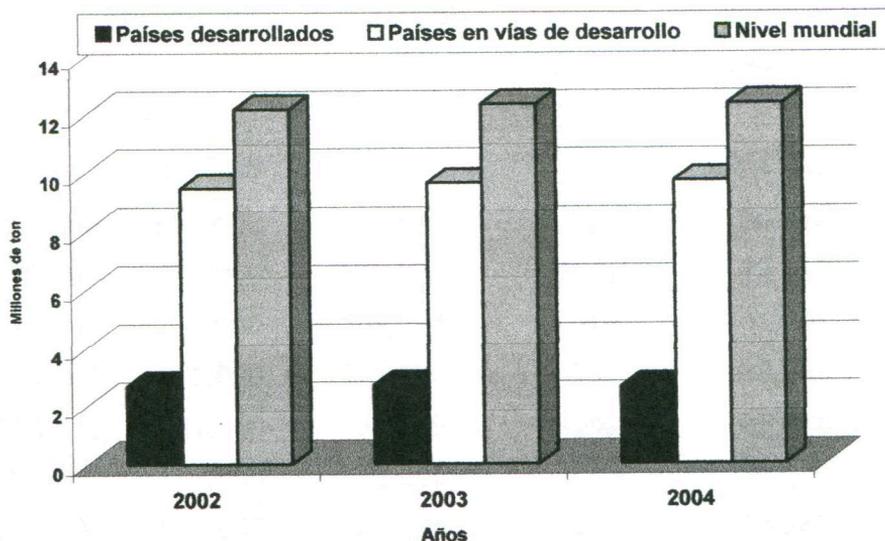
En la figura 2 se muestra los valores del nivel de producción de leche de ovejas y caprinos en el año 2002, 2003, y 2004 de acuerdo con la FAO (2005) a nivel mundial, países en vías de desarrollo y en países desarrollados, sin embargo como se puede observar la producción mundial tiene un incremento de casi 12 millones de toneladas en 2002 llegando a las 12 millones toneladas en 2003 y 2004, así mismo no se observan cambios significativos en la producción de leche en países desarrollados manteniéndose en poco mas de 2 millones de toneladas en 2002, 2003 y 2004, la producción de leche llevo a las 9 millones de toneladas en 2002 en países en vías de desarrollo incrementándose a casi 10 millones en 2003 y 2004; por otro lado la producción de leche de ovino no refleja aumentos tan considerables sin embargo en casi una década de 1990-98 se ha estancado en casi 8 millones de toneladas de leche (FAO, 1999).

La leche de cabra es más rica que la de vaca en algunos nutrientes importantes como la vitamina A, niacina, colina e inositol; pero es más pobre en ácido fólico.

### **3.2 Inventarios ganaderos y producción caprina a nivel nacional**

Respecto a los inventarios ganaderos de ganado caprino a nivel nacional en el cuadro 3 se pueden observar algunos de los principales indicadores de la situación actual de la ganadería caprina a escala nacional en los últimos años, haciendo énfasis en el crecimiento de la producción de leche puesto que esta es la

actividad que representa la principal fuente de ingresos de las explotaciones encontradas en la zona de estudio.



**Figura 2. Producción de leche de caprinos en los años del 2002, 2003 y 2004 en países desarrollados, en vías de desarrollo y a nivel mundial (FAO, 2005).**

Como se puede observar la población nacional caprina ha tenido altas y bajas alcanzando su máxima población en 1990 con 10.4 millones de cabezas, sin embargo en los últimos años se puede observar tendencias a incrementar la población nacional de cabras.

**Cuadro 3. Principales indicadores de la situación actual de la ganadería caprina a escala nacional de 1990-2002.**

Años	Población ganadera caprina	Animales sacrificados	Producción de leche (miles de lt)	Porcentaje de aumento anual	Producción de carne en canal (Ton)	Producción de ganado en pie (Ton)
1990	10,438,999	2,407,000	124,391		36,102	75,455
1991	10,051,386	2,616,000	130,657	5%	39,314	84,635
1992	9,736,191	2,900,000	174,878	25%	42,893	92,644
1993	10,377,844	2,721,000	151,144	-16%	41,494	85,239
1994	10,259,292	2,416,000	141,330	-7%	38,699	82,276
1995	10,133,013	2,481,000	139,049	-2%	37,678	77,120
1996	9,566,691	2,111,000	122,925	-13%	35,879	72,036
1997	8,923,300	2,194,000	120,925	-2%	38,269	69,239
1998	9,039,907	2,490,000	127,744	5%	38,264	76,513
1999	9,068,435	2,380,234	130,998	2%	37,431	74,597
2000	8,704,231	2,509,516	131,177	0%	38,760	76,551

\* N.d.= No disponible

Fuente: SIAP, 2002.

Con lo que a la producción de leche se refiere las tendencias de los últimos años muestran un incremento de la producción hasta 139.3 millones de litros al año con casi 11 millones de cabras, lo que muestra que actualmente se esta introduciendo ganado de registro de las razas Saanen y Alpina Francesa con altas producciones probadas de leche en sistemas intensivos.

### **3.3 Producción de leche y carne en la Comarca Lagunera**

En la Comarca Lagunera la población caprina las estadísticas indican que en 2005 había 462,730 cabras, en el 2004 con 457,475 y en el 2003 con 459,589 cabezas de ganado caprino. La producción de leche a nivel regional se ubica en el año 2005 con una producción de 78.239 millones de litros de leche, distribuyéndose 38.8 millones en la Comarca Lagunera de Coahuila y 34.09 millones en la de Durango. La carne en canal en la región mostró una producción de 3,559 toneladas en el año 2005 distribuyéndose 2,191 millones en la Comarca Lagunera de Coahuila y 1,214 millones en la de Durango (SIAP, 2006).

La ganadería caprina de La Laguna es hoy una de las más importantes a nivel pecuario. Actualmente la región ostenta como el primer lugar nacional en cuanto a producción de leche de esta especie y en la producción de carne se posee también uno de los primeros lugares, lo anterior debido a las condiciones climáticas que prevalecen en esta zona árida que es donde mejor se desarrolla esta especie animal, aunado al mejoramiento de los sistemas de producción y de genética del ganado (SAGARPA, 2006).

### **3.4 Alimentación del ganado caprino**

La producción de cabras se ha incrementado en el Sureste de los Estados Unidos debido principalmente al incremento de la demanda de carne de cabra y a los productos derivados de la leche particularmente en las áreas metropolitanas. Los sistemas de producción caprina en esta región de los Estados Unidos

generalmente incluyen alimentación a base de ensilaje de maíz, concentrados y como suplementos el pastoreo de forrajes como parte de un complemento de la dieta en total confinamiento o estabulado (Terril et al., 1998).

Las características dietéticas de la ración de las cabras influyen directamente sobre la producción de leche, la condición corporal de las cabras lecheras, así mismo el crecimiento de las cabras primíparas. Debe de existir una consideración de nutrientes para las demandas de energía para el continuo crecimiento de las hembras y los efectos asociados sobre la partición de los nutrientes y el relativo incremento concerniente con las hembras de primer parto contra las hembras de más de dos años de edad (Goetsch et al., 2001).

La influencia de diferencias en la partición de los nutrientes entre cabras primíparas y múltiparas sobre las respuestas a las dietas varían en propiedades tales como los niveles de concentrado y la energía que no han sido estudiados con tanta profundidad (Goetsch et al., 2001).

Las cabras lactantes utilizan sus reservas corporales al inicio de la lactancia cuando el consumo de alimento no llena las demandas de nutrientes. Al inicio de la lactación, la energía proviene de las reservas corporales y es utilizada con mayor eficiencia para la producción de leche que la energía en el alimento (NRC, 1989). Debido al impacto en su habilidad para concebir tarde en la lactación, y su efecto sobre la próxima lactación las cabras lecheras deben ganar y acumular peso en el periodo seco, sin embargo, efectos de diferencias en el periodo de

tiempo durante el cual el cuerpo almacena y restaura energía sobre el funcionamiento de la subsecuente lactación por las cabras lecheras son aun no muy claras (Goetsch et al., 2001).

Para alcanzar un alto nivel de eficiencia en la producción caprina, la cabra debe tener un potencial adecuado para mantenerse saludable, crecer rápidamente, convertir su alimento eficientemente y producir leche, carne y fibras que sean más atractivas para el consumidor. Los objetivos del productor de ganado caprino son maximizar la cantidad de leche y carne de la canal a un mínimo costo. La nutrición juega una parte importante en determinar si estos objetivos son alcanzados y en que grado (Petersen, 1995).

Muchos factores pueden tener mayor o menor efecto sobre el mejoramiento de la producción de leche y carne de cabras. Programas computacionales están disponibles al menos para vacas que tienen la capacidad de resolver formulaciones de bajo costo que maximizan u optimizan la producción de leche. En cualquier caso es importante enfocarse en la utilidad neta. La razón es que las leyes de disminución de utilidades parecer influir mucho en la producción animal y en especial la alimentación y su relación con la reproducción. Esto significa que por unidad adicional de costo, tal como la alimentación, existe un decrecimiento y disminución de los beneficios en utilidades económicas por unidades de leche y carne. Esto también significa que la alimentación adicional deberá producir libras de leche y carne adicional hasta ciertos límites biológicos, pero mientras tanto

pueden ya producir efectos negativos sobre el ingreso de dólares a partir de ciertos puntos (Haenlein, 1997).

Los programas de alimentación requieren aspirar para algo más que para maximizar la producción de leche y ganancia de peso; los programas requieren proporcionar la mejor salud y alimentación posible, debido a que esto afectará directamente el éxito o buena disposición de la reproducción. Se ha mencionado a menudo que las cabras han sido relegadas en investigación y en el número de publicaciones, pero esto es parcialmente verdad ya que en los últimos 30 años se han reconocido considerables esfuerzos de que la cabra es una importante parte de la agricultura, especialmente en los sistemas extensivos y solo en los últimos años se le ha dado la atención debida como fuente de alimentos para personas con necesidades medicas, alergia a la leche de vaca, problemas digestivos de mala absorción y colesterol. Han empezado ha desarrollarse nuevos centros de investigación y fondos de apoyo para cabras, muchos seminarios nacionales e internacionales, simposios y conferencias, con voluminosas memorias, boletines de requerimientos de nutrientes de los Estados Unidos, Gran Bretaña y Francia. La NRC, la USDA (United States Departement of Agriculture), el manual de extensión de cabras, la revista internacional mensual de pequeños rumiantes, la inclusión en revistas, libros, videos y revistas comerciales, y los estándares de investigación en bovinos, los cuales ahora también tienen artículos sobre tópicos de cabras lecheras y productoras de carne (Haenlein, 1997).

### 3.5 Requerimientos nutricionales por etapas

Los requerimientos nutricionales en ganado caprino no están tan establecidos como en ganado bovino de leche y en algunos caso sino en la mayoría de las veces se utilizan los requerimientos establecidos para ovinos, sin embargo existen actualmente a nivel mundial artículos científicos que tratan de precisar algunos de estos requerimientos como los de Sutton y Alderman, 2000; Goetsch et al., 2001; Petersen, 1995; Haenlein, 1996; la AFRC (Agriculture and Food Research Council), 1998; el INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), 1989 entre otros.

Un programa balanceado de alimentación para cabras debe contener forraje, heno, granos y plantas arbustivas y ramoneables. Al alimentar a las cabras se debe de tener en mente lo siguiente (Anónimo, S/F):

1. Una ración que es modificada cuando es necesario llenar los requerimientos de los animales durante diferentes estados del ciclo reproductivo es generalmente más económica.
2. La cantidad de alimento permitido deberá ser ajustado adecuadamente a los requerimientos del animal en cada estado del ciclo reproductivo, por lo que el alimento no será desperdiciado por proporcionar mayor alimento del que el animal puede convertir en productos como leche y carne.
3. Alimentos de valores nutritivos similares pueden ser intercambiados en la ración con el objeto de obtener cada nutriente esencial de la fuente más económicamente disponible.

Generalmente los nutrientes en la alimentación de ganado caprino están divididos en los siguientes grupos, siendo estos la proteína, energía, la fibra minerales, vitaminas, grasas y agua.

### **3.5.1 Materia seca**

El consumo de materia seca varía desde el 3.43 – 7 % peso vivo (PV), el cual está relacionado con la interacción entre el nivel de concentrado en la dieta, sistema de producción y estado fisiológico del animal. Existen muchas interacciones que influyen en el consumo voluntario que son, la raza, genética, producción de leche y eficiencia en la producción de leche (Goetch et al., 2001).

El consumo de la materia seca, se estima o calcula en general en base al porcentaje de peso vivo del animal, y este valor variará dependiendo de la raza, tipo de animales, producción, estado fisiológico y su manejo, aunque se ha aceptado como regla universal que las cabras consumen al menos el 3% de su peso vivo en base a materia seca (Schoenian, 2002)

Además, animales mantenidos durante pruebas del metabolismo en jaulas, no consumen forrajes en la misma cantidad que en el pastoreo. Se concluye al respecto que el consumo de materia seca y porcentaje de peso vivo variará según el peso del animal, estado fisiológico, nivel de producción de leche, y ganancia diaria de peso entre otros factores, algunos datos al respecto, obtenidos por medio de cálculos y ecuaciones matemáticas realizadas por Sahlu, (2004) y publicado en

el Journal Small Ruminant Research (2004, Volume 53, No. 3) se presentan en el cuadro 4.

**Cuadro 4. Consumo de materia seca y porcentaje de peso vivo para distintos tipos y pesos de animales caprinos.**

Tipo y peso de animal	Consumo de materia seca (kg/día)	% de peso vivo
Cabra lechera 45 kg de P.V.	2.56	5.7
Cabra adulta 90 kg de P.V.	3.54	3.9
Cabra de 36 kg de P.V.	1.35	4.5
Cabra en crecimiento (25 kg)	0.88	3.5
Cabra adulta (50 kg)	1.75	3.5
Cabra de 50 kg con 3 kg/leche/día	2.0	4.0

### 3.5.2 Proteína

La proteína es el único nutriente que contiene nitrógeno. La calidad de la proteína en términos del contenido de aminoácidos no ha tenido significancia en la nutrición de rumiantes excepto en niveles muy altos de producción de leche. Los microorganismos del rumen producen sus propias proteínas que contienen todos los aminoácidos necesarios que posteriormente son digeridos por el animal. Las hembras no lactantes requieren entre 0.64 –3.45 g de proteína digestible/kg de peso, los requerimientos de nitrógeno para mantenimiento son de  $2.5 \text{ g/kg}^{W.75}$ . La proteína digestible (PD) para cabras lactantes es de  $0.7 \text{ g/kg}^{W.75}$  (Haenlein, 1995). La proteína metabolizable (PM) para mantenimiento es de 53 g PD/día,

para producción de leche hasta 4 g/día de 215 g PD/día y para cabras secas y gestación de cinco meses de 115 g/día (INRA, 1988; Lou et al., 2004).

### **3.5.3 Agua**

Una cabra adulta, tiene un 71-73% de líquido corporal. Para producir 1 kg. de leche tiene que consumir 1.28 kg. de agua, no es posible tener o alcanzar altos niveles de producción sin ofrecer agua a libre acceso ya que cabras altas productoras pueden consumir desde 6 hasta 20 litros de agua/día. Cabras con agua constante y disponible han mostrado producir más leche que aquellas con solo dos veces al día y sobre un 10% más que aquellas que tienen agua solo una vez al día (Anónimo, sin fecha).

### **3.5.4 Energía**

De acuerdo a las revisiones de 10 referencias o de la limitada información disponible en cabras, se ha decidido que los factores de eficiencia calculados para ovinos y bovinos convertidos a energía metabolizable (EM) y proteína metabolizable (PM) también podrían ser aplicadas en ganado caprino, sin embargo la RNC (1981) estableció 101.38 Kcal de EM/kg de PV<sup>0.75</sup>. para todas las cabras sin importar edad, estado de crecimiento, madurez o biotipo (Niver, 2005).

Los requerimientos de energía neta (EN) para el mantenimiento de una cabra adulta son de 77 kcal/kg, y un máximo de energía metabolizable de 94.55

Mcal de EM/kg, esto se aplica a cabras no lactantes con pesos que varían de 13.8 a 27.9 Kg de peso vivo (Petersen, 1995).

Para lactancia el requerimiento necesario de energía se incrementa a 250% para mantener la condición corporal. Esto es igual a consumir 4-5% del peso vivo de materia seca. Los suplementos pueden tener niveles de 0.8 -1kg de una mezcla de concentrado para 2.5 litros de leche por día (Petersen, 1995).

Para la preñez el total de energía requerida en la cabra debe tener al menos una constancia de 6 semanas de la preñez con 66.8 Mcal/kg<sup>W.75</sup>. Esto corresponde a un incremento aproximado del 150% comparado con la energía requerida para un animal no preñado (Lou et al., 2004a).

Para cabras en desarrollo la eficiencia de EM para mantener de una buena forma después del destete esta estimado a 78 kcal ME/kg<sup>W.75</sup> /día, que realmente corresponde a cero de retención de energía.

La disponibilidad de energía es el principal factor limitante en la producción animal para lograr una eficiente utilización de los recursos y poder alcanzar niveles aceptables de productividad y funcionamiento animal compatible con la conservación y/o preservación de los recursos (Lachica y Aguilera, 2005).

### 3.5.4.1 Fibra

La fibra en la dieta contribuye significativamente al balance de los requerimientos nutricionales en cabras. La fibra dietética también juega un papel importante en la producción a través de su influencia y la interacción con el consumo y digestión de los nutrientes. Una regulación fisiológica del consumo en cabras es dominada por alimentos de dietas con altos concentrados, mientras que el llenado físico es el factor predominante en la regulación del consumo cuando las cabras son alimentadas con dietas altas en forrajes (Lu et al., 2005; Lachica y Aguilera, 2005).

Mediante la salivación y la capacidad de amortiguamiento el consumo de fibra dietética influye en la masticación y fermentación del rúmen. En cabras en desarrollo la energía metabolizable en la dieta arriba de 2.78 Mcal/Kg disminuye el consumo y reduce la tasa de crecimiento en cabras. La adecuada fibra en la dieta es esencial para producir una canal lineal en cabras en desarrollo. En cabras lactantes altas productoras la fibra dietética juega un papel importante en la prevención de la disminución del porcentaje de grasa en leche. El efecto es mediante el mantenimiento para favorecer la relación entre acetato y propionato en el líquido del rúmen, ya que como es conocido el acetato es el mayor precursor de la grasa en leche. Parece ser que entre un 18 al 20 % de fibra detergente ácido (FDA) y un 41 % de fibra detergente neutro (FDN) es nutricionalmente adecuada para cabras lactantes altamente productoras de leche (Lu et al., 2005).

Para cabras en desarrollo entre 4 y 8 meses de edad se recomienda un 23 % de FDA. La relación entre el tiempo de masticado y la fibra en la dieta también tiene influencia sobre la cantidad de grasa en leche (Lu et al., 2005).

### **3.5.5 Minerales**

Muchos minerales son requeridos por las cabras. La mayoría son obtenidos de un forraje de buena calidad y de una mezcla regular de concentrado. Los mayores minerales conciernen al calcio, fósforo y sal. Los cuales son usualmente adicionados a la ración antes de la mezcla de granos o por la alimentación a libre acceso. Las cabras no consumen minerales a libre acceso de acuerdo a sus necesidades. Por lo tanto es recomendado que los minerales sean forzados en la alimentación a través de mezclas con alimentos succulentos como el ensilaje o forrajes verdes de ser posible. La relación calcio -fósforo es importante y puede ser mantenida alrededor de 2:1. Si estos minerales pueden estar a libre acceso, como cabras jóvenes y secas, una mezcla buena es aquella que contiene partes iguales de sal y fosfato dicálcico, como en una mezcla comercial. (Lema, S/F; Kessler, 1991).

El requerimiento de minerales depende de la edad, sexo, velocidad de crecimiento, estado fisiológico, forma en que se encuentra el elemento, balance de minerales en la ración y clima. Los minerales son importantes porque activan enzimas, son co-factores esenciales de reacciones metabólicas, funcionan como transportadoras de proteínas, regulan la digestión, la respiración, el balance de

agua, reacción muscular, transmisión nerviosa, balance del pH, protección contra enfermedades y juega un papel muy importante en la resistencia y adaptación (Haenlein, 1999).

Muchos minerales son requeridos por las cabras. Los minerales son activadores enzimáticos, son esenciales co- factores de reacciones metabólicas, funcionan como acarreadores de proteínas, regulan la digestión, respiración, el balance de líquidos, reacciones musculares, transmisión nerviosa, fuerza esquelética, balance del pH, regulación en el balance mental, protección de algunas enfermedades y son antagonistas o sinérgicos de otros elementos y juegan un rol vital en la resistencia, adaptación y evolución de nuevas crías y razas (Haenlein).

Los macro y micro minerales requeridos en nutrición caprina son 23. Los macro minerales son Calcio, Fósforo, Sodio, Cloro, Magnesio, Potasio, Sulfuro. Los micro minerales son Hierro, Yodo, Cobre, Molibdeno, Zinc, Manganeso, Cobalto, Selenio, Flúor, Cromo, Estaño, Vanadium, Silicio, Níquel, Arsénico y Plomo (Petersen, 1995). Algunos de los microelementos que son requeridos por el ganado caprino en miligramos (Mg) por kilogramo de materia seca (Kg/MS) se muestran en el cuadro 5.

**Cuadro 5. Microelementos que son requeridos por el ganado caprino en miligramos (Mg) por kilogramo de materia seca (Kg/MS).**

Elemento	Mg por kg de materia seca
Hierro	30-40
Cobre	8-10
Cobalto	0.1- 0.15
Yodo	0.4-0.6
Manganeso	30-40
Zinc	40-50
Selenio	0.1-0.2
Molibdeno	0.1

Fuente : (Haenlein, 1987; Kessler, 1991)

Las cantidades o requerimientos de macroelementos que son utilizados en ganado caprino se muestran en el cuadro 6, observando que se tienen valores para la manutención de las cabras, para producción de leche (g/Kg de leche), y para ganancia de peso en gramos por kilogramos de aumento de peso vivo (g/Aumento de PV).

**Cuadro 6. Requerimientos de macroelementos para manutención, producción de leche y ganancia de peso Fuente: (Haenlein, 1987; Kessler, 1991).**

Elemento	Manutención % de materia seca	Producción de leche g por kg de leche	Crecimiento g por kg peso vivo
Calcio	0.7	1.25	10.7
Fósforo	0.5	1.0	6.0
Magnesio	0.2	0.14	0.4
Potasio	0.5	2.1	2.4
Sodio	0.5-0.6	0.4	1.6
Azufre	0.16-0.32	--	--

Algunos de los requerimientos encontrados para los distintos minerales son los siguientes:

**Calcio:** para machos de 7 meses que tienen una ganancia de 100 grs. al día fueron determinados 380 mg de calcio por kilogramo de peso vivo por día o 78.3 mg de calcio por kilogramo de peso metabólico/ peso vivo. (Haenlein, 1996)

**Fósforo:** en cabras primerizas y lactantes 3 gr de fósforo por kg MS en la ración por día, deficiencias de 2 grs. por kilo de MS por día reducen el crecimiento pre y posparto, disminución de la tasa de concepción, consumo de alimento, rendimiento en la producción de leche, sin efecto sobre el contenido de grasa, mientras el contenido de proteína se incremento (Haenlein, 1996).

### **3.5.6 Vitaminas.**

Las vitaminas son un grupo de componentes esenciales para el desarrollo de los procesos normales en el cuerpo del animal. Las dietas típicas de los pastizales y de las praderas deben de contener niveles adecuados de vitaminas o de precursores de las vitaminas para mantener el estado de salud normal del animal. Sin embargo los animales y cabras estabuladas con restricción de dieta o animales con altas producciones de leche pueden requerir provisiones suplementarias de vitaminas (NRC 1981).

Petersen, (1995) menciona que básicamente no existen requerimientos específicos para las vitaminas hidrosolubles debido a que estas son sintetizadas por los microorganismos del rumen. En general las vitaminas liposolubles pueden ser almacenadas y así sus deficiencias no son observadas tan a menudo como la vitamina "E" la cual esta asociada con la enfermedad del músculo blanco en países como Nueva Zelanda.

Algunos requerimientos obtenidos para vitaminas son reportados por Goetsch et al. (2001) mencionan 2,200 UI (Unidades Internacionales) de vitamina "A", 1,200 UI de vitamina D3 y 2.2 UI de vitamina "E". Por otro lado se tiene información para animales adultos con diferentes pesos para vitamina A y D tal y como se muestra en el cuadro 7.

Las vitaminas son necesarias para el cuerpo en pequeñas cantidades. Desde todo el complejo B y la vitamina K son producidas en el rumen y la vitamina C es fabricada en los tejidos del cuerpo, las únicas vitaminas que conciernen a la nutrición en rumiantes son la vitamina A, D, y E. Durante los últimos de primavera, verano y principios de otoño los animales pueden obtener todos sus requerimientos de forrajes verdes y de la luz solar. En adición, estos pueden almacenar una buena fuente de estas vitaminas para utilizarlas en los meses de invierno. Sin embargo, es una buena idea agregar esas vitaminas en un rango de 6 millones de unidades de vitamina A y 3 millones de unidades de vitamina D por cada tonelada de concentrado durante los meses de invierno como una precaución adicional ya que estas no son muy caros. (NRC1981)

**Cuadro 7. Requerimientos de vitamina "A" y vitamina "D" para animales adultos con diferentes kilogramos de peso vivo.**

Kilogramos de peso	Mantenimiento de animales adultos (UI)	
	Vitamina "A"	Vitamina "D"
50	2100	429
60	2500	492
70	2800	552

### **3.6 Balanceo de raciones**

Una de las formas para proporcionar los nutrientes requeridos a los animales en sus diferentes estados fisiológicos es a través del balanceo de raciones, por medio del cual se hace necesario contar con información sobre los animales como son los kilogramos de peso vivo y las producción o nivel de leche por día. Por otro lado es necesario contar con información sobre la calidad y aporte de nutrientes y costos de los diferentes ingredientes con que se cuentan además de poder balancear una ración económicamente costeable para el productor.

De acuerdo con Haenlein (1995), se requieren siete pasos o fases para realizar el cálculo del balanceo de una ración siendo estos los siguientes:

1. Determinar el peso vivo para calcular los requerimientos de energía, proteína, fibra, calcio y fósforo de las tablas disponibles.

2. Determinar la producción de leche y en contenido de grasa por día, además de un factor de corrección para el inicio de la lactancia del 10% para el cálculo de los requerimientos de producción de energía, proteína, fibra, calcio y fósforo de las tablas disponibles.
3. Agregar dos categorías de requerimientos para cada uno de los cinco nutrientes en base a materia seca.
4. Determinar la composición del alimento en heno (menos los rechazos) para los cinco nutrientes de las tablas o de los valores actuales obtenidos del análisis de laboratorio.
5. Determinar el consumo actual por día de heno de las cabras en cuestión y multiplicar esto con la composición de los nutrientes en base a materia seca.
6. Restar los resultados del paso cinco del total del paso tres, obteniendo nuestro déficit de nutrientes, el cual deberá ser proporcionado por un suplemento de grano en base a materia seca.
7. Determinar la composición y precio de varias alternativas comerciales o alimentos o suplementos producidos en la explotación, y multiplicarlo por nivel más probable para llenar el total del déficit de nutrientes, recordando que el calculo de la ración y alimentos ofrecidos no podrán exceder del 3-5% del PV (Peso vivo) el nivel normal de consumo diario de materia seca por las cabras. Si se encuentra que las cabras consumen menos del 3% de su peso vivo sobre la base de materia seca, estas estarán hambrientas o su ración de alimento no es lo suficientemente palatable o gustable para las cabras.

Se han desarrollado en varias partes del mundo modelos y programas utilizados como herramientas para el balanceo de raciones y para optimizar o minimizar algún nutriente, Ligutt et al., (2005) utilizaron el Software denominado “ Racionamiento equilibrado multiespecies (FRB) por sus siglas en ingles para buscar alternativas en la optimización del costos de la ración en explotaciones caprina y ovinas.

Schoenian et al., 2003, desarrollaron un programa de balanceo de raciones en cabras utilizando el programa Excel denominado “Sheep and Meat Goat Ration Evaluator” el cual permite encontrar de un modo sencillo el balanceo de la ración para cuatro ingredientes el TND, PC, Ca y P.

### **3.7 Composición de la dieta**

En el cuadro 8 se muestra la composición de la dieta consumida por hembras y hembritas de la raza alpina en diferentes estados del ciclo de lactancia (Goetch et al., 2001) y en el cuadro 9 la composición química de la dieta consumida por hembras adultas de (48 Kg.) y (50 Kg.) en dos experimentos en diferentes estados del ciclo de lactación.

### **3.8 Grasas**

Las grasas tienen una importancia menor en la ración de los rumiantes. Prácticamente todos los alimentos tienen pequeñas cantidades de grasa, y

aumentar los niveles no es practico. Un nivel de 1.5 2.5 por ciento en el concentrado es normal.

**Cuadro 8. Composición de la dieta consumida por hembras y hembras de la raza alpina en diferentes estados del ciclo de lactancia (Goetch et al., 2001).**

Composición química	Dietas							
	20 C	35 C	50 C	65 C	D35	D50	D65	EL50
PC ( % MS)	17.7	17.5	16.7	16.4	16.6	17.9	17.5	16.7
FDN (% MS)	48.2	44.3	40.9	35.1	61.1	50.5	38.5	47.6
EM (Mcal/kg MS)	2.18	2.34	2.49	2.62	2.18	2.42	2.65	2.42
EN (Mcal/kg MS)	1.36	1.47	1.57	1.66	1.36	1.52	1.68	1.53
Ca ( % MS)	1.14	0.92	0.80	0.80	0.39	0.40	0.44	1.06
P ( % MS)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.25	0.25	0.27	0.51
S ( % MS)	0.29	0.28	0.27	0.26	0.45	0.46	0.46	0.23
Mg ( % MS)	0.26	0.23	0.21	0.20	0.36	0.35	0.35	0.38
K ( % MS)	1.97	1.69	1.40	1.12	1.36	1.24	1.13	1.45

20 C= Dieta con 20 % de concentrado al final de la lactación.

35 C= Dieta con 35 % de concentrado al final de la lactación.

50 C= Dieta con 50 % de concentrado al final de la lactación

65 C= Dieta con 65 % de concentrado al final de la lactación

D 35= Dieta con 35 % de concentrado en el periodo seco.

D 50= Dieta con 50 % de concentrado en el periodo seco.

D 65= Dieta con 65 % de concentrado en el periodo seco.

EL 50= Dieta con 50 % de concentrado al inicio del siguiente periodo de lactación.

**CUADRO 9. Composición química de las dietas para cabras maduras (PV  $48.9 \pm 10.6$  Kg. para experimento 1 y  $55.62 \pm 6.1$  Kg. para el experimento 2. (Terrill et al., 1998).**

	Experimento 1 (100 % de grano en la dieta)			Experimento 2 (40 % de grano en la dieta)		
	Maíz	Maíz + mijo perla	Mijo perla	Maíz	Maíz + mijo perla	Mijo perla
Composición química (en base seca)						
PC %	9.26	12.0	14.4	17.1	17.6	17.2
EE %	3.67	2.79	1.96	1.20	1.98	1.12
FND %	16.0	14.2	12.2	32.6	35.9	37.1
FDA %	5.17	4.21	4.13	23.1	27.6	27.2
Ca %	.004	.015	.059	.93	.98	1.09
P %	.30	.31	.33	.31	.37	.35
Mg	.055	.086	.097	.11	.14	.12
GE Mcal/kg	4.40	4.45	4.36	4.26	4.41	4.24

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características de la Región Lagunera

La Región Lagunera, está localizada en la región semidesértica del norte de México y comprende las porciones en la parte Suroeste del estado de Coahuila y Noroeste del estado de Durango, ubicada geográficamente entre los meridianos  $102^{\circ}15'36''$  y  $104^{\circ}45'36''$  de Longitud Oeste y entre los paralelos  $24^{\circ}22'12''$  y  $26^{\circ}47'24''$  de Latitud Norte (PROGRESA, 1995), constituyéndose de cinco municipios del estado de Coahuila y diez del estado de Durango, y cuya extensión territorial comprende una superficie de 47,887.50 kilómetros cuadrados.

Los climas principales de acuerdo a la clasificación climática de Koeppen, modificada por García, los climas principales son de estepa (BS) y desértico (BW), los cuales van desde muy secos a secos y de muy cálidos a templados, con deficiencias de lluvia en todas las estaciones, y con lluvias en verano en todos los casos. La región se clasifica como un ambiente subtropical ya que en algunos meses la temperatura es inferior a los  $18^{\circ}\text{C}$  pero superior a los  $5^{\circ}\text{C}$ . La temperatura media anual de la región es de  $20.6^{\circ}\text{C}$  con un rango de  $18.7$  a  $21.3^{\circ}\text{C}$ .

La precipitación anual es de 220 mm., ésta varía de 77.8 mm como mínima y una máxima de 434.8 mm, los meses de mayor precipitación pluvial son: junio, agosto y septiembre. El número promedio de días con lluvia anual es de 41. El

promedio de las heladas es de 24 en un año, la primera se presenta en los meses de noviembre o diciembre, y la última en los meses de febrero o marzo.

La vegetación nativa propia de los climas semidesérticos es la que presenta una dominancia del chaparral de gobernadora, (*Larrea tridentata*), Hojasen (*Florenxia cernua*), Huizache (*Acacia farnesiana*), Lechugilla (*Agave lechuguilla*), Zacate Toboso (*Pleuraphis mutica*), Chamizo o costilla de vaca (*Atriplex canescens*), Bisnagas (*Echinocactus sp*) y Mezquites (*Prosopis sp*).

En la Comarca Lagunera existen dos fuentes de agua; la del subsuelo y la de gravedad, que proviene de las presas Lázaro Cárdenas cuya capacidad útil de almacenamiento para riego es de 2,936,913,000 m<sup>3</sup> y la Francisco Zarco, cuya capacidad útil es de 368,000,000 m<sup>3</sup> (SAGAR, 1994). La región hidrológica No. 36 se localiza en la mesa del norte de la república mexicana, abarca parte de los estados de Durango, Zacatecas, y Coahuila. Corresponde a las cuencas cerradas de los ríos Nazas y Aguanaval de la Laguna de Mayrán y de Viesca, así como por una porción del Bolsón de Mapimí.

De la superficie total de la Comarca Lagunera un 50 a un 60 % está potencialmente disponible para realizar actividades agrícolas y la superficie que se destina a la producción de forrajes en la Comarca, es de aproximadamente un 25% del total de la superficie que se destina a la producción agrícola; los cultivos que más se establecen, son los de la alfalfa, el maíz y sorgo forrajeros, así como la avena, el rye-grass, el trébol y las praderas (Romero, 1996).

Los suelos agrícolas más importantes de la región, son los que se ubican en las series de suelos, como son la serie Coyote con 98,000 hectáreas, la Zaragoza con 68,000, la San Pedro con 65,000, la San Ignacio con 56,000 y la Tlahualilo con 20,000; existen otras series cuya superficie no llega a las 20,000 hectáreas, como son la Noé, Gómez Palacio, Concordía y la Santiago.

Los suelos de la región, en general varían sus texturas desde arcillosas en la serie Zaragoza, migajón arcillosos en la serie Coyote, hasta migajón arenosos y arenosas en la serie San Pedro, En consecuencia, también la variabilidad de retención de agua y nutrientes estará condicionada por la textura, la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico (Romero, 1996).

La mayoría de los suelos es de textura arcillosa y arcillo-arenosa con un pH que fluctúa de 7.2 a 8.8 unidades en los suelos que no tienen problemas de sodicidad; en los que se llega a presentar este problema, el pH generalmente es mayor a las nueve unidades. Respecto a la salinidad este parámetro, generalmente se expresa a través de la determinación de la conductividad eléctrica, la cual en los suelos de la región se ha ido incrementando paulatinamente, hasta sobrepasar los límites considerados como normales que son de 2 milimhos/cm para el caso de cultivos sensibles como el caso de maíz y alfalfa y de 4 milimhos para la gran mayoría de los otros cultivos. El incremento de la salinidad, es causado por dos factores principales, la mala calidad de las aguas de riego que en su mayoría son de bombeo y por el mal manejo de la misma.

## **Localización**

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna y en colaboración con productores caprinos dueños de explotaciones caprinas intensivas de la Comarca Lagunera representativas del sistema, a través de visitas formales con los técnicos encargados de las explotaciones y con los Médicos Veterinarios para obtener los ingredientes más comúnmente utilizados en la ración y poder generar en la matriz de entrada los ingredientes y cantidades utilizados de la región.

## **Duración del estudio**

El estudio tuvo una duración aproximada de ocho meses iniciándose con la elaboración y estructuración del proyecto el mes de enero de 2006 y la realización de la investigación, desarrollo del modelo y el trabajo de campo a partir de mayo de 2006 y el cual se concluyó el mes de octubre.

## **Materiales**

Para la realización del presente proyecto se requerirá del apoyo del siguiente material:

1. Una computadora Pentium IV a 2.4 Mhz con 80 giga bites de disco duro con 512 de memoria RAM así como impresora HP. El Software a utilizar será el programa de Excel utilizando los algoritmos y ecuaciones de varias hojas o libros en el cual se desarrolló el programa de manera amigable y además de

poder colocar los candados respectivos para la protección del mismo, requiriendo para esto último la contratación de un Ingeniero en Sistemas.

2. Se utilizó material y artículos de cómputo como toner, cartuchos de tinta, papel, discos compactos, así como disquetes de 3.5 y unidades de USB para el almacenamiento de los avances y resultados en el desarrollo del modelo.
3. Se hizo necesario realizar traslados a las tres explotaciones donde se obtuvieron los valores de las necesidades de los productores, cantidades e ingredientes disponibles para alimentar el modelo en sus diferentes componentes.

## **Métodos**

La metodología empleada para alcanzar los objetivos planteados en el presente proyecto fueron las siguientes:

- 1). Diseño y estructuración del modelo. El modelo se diseñó empleando hojas de cálculo de Excel para crear matrices de entrada y una matriz de salida que permitieran analizar los distintos ingredientes que forman las raciones para cabras lecheras y que se propusieron para evaluar el desempeño del modelo de balanceo de raciones en cabras. El modelo consta de 4 libros a saber: Inventario de alimentos, requerimientos nutricionales de las cabras, balanceo de raciones y herramientas auxiliares o de apoyo.

## Inventario de ingredientes:

En esta hoja de cálculo se establece el inventario de alimentos disponibles por el productor así como los ingredientes que forman la ración para el cálculo de cada uno de los componentes. El cuadro consta de la cantidad de materia seca (MS) en porciento, así como de la composición química de los ingredientes incluyendo Total de Nutrientes Digestibles (TND), Proteína cruda (PC), Calcio (Ca), Fósforo (P) y el costo por unidad. La composición química de los ingredientes fue consultado de las tablas de alimentos de la RNC (2005) para ganado bovino de leche. Los ingredientes incluidos en el inventario se obtuvieron de visitas a explotaciones intensivas de la región utilizando los ingredientes más comunes de la región Lagunera. En los cuadros 10, 11 y 12 se muestran los ingredientes que se utilizan en tres explotaciones entre 1000 y 2000 cabras de la Comarca Lagunera.

**CUADRO 10. Ingredientes utilizados en la explotación uno, los cuales se modifican dependiendo de la producción de leche y del peso del animal.**

Ingredientes	Cabras bajas productoras (1.5-2.5 lts)	Cabras medianas productoras (2.5-3.5 lts)	Cabras altas productoras (3.5- en adelante)
Alfalfa 10% de floración	1 kg	1.4 kg	1.8 kg
Concentrado 20% PC	0.7 kg	1 kg	1.3 kg
Suplemento *			

- Este suplemento mineral incluye P 14% y Ca 7% y se suministra 0.5-0.75 kg por corral

Esta información se utilizó para llevar a cabo los escenarios 1, 2 y 3 los cuales incluyen pesos de las cabras con 40, 50 y 60 kg para cabras bajas, medianas y altas productoras respectivamente.

Para llevar a cabo el escenario cuatro se utilizaron los ingredientes empleados en la explotación dos entre los que se tienen maíz, semilla de algodón, concentrado, megalac, semilla de escoba y frijol, los cuales se mezclan en el carro revolador para su posterior utilización en el comedero por los animales, variando las cantidades dependiendo de la etapa de cada animal (cuadro 11).

**CUADRO 11. Ingredientes utilizados en la explotación dos, para la alimentación de cabras lactantes**

Ingredientes	Cantidad
Maíz	300 kg
Semilla de algodón	100 kg
Concentrado	250 kg
Megalac	50 kg
Semilla de escoba	50 kg
Frijol	50 kg

En el cuadro doce se puede observar la cantidad de alimento que se emplea según la etapa de producción, en la cual se les agrega heno de alfalfa al 10% de floración y una premezcla en la cual varían las cantidades suministradas dependiendo del nivel de producción.

**CUADRO 12. Cantidad de heno de alfalfa al 10% de floración y la cantidad de premezcla según el nivel de producción**

Ingrediente	Cabras bajas productoras	Cabras medianas productoras	Cabras altas productoras
Alfalfa 10% de floración	2 kg	2 kg	2 kg
Premezcla	1 kg	1 kg	1.2 kg

En esta explotación revuelven los ingredientes de la premezcla en el carro mezclador según la cantidad que se muestra en el cuadro doce hasta completar 800 kg.

En el cuadro 13 se muestran los ingredientes utilizados en la explotación tres en la cual proporcionan maíz rolado, canola, salvado y soya. En este cuadro se muestran los ingredientes utilizados en esta explotación y la cantidad que se agrega de cada uno hasta completar 1900 kg. Los cuales se distribuyen en los comederos dependiendo de la etapa de producción de los animales.

**Cuadro 13. Ingredientes utilizados en la explotación tres para la alimentación de cabras lactantes.**

Ingrediente	Cantidad
Maíz rolado	1000 kg
Canola	400 kg
Salvado	300 kg
Soya	200 kg

En el cuadro 14 se muestran las cantidades e ingredientes suministrados a las cabras en la explotación tres dependiendo de los diferentes niveles de producción.

**Cuadro 14. Cantidad de heno de alfalfa al 10% de floración, premezcla y cantidad de nuez según los diferentes estados de producción.**

ingredientes	Cabras bajas productoras	Cabras medianas productoras	Cabras altas productoras
Heno de alfalfa 10% floración	1.6 kg	1.6 kg	1.8 kg
Premezcla	0.4 kg	0.8 kg	1.1 kg
Nuéz	0.35 kg	0.35 kg	0.3 kg

**Costo de la ración:**

El modelo en la matriz de entrada y salida permite conocer y colocar el precio de cada uno de los ingredientes y saber el costo total de la ración. Los valores colocados en la celda de cada uno de los ingredientes son los utilizados en la Comarca Lagunera para el mes de septiembre del año 2006, los cuales pueden modificarse en la hoja **“Inventario de alimentos”** a medida que se modifican los precios de los mismos.

Después de la calidad nutritiva, se adiciona el costo por kilogramo de cada ingrediente representado en costo por unidad en pesos (\$) con el objetivo de que también se pueda balancear una ración más económica y deseable para el

productor. Los costos de los ingredientes fueron consultados directamente de los proveedores para el mes de septiembre del año 2006, por lo que se podrán actualizar o modificar al existir una variación en el precio de los mismos.

En esta misma hoja se contempla la guía del usuario en 11 pasos sencillos y se explica como utilizar en el programa Excel el "Programa de Balanceo de Alimentos en Cabras Lecheras" (PBACL) siendo las siguientes instrucciones:

### **Como utilizar este programa y hoja de cálculo**

1. Llenar los espacios de ingredientes disponibles según su plan de alimentación.
2. Ir a la hoja de trabajo de los requerimientos nutricionales y seleccionar los animales que ud. desee evaluar la ración según su estado de producción, edad y peso.
3. Copie los requerimientos adecuados de TND, PC, Ca, y P que están localizados en el cuadro en color amarillo brillante.
4. Para copiar, seleccione los datos del rango iluminado con el Mouse, y posteriormente presione la tecla CTRL y presione la tecla C.
5. Abra la hoja de trabajo "Balanceo de raciones" y seleccione los animales que usted desee evaluar según su estado de producción, edad y peso.
6. Posteriormente copie los requerimientos de TND, PC, Ca y P que había seleccionado de la hoja de ingredientes en la misma posición en la de Balanceo de raciones.

7. Para pegar, selecciona o ilumina las celdas donde quiere copiar la información con el mouse, sosteniendo la tecla CTRL y presionado la letra V.

8. En la columna "b" de Balanceo de raciones iluminada con amarillo, introduzca la cantidad de cada ingrediente que usted planea alimentar el grupo de animales.

9. En la hoja de cálculo Balanceo de raciones se calculará los nutrientes en la ración en las celdas verdes y se restará de los requerimientos requeridos por los animales.

10. Ajuste los desbalances de su ración indicados por las celdas de color azul.

11. La hoja de cálculo de herramientas auxiliares incluyen el cuadrado de pearson, ecuaciones lineales y conversiones a sistema métrico decimal.

### **Requerimientos nutricionales de cabras lecheras:**

En esta hoja se establecen los requerimientos de las cabras lecheras (kg/día) para los cuatro nutrientes que se dispone a balancear en este programa, en ella se incluyen el estado fisiológico, peso vivo (kg), consumo de alimento por día (kg), porcentaje del consumo en base a su peso vivo, producción de leche por día (lts), porcentaje de grasa en leche (%), kg de TND, kg de PC, Ca y P en gramos. Los requerimientos fueron consultados de varias fuentes entre las que se tienen (R.N.C, 1981; R.N.C, 1996; Peraza, 1980; Devendra, 1988; Petersen, 1995; AFRC, 1998; Luo et al, 2004; Nsahlai et al, 2004; Niver, 2006).

Esta hoja consta de los cuadros de requerimientos de las cabras para diferentes estados de producción incluyendo los siguientes:

1. Mantenimiento (Solo incluye condiciones estables de alimentación, actividad mínima y primer tercio de la preñez)
2. Mantenimiento (Incluye mantenimiento más baja actividad, sistemas intensivos de manejo y primer tercio de la gestación).
3. Mantenimiento más requerimientos adicionales para el último tercio de la gestación (Incluye cualquier tamaño de cabra)
4. Mantenimiento más requerimientos adicionales por kg/leche producido con diferentes porcentajes de grasa y peso vivo (kg). En este cuadro se incluyen varios apartados según la producción de leche por día, porcentaje de grasa y peso vivo del animal. Para el productor de leche en estos cuadros es donde se pueden localizar los requerimientos de las cabras lecheras desde los 30 hasta los 80 kg de peso vivo, desde 2.5 a 5.0 % de grasa y para rangos de producciones de leche desde 1 a 5 litros.

### **Balanceo de raciones:**

En esta hoja es donde se lleva a cabo el balanceo de raciones, una vez seleccionado el tipo de animal y nivel de producción, peso vivo, producción de leche y % de grasa, se inicia el proceso de balanceo modificando los valores de cada ingrediente localizados con color amarillo en la columna “b” denominada “Cantidad de Alimento”

En la columna “c” se representan las cantidades en base al consumo de materia seca (CMS) y la suma total se localiza al final de la columna “c” en la fila de la columna “a” denominada **“Total de Nutrientes Aportados”** que se identifica en color verde claro. En esta misma fila se puede obtener el total de los cuatro nutrientes, así como de los costos de los mismos y el total de la ración.

En la fila de la columna “a” denominada **“Nutrientes Requeridos”** se encuentran los requerimientos de los animales que son necesitados para esa etapa de producción o de mantenimiento y se pueden identificar por el color amarillo brillante los cuales fueron obtenidos de las tablas de requerimiento para cada etapa.

Por último en la fila de la columna “a” denominada **“Diferencia”** se representa los valores de la sustracción entre los valores de los nutrientes que son aportados por la ración (color verde claro) y los requeridos por el animal e identificados por color azul, quedando balanceada la ración cuando los valores son iguales a cero (0) o valores más cercanos al cero, sin embargo cuando los valores de los ingredientes de la ración son menores a los requerimientos del animal, estos se representaran con números rojos y entre paréntesis ( ).

### **Herramientas auxiliares:**

En esta hoja se incluye tres componentes para facilitar el manejo de los datos y conversiones de libras a kilogramos y viceversa, un cuadrado de Pearson

para facilitar balancear para un nutriente y un balanceo por medio de Ecuaciones Simultaneas.

1). El **“Programa de Balanceo de Alimentos en Cabras Lecheras”** (PBACL) es simple y tratara de considerar solo los componentes y relaciones de interés para el productor como una herramienta auxiliar para tomar decisiones en el uso de ingredientes disponibles.

2). Información necesaria para alimentar el modelo. El modelo requerirá de información de las características de las explotaciones caprinas lecheras como: Ingredientes disponibles es decir que alimentos se incluyen en una ración para las distintas etapas, así como conocer la producción de leche por día, porcentaje de grasa y el peso del animal o los animales en que quiera llevar a cabo el balanceo de la ración.

3). Valores de los parámetros de entrada. En una de las columnas de esta hoja de calculo (Columna b) se colocarán los valores de la cantidad necesaria de cada ingrediente para permitir la realización de distintos escenarios para evaluar el desempeño del PBACL.

4). Desempeño del modelo. Para evaluar el funcionamiento del modelo se realizaron escenarios con los valores para distintos animales en diferentes estados de producción, % de grasa y peso vivo (kg) y proceder a realizar un análisis de

sensibilidad para lo cual se utilizó como marco de referencia las Tablas de Requerimientos Nutricionales para ganado caprino de la RNC.

5). Validación del modelo. El proceso de validación del modelo se realizó una vez que el modelo demostró en sus salidas un desempeño adecuado y certidumbre en sus datos y su validación se realizó a través de un análisis de correlación entre los valores de los productores (Valores medidos) y los valores estimados en el modelo (Valores estimados) obteniendo con ello las ecuaciones de regresión y el coeficiente de regresión ( $R^2$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en las salidas del “Programa de Balanceo de Alimentos en Cabras Lecheras” (PBACL) en la evaluación del modelo se encuentran en los cuadros 15-23 en los cuales se pueden observar los resultados para cada uno de los escenarios.

### Resultados del escenario 1

Los resultados obtenidos para el escenario uno (cabra de 40 kg de PV, producción de 2 kg de leche/día con 3.5% de grasa) se muestran en el cuadro 15 en el cual se puede observar que la cantidad de alimento en kilogramos de materia seca por día (Kg/MS/Día) es de 1.73 obtenido con el modelo, contra 1.54 Kg que ofrece el productor a sus animales para esas mismas condiciones.

**Cuadro 15. Resultados del escenario 1 obtenidos con el modelo PBACL para una cabra de 40 kg de PV, producción de 2 kg de leche/día con 3.5% de grasa.**

<b>Escenario 1</b>							
<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>CMS (kg)</b>	<b>TDN (kg)</b>	<b>PC (kg)</b>	<b>Ca (kg)</b>	<b>P (kg)</b>	<b>Costo/día</b>
Heno de alfalfa 10% floración	1.10	0.99	0.79	0.17	0.0014	0.0023	\$1.980
Concentrado 20% de PC	0.80	0.71	0.51	0.14	0.0039	0.0014	\$3.200
Suplemento Ca y P	0.03	0.02	0.00	0.00	0.0016	0.0033	\$0.100
<b>Total de nutrientes suplementados</b>	<b>1.93</b>	<b>1.73</b>	<b>1.30</b>	<b>0.31</b>	<b>0.0069</b>	<b>0.0069</b>	<b>\$5.280</b>
<b>Nutrientes requeridos</b>		<b>1.8</b>	<b>1.24</b>	<b>0.21</b>	<b>0.0070</b>	<b>0.0049</b>	
<b>Diferencia</b>			<b>0.06</b>	<b>0.10</b>	<b>(0.0001)</b>	<b>0.0020</b>	

Como se puede observar en el cuadro 15, en la fila de “**nutrientes requeridos**” existen los nutrientes encontrados en el modelo de acuerdo a las tablas de la NRC (1981) para una cabra con esas características. En la fila de total de “**nutrientes suplementados**” el modelo muestra las cantidades de nutrientes para esa cabra de acuerdo al consumo de materia seca estimado por el operador del modelo que en este caso es de 1.73 kg/MS/Día.

En la fila denominada “**diferencia**” se observan las diferencias entre los nutrientes requeridos por las cabras y los nutrientes aportados al utilizar y balancear el modelo.

Las diferencias que se toleran varían de acuerdo al tipo de nutriente siendo más importantes el TND y la PC y siendo de menor importancia las diferencias en los minerales calcio y fósforo. En el caso de que en las salidas del modelo se obtengan “**valores**” entre paréntesis en la fila de “**diferencia**”, indican que falta aportar nutrientes, sin embargo el operador del modelo puede realizar un ejercicio de ajuste de la cantidad de los ingredientes utilizados hasta llegar a alcanzar el aporte adecuado (requerido) de todos los nutrientes. Es recomendable alcanzar siempre valores positivos, sin embargo se toleran variaciones  $\pm 5\%$ .

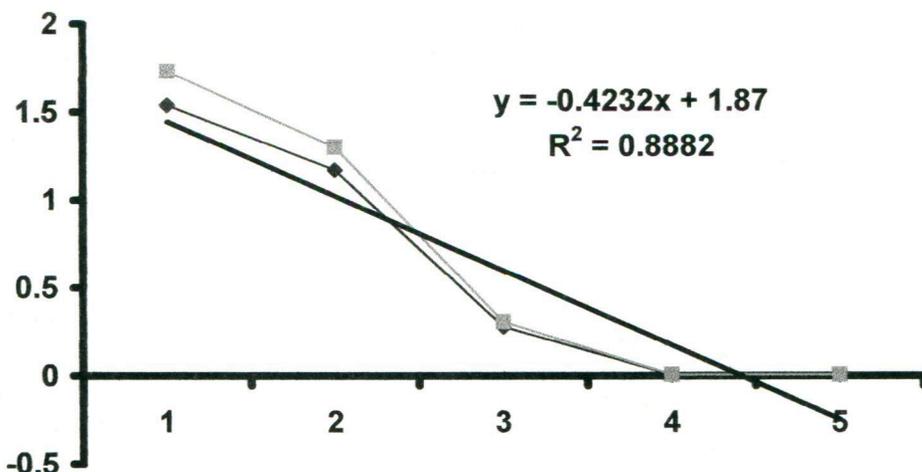
Al evaluar el desempeño del modelo con las cantidades de los ingredientes utilizadas por el productor se puede observar que en su ración tiene deficiencias de TND (-0.07) y Ca (-0.0010) y sobrantes en PC (0.07) y P (0.0010). Cuadro 1 del anexo.

El modelo en sus matrices de entrada y salida permite evaluar el costo de la ración en la columna denominada “Costo/día” en la cual se colocan el precio de cada uno de los ingredientes utilizados permitiendo obtener el costo de la ración al momento de introducir las cantidades de la ración del productor para llenar los requerimientos de nutrientes de los animales así como del operador del modelo.

El costo de la ración obtenido por el productor es de \$ 4.70 por cabra/ por día y el costo obtenido en la evaluación del modelo es de \$ 5.28 es decir existe una diferencia de \$ 0.60 a favor del productor, sin embargo esta diferencia se debe en la variación de la cantidad de materia seca y a que la ración del productor tiene deficiencias en dos de los nutrientes y en el proceso del balanceo utilizando el modelo se ajustaron los valores de los ingredientes lo mas cercano a los valores nutrientes requeridos.

Para evaluar el desempeño se realizaron análisis de regresión entre los valores obtenidos en las salidas con los datos del productor (Valores medidos) y los valores obtenidos en las salidas con el modelo (Valores estimados) con los datos ajustados de acuerdo a la NRC, 1981, obteniendo la ecuación de regresión y el coeficiente de regresión  $R^2$ . tal y como se muestra en la figura 3.

Para el escenario uno se encontró una ecuación de regresión de  $Y = -0.4232X + 1.87$  y una coeficiente de regresión de  $R^2 = 0.8882$



**Figura 3. Resultado del análisis de regresión para el escenario uno (cabra de 40 kg de PV, con una producción de 2.0 kg de leche/día con 3.5% de grasa) obtenido con el PBACL.**

### Resultados del escenario 2

Los resultados obtenidos para el escenario dos (cabra de 50 kg de PV, producción de 3 kg de leche/día con 3.5% de grasa) se pueden observar en el cuadro 16 el cual muestra que la cantidad de alimento en kilogramos de materia seca por día (Kg/MS/Día) que requiere una cabra según marca el modelo, el cual es de 2.4 Kg/MS/Día, igualmente se puede observar la cantidad de alimento Kg/MS/Día que suplementa el operador del modelo la cual se de 2.33 Kg/MS/Día contra 2.17 Kg que ofrece el productor a las cabras en esas mismas condiciones. En ambos casos se puede apreciar un faltante en la cantidad de alimento de Kg/MS/Día, sin embargo el faltante en la cantidad de alimento Kg/MS/Día es menor cuando se balancea la ración en el PBACL en comparación con la ración aportada y asignada por el productor.

**Cuadro 16. Resultados del escenario 2 obtenidos con el modelo PBACL para una cabra de 50 kg de PV, con una producción de 3.0 kg de leche/día con 3.5% de grasa**

<b>Escenario 2</b>							
<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>CMS (kg)</b>	<b>TDN (kg)</b>	<b>PC (kg)</b>	<b>Ca (kg)</b>	<b>P (kg)</b>	<b>Costo/día</b>
Heno de alfalfa 10% floración	<b>1.45</b>	1.31	1.04	0.22	0.0018	0.0030	\$2.610
Concentrado 20% de PC	<b>1.12</b>	1.00	0.72	0.20	0.0055	0.0019	\$4.480
Suplemento Ca y P	<b>0.04</b>	0.03	0.00	0.00	0.0023	0.0046	\$0.140
<b>Total de nutrientes suplementados</b>	<b>2.61</b>	2.33	<b>1.76</b>	<b>0.42</b>	<b>0.0096</b>	<b>0.0095</b>	\$7.230
<b>Nutrientes requeridos</b>		2.4	<b>1.69</b>	<b>0.30</b>	<b>0.0100</b>	<b>0.0070</b>	
<b>Diferencia</b>			<b>0.07</b>	<b>0.12</b>	<b>(0.0004)</b>	<b>0.0025</b>	

Como se puede observar en el cuadro 16, en la fila de “**nutrientes requeridos**” existen los nutrientes encontrados en el modelo de acuerdo a las tablas de la NRC (1981) para una cabra con esas características. En la fila de total de “**nutrientes suplementados**” el modelo muestra las cantidades de nutrientes para esa cabra de acuerdo al consumo de materia seca estimado por el operador del modelo que en este caso es de 2.33 kg/MS/Día.

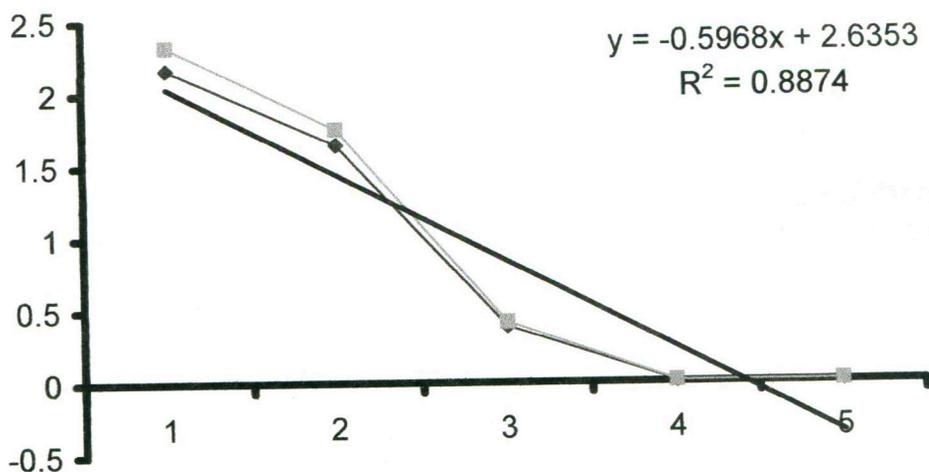
En la fila denominada “**diferencia**” se observa las diferencias entre los nutrientes requeridos por las cabras y los nutrientes aportados al utilizar el modelo.

Al evaluar el desempeño del modelo con las cantidades de los ingredientes utilizadas por el productor se puede observar que en su ración tiene deficiencias de TND (-0.04) y Ca (-0.0020) y sobrantes en PC (0.04) y P (0.0002) (cuadro 2 del apéndice).

El costo de la ración obtenido por el productor es de \$ 6.62 por cabra/ por día y el costo obtenido en la evaluación del modelo es de \$ 7.23 es decir existe una diferencia de \$ 0.63, sin embargo esta diferencia se debe en la variación de la cantidad de materia seca y a que la ración del productor tiene deficiencias en dos de los nutrientes como ocurre en el escenario uno y en el proceso del balanceo utilizando el modelo se ajustaron los valores de los ingredientes lo mas cercano a los valores requeridos.

Para evaluar el desempeño para este escenario se realizaron análisis de regresión entre los valores obtenidos en las salidas con los datos del productor (Valores medidos) y los valores obtenidos en las salidas con el modelo (Valores estimados) con los datos ajustados de acuerdo a la NRC, 1981, obteniendo la ecuación de regresión y el coeficiente de regresión  $R^2$ , tal y como se puede observar en la figura 4.

Para el escenario uno se encontró una ecuación de regresión de  $Y = -0.5968X + 2.6353$  y una coeficiente de regresión de  $R^2 = 0.8874$



**Figura 4. Resultado del análisis de regresión para el escenario dos (cabra de 50 kg de PV, con una producción de 3 kg de leche/día con 3.5% de grasa) obtenido con el PBACL.**

### Resultados del escenario 3

Para el escenario tres (cabra de 60 kg de PV, producción de 4 kg de leche/día con 3.5% de grasa) los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 17 en el cual se puede observar que la cantidad de alimento en kilogramos de materia seca por día (Kg/MS/Día) es de 2.83 obtenido con el modelo, contra 2.75 Kg que ofrece el productor en su ración siendo lo recomendado 3.1 Kg/MS/Día según la NRC, 1991, para cabras en esas mismas condiciones.

En el cuadro 17, en la fila de **“nutrientes requeridos”** existen los nutrientes encontrados en el modelo de acuerdo a las tablas de la NRC (1981) para una cabra con esas características. En la fila de total de **“nutrientes suplementados”** el modelo muestra las cantidades de nutrientes para esa cabra

de acuerdo al consumo de materia seca estimado por el operador del modelo que en este caso es de 2.83 kg/MS/Día.

**Cuadro 17. Resultados del escenario 3 obtenidos con el modelo PBACL para una cabra de 60 kg de PV, con una producción de 4.0 kg de leche/día con 3.5% de grasa**

<b>Escenario 3</b>							
<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>CMS (kg)</b>	<b>TDN (kg)</b>	<b>PC (kg)</b>	<b>Ca (kg)</b>	<b>P (kg)</b>	<b>Costo/día</b>
Heno de alfalfa 10% floración	1.95	1.76	1.40	0.30	0.0025	0.0040	\$3.510
Concentrado 20% de PC	1.16	1.03	0.74	0.21	0.0057	0.0020	\$4.640
Suplemento Ca y P	0.04	0.04	0.00	0.00	0.0026	0.0053	\$0.160
<b>Total de nutrientes suplementados</b>	<b>3.15</b>	<b>2.83</b>	<b>2.15</b>	<b>0.50</b>	<b>0.0108</b>	<b>0.0113</b>	<b>\$8.310</b>
<b>Nutrientes requeridos</b>		3.1	<b>2.13</b>	<b>0.38</b>	<b>0.0120</b>	<b>0.0084</b>	
<b>Diferencia</b>			<b>0.02</b>	<b>0.12</b>	<b>(0.0012)</b>	<b>0.0029</b>	

En la fila denominada “**diferencia**” se observa las diferencias entre los nutrientes requeridos por las cabras y los nutrientes aportados al utilizar el modelo.

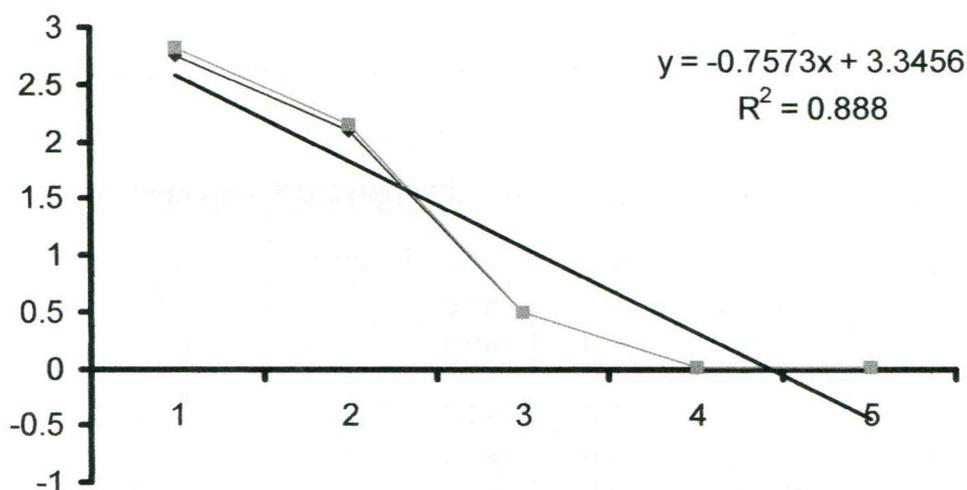
Al evaluar el desempeño del modelo con las cantidades de los ingredientes utilizadas por el productor se puede observar que en su ración tiene deficiencias de TND (-0.03) y Ca (-0.0025) y sobrantes en PC (0.12) y P (0.0001).

El costo de la ración obtenido por el productor es de \$ 8.34 por cabra/ por día y el costo obtenido en la evaluación del modelo es de \$ 8.31 es decir existe una diferencia de \$ 0.03, sin embargo en este caso el precio se mejoró cuando el operador ajusto los ingredientes de la ración y corrigiendo las deficiencias de TND

y reduciendo las deficiencias de Ca que tenía el productor, dejándolas lo mas cercano a los valores requeridos, para una cabra con ese peso y producción.

Para evaluar el desempeño se realizaron análisis de regresión entre los valores obtenidos en las salidas con los datos del productor (Valores medidos) y los valores obtenidos en las salidas con el modelo (Valores estimados) con los datos ajustados de acuerdo a la NRC, 1981, obteniendo la ecuación de regresión y el coeficiente de regresión  $R^2$ .

Para el escenario uno se encontró una ecuación de regresión de  $Y = -0.7573X + 3.3456$  y una coeficiente de regresión de  $R^2 = 0.888$



**Figura 5. Resultado del análisis de regresión para el escenario tres (cabra de 60 kg de PV, producción de 4.0 kg de leche/día con 3.5% de grasa) obtenido con el PBACL.**

## Resultados del escenario 4

Los resultados obtenidos para el escenario cuatro (cabra de 40 kg de PV, producción de 2.0 kg de leche/día con 4% de grasa) se muestran en el cuadro 18 en el cual se puede observar los ingredientes utilizados y la cantidad de alimento en kilogramos de materia seca por día (Kg/MS/Día) que es de 2.02 obtenido con el operador del modelo, contra 3.77 Kg que ofrece el productor a sus animales, siendo 1.8 kg la cantidad requerida de materia seca para cabras en esas mismas condiciones según la NRC (1981), lo anterior indica que el productor suministra 1.75 kg/MS/día más por cabra lo que representa un costo adicional de \$ 3.27 por día.

**Cuadro 18. Resultados del escenario cuatro obtenidos con el modelo PBACL para una cabra de 40 Kg. de PV, producción de 2.0 Kg. de leche/día con 4.0% de grasa.**

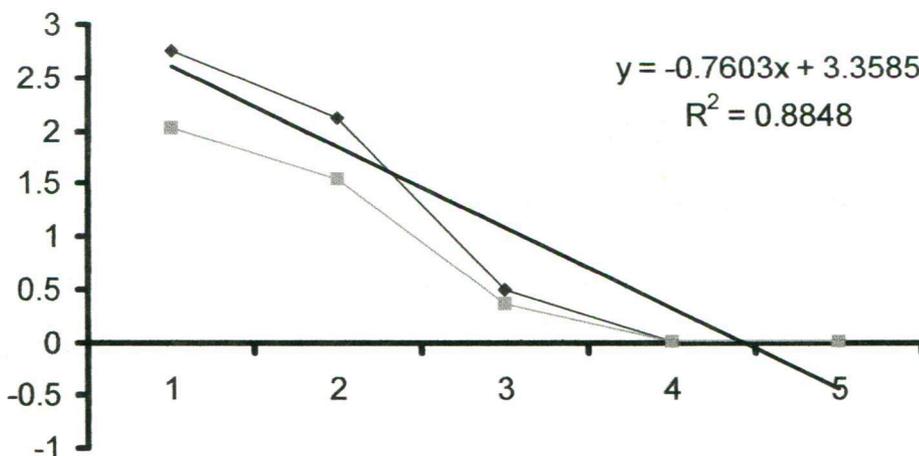
### Escenario 4

Ingredientes	Cantidad (kg)	CMS (kg)	TDN (kg)	PC (kg)	Ca (kg)	P (kg)	Costo/día
Heno de alfalfa 10% floración	<b>1.40</b>	1.26	1.01	0.21	0.0018	0.0029	\$2.520
Maíz rolado	<b>0.20</b>	0.19	0.16	0.04	0.0002	0.0008	\$1.000
Semilla de algodón	<b>0.09</b>	0.08	0.04	0.00	0.0001	0.0001	\$0.108
Concentrado 20% de PC	<b>0.35</b>	0.31	0.22	0.06	0.0017	0.0006	\$1.400
Grasa de by pass	<b>0.05</b>	0.05	0.04	0.02	0.0000	0.0000	\$0.125
Semilla de escoba	<b>0.05</b>	0.05	0.04	0.01	0.0000	0.0001	\$0.093
Frijól	<b>0.05</b>	0.04	0.03	0.01	0.0001	0.0002	\$0.150
Suplemento Ca y P	<b>0.04</b>	0.04	0.00	0.00	0.0050	0.0025	\$0.180
<b>Total de nutrientes suplementados</b>	<b>2.23</b>	2.02	<b>1.54</b>	<b>0.36</b>	<b>0.0089</b>	<b>0.0072</b>	\$5.576
<b>Nutrientes requeridos</b>		1.80	<b>1.25</b>	<b>0.22</b>	<b>0.0090</b>	<b>0.0063</b>	
<b>Diferencia</b>			<b>0.29</b>	<b>0.14</b>	<b>(0.0001)</b>	<b>0.0009</b>	

Al evaluar el desempeño del modelo con las cantidades de los ingredientes utilizadas por el productor se puede observar que en su ración tiene excesos de TND (1.34), PC (0.32), Ca (0.0016) y P (0.0035) (cuadro cuatro del anexo), aportando un 50% más de proteína cruda y de TND los cuales se ajustaron con el operador del modelo quedando los valores lo más cercano a lo requerido para una cabra en ese estado de producción. En el cuadro 18 en la fila de **“diferencia”** se puede observar una deficiencia de Ca obtenida con el modelo, sin embargo esta diferencia se encuentra dentro del rango de tolerancia ( $\pm 5\%$ .)

En la columna **“costo/día”** el costo de la ración obtenido por el productor es de \$ 8.83 por cabra/ por día y el costo obtenido en la evaluación del modelo es de \$ 5.57 es decir existe una diferencia de \$ 3.26, esta diferencia se debe en la variación de la cantidad de materia seca y a que la ración del productor tiene excesos muy marcados en todos los nutrientes y en el proceso del balanceo utilizando el modelo se ajustaron los valores de los ingredientes lo mas cercano a los valores de los nutrientes requeridos, llenando los requerimientos con casi la mitad de los kilogramos que utiliza el productor, lo cual afecta severamente su economía.

En el proceso de validación para el escenario cuatro se encontró una ecuación de regresión de  $Y = -0.7603X + 3.3585$  y una coeficiente de regresión de  $R^2 = 0.8848$  tal como se muestra en la figura 6.



**Figura 6. Resultado del análisis de regresión para el escenario cuatro (cabra de 40 kg de PV, producción de 2.0 kg de leche/día con 4.0% de grasa) obtenido con el PBACL.**

### Resultados del escenario 5

Los resultados obtenidos para el escenario cinco (cabra de 50 kg de PV, producción de 3 kg de leche/día con 4% de grasa) se pueden observar en el cuadro 19 el cual muestra que la cantidad de alimento en kilogramos de materia seca por día (Kg/MS/Día) que requiere una cabra según marca el modelo, el cual es de 2.4 Kg/MS/Día, igualmente se puede observar la cantidad de alimento Kg/MS/Día que suplementa el operador del modelo la cual se de 2.59 Kg/MS/Día contra 2.77 Kg que ofrece el productor a las cabras en esas mismas condiciones. En ambos casos se puede apreciar un exceso en la cantidad de alimento de Kg/MS/Día, sin embargo el exceso en la cantidad de alimento Kg/MS/Día es menor cuando se balancea la ración con el PBACL en comparación con la ración aportada por el productor.

Como se puede observar en el cuadro 19, en la fila de “nutrientes requeridos” existen los nutrientes encontrados en el modelo de acuerdo a las tablas de la NRC (1981) para una cabra con esas características. En la fila de total de “nutrientes suplementados” el modelo muestra las cantidades de nutrientes para esa cabra de acuerdo al consumo de materia seca estimado por el operador del modelo que en este caso es de 2.59 kg/MS/Día.

**Cuadro 19. Resultados del escenario cinco obtenidos con el modelo PBACL para una cabra de 50 kg de PV, producción de 3.0 kg de leche/día con 4.0% de grasa**

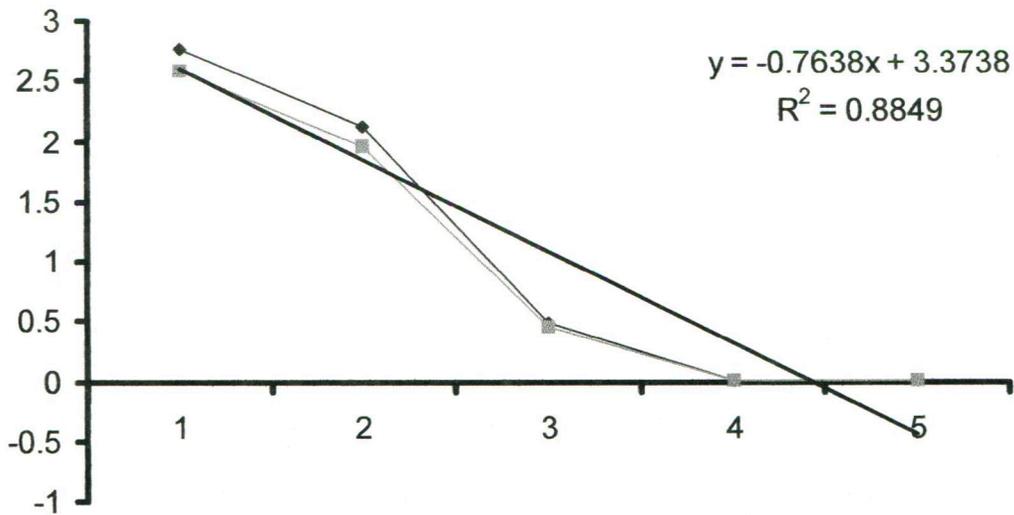
**Escenario 5**

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>CMS (kg)</b>	<b>TDN (kg)</b>	<b>PC (kg)</b>	<b>Ca (kg)</b>	<b>P (kg)</b>	<b>Costo/día</b>
Heno de alfalfa 10% floración	<b>1.80</b>	1.62	1.30	0.28	0.0023	0.0037	\$3.240
Maíz rolado	<b>0.30</b>	0.28	0.24	0.06	0.0003	0.0012	\$1.500
Semilla de algodón	<b>0.20</b>	0.18	0.08	0.01	0.0003	0.0002	\$0.240
Concentrado 20% de PC	<b>0.35</b>	0.31	0.22	0.06	0.0017	0.0006	\$1.400
Grasa de by pass	<b>0.05</b>	0.05	0.04	0.02	0.0000	0.0000	\$0.125
Semilla de escoba	<b>0.05</b>	0.05	0.04	0.01	0.0000	0.0001	\$0.093
Frijol	<b>0.06</b>	0.05	0.04	0.01	0.0001	0.0003	\$0.180
Suplemento Ca y P	<b>0.05</b>	0.05	0.00	0.00	0.0069	0.0035	\$0.250
<b>Total de nutrientes suplementados</b>	<b>2.86</b>	2.59	<b>1.96</b>	<b>0.45</b>	<b>0.0116</b>	<b>0.0096</b>	\$7.028
<b>Nutrientes requeridos</b>		2.40	<b>1.89</b>	<b>0.33</b>	<b>0.0140</b>	<b>0.0098</b>	
<b>Diferencia</b>			<b>0.07</b>	<b>0.12</b>	<b>(0.0024)</b>	<b>(0.0002)</b>	

En la fila denominada “**diferencia**” se observa las diferencias entre los nutrientes requeridos por las cabras y los nutrientes aportados al utilizar el modelo en el cual se puede observar deficiencias en Ca (0.0024) y P (0.0002), sin embargo esta diferencia se encuentra dentro del rango de tolerancia ( $\pm 5\%$ .) en la ración aportada por el productor se puede observar una deficiencia de Ca sin embargo esta diferencia esta dentro del rango de tolerancia.

El costo de la ración obtenido por el productor es de \$ 7.58 por cabra/ por día y el costo obtenido en la evaluación del modelo es de \$ 7.02 es decir existe una diferencia de \$ 0.56, esta diferencia en precio se debe a los excesos en la cantidad de CMS, TND, PC y P que tiene el productor en su ración y en el proceso del balanceo utilizando el modelo se ajustaron los valores de los ingredientes lo mas cercano a los valores requeridos además de mejorar el costo de la ración.

Los resultados del proceso de validación para este escenario entre los valores de entrada del productor y los ajustados por el operador del modelo muestran que se encontró una ecuación de regresión de  $Y = -0.76038X + 3.3738$  y una coeficiente de regresión de  $R^2 = 0.8849$ .



**Figura 7. Resultado del análisis de regresión para el escenario cinco (cabra de 50 kg de PV, producción de 3.0 kg de leche/día con 4.0% de grasa) obtenido con el PBACL.**

### Resultados del escenario 6

Los resultados obtenidos para el escenario seis (cabra de 60 kg de PV, producción de 4 kg de leche/día con 4% de grasa) se pueden observar en el cuadro 20 el cual muestra los ingredientes utilizados y la cantidad de alimento en kilogramos de materia seca por día (Kg/MS/Día) que requiere una cabra según lo estimado por el modelo y la RNC (1981), el cual es de 3.10 Kg/MS/Día, igualmente se puede observar la cantidad de alimento Kg/MS/Día que suplementa el operador del modelo la cual es de 3.17 Kg/MS/Día contra 2.95 Kg que ofrece el productor a las cabras en esas mismas condiciones (Cuadro 6 del apéndice).

En este escenario se puede apreciar un exceso en la cantidad de alimento de Kg/MS/Día en la ración balanceada con el modelo y una deficiencia en la ración del productor, sin embargo ambas cantidades se encuentran dentro del rango de tolerancia ( $\pm 5\%$ ). Así mismo se pueden observar deficiencias en la ración del productor en TND (-0.06) Ca (-0.049) y P (-0.0012), al ajustar las cantidades de los ingredientes el operador del modelo y obtener 3.17 kg/MS, los cuales se ajustan en el PBACL, el cual también muestra deficiencias para los minerales en Ca (-0.0037) y P (-0.0004), sin embargo estos valores se encuentran dentro del rango de tolerancia ( $\pm 5\%$ )

El costo de la ración obtenido por el productor es de \$ 8.33 por cabra/ por día tal y como se muestra en cuadro 6 del apéndice, mientras que el costo obtenido por el operador del modelo en el proceso de balanceo de la ración, el modelo en su salida muestra un valor en la columna de “**costo/día**” de \$ 8.15 es decir existe una diferencia de \$ 0.18, esta diferencia se debe en la variación de la cantidad de los nutrientes y a que la ración del productor tiene deficiencias en tres de los nutrientes TND, Ca y P.

Esta diferencia en costo por alimento (\$0.18) si el productor tuviera 2000 cabras representaría un costo diario (perdida) de \$360 pesos solo en ese rubro de alimentación además de que no está cubriendo las necesidades nutritivas de sus animales, razón por la cual se justifica el desarrollo de este tipo de programas de balanceo de raciones sencillos y prácticos pueden apoyar a los productores a

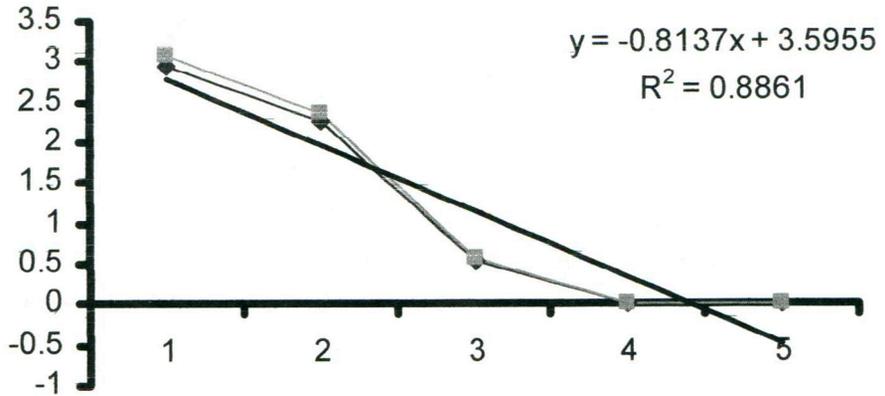
tomar decisiones y ha ser más eficientes en el uso de sus recursos, esta misma situación ocurre en el escenario uno y en el proceso del balanceo utilizando el modelo se ajustaron los valores de los ingredientes lo más cercano a los valores requeridos.

**Cuadro 20. Resultados del escenario seis obtenidos con el modelo PBACL para una cabra de 60 kg de PV, producción de 4.0 kg de leche/día con 4% de grasa.**

<b>Escenario 6</b>							
<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>CMS (kg)</b>	<b>TDN (kg)</b>	<b>PC (kg)</b>	<b>Ca (kg)</b>	<b>P (kg)</b>	<b>Costo/día</b>
Heno de alfalfa 10% floración	<b>2,20</b>	1,98	1,58	0,34	0,0028	0,0046	\$3,960
Maíz rolado	<b>0,40</b>	0,38	0,32	0,09	0,0004	0,0016	\$1,280
Semilla de algodón	<b>0,17</b>	0,15	0,07	0,01	0,0002	0,0001	\$0,323
Concentrado 20% de PC	<b>0,43</b>	0,38	0,28	0,08	0,0021	0,0007	\$1,720
Grasa de by pass	<b>0,08</b>	0,07	0,06	0,03	0,0000	0,0000	\$0,188
Semilla de escoba	<b>0,08</b>	0,07	0,06	0,01	0,0000	0,0002	\$0,143
Frijol	<b>0,09</b>	0,08	0,06	0,02	0,0001	0,0004	\$0,270
Suplemento Ca y P	<b>0,06</b>	0,05	0,00	0,00	0,0076	0,0038	\$0,275
<b>Total de nutrientes suplementados</b>	<b>3,50</b>	3,17	<b>2,43</b>	<b>0,57</b>	<b>0,0133</b>	<b>0,0115</b>	\$8,158
<b>Nutrientes requeridos</b>		3,10	<b>2,33</b>	<b>0,42</b>	<b>0,0170</b>	<b>0,0119</b>	
<b>Diferencia</b>			<b>0,10</b>	<b>0,15</b>	<b>(0,0037)</b>	<b>(0,0004)</b>	

Para validar este escenario se realizó un análisis de regresión entre los valores obtenidos por el productor y los valores estimados con el modelo de acuerdo a las recomendaciones de la RNC (1981). Para este escenario se

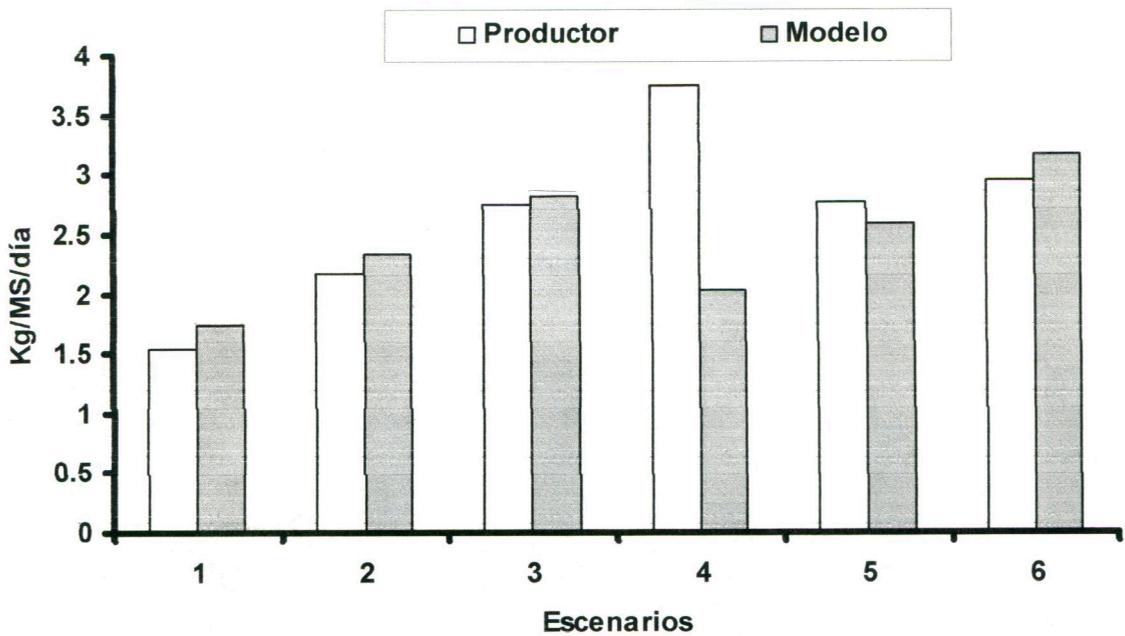
encontró una ecuación de regresión de  $Y = -0.8137X + 3.5955$  y un coeficiente de regresión de  $R^2 = 0.8861$  tal y como se muestra en la figura 8.



**Figura 8. Resultado del análisis de regresión para el escenario seis (cabra de 60 kg de PV, producción de 4.0 kg de leche/día con 4% de grasa) obtenido con el PBACL.**

Los resultados anteriores indican que en general el modelo de acuerdo a los valores e ingredientes utilizados en la matriz de entrada, muestra en sus valores de salida valores y requerimientos que llenan las necesidades de las cabras para diferentes pesos y producciones de leche, así como permitir el poder obtener el costo de la ración.

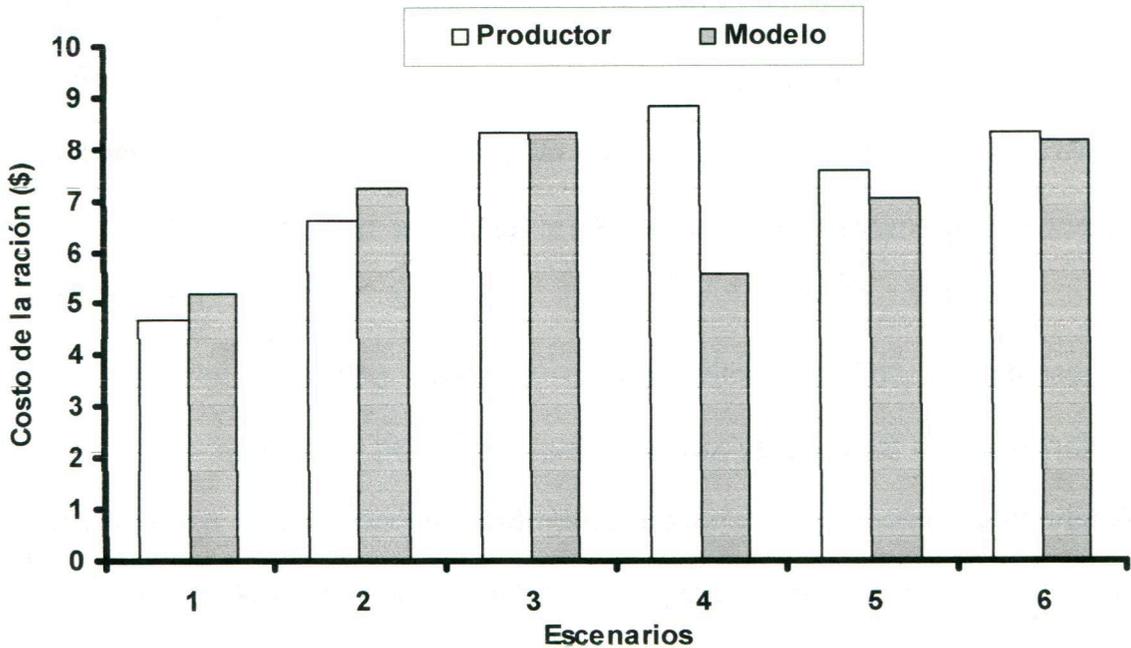
Al analizar los resultados en conjunto de los seis escenarios para dos componentes importantes como son la cantidad de alimento suministrado por día y el costo de la ración en la figura 9 se puede observar que el escenario 4 es el que muestra las mayores diferencias hasta de 1.76 kg/MS/día por animal, mientras que los otros escenarios las diferencias no son muy elevadas.



**Figura 9. Resultado del análisis de la matriz de salida para consumo de materia seca por cabra (kg/MS/día) para seis escenarios obtenidos con el Programa de Balanceo para Cabras Lecheras en la Comarca Lagunera.**

Al capturar los ingredientes y cantidades del productor del escenario cuatro en el modelo este muestra en la matriz de salida un exceso de nutrientes y por ende un suministro de 1.75 kg/MS más por día repercutiendo de la misma manera en los costos de producción ya que se tiene un costo por parte del mismo de \$ 3.27 pesos más por día, además al realizar el análisis de la información se encontró que la producción de esas cabras es tan solo de dos kilogramos al día y su peso de 40 kg. es decir que alimenta con la misma cantidad a todos sus animales sin importar peso vivo ni nivel de producción. Adicionalmente el operador del modelo puede ajustar las cantidades de ingredientes de la ración para obtener un alimento balanceado al menor costo posible y al mismo tiempo satisfacer las necesidades nutritivas de los animales.

En la figura 10 se muestra el concentrado de las matrices de salida para el componente "costo/día" para los seis escenarios encontrando que el escenario cuatro es el que muestra las más amplias variaciones.



**Figura 10. Resultado del análisis de la matriz de salida para costo de la ración por cabra (\$/día) para seis escenarios obtenidos con el Programa de Balanceo para Cabras Lecheras (PBACL) en la Comarca Lagunera.**

La utilización de este tipo de programas y modelos para balanceo de raciones permiten evaluar de manera rápida y sencilla si el productor esta llenando las necesidades tanto de materia seca como de los nutrientes de sus cabras para diferentes niveles de producción y peso vivo, sin embargo lo anterior depende de disponer de la información de los ingredientes empleados en su ración así como el de disponer de la información y composición nutritiva de cada uno de ellos, además de contar con el precio por kilogramo de los mismos.

## CONCLUSIONES

- 1.- De acuerdo a los resultados obtenidos en las salidas de los cuatro nutrientes (PC, TND, Ca y P) de interés en el modelo y la cantidad de alimentos proporcionado en kg/MS/día, se considera que fue exitoso en predecir los requerimientos nutritivos de las cabras en producción con diferentes producciones de leche por día y diferentes pesos en la alimentación del sistema de producción intensiva caprina.
- 2.- El modelo se considera genérico, determinístico, estático, no estocástico basada en hojas de cálculo de Excel, que es capaz de predecir cierta tecnología de acuerdo a los valores de los parámetros de entrada y hace una aportación importante en el desarrollo de sistemas de balanceo de raciones sencillo y de apoyo a la toma de decisiones.
- 3.- El modelo en el Output (Salidas) permite simular de manera razonable las cantidades de cada uno de los nutrientes de acuerdo a los ingredientes y cantidades utilizados y formular una ración balanceada.
- 4.- La construcción de este tipo de programas de balanceo permite analizar de una manera sistemática las respuestas a diferentes ingredientes disponibles y a las cantidades de los mismos dentro del sistema de producción hasta alcanzar el balanceo de los nutrientes, además de permitir obtener el costo de la ración, lo que permite al productor poder analizar y tomar decisiones y disponer de herramientas analíticas para auxiliar a los productores en la toma de decisiones y poder ser más eficientes en el sistema de producción.

5.- Dentro de las limitaciones del modelo se encuentra que se hace necesario incorporar más nutrientes como la energía metabolizable, energías netas para producción, la fibra detergente neutro y fibra detergente ácido tanto de los ingredientes como los de la composición química de los mismos que se trataran de ir introduciendo en la medida que se disponga de la información.

# **A P E N D I C E**

**INGREDIENTES Y CANTIDADES UTILIZADAS POR EL PRODUCTOR**

Cuadro 1. Ingredientes utilizados y cantidades de los mismos en la alimentación de cabras lecheras con peso de 40 kg. 2.5 lts/leche con 3.5% de grasa

<b>Escenario 1</b>									
<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>CMS (kg)</b>	<b>TDN (kg)</b>	<b>PC (kg)</b>	<b>Ca (kg)</b>	<b>P (kg)</b>	<b>Costo/día</b>		
Heno de alfalfa 10% floración	<b>1.00</b>	0.90	0.72	0.15	0.0013	0.0021	\$1.800		
Concentrado 20% de PC	<b>0.70</b>	0.62	0.45	0.12	0.0034	0.0012	\$2.800		
Suplemento Ca y P	<b>0.02</b>	0.02	0.00	0.00	0.0013	0.0026	\$0.100		
<b>Total de nutrientes suplementados</b>	<b>1.72</b>	1.54	<b>1.17</b>	<b>0.28</b>	<b>0.0060</b>	<b>0.0059</b>	<b>\$4.700</b>		
<b>Nutrientes requeridos</b>		1.8	<b>1.24</b>	<b>0.21</b>	<b>0.0070</b>	<b>0.0049</b>			
<b>Diferencia</b>			<b>(0.07)</b>	<b>0.07</b>	<b>(0.0010)</b>	<b>0.0010</b>			

Cuadro 2. Ingredientes utilizados y cantidades de los mismos en la alimentación de cabras lecheras con peso de 50 kg. 3.0 lts/leche con 3.5% de grasa

<b>Escenario 2</b>									
<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>CMS (kg)</b>	<b>TDN (kg)</b>	<b>PC (kg)</b>	<b>Ca (kg)</b>	<b>P (kg)</b>	<b>Costo/día</b>		
Heno de alfalfa 10% floración	<b>1.40</b>	1.26	1.01	0.21	0.0018	0.0029	\$2.520		
Concentrado 20% de PC	<b>1.00</b>	0.89	0.64	0.18	0.0049	0.0017	\$4.000		
Suplemento Ca y P	<b>0.02</b>	0.02	0.00	0.00	0.0013	0.0026	\$0.100		
<b>Total de nutrientes suplementados</b>	<b>2.42</b>	2.17	<b>1.65</b>	<b>0.39</b>	<b>0.0080</b>	<b>0.0072</b>	<b>\$6.620</b>		
<b>Nutrientes requeridos</b>		2.4	<b>1.69</b>	<b>0.30</b>	<b>0.0100</b>	<b>0.0070</b>			
<b>Diferencia</b>			<b>(0.04)</b>	<b>0.09</b>	<b>(0.0020)</b>	<b>0.0002</b>			

Cuadro 3. Ingredientes utilizados y cantidades de los mismos en la alimentación de cabras lecheras con peso de 60 kg. 4.0 lts/leche con 3.5% de grasa

<b>Escenario 3</b>									
<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>CMS (kg)</b>	<b>TDN (kg)</b>	<b>PC (kg)</b>	<b>Ca (kg)</b>	<b>P (kg)</b>	<b>Costo/día</b>		
Heno de alfalfa 10% floración	<b>1.80</b>	1.62	1.30	0.28	0.0023	0.0037	\$3.240		
Concentrado 20% de PC	<b>1.25</b>	1.11	0.80	0.22	0.0061	0.0021	\$5.000		
Suplemento Ca y P	<b>0.02</b>	0.02	0.00	0.00	0.0013	0.0026	\$0.100		
<b>Total de nutrientes suplementados</b>	<b>3.07</b>	2.75	<b>2.10</b>	<b>0.50</b>	<b>0.0097</b>	<b>0.0085</b>	<b>\$8.340</b>		
<b>Nutrientes requeridos</b>		3.1	<b>2.13</b>	<b>0.38</b>	<b>0.0120</b>	<b>0.0084</b>			
<b>Diferencia</b>			<b>(0.03)</b>	<b>0.12</b>	<b>(0.0023)</b>	<b>0.0001</b>			

INGREDIENTES UTILIZADOS POR EL PRODUCTOR

Cuadro 4. Ingredientes utilizados y cantidades de los mismos en la alimentación de cabras lecheras con peso de 40 kg. 2.0 lts/leche con 4.0% de grasa

<b>Escenario 4</b>									
Ingredientes	Cantidad (kg)	CMS (kg)	TDN (kg)	PC (kg)	Ca (kg)	P (kg)	Costo/día		
Heno de alfalfa 10% floración	2.00	1.80	1.44	0.31	0.0025	0.0041	\$3.600		
Maíz rolado	0.38	0.35	0.30	0.08	0.0004	0.0015	\$1.875		
Semilla de algodón	1.25	1.14	0.51	0.05	0.0017	0.0010	\$1.500		
Concentrado 20% de PC	0.31	0.28	0.20	0.06	0.0015	0.0005	\$1.250		
Grasa de by pass	0.06	0.06	0.05	0.03	0.0000	0.0000	\$0.156		
Semilla de escoba	0.06	0.06	0.05	0.01	0.0000	0.0002	\$0.116		
Frijol	0.06	0.06	0.04	0.01	0.0001	0.0003	\$0.188		
Suplemento Ca y P	0.03	0.03	0.00	0.00	0.0043	0.0021	\$0.155		
<b>Total de nutrientes suplementados</b>	<b>4.16</b>	<b>3.77</b>	<b>2.59</b>	<b>0.54</b>	<b>0.0106</b>	<b>0.0098</b>	<b>\$8.839</b>		
<b>Nutrientes requeridos</b>		1.80	1.25	0.22	0.0090	0.0063			
<b>Diferencia</b>			1.34	0.32	0.0016	0.0035			

Cuadro 5. Ingredientes utilizados y cantidades de los mismos en la alimentación de cabras lecheras con peso de 50 kg. 3.0 lts/leche con 4.0% de grasa

<b>Escenario 5</b>									
Ingredientes	Cantidad (kg)	CMS (kg)	TDN (kg)	PC (kg)	Ca (kg)	P (kg)	Costo/día		
Heno de alfalfa 10% floración	2.00	1.80	1.44	0.31	0.0025	0.0041	\$3.600		
Maíz rolado	0.38	0.35	0.30	0.08	0.0004	0.0015	\$1.875		
Semilla de algodón	0.13	0.11	0.05	0.00	0.0002	0.0001	\$0.150		
Concentrado 20% de PC	0.31	0.28	0.20	0.06	0.0015	0.0005	\$1.250		
Grasa de by pass	0.06	0.06	0.05	0.03	0.0000	0.0000	\$0.156		
Semilla de escoba	0.06	0.06	0.05	0.01	0.0000	0.0002	\$0.116		
Frijol	0.06	0.06	0.04	0.01	0.0001	0.0003	\$0.188		
Suplemento Ca y P	0.05	0.05	0.00	0.00	0.0069	0.0035	\$0.250		
<b>Total de nutrientes suplementados</b>	<b>3.05</b>	<b>2.77</b>	<b>2.13</b>	<b>0.49</b>	<b>0.0117</b>	<b>0.0102</b>	<b>\$7.584</b>		
<b>Nutrientes requeridos</b>		2.40	1.89	0.33	0.0140	0.0098			
<b>Diferencia</b>			0.24	0.16	(0.0023)	0.0004			

INGREDIENTES Y CANTIDADES UTILIZADAS POR EL PRODUCTOR

Cuadro 6. Ingredientes utilizados y cantidades de los mismos en la alimentación de cabras lecheras con peso de 60 kg. 4.0 lts/leche con 4.0% de grasa

<b>Escenario 6</b>													
<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>CMS (kg)</b>	<b>TDN (kg)</b>	<b>PC (kg)</b>	<b>Ca (kg)</b>	<b>P (kg)</b>	<b>Costo/día</b>						
Heno de alfalfa 10% floración	2.00	1.80	1.44	0.31	0.0025	0.0041	\$3.600						
Maíz rolado	0.45	0.42	0.36	0.10	0.0005	0.0018	\$2.250						
Semilla de algodón	0.15	0.14	0.06	0.01	0.0002	0.0001	\$0.180						
Concentrado 20% de PC	0.38	0.33	0.24	0.07	0.0018	0.0006	\$1.500						
Grasa de by pass	0.08	0.07	0.06	0.03	0.0000	0.0000	\$0.188						
Semilla de escoba	0.08	0.07	0.06	0.01	0.0000	0.0002	\$0.139						
Frijol	0.08	0.07	0.05	0.02	0.0001	0.0003	\$0.225						
Suplemento Ca y P	0.05	0.05	0.00	0.00	0.0069	0.0035	\$0.250						
<b>Total de nutrientes suplementados</b>	<b>3.25</b>	<b>2.95</b>	<b>2.27</b>	<b>0.53</b>	<b>0.0121</b>	<b>0.0107</b>	<b>\$8.331</b>						
<b>Nutrientes requeridos</b>		3.10	2.33	0.42	0.0170	0.0119							
<b>Diferencia</b>			(0.06)	0.11	(0.0049)	(0.0012)							

## LITERATURA CITADA

- Agricultural and Food Research Council (AFRC), 1998. The nutrition of goats. CAB International, Wallingford, UK.
- Boyazoglu, J., and P. Morand-Fehr. 2001. Mediterranean dairy sheep and goat products and their quality. A critical review. *Small Ruminant Research* 40:1-11.
- Ciappesoni, C.G. 2002. La producción caprina en Uruguay y Latinoamérica.. Czech University of Agriculture – Prague. Institute of Tropical and Subtropical Agriculture.
- FAO, 1999. Agricultural Statistics, Rome, Italy.
- FAO. 2005. Brucelosis de los ovinos y caprinos. Sanidad Animal. Tarjetas de las enfermedades. Departamento de Agricultura. Dirección de Sanidad y Producción Animal.  
<http://www.fao.org/ag/againfo/subjects/es/health/diseases-cards/brucellosi-ov.html>
- Goetsch, A.L., G. Detweiler, T. Sahlu, R. Puchalu, L.J. Dawson. 2001. E (kika) de la Garza institute for goat research, Langston University, Langston. OK 73050, USA. Elsevier. Sci.
- Haenlein, G. F.W. 1997. Goat management. Feeding goat for improved milk and meat production. Department of Animal and Food Sciences. University of Delaware. Newark, Delaware. USA. [http:// ag.udel.edu/extension/information/goatmagt/gm-02.htm](http://ag.udel.edu/extension/information/goatmagt/gm-02.htm).
- Haenlein, G.F.W. 1987. Mineral and vitamin requirements and deficiencies. Proceedings IV International Conference on Goat. Brasilia, Brazil. March 8-13 p 1249.
- Haenlein, G.F.W., 1998. The value of goat and sheep to sustain mountain farmers. *Int. J. Anim. Sci.* 13, 187 - 194.
- Ilahi, H., P. Chastin, F. Bouvier, J. Arhainx, E. Ricard, E. Manfredi. 1999. INRA, station d'Amélioration génétique des animaux, BP 27, 31326 castanet-tolosan cedex, France, Domaine INRA de Galle, 18520, Avord, France. Elsevier. Sci.
- Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). 1989. Ruminant nutrition: Recommended Allowances and Feed Tables. John Libbey, London.

- Kessler, J. 1991. Mineral nutrition of goats. In: Morand-Fehr (Ed.) Goat nutrition, Proc. Publi., Wageningen, Netherlands, EAAP. Publi. No. 46, p 104.
- Lachica, M and. J.F. Aguilera. 2005. Energy needs of the free-ranging goat. Small Ruminant Research. Volume 60, Issues 1-2;111-125.
- Lema, M. S/F. Sheep and goat nutrition guideline. Goat and Nutrition. GoatWorld.COM. [http:// www.goatworld.com/articles/nutrition/sheepgoatnutrition.shtml](http://www.goatworld.com/articles/nutrition/sheepgoatnutrition.shtml).
- Ligutti, M. E., Gonzalo, J., Delgado, J, y J. Muñoz J. 2005. Una alternativa en la explotación del costo de la ración en explotaciones ovinas y caprinas. Brilliant Alternatives W.E. (AGRIFOODS A.T).
- Lu, C. D., J.R. Kawas and O.G. Mahgoub. 2005. Fibre digestion and utilization in goats. Small Ruminant Research. Volume 60, Issues 1-2; 45-52.
- Luo, J., A. L. Goetsch, I. V. Nsahlai, T. Sahlu, C.L. Ferrell, F. N. Owens, M. L. Galyean J. E. Moore and Z. B. Johnson. 2004a, Metabolizable protein requirements for maintenance and gain of growing goats. Small Ruminant Research 53, 309-326.
- Luo, J., A. L. Goetsch, I. V. Nsahlai, Z. B. Johnson, T. Sahlu, J. E. Moore, C.L. Ferrell, M. L. Galyean and F. N. Owens. 2004, Maintenance energy requirements of goats: predictions based observations of heat and recovered energy. Small Ruminant Research 53, 221-230.
- Luo, J., A. L. Goetsch, T. Sahlu, I. V. Nsahlai, Z. B. Johnson, J. E. Moore, M. L. Galyean, F. N. Owens and C.L. Ferrell. 2004b. Prediction of Metabolizable energy
- Moore, J. A., M. H. Poore, and J. M. Luginbuhl. 2002. By-product feeds for meat goats: Effects on digestibility, ruminal environment and carcass characteristics. J. Anim. Sci. 82: 1752-1758.
- Moore, J. A., M.H.Poore and J.M. Luginbuhl. 2002. By-products feeds for meat goats: Effects on digestibility, ruminal environment and carcass characteristics. J. Anim. Sci. 82:1752-1758.  
MUVSA/ass/nut/goats.htm
- National Research Council. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6<sup>th</sup> Edition. National Academy Press. Washington, D.C.
- Niver J, W. 2005. Energy and Protein Nutrition of Goats. 2005 Nutrition Conference. Department of Animal Science, University of Tennessee. Tennessee Farmers Cooperative. La Vergne, TN.

- Nsahlai, I. V., A.L. Goetsch, J. Luo, Z. B. Johnson, J. E. Moore, T. Sahlu, C.L. Ferrell, M. L. Galyean and F.N. Owens. 2004. Metabolizable protein requirements of lactating goats. *Small Ruminant Research* 53, 327-337.
- Nsahlai, I. V., A.L. Goetsch, J. Luo, Z. B. Johnson, J. E. Moore, T. Sahlu, C.L. Ferrell, M. L. Galyean and F.N. Owens. 2004a. Metabolizable energy requirements of lactating goats. *Small Ruminant Research* 53, 253-273.
- Petersen, J. 1995. Nutrition in the goat. *Goat Nutrition*. <http://ivabs.mssey.ac.nz/> requirements for maintenance and gain of preweaning, growing and mature goats. *Small Ruminant Research* 53, 231-252
- PROGRESA. 1995. Programa PROGRESA. Gobierno de la Republica, México Distrito Federal.
- Romero, F. E. 1996. el manejo de los suelos para incrementar la producción de forrajes. II Ciclo Internacional de Conferencias sobre Nutrición y Manejo. Producción y manejo de forrajes para aumentar la eficiencia del ganado lechero. Grupo industrial LALA. Noviembre 21-23 Gómez Palacio Durango. P. 10-22.
- SAGARPA. 2006. Estadísticas de la Producción regional de Leche para la Región Lagunera. Subdirección de ganadería. Subdelegación Agropecuaria en la Comarca Lagunera. Cd. Lerdo Dgo. Enero 2006.
- Sahlu, T., A. L. Goetsch, J. Luo, I. V. Nsahlai, J. E. Moore, M. L. Galyean, F.N. Owens, C. L. Ferrell and Z. B. Johnson. 2004, Nutrient requirements of goats: developed equations, other considerations, and future research to improve them. *Small Ruminant Research* 53, 191-219.
- Schoenian. S. 2003. An introduction to feeding small ruminants. Area Agent Sheep and Goats. Western Maryland Research & Education Center. Maryland Cooperative Extensión.
- Schoenian. S., N. C. Whitley and E. Johnson. 2002. Economical feedstuff for on-farm neat goat diets. University of Maryland College Park. University of Maryland Eastern Shore, Princes Anne. Maryland Cooperative Extensión.
- SIAP, S.d.I.y.E.A.y.P., con información de las Delegaciones de la SAGARPA. 2002. Consumo Nacional Aparente [Online]. Available by SIAP [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx) (posted 20/09/00; verified 15/12/2001).
- SIAP, S.d.I.y.E.A.y.P., con información de las Delegaciones de la SAGARPA. 2002a. Animales sacrificados [Online]. Available by SIAP [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx) (posted 12/2001; verified 15/12/2001).

- SIAP, S.d.I.y.E.A.y.P., con información de las Delegaciones de la SAGARPA. 2002b. Producción Nacional de Ganado en Pie [Online]. Available by SIAP [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx) (posted 12/2001; verified 15/12/2001).
- SIAP, S.d.I.y.E.A.y.P., con información de las Delegaciones de la SAGARPA. 2006. Población Ganadera Caprina [Online]. Available by SIAP [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx) (posted 12/2001; verified 15/12/2006).
- SIAP, S.d.I.y.E.A.y.P., con información de las Delegaciones de la SAGARPA. 2002d. Importación de carne de caprino en México [Online]. Available by SIAP [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx) (posted 12/2001; verified 15/12/2001).
- SIAP, S.d.I.y.E.A.y.P.c.i.d.I.D.d.I.S. 2002e. Producción Nacional de Leche [Online]. Available by SIAP [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx) (posted diciembre 2001; verified 15 diciembre 2002).
- SIAP, S.d.I.y.E.A.y.P.c.i.d.I.D.d.I.S. 2002f. Producción Nacional de Carne [Online]. Available by SIAP [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx) (posted diciembre 2001; verified 15/12/2002).
- Sutton, D. J., G. Alderman. 2000. The energy and protein requirements of pregnant and lactating dairy goats. The agriculture and food research council report. Department of agriculture, the University of reading, earley gate, reading RG6, UK. Elsevier Sci.
- Terril, T. H., S.Galaye, E.A. Amoah, S. Miller, B. Kouakou, R.N. Gates, and W. W. Haana. 1998. Protein and energy value of pearl millet grain from mature goats. Agricultural research station, fort valley state university, fort valley. GA. Journal animal science. 76:1964-1969.