

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**



Universidad de El Salvador

Hacia la libertad por la cultura.

“ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS CON DIETAS BASADAS EN ENSILADO ELABORADO CON MEZCLA DE CANAVALLA (*Canavalia ensiformis*) Y SORGO (*Sorghum bicolor*) Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN, EFICIENCIA EN EL USO DE NUTRIENTES Y RENTABILIDAD”

POR:

GARCÍA FLORES, RAFAEL ANTONIO

RAMOS SOSA, RUDY ANTHONY

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA.**

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2011.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

RECTOR:

Ing. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL:

Dra. ANA LETICIA DE AMAYA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS.

DECANO:

Ing. Agr. Msc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO:

Ing. Agr. Msc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO.

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

F: _____
Ing. Msc. NAPOLEÓN EDGARDO PAZ QUEVEDO.

DOCENTES DIRECTORES

F: _____
Ing. Msc. ELMER EDGARDO COREA GUILLÉN

F: _____
Ing. Agr. JUAN MILTON FLORES TENSOS.

F: _____
Ing. Agr. ENRIQUE ALONSO ALAS GARCÍA

COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

F: _____
Ing. Agr. CARLOS ENRIQUE RUANO IRAHETA

RESUMEN

Esta investigación se desarrolló en la lechería de la Asociación Cooperativa Astoria ubicada en el municipio de San Pedro Masahuat, departamento de La Paz; y en el laboratorio de Química Agrícola, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador; durante los meses de octubre a diciembre de 2010. Consistió en dos estudios para los que se utilizaron vacas Holstein en ordeño con número de partos entre 2 y 5.

En el Estudio 1, 30 vacas Holstein (506 kg de peso corporal (\pm 26.7 kg), 21.3 kg de leche/día) fueron divididas en tres grupos para recibir dietas con tres fuentes forrajeras, Dieta 1 (n=10) ensilado sorgo-canavalia, Dieta 2 (n=10) a base de ensilado de sorgo y Dieta 3 (n=10) a base de ensilado de sorgo-vigna. Las dietas fueron balanceadas en el programa CPM Dairy® para ser isocalóricas (2.2 Mcal EM/Kg) e isoprotéicas (16.9% PC) y sostener una producción de 26 kg/día.

En el Estudio 2, se compararon tres diferentes proporciones (%) de ensilado de sorgo-canavalia y concentrado (forraje:concentrado) en la dieta, utilizando 30 vacas (450 kg de peso corporal (\pm 27.4 kg), 16 kg de leche/día) que fueron divididas para recibir Dieta 1(n=10) 50:50, Dieta 2(n=10) 60:40 y Dieta 3 (n=10) 70:30. Las dietas se ofrecieron como Ración Total Mezclada (RTM) y fueron formuladas con CPM Dairy® para ser isocalórica (2,26 EM Mcal / Kg) e isoprotéicas (16,6% PC) para una producción de 20 kg/día

Las vacas fueron alimentadas cuatro veces y ordeñadas mecánicamente dos veces al día. Los experimentos duraron 21 días, con 14 de adaptación y 7 de recolección de datos. Se pesó el alimento ofrecido y rechazado, la producción individual, y las heces diariamente. Se tomaron muestras de leche/vaca, de alimento y de heces en tres días. Se determinaron Nitrógeno Ureico (NUL), grasa y proteína de la leche. En alimento y heces se determinó Humedad, Proteína y Fibra Neutro Detergente (FND). Se evaluaron las variables: consumo, producción e ingreso, composición de la leche, composición de las heces y eficiencia y excreción de nitrógeno. Los datos fueron analizados utilizando un modelo completo al azar con tres tratamientos (Dietas) utilizando PROC MIXED de SAS. Las diferencias se consideraron significativas a $p < 0.05$.

En el Estudio 1, las dietas conteniendo leguminosas (D1= Canavalia, D3= Vigna), tuvieron una tendencia a mayor consumo de Materia Seca D1= 18.04 kg, D3= 18.34 kg en comparación con la dieta con sorgo D2= 17.47 kg, ($p=0.07$). El consumo de PC fue mayor también en estas dietas D1= 3223 gr, D3= 3400 gr, D2= 2965 gr, ($p < 0.01$). El costo de las dietas con leguminosas fue menor D1= \$4.42, D3= \$4.42, D2= \$4.83, ($p < 0.01$), la producción tendió a ser mayor D1= 20.75 kg, D3= 22.03 kg, D2= 19.38 kg ($p=0.11$) y el ingreso sobre el

costo de alimentación también fue mayor D1= \$4.96, D3= \$5.54, D2= \$3.93 ($p < 0.05$) con el uso de leguminosas. Las dietas no produjeron diferencias en el contenido de NUL, grasa, ni proteína de la leche. No se encontró diferencias en los componentes de las heces (Humedad, PC, FND), en las cantidades de heces secas o húmedas ni en la digestibilidad de la MS y la eficiencia en la conversión de MS a leche, pero los valores medios de estas últimas dos fueron mejores para las dietas con leguminosas. El contenido de N en leche, Heces y Orina y la eficiencia en el uso de N en leche fueron también similares entre las dietas.

En el Estudio 2, los consumos de MS y PC fueron similares en las tres proporciones de forraje:concentrado. Los costos de las dietas fueron D1 (50:50)= \$4.29, D2 (60:40)= 4.41 y D3 (70:30) = \$4.69. Aunque no se encontraron diferencias significativas en la producción ($p = 0.19$), el ISCA ($p = 0.21$) y el costo en alimentación por kg de leche producida ($p = 0.16$), los valores promedio de estas variables fueron mejores con las proporción de 60:40. El NUL y la PC de la leche fueron similares, pero la grasa en la leche D1 = 3.44%, D2 = 3.66% y D3 = 3.87%, tendieron a incrementar con el aumento en el forraje ($p = 0.08$). Aunque el contenido de MS de las heces disminuyó con el aumento en el uso de forrajes D1 = 16.16%, D2 = 15.7% y D3 = 15.34% ($p > 0.05$), no se encontró diferencias en los componentes de las heces PC y FND, en las cantidades de heces frescas y húmedas, la digestibilidad de la MS y la eficiencia en la conversión de MS a leche. El contenido de N en heces, orina y leche fueron similares entre tratamientos (dietas), y la eficiencia en el uso de N en leche tendió a ser mayor con 60:40 (25.0%) que con 70:30 (23.15%) y con 50:50 (20.62%) ($p = 0.12$).

Se concluye que la inclusión de las leguminosas, Vigna y Canavalia, en dietas balanceadas para vacas lecheras disminuye el contenido de FND y aumenta el consumo, lo cual permite una mayor producción y un ingreso sobre el costo de alimentación (ISCA) también mayor, sin cambios en la composición de la leche en comparación con alimentación de ensilado de sorgo solo como forraje y que la utilización de ración total mezclada (RTM) en proporción de 60:40 (ensilado de sorgo-canavalia:concentrado) en la alimentación de vacas lecheras tiene menor costo y da lugar a una mayor producción de leche y por lo tanto, mayor ISCA.

Palabras claves: Leguminosas, alimentación de vacas, relación forraje:concentrado, Canavalia, Vigna, Sorgo.

AGRADECIMIENTOS

Asociación Cooperativa Astoria por su apoyo durante la fase de campo y permitirnos realizar esta investigación que sin su ayuda no hubiera sido posible.

Departamento de Química Agrícola por permitirnos hacer los análisis de laboratorio necesarios para la investigación.

A Nuestros Asesores Elmer Edgardo Corea, Enrique Alonso Alas García, y Milton Flores Tensos por ayudarnos en esta tarea de investigación científica. También a Marcela Salinas que trabajó junto a nosotros en el laboratorio.

A Nuestras familias por apoyarnos incondicionalmente.

DEDICATORIA.

A Leticia Sosa
y Segundo Ramos,
*de su camino heredo la memoria que me guía
y mi amor nace de su entrega en mi sangre.*

A Wilson, Krissia, Karla y José
mis espejos

Rudy Anthony Ramos Sosa

DEDICATORIA

A nuestras familias por el apoyo ofrecido durante todos estos años, a María Margarita Flores Cornejo mi madre y a mis hermanas Evelin, Marlin y Sandra García.

Asociación Cooperativa Astoria por darnos la oportunidad y la confianza de realizar nuestro estudio en su hato lechero y utilizando sus instalaciones para las actividades de campo.

Departamento de Química Agrícola por permitirnos realizar los análisis de laboratorio y transmitirnos todos los conocimientos prácticos y teóricos de las técnicas utilizadas y por ser parte en este proceso de superación personal y profesional, a la jefa del departamento Lic. Linarez, a Fredy, a la Lic. Lore, al ing. Carrillo, a la niña Mercedita, A Nerio, La Ing. Lupita y a Norvis.

A Nuestros Asesores Elmer Edgardo Corea, Enrique Alonso Alas García, y Milton Flores Tensos por darnos esta oportunidad de realizar este trabajo final con las mejores herramientas para hacer un estudio de calidad, su contribución y dirección científica y a Marcela Salinas por su ayuda en el desarrollo de la parte de análisis de laboratorio.

A mis amigos que han permitido que la esperanza de un día mejor prevalezca ante la desilusión, a Carolina Regalado por darme el ánimo que necesite y abrirme las puertas de su vida en un momento difícil de mi vida, a mis también compañeros Edwin García el Colocho, Guadalupe Barahona la Lupy, Adal (Q.E.P.D) por la compañía en este camino.

Rafael Antonio García Flores

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
INDICE DE CUADROS.....	xiv
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
INDICE DE ANEXOS.....	xvii
INDICE DE CUADROS DE ANEXOS.....	xvii
INDICE DE FIGURAS DE ANEXOS.....	xviii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1. Antecedentes.....	2
2.10. Impacto de las ganaderías en el ambiente.....	21
2.11. Aspectos económicos en la ganadería lechera.....	21
2.12. Calidad de la leche.....	22
2.12.1. Composición físico química de la leche.....	22
2.12.2. Calidad bromatológica de la leche.....	22
2.2. Leguminosas en sistemas de alimentación de ganado.....	2
2.3. Descripción de Gramíneas y Leguminosas.....	4
2.3.1 Características botánicas de las gramíneas.....	4
2.3.2 Características botánicas de las leguminosas.....	4
2.4. Canavalia (Canavalia ensiformis).....	5
2.4.1. Canavalia en alimentación de animales.....	6
2.5. Sorgo (Sorghum bicolor).....	7
2.5.1. Botánica del sorgo.....	7
2.5.2. Requerimientos edafo climáticos.....	7
2.5.3. Épocas y sistema de siembra en monocultivo.....	8

2.6. Frijol mono (<i>Vigna unguiculata</i>).....	9
2.6.1. Morfología.....	9
2.6.2. Requerimiento de clima y suelo.....	9
2.7. Alimentación de las vacas lecheras.....	9
2.7.1. Factores considerados en la formulación de raciones.....	10
2.7.1.1. Requerimientos nutritivos.....	10
2.7.1.2. Clasificación de los alimentos.....	10
2.7.1.2.1. Forrajes.....	10
2.7.1.2.2 Concentrados.....	11
2.7.1.2.3. Minerales.....	12
2.7.1.2.4. Vitaminas.....	12
2.8. Factores que influyen el consumo de alimento.....	12
2.8.1. Factores ligados al animal.....	12
2.8.2. Factores ligados a la dieta.....	12
2.8.3. Factores ambientales.....	13
2.9. Eficiencia en el uso de los nutrientes en el ganado lechero.....	13
2.9.1. Proteínas.....	13
2.9.1.1. Degradación ruminal de la proteínas.....	13
2.9.1.2. Metabolismo del nitrógeno en rumiantes.....	14
2.9.1.3. El ciclo de la Urea.....	15
2.9.1.4. Nitrógeno ureico en leche (NUL.....	16
2.9.2. Lípidos.....	17
2.9.3. Carbohidratos.....	18
2.9.3.1. Fibra.....	18
2.9.3.1.1. Celulosa.....	18
2.9.3.1.2. Hemicelulosa.....	18
2.9.3.1.3. Pectinas.....	19

2.9.3.1.4. La lignina.....	19
2.9.3.2. Clasificación de la fibra.....	19
2.9.3.2.1. Fibra Neutro Detergente.....	20
2.9.3.2.2. Fibra Acido Detergente.....	20
2.9.3.3. Degradación de los carbohidratos estructurales.....	20
3. MATERIALES Y METODOS.....	23
3.1. Ubicación y características climáticas.....	23
3.2. Animales.....	23
3.3. Descripción de ensayos.....	23
3.3.1. Ensayo 1. Comparación entre forrajes.....	24
3.3.2. Ensayo 2\.....
Comparación proporciones de ensilaje de sorgo-canavalia y concentrado.....	25
3.4. Manejo.....	26
3.5. Toma de Muestras.....	27
3.5.1. Alimento.....	27
3.5.2. Leche.....	27
3.5.3. Heces.....	27
3.6. Toma de Datos.....	28
3.6.1. Producción Láctea.....	28
3.6.2. Consumo.....	28
3.6.3. Costos.....	28
3.7.1 Alimento y Heces.....	29
3.7.1.1. Humedad Parcial.....	29
3.7.1.2. Determinación de Nitrógeno y proteína cruda (método de kjeldahl.....	29
3.7.1.3. Fibra Neutro Detergente por el Método de Van SÖEST.....	29
3.7.2 Leche.....	29

3.7.2.1. Determinación de Grasa en leche (Método de Babcock.....	29
3.7.2.2. Determinación de nitrógeno ureico en leche (NUL).....	30
3.7.2.3. Determinación de Nitrógeno y proteína cruda (método de kjeldahl.....	30
3.8. Metodología Estadística.....	30
3.8.1. Diseño estadístico.....	30
3.8.2. Modelo matemático.....	31
3.8.3. Variables independientes.....	31
3.8.4. Variables dependientes.....	31
3.8.4.2. Rendimiento.....	32
3.8.4.3. Composición de la leche.....	32
3.8.4.4. Composición de las heces y eficiencia.....	32
3.8.4.5. Excreción de Nitrógeno.....	32
3.8.5. Comparación económica.....	33
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1. Estudio 1.....	33
4.1.1. Composición del alimento y consumo.....	33
4.1.2. Rendimiento y utilidad.....	34
4.1.3. Composición de la leche.....	35
4.1.4. Composición de las heces y eficiencia.....	36
4.1.5. Consumo y excreción de nitrógeno.....	37
4.2. Estudio 2.....	38
4.2.1. Composición del alimento y consumo.....	38
4.2.2. Rendimiento y utilidad.....	39
4.2.3. Composición de la leche.....	40
4.2.4. Composición de las heces y eficiencia.....	41
4.2.5. Consumo y excreción de Nitrógeno.....	42
5. CONCLUSIONES.....	44

6. RECOMENDACIONES.....	45
7. BIBLIOGRAFIA.....	46
8. ANEXOS.....	54
INGREDIENTES.....	24
8. ANEXOS.....	
.....	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características agronómicas del sorgo CENTA S-2.....	8
Cuadro 2. Análisis bromatológico del sorgo CENTA S-2.....	8
Cuadro 3 .Ecuaciones para predecir los requerimientos de vitaminas en ganado lechero.....	12
Cuadro 4 Descripción de las dietas tal como ofrecidas (Materia Húmeda) en estudio 1.....	24
Cuadro 5 Composición nutricional de las dietas en estudio 1	24
Cuadro 6 Composición del alimento ofrecido.....	25
Cuadro 7. Descripción de las dietas tal como ofrecidas (Materia Húmeda) en estudio 2.....	25
Cuadro 8 Composición nutricional de las dietas en estudio 2 (Según programa CPM 2006)	26
Cuadro 9 Composición del alimento ofrecido.....	26
Cuadro 10 Descripción comparativa de los tratamientos (dietas) en los dos estudio.....	30
Cuadro 11 Análisis de varianza (ANVA).....	31
Cuadro 12. Variables independientes en los estudios 1 y 2.....	31
Cuadro 13. Alimento ofrecido y consumo diario en vacas lecheras alimentadas con dietas con tres diferentes fuentes forrajeras.....	34
Cuadro 14. Rendimiento y utilidad en vacas lecheras que consumen dietas con tres diferentes fuentes forrajeras.....	35
Cuadro 15. Composición de la leche en vacas lecheras que consumen dietas con tres diferentes fuentes forrajeras.....	36
Cuadro 16. Composición de las heces y eficiencia en vacas lecheras que consumen dietas con tres diferentes fuentes forrajeras.....	37
Cuadro 17. Consumo y excreción de Nitrógeno en vacas lecheras que consumen dietas con tres diferentes fuentes forrajeras.....	38
Cuadro 18 Composición del alimento y consumo diario en vacas lecheras alimentadas con dietas con diferentes relaciones de forraje:concentrado.....	39

Cuadro 19 Rendimiento y utilidad en vacas lecheras alimentadas con dietas con diferentes relaciones de forraje: concentrado.....	40
Cuadro 20 Composición de la leche en vacas lecheras alimentadas con dietas con diferentes relaciones de forraje:concentrado.....	40
Cuadro 21. Composición de las heces y eficiencia en vacas lecheras alimentadas con dietas con diferentes relaciones de forraje:concentrado.....	42
Cuadro 22. Consumo y excreción de Nitrógeno en vacas lecheras alimentadas con dietas con diferentes relaciones de forraje:concentrado.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

INDICE DE ANEXOS

INDICE DE CUADROS DE ANEXOS

INDICE DE FIGURAS DE ANEXOS

1. INTRODUCCIÓN

En la alimentación de bovinos las fuentes proteicas son importantes para cubrir los requerimientos de mantenimiento y producción, los altos costos de importación han impulsado la exploración de fuentes alternas de proteínas disponibles localmente y a bajo costo, tal es el caso de las leguminosas (Arteta y Zamora 2005), que son plantas especialmente ricas en proteína y aminoácidos esenciales con niveles que oscilan entre 15 y 40%. Entre ellas destaca el frijol espada (*Canavalia ensiformis*), de origen tropical, que por su rendimiento agronómico y su elevado contenido de proteínas posee un gran potencial para la alimentación animal (Zamora 2003).

Estudios realizados, en la región Centroamericana, sobre la calidad y producción de ensilaje de asociaciones entre gramíneas y leguminosas, han demostrado una mejora sustancial del contenido proteico y valores aceptables de fibra en materia verde y ensilados con rendimientos promisorios de materia seca (Arteta y Zamora 2005, Jiménez *et al* 2009, Salinas y Crespín 2010). Sin embargo, no se ha estudiado la respuesta biológica del ganado con respecto a la alimentación con ensilados hechos a base de mezclas de gramíneas y leguminosas y su impacto en la composición de la leche y la rentabilidad, que es lo más importante en el desarrollo de una estrategia de alimentación.

Por otro lado, los costos de alimentación en la producción lechera representa el renglón más alto dentro de la inversión total (Reaves y Pegram 1993), incidiendo en por lo menos un 50% del costo total del litro de leche (Hazard 2009), la disminución de costos contribuye a enfrentar la competitividad que representa la apertura comercial y la globalización (Martínez 2000).

Este estudio consistió en la evaluación del uso de ensilado de Sorgo (*sorghum bicolor* variedad CENTA S-2) mezclado con *Canavalia ensiformis* en las variables productivas, económicas y la eficiencia nutricional de vacas lecheras de la Cooperativa Astoria, ubicada en el municipio de San Pedro Masahuat en el departamento de La Paz, durante el periodo comprendido de septiembre a febrero de 2011.

La información producida en este estudio, será de beneficio para los ganaderos de hatos lecheros de nuestro país, ya que contribuirá en la toma de decisiones favorables para su economía de producción. También puede servir como fundamento a futuras investigaciones en etapas como las de crecimiento, gestación en ganado lechero o en ganado de doble propósito.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Las asociaciones entre gramíneas y leguminosas han sido estudiadas en nuestra región. Un estudio sobre la calidad y producción de ensilaje de asociaciones de maíz con cuatro leguminosas, demostró que si bien el maíz presentó mayor producción de materia seca, la introducción de un 25% de leguminosa al ensilaje mejora sustancialmente el valor nutritivo del ensilado incrementando los porcentajes de proteína cruda y disminuyendo la Fibra Neutro Detergente (Arteta y Zamora 2005).

Rodríguez *et al.* 2005 realizaron un estudio sobre el asocio del maíz con leguminosas y concluyeron que los ensilajes de maíz acompañado con ciertas leguminosas (soya, frijol vara, frijol terciopelo) son superiores en calidad alimenticia que el ensilaje elaborado solo con maíz. Salinas y Crespín (2010) también reportaron que al asociar sorgos mejorados con Canavalia y Vigna, se obtienen mejores rendimientos que con las leguminosas solas, y un incremento el contenido proteico en comparación con los sorgos solos, y que la adición de estas leguminosas al ensilado mejora progresivamente el contenido proteico resultante desde un 8% sin leguminosas hasta un 13% en una proporción o mezcla con 50% de ellas.

Se ha sugerido que mediante las pasturas de gramíneas asociadas con leguminosas se puede aumentar significativamente la producción de leche de vacas de mediano potencial de producción en áreas tropicales con suelos ácidos (Lascano y Ávila 1991). La producción de vacas de doble propósito se aumentó de 2.86 a 3.39 Lt/día de leche sin afectar su composición cuando se adicionó Canavalia a la alimentación tradicional con rastrojo (Benavides *et al* 2008).

2.2. Leguminosas en sistemas de alimentación de ganado

La creciente demanda de proteínas por los países en desarrollo y los altos costos de importación justifican la exploración del uso de fuentes alternas de proteína como es el caso de las leguminosas. Las pasturas de gramíneas con leguminosas representan una opción económica para mejorar la calidad y productividad de la pastura y por ende la producción animal (Arteta y Zamora 2005).

En países con una gran escasez de recursos financieros e insumos agrícolas, se hace necesaria la búsqueda de fuentes alimentarias alternas, particularmente en base al uso de especies y variedades de poco valor comercial (Zamora 2003).

En un sistema sostenible para producir leche y carne, en la que se utilice como alimento fundamental el pasto, la presencia de las leguminosas puede ser importante, debido a que

mejoran el valor nutritivo de la dieta, además establecen una relación simbiótica con microorganismos que fijan el nitrógeno atmosférico transformándolo en formas asimilables para las plantas (Sánchez, *et al* 2007).

Los ensilados de gramíneas son deficitarios en su aporte proteico para cubrir los requerimientos de bovinos, especialmente en animales jóvenes y vacas productoras de leche, debido a sus elevadas necesidades de proteína. Esto se debe a que su contenido de proteína normalmente fluctúa en promedio entre un 6 y 9%, presentando además una variabilidad muy amplia. Esto provoca no sólo restricciones para una adecuada nutrición animal, sino que se refleja en los resultados productivos y económicos (De León 2007).

Las leguminosas son especies que por su misma naturaleza son capaces de sintetizar altos niveles de proteínas, con una menor tasa de disminución de este componente con la edad de la planta (Sánchez *et al* 2007).

La forma de utilizar las leguminosas, como elemento para mejorar la alimentación animal, ya sea en asociación con gramíneas, como banco de proteína, dependerá del programa de manejo y la disponibilidad de terreno en las unidades de producción. La asociación de gramíneas con leguminosas, representa una opción económica, para mejorar la producción animal en las regiones tropicales (Rojas, *et al* 2005).

Como fuente nutritiva existen muchas experiencias que tratan sobre las bondades que poseen las leguminosas en la alimentación animal; se ha comprobado que su suministro contribuye a aumentar la respuesta en la producción de leche y carne, así como también a mejorar la eficiencia reproductiva. Entre las características más resaltantes de las leguminosas como fuente alimenticia se pueden mencionar:

- 1) Son una fuente importante de proteínas de buena calidad, dado que poseen una amplia gama de aminoácidos esenciales que las hacen superiores a las gramíneas tropicales.
- 2) Presentan una concentración de nitrógeno en las hojas, superior al de las gramíneas.
- 3) Sus contenidos de proteína tienden a disminuir más gradualmente que en las gramíneas, en lo referente con la edad de la planta.
- 4) Son plantas ricas en calcio y presentan bajos niveles de fibras, en comparación con las gramíneas tropicales (Sánchez 2001).

Otra bondad de estas especies es la de mejorar los suelos desde el punto de vista de fertilidad, pues tienen la propiedad de fijar el nitrógeno gaseoso de la atmósfera, a través de una simbiosis con microorganismos bacterianos del género *Rizobium*. La fijación de nitrógeno que se realiza en los nódulos, es aportado al suelo una vez envejecidas o muertas las raíces, siendo fácilmente aprovechado por otras plantas (Sánchez 2001).

A pesar que las leguminosas mejoran la calidad de la dieta, se requiere disponer de un suplemento que proporcione parte de la proteína y energía necesaria para alcanzar niveles óptimos de producción, mediante una cantidad adecuada de alimento con relación a los litros de leche producidos, esto le permitirá al productor diseñar un plan de alimentación eficiente de acuerdo al tipo de animal, pastura y calidad de concentrado (Urbano, *et al* 2006).

2.3. Descripción de Gramíneas y Leguminosas

Las gramíneas son el componente más valioso de casi todas las praderas. Existen 28 tribus de gramíneas de estas las *Agrastaceae* constituyen el 8.2% del total de las gramíneas del mundo, los *Andropogoneae* el 11.9%, las *Aveneae* el 6.3% las *Eragrostaceae* el 8.1%, las *Festuceae* 16.5%, y las *Pariceae* 24.7% y las tribus restantes representan el 4.3% (Estrada 2001).

Las leguminosas son angiospermas que pertenecen al orden de los rosales. Hay cerca de 650 géneros de los cuales 400 son nativos en las Américas y 18,000 especies entre ellas numerosos árboles, arbustos, plantas herbáceas y plantas cultivadas que suministran parte de la dieta humana (Binder 1997).

2.3.1 Características botánicas de las gramíneas

La familia *Gramineae* o *poaceae* se distingue por sus tallos cilíndricos a veces aplanados, generalmente huecos, con nudos macizos. Tiene una doble hilera de hojas alternas con nervaduras paralelas. Cada hoja está constituida por una vaina de hoja tubular en general abierta por un lado para rodear el tallo y la lámina foliar u hoja propiamente dicha que se extiende hacia arriba y fuera de la lígula. La inflorescencia de las gramíneas está formada por espiguillas que pueden describirse como un conjunto de flores escalonadas en ramificaciones. Muchas de ellas tienen tallos subterráneos o rizomas. En la corona de esta última, sobre la superficie del suelo crecen tallos similares llamados estolones, que cuando encuentran condiciones de suelo favorable producen macollas y raíces en los nudos (Estrada 2001).

2.3.2 Características botánicas de las leguminosas

Sus raíces por lo general son pivotantes y profundas. La mayoría de las especies tienen nódulos radicales en el tallo, funciona como órgano de reserva de sustancias alimenticias de agua. Hojas por lo general compuestas, pinnadas o trifoliadas, raras veces simples, alternas y estipuladas. Tallo herbáceo o leñoso erecto, rastrero o trepador. Inflorescencias axilares o

terminales, en racimos, panículas, espigas o glomérulos o solitarias. Flores hermafroditas, zigomorfas, raramente actinomorfas. El fruto es una legumbre (vaina) dehiscente por una o las dos suturas ocasionalmente indehiscentes (Binder 1997).

Por su gran diversidad las leguminosas se pueden encontrar en condiciones naturales o cultivadas. Estas son plantas, en su mayoría, de origen tropical, que se desenvuelven generalmente en regiones de condiciones adversas: altas temperaturas, precipitación extrema (excesiva o escasa) y suelos de baja fertilidad (Sánchez *et al* 2007).

Las leguminosas, son plantas especialmente ricas en proteína y aminoácidos esenciales, tanto en la planta verde como en grano (15-40%) de proteína, o sea, su contenido proteico es 2-3 veces mayor que el de los cereales y muy próxima a la carne. El valor biológico de la proteína de las leguminosas se determina por el contenido de aminoácidos esenciales. Los granos de soya contienen proteína de valor biológico más completo (85%) y su digestibilidad es superior al 90% (Binder 1997).

2.4. Canavalia (*Canavalia ensiformis*)

El género *Canavalia* comprende un pequeño grupo de unas 48 especies que se distribuyen en todo el trópico. Entre ellas se encuentra *Canavalia ensiformis*, conocido también como: jackbean, frijol espada o haba de caballo (figura 1). Otros incluyen ***C. braziliensis***, ***C. gladiata***, ***C. virosa***, ***C. multiflor*** (Carlini y Udedibie 1998). En el género *Canavalia* destacan dos especies ampliamente cultivadas: ***C. ensiformis***, de los trópicos americanos y ***C. gladiata***, del viejo mundo, que se distinguen por el porte, color de las semillas y longitud del hilos (De León 2007).

Diversos autores coinciden en que la ***C. ensiformis*** podría ser un cultivo del futuro como alternativa en la alimentación animal; esta planta se destaca por su adaptación a un amplio rango de condiciones climáticas y agronómicas, con capacidad de producir en suelos con bajos contenidos de nutrientes y regiones con pocas precipitaciones (Beyra, *et al* 2004).

Las semillas de canavalia tienen un 30% de contenido de proteínas y un 60% de carbohidratos que la coloca como una importante fuente de gran valor energético y proteico (Carlini y Udedibie 1998).

Es considerada como una planta rústica con altos rendimientos de granos y forraje capaz de proveer alimentos en áreas marginales, donde el cultivo de otras leguminosas no tendría éxito. Pero a pesar de las ventajas aparentes de esta especie para la producción de proteínas en los trópicos, su utilización ha sido limitada, debido a la presencia de ciertos factores anti-nutricionales, entre los que se encuentran los inhibidores de proteasas, de α -

amilasas, lecitinas y aminoácidos no proteicos como la L-canavanina, que reducen su calidad nutricional (Zamora 2003).

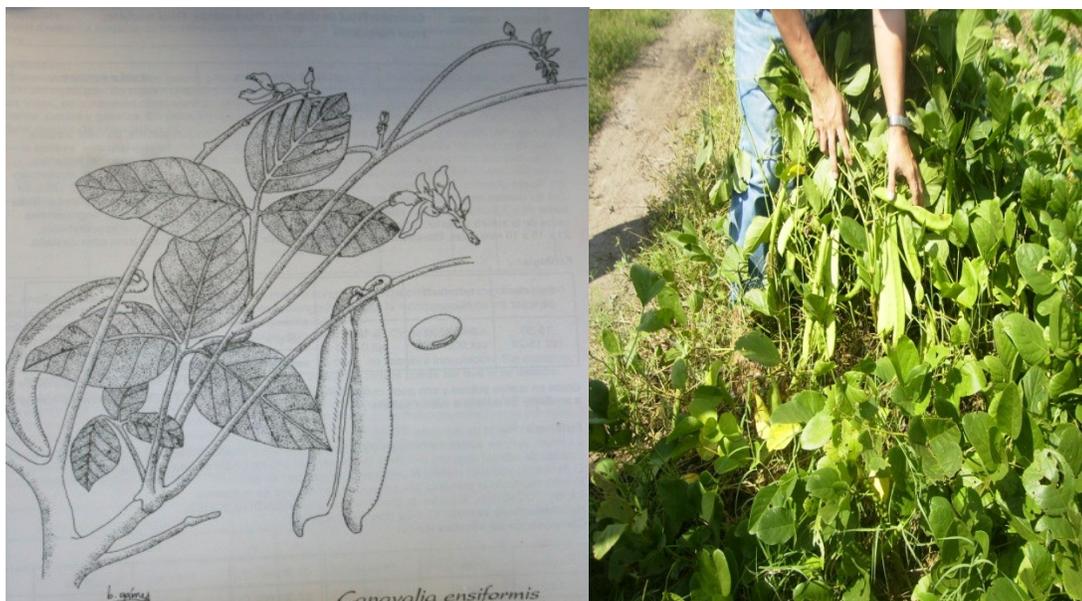


Figura 1. *Canavalia ensiformis* (Binder 1997).

2.4.1. *Canavalia* en alimentación de animales

La canavalia es una leguminosa de alta producción de forraje (7 hasta 12.4 t/ha) y elevado contenido de proteína bruta en sus hojas, más de 18%. Por tanto, esta especie tiene alta capacidad de uso, pues puede utilizarse como suplemento nutritivo en la alimentación de cerdos, aves y rumiantes, así como en la alimentación humana en zonas áridas, en donde reemplaza la deficiencia de cereales (Estupiñán, *et al* 2007).

Los resultados del uso de la *Canavalia* en la alimentación de vacas en producción, becerros en crecimiento, predestete y postdestete a pastoreo, muestran que es un recurso alimenticio que puede sustituir fuentes proteicas vegetales escasas en el trópico. La *Canavalia* puede introducirse en la nutrición vacuna hasta en un 50% de la ración del suplemento concentrado y hasta un 20% de la dieta diaria total, incluyendo pastura. En países sudamericanos se ha logrado experimentalmente aumentar en 40% la producción de un rebaño mestizo de Holstein a pastoreo, suplementando con un concentrado a base de *Canavalia*. En becerros se han obtenido ganancias diarias superiores a los 500 g (Escobar 1987).

2.5. Sorgo (*Sorghum bicolor*)

El sorgo aumenta su importancia en los trópicos, especialmente en las regiones más secas, por la introducción de cultivares avanzados. Se utiliza tanto en alimentación humana como animal y tiene además numerables usos en la industria. *Sorghum bicolor* es una entidad muy compleja dentro de la cual han sido descritas numerosas especies en una clasificación reciente se acepta una especie que se divide en 5 razas: bicolor, guinea, caudatum, kafir y durra (León 1987).

2.5.1. Botánica del sorgo

La mayoría de los cultivares de sorgo es de plantas de macolla, formados por un tallo central que brota de la semilla, y de brotes que salen de los entrenudos basales. El tallo central como el de otras gramíneas se forma de entrenudos y nudos. Estos son más cortos en la parte inferior y más largos hacia el centro. El sistema radicular es muy desarrollado, llega a unos 1.5 m de profundidad hasta alcanzar las capas húmedas del suelo. En los sorgos de grano hay de 5 a 25 hojas, en los tipos utilizados para forraje generalmente hay más de 10 hojas por planta. Las espiguillas están colocadas sobre ramitas que salen de las ramas primarias o secundarias de la panoja (León 1987).

2.5.2. Requerimientos edafo-climáticos

El sorgo responde muy bien a una diversidad de suelos aún con características adversas de fertilidad, textura, pendiente, pedregosidad y pH (5.5 – 7.8). Puede cultivarse desde 0 a 1000 msnm, sin embargo las mejores producciones se obtienen en zonas comprendidas de 0 a 500 msnm. Los sorgos fotoinsensitivos necesitan una mayor cantidad de humedad en el suelo para la polinización y llenado del grano; comparados con los fotosensitivos (criollos) que requieren una mínima reserva de humedad en el suelo para completar satisfactoriamente estas etapas de desarrollo. En general el sorgo requiere de 550 mm de agua en todo el ciclo de cultivo y bien distribuidos para una óptima producción. Debido a su origen tropical, el sorgo se adapta bien a temperaturas que oscilan entre los 20 y 40°C. Temperaturas fuera de este rango provocan la aceleración de la antesis, aborto de flores y de los embriones. El sorgo, dependiendo de su condición fisiológica, puede ser fotosensitivo o fotoinsensitivo, esto se refiere a la cantidad de horas luz que el cultivo demanda para su desarrollo y floración. Las variedades fotoinsensitivas son aquellas cuya floración no es afectada por la cantidad de horas luz y florecen independientemente de la época en que sean sembradas. Las variedades criollas o fotosensitivas son las que independientemente de

la época de siembra florecen cuando los días son cortos, en los meses de noviembre-diciembre (Zeledón *et al* 2007).

2.5.3. Épocas y sistema de siembra en monocultivo

Primera: la siembra debe realizarse al establecerse las lluvias (entre la segunda quincena de mayo y primera de junio) con materiales fotoinsensitivos, lo que permitirá obtener dos cosechas en el año, ya sea por manejo del rebrote o por nueva siembra de semilla. La cosecha de la primera siembra debe secarse con maquinaria para evitar pérdidas por pudrición o germinación. Postrera o segunda: es la época más recomendada y generalizada, debe realizarse en la primera quincena de agosto, para cosecharlo en época seca sin necesidad de secado artificial. Las características agronómicas de la variedad CENTA S-2 se detalla en el cuadro 1 (Zeledón *et al* 2007).

Cuadro 1. Características agronómicas del sorgo CENTA S-2

Altura de la planta	260 mt
Días a flor	65
Días a cosecha	100
Rendimiento de grano	50 qq/Mz
Rendimiento de forraje	76 Tm/Mz
Tipo de panoja	Semi abierta
Largo de panoja	24 cms
Color de grano	Blanco
Color de la planta	Canela
Enfermedades	Tolerante (resistente al mildiu)
Plagas	Tolerante
Vigor de tallo	Bueno

Fuente: Laboratorio Químico Agrícola, CENTA 2004.

Cuadro 2. Análisis bromatológico del sorgo CENTA S-2

Proteína	9.9 %
Grasa	1.62%
Carbohidratos	80.28%
Fósforo	1811 ppm
Pared	72.80%
Proteína en pared celular	5.76%

Fuente: Laboratorio Químico Agrícola, CENTA 2004.

2.6. Frijol mono (*Vigna sp*)

Vigna sp es una hierba anual de germinación epigea. El sistema radical se compone de una raíz principal, fuerte y profunda, y de numerosas raicillas laterales que portan muchos nódulos. Las inflorescencias son racimos compuestos de crecimiento indeterminado, excepto, en grupo de cultivares *Cylindrica*, que tienen una flor terminal. Los pedúnculos, largos y fuertes, se continúan en el raquis floral, que es mucho más comprimido que en *Phaseolus*. La legumbre difiere en posición, tamaño, número de semillas y estructura en diferente grupo de cultivares. La forma y tamaño de la semilla depende del cultivar y del número de semillas en la legumbre; varían de esférica a prismática. La estructura interna de la semilla difiere poco del frijol común. Su composición es también parecida; contiene cerca de 22% de proteína (León 2000).

2.6.1. Morfología

Es una planta herbácea o semiarbusciva, trepadora de tallos ramificados y hojas trifoliadas levemente pubescentes. Flores amarillas, violeta claro o blancas. Fruto en legumbre lineal y cilíndrica con aproximadamente 7cm y 12 semillas por vaina. Las hojas son desiguales, cuyo fruto se emplea como alimento en regiones tropicales del Viejo y Nuevo Mundo; se cultiva además como forraje ya que tolera bien la sequía y el calor, a diferencia de otras leguminosas (Cuevas *et al.* 1992).

2.6.2. Requerimiento de clima y suelo

Existen numerosas variedades cultivadas de muy diverso fotoperiodo, pero todas requieren una temporada cálida para la germinación y buen drenaje. Toleran suelos pobres en nutrientes y elevadas condiciones de acidez, así como regímenes de lluvias inferiores a los 300 mm anuales. Si se siembra en tiempo frío la germinación se retrasa, el desarrollo de la planta es escaso y las hojas se arrugan y toman una coloración purpúrea, las temperaturas elevadas no suelen perjudicar el cultivo solamente en el caso de calores muy fuertes en la época de floración y fructificación pueden producirse daños en el rendimiento y en la calidad (Cuevas *et al.* 1992).

2.7. Alimentación de las vacas lecheras

El costo de los alimentos en la producción lechera representa el renglón más alto dentro de la inversión total (Reaves y Pegram 1993). Esto se hace más importante si se considera que

el costo alimenticio incide por lo menos en un 50% del costo total del litro de leche (Hazard 2009).

El hecho que para elaborar los concentrados se dependa de materias primas importadas de alto costo y considerando que es práctica generalizada en las explotaciones lecheras, el suministrar cantidades de concentrados mayores a las requeridas por los animales, ha ocasionado que los costos de producción aumenten considerablemente (Bolaños y Sánchez 1988).

La producción económica de leche debe basarse en parte en el uso eficiente de los animales (Reaves y Pegram 1993) y la meta que persigue un programa de alimentación es proporcionar a cada animal una ración que estimule la producción económica máxima; es decir, proporciona a cada animal una ración que satisfaga los requerimientos de nutrientes del animal, que sea apetitosa, económica y que conduzca a la salud del animal y a la producción de leche de composición normal (Etgen y Reaves 1990).

2.7.1. Factores considerados en la formulación de raciones

2.7.1.1. Requerimientos nutritivos

Las vacas deben ser alimentadas de acuerdo a sus requerimientos nutritivos. Estos varían de acuerdo al peso vivo, nivel de producción, momento de lactancia del hato y la composición de la leche. Todos estos aspectos deben ser considerados para formular una ración óptima, en lo que se considera una cierta proporción de forraje y concentrado. (Hazard 2009).

Se define como nutriente a aquel elemento o compuesto específico derivado del alimento ingerido y usado para mantener los procesos fisiológicos de la vida, los más importantes son: Agua, Energía, Proteína, Fibra, Minerales y Vitaminas (Etgen y Reaves 1990, NRC 2001).

2.7.1.2. Clasificación de los alimentos

Los alimentos utilizados para ganado se clasifican en: Forrajes, Concentrados, Minerales y Vitaminas (Wattiaux y Howard 1994).

2.7.1.2.1. Forrajes

Son las partes vegetativas de las gramíneas o de las leguminosas que contienen una alta proporción de fibra (más de 30% de Fibra Neutro Detergente). Pueden ser pastoreados directamente, o cosechados y preservados como ensilaje o heno. La ingestión de energía y la producción de leche pueden estar limitadas si hay demasiado forraje en la ración. Sin

embargo, los alimentos voluminosos son esenciales para estimular la rumia y mantener la salud de la vaca. En general, cuanto más alto es el contenido de fibra, más bajo es el contenido de energía del forraje. Según la madurez, las leguminosas pueden tener 15 a 23% de proteína cruda, las gramíneas contienen 8 a 18% proteína cruda (según el nivel de fertilización con nitrógeno) y los residuos de cosechas pueden tener solo 3 a 4% de proteína cruda (Wattiaux y Howard 1994).

El principal factor limitante en la nutrición de los bovinos con forrajes de las regiones tropicales, es el bajo contenido proteico de estos, ya que conforme avanza su crecimiento, los porcentajes de proteína cruda decaen. El contenido de proteína cruda de los forrajes, es suficiente para una moderada producción, si estos se ofrecen en una fase temprana de crecimiento (Bolaños y Sánchez 1988).

Las bases de todas las raciones lecheras deben ser los forrajes secos y ensilados, o las praderas. Los forrajes succulentos y los henos, constituyen las fuentes nutrientes más económicas para la alimentación de ganado estabulado (Reaves y Pegram 1993).

2.7.1.2.2 Concentrados

Usualmente "concentrado" se refiere a alimentos bajos en fibra y altos en energía. Los concentrados pueden ser altos o bajos en proteína, tienen alta palatabilidad y usualmente son comidos rápidamente. Tienen bajo volumen por unidad de peso (alta gravedad específica). No estimulan la rumia y usualmente fermentan más rápidamente que los forrajes en el rumen. Las vacas lecheras de alto potencial para la producción lechera también tienen altos requerimientos de energía y proteína. Considerando que las vacas pueden comer solo cierta cantidad cada día, los forrajes solos no pueden suministrar la cantidad requerida de energía y proteína. El propósito de agregar concentrados a la ración de la vaca lechera es el de proveer una fuente de energía y proteína para suplementar los forrajes y cumplir con los requisitos del animal. Se alimenta a la vaca con concentrados para que pueda usar más nutrientes y, en consecuencia, se aproxime más a su capacidad máxima de producción de leche (Etgen y Reaves 1990).

Se considera fuentes proteicas a las que contienen más de 20% de proteína cruda, por ejemplo: Harina de soya, sólidos de destilería; y fuentes de energía a las que tienen menos de 18% de fibra por ejemplo: cereales como maíz y sorgo, subproductos como afrecho y pulimento, grasas como aceites y cebos (Campabadal y Navarro 1996).

2.7.1.2.3. Minerales

El ganado lechero necesita una fuente de calcio, fósforo, magnesio, azufre, potasio, sodio, cloro, hierro, yodo, manganeso, cobre, cobalto, zinc y selenio en la dieta (Harold *et al* 2000). Según el NRC 2001 los requerimientos por minerales para lactancia se calculan de manera simple una parte para mantenimiento y otra por cada Kg. de leche producida.

2.7.1.2.4. Vitaminas

Aunque el ganado bovino probablemente necesita todas las vitaminas conocidas, no es necesario tener una fuente dietética de vitaminas C y K y del complejo de vitamina B, excepto en animales muy jóvenes (Harold 2000).

Los requerimientos por las vitaminas A, D y E es mucho más simple aún ya que estos se calculan por un método no factorial con base en el peso vivo (PV) del animal utilizando ecuaciones diferentes para vacas lactantes, vacas secas y novillas de reemplazo (ver cuadro 3); en el caso de la vitamina D esta se calcula para animales adultos y para el caso de la vitamina E, se establece una diferencia entre animales en pastoreo o en estabulación (NRC 2001).

Cuadro 3 .Ecuaciones para predecir los requerimientos de vitaminas en ganado lechero

Vitamina	Tipo de Animal	Ecuación
A (1000 UI/kg de PV)	Vaca lactante	0.11*PV
	Novilla o vaca seca	0.08*PV
D (1000 UI/kg de PV)	Días de preñez > 190	0.016*PV
	De otra manera	0.03*PV
E (UI/kg de PV)	Vaca seca en pastoreo	0.5*PV
	Novilla o vaca lactante en pastoreo	0.26*PV
	Vaca seca en estabulación	1.6*PV
	Novilla o vaca lactante en estabulación	0.8*PV

Fuente: NCR 2001. The Nutrient Requirement of Dairy Cattle.

2.8. Factores que influyen el consumo de alimento

Existen tres tipos de factores que condicionan la capacidad de ingesta, unos ligados al animal, otros a la ración alimenticia y los relacionados con el medio ambiente.

2.8.1. Factores ligados al animal: El peso vivo, la edad, el momento productivo y el nivel de producción (NRC 2001).

2.8.2. Factores ligados a la dieta: la palatabilidad, la fibrosidad, la presentación física y la humedad de la ración (Buxadé 2006).

2.8.3. Factores ambientales: Los fenómenos meteorológicos que influyen en el consumo son: temperatura, humedad, radiación, viento, lluvia y altitud (Bolaños y Sánchez 1988). Uno de los factores más estudiados es el efecto de la temperatura. Se sabe con certeza que tiene efecto sobre el consumo de alimento, consumo de agua, producción y composición de la leche (Hazard 2009).

2.9. Eficiencia en el uso de los nutrientes en el ganado lechero

2.9.1. Proteínas

Las proteínas son constituyentes esenciales en los organismos vivos. Todas las células sintetizan proteínas durante una parte o a lo largo de toda su existencia, sin esa función la vida no resulta posible. (Álvarez 2008).

Los rumiantes se distinguen del resto de los animales por la adaptación morfofisiológica de la parte anterior de su estomago, esta peculiaridad permite convertir alimentos fibrosos y proteínas de muy baja calidad, incluso el nitrógeno no proteico (NNP) en nutrientes de calidad como la proteína microbiana y los ácidos grasos volátiles (Rodríguez *et al* 2007).

La proteína microbiana es de mejor calidad, balanceada para cubrir las necesidades de la vaca lechera y además es la fuente más económica de aminoácidos. Predecir el rendimiento en proteína microbiana es difícil, ya que la ingestión del alimento, el ambiente en el rumen y el pH, la forma física de los alimentos, el procesado y las fuentes del alimento tendrán impacto sobre el crecimiento microbiano ruminal (Hutjens 2003).

2.9.1.1. Degradación ruminal de la proteínas

El ecosistema microbiano ruminal está conformado por especies de bacterias, hongos y protozoos estrictamente anaeróbicos. La composición de especies y las proporciones relativas dentro de la comunidad microbiana depende principalmente de la dieta que consuman los animales (Rodríguez *et al* 2007).

La degradación de las proteínas en el rumen depende de la conjugación de tres procesos catabólicos: la proteólisis, la péptidolisis y la desaminación. Las proteasas bacterianas son enzimas endo y exopeptidasas, unidas a las células, pero localizadas en la superficie celular para tener mayores posibilidades de interacción con los sustratos (Rodríguez *et al* 2007).

Una vez incorporados al microorganismo los péptidos son hidrolizados hasta aminoácidos, los cuales pueden ser empleados para sintetizar proteína microbiana o bien como ocurre con la mayor parte de ellos, son utilizados como fuente de energía. En este caso los microorganismos separan el grupo amino del aminoácido y lo liberan al medio ruminal como

un producto de desecho y emplean la cadena carbonada para obtener energía como si se tratara de un hidrato de carbono. Por otro lado los grupos aminos libres (NH_2) se convierten, por adiciones de H^+ en el ambiente reductor del rumen en amoníaco (NH_3) y luego en amonio (NH_4), por lo cual la concentración de este último sirve como un indicador de la actividad proteolítica en el rumen (Relling y Mattioli 2003).

2.9.1.2. Metabolismo del nitrógeno en rumiantes

El rumen constituye una ventaja evolutiva importante porque permite al animal el consumo de alimentos fibrosos y de nitrógeno no proteico (NNP). Sin embargo, desde el punto de vista de la utilización de la proteína verdadera de la dieta, el sistema es ineficiente. En vacas lecheras que consumen concentrados ricos en proteínas la eficiencia de conversión del nitrógeno del alimento en nitrógeno en la leche oscila entre 18 y 32% (Rodríguez *et al* 2007). Los compuestos nitrogenados de la dieta incluyen proteínas de diversos pesos moleculares y estructura terciaria, péptidos, aminoácidos, amidas, sales de amonio, nitratos, nitritos, amoníaco y urea (Rodríguez *et al* 2007).

El nitrógeno contenido en los alimentos se puede dividir en dos componentes: Nitrógeno proteico (NP) y nitrógeno no proteico (NNP). Una fracción del nitrógeno proteico es degradada en el rumen (PDR) por los microorganismos ruminales. Dichos microorganismos utilizan estos compuestos nitrogenados para sintetizar sus propias proteínas (proteína microbiana). La otra fracción corresponde al "N" o proteína no degradable en el rumen (PNR) y es aquella que simplemente pasa al rumen, hacia el resto del tracto digestivo. Los microorganismos del rumen utilizan el NH_3 , esqueletos carbonados de los aminoácidos (aa) y energía para reproducirse. Estos microorganismos pasan luego al tracto digestivo junto con la proteína no degradada en el rumen para su posterior digestión y absorción. Parte del amoníaco no utilizado por las bacterias es absorbido a través de las paredes del rumen, pasando al torrente sanguíneo y luego al hígado donde es convertido en urea, la cual se puede reciclar en la saliva y sangre, o puede eliminarse a través de la orina. Una fracción de los aa absorbidos en el intestino delgado será utilizada para la síntesis del músculo y proteínas de la leche. Finalmente, parte de la PNR y de la proteína microbiana no será digerida ni absorbida en el tracto digestivo y será excretada en las heces (Elizondo 2007, Figura 2).

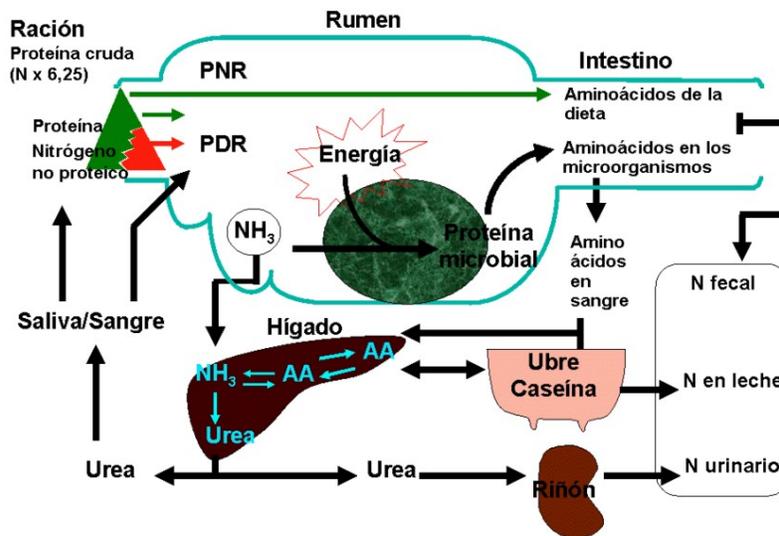


Figura 1. Esquema del metabolismo del nitrógeno en un rumiante. PNR = proteína no degradable en el rumen, PDR = proteína degradable en el rumen (Elizondo 2007).

2.9.1.3. El ciclo de la Urea

La urea es un constituyente común de la sangre y otros fluidos corporales se forma del amoniaco en el riñón e hígado que se produce por la descomposición de las proteínas durante el metabolismo. Mientras que el amoniaco es muy toxico, la urea no y puede estar en altos niveles sin causar alteraciones. La conversión del amoniaco a urea, primariamente en el hígado, previene la toxicidad del amoniaco siendo excretada por orina (Acosta 2005).

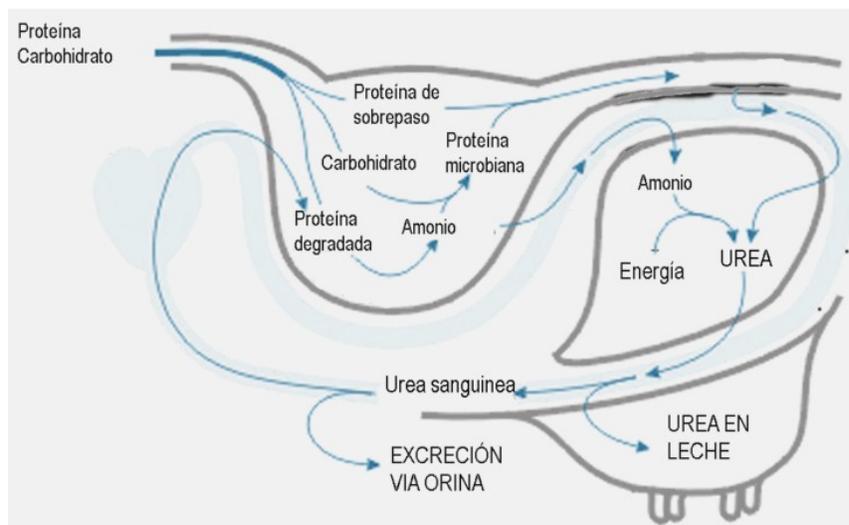


Figura 2. Diagrama del flujo de las fuentes nitrogenadas en el rumiante (Obispo 2005)

El amoníaco presente en el rumen es completamente absorbido a través de su pared, siendo insignificante la cantidad que consigue llegar al abomaso (Relling y Mattioli 2003). El nivel del amoníaco en el rumen es importante para una eficiente fermentación microbiana (Obispo 2005).

El hígado cumple un papel clave en el metabolismo del Nitrógeno (N): el ciclo de la urea. No obstante representa cerca del 5% de la masa corporal, consume entre el 21 y 25% del gasto energético del cuerpo. Sin embargo ha sido establecido que la tasa de uso de energía por el hígado se incrementa con el aumento en la producción de leche, asociado esto con la modificación de nutrientes disponibles para formar aquellos que no se encuentran disponibles para la síntesis de la leche. Se ha señalado que el incremento en el consumo de oxígeno hepático a medida que se incrementa la producción de leche, esto debido probablemente al incremento de la gluconeogénesis y la ureagénesis (Correa 2004).

El hígado remueve y destoxifica el amonio absorbido desde el tracto digestivo, transformándolo principalmente en urea, la cual es posteriormente reciclada por saliva o pared ruminal, o eliminada por orina y leche (Correa 2004).

El exceso de proteína degradable en la dieta incrementa las concentraciones plasmáticas de urea y de amonio en el plasma y útero, incrementando la mortalidad embrionaria. Se han descrito varios mecanismos por que los excesos de proteína afectan la fertilidad de las vacas: influye sobre la movilidad y la viabilidad de los gametos (espermatozoides y óvulos) y del embrión, altera el eje hipotálamo-hipófisis-ovario, y afecta la eficiencia del metabolismo y estatus energético (Scandolo 2007).

2.9.1.4. Nitrógeno ureico en leche (NUL)

Cuando se evalúan los cambios de aminoácidos en las raciones se debe vigilar la producción de leche y los cambios en la proteína de la leche. Si se produce un exceso de amoníaco en el rumen y no es capturado por los microorganismos ruminales o si se suministra exceso de proteína, se acumula el amoníaco del rumen y lo almacenan las células del animal en la sangre. El hígado convierte el amoníaco en urea, liberándolo de regreso a la sangre (NUS o BUN por sus siglas en inglés). Los riñones eliminan el exceso de NUS y lo excretan en la orina como producto de desecho. Otra ruta de excreción del NUS es su reciclado en el rumen y en la leche. Debido a que la leche es producida a partir de nutrientes de la sangre, los niveles elevados de NUS dan como resultado niveles elevados de NUL. Los niveles elevados de NUL no deben exceder de 10 a 16 mg por cada 100ml (Hutjens 2003).

2.9.2. Lípidos

Normalmente la dieta consumida por las vacas contiene solo 4 a 6% de lípidos. Sin embargo, los lípidos son parte importante de la ración de una vaca lechera porque contribuyen directamente a casi el 50% de la grasa en la leche y son la fuente más concentrada de energía en los alimentos (Wattiaux y Howadr 1994).

En el rumen, la mayoría de los lípidos son hidrolizados. Los enlaces entre el glicerol y los ácidos grasos son separados dando origen a glicerol y tres ácidos grasos. El glicerol se fermenta rápidamente para formar ácidos grasos volátiles (AGV), estos se absorben en la pared ruminal. Algunos ácidos grasos son utilizados por las bacterias para sintetizar los fosfolípidos necesarios para construir las membranas de las células (Wattiaux y Howard 1994, Relling y Mattioli 2003).

Los ácidos grasos libres en el rumen tienden a ligarse a partículas de alimentos y microorganismos y a evitar más fermentación, especialmente de los carbohidratos fibrosos. Los excesos de lípidos en la dieta (más del 8%) pueden tener un efecto negativo en la producción de leche y el porcentaje de grasa en la leche. Los lípidos no saturados tienen un efecto más negativo que los lípidos saturados (Wattiaux y howwad 1994).

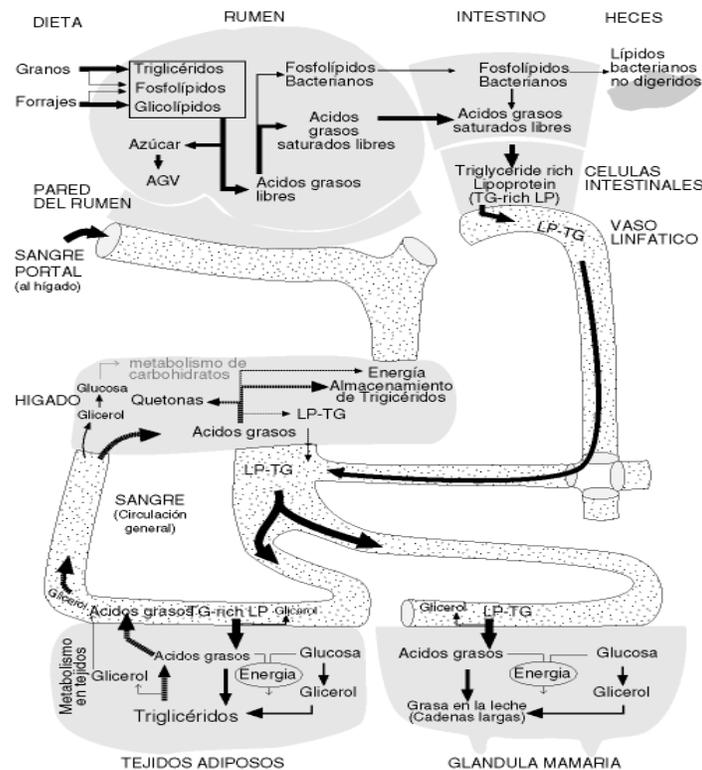


Figura 3. Metabolismo de los lípidos en el rumiante (Wattiaux y Howard 1994)

2.9.3. Carbohidratos

Los carbohidratos son el principal constituyente de la dieta del ganado lechero y contribuyen de un 60 a un 70% de la energía neta utilizada para la producción de leche (Castro 2002).

La clasificación de los carbohidratos en estructurales y no estructurales se refiere a su función dentro de la planta que puede ser de estructura o de reserva de nutrientes. Los carbohidratos estructurales (fracción fibrosa) está en la pared celular son la hemicelulosa, celulosa y pectina, en tanto los carbohidratos no estructurales (fracción no fibrosa) están en semillas, y pequeñas cantidades en las hojas y tallos de los forrajes, siendo estos el almidón y los azúcares (Castro 2002, Relling y Mattioli 2003).

El almidón también se encuentra dentro de la célula de la planta y es altamente digestible (75 a 95%). Es la mayor reserva de energía de los vegetales y se encuentra en la porción de la semilla de la planta. Se fermenta rápidamente en el rumen si el grano está procesado (molido fino u hojueleado al vapor), el almidón de la cebada y el trigo tiende a fermentarse rápidamente, mientras que el maíz, sorgo, y granos procesados toscos se fermentan más lentamente. El almidón puede representar hasta 20 a 30 % de la materia seca de la ración (Hutjens 2003).

2.9.3.1. Fibra

La fibra incluye compuestos que forman parte de la pared celular de los vegetales (figura 5). Los principales compuestos de la fibra son:

2.9.3.1.1. Celulosa

Es el principal carbohidrato estructural y le da rigidez a la pared celular. Los forrajes maduros son más ricos en celulosa y puede representar de 15 a 20% de la materia seca de la ración (Hutjens 2003, Bach y Casamiglia 2006).

2.9.3.1.2. Hemicelulosa

También se encuentra en la pared celular. Las bacterias convierten estas ligaduras complejas de glucosa, en ácidos grasos volátiles. La hemicelulosa puede representar hasta 10 a 15% de la materia seca de la ración (Hutjens 2003).

2.9.3.1.3. Pectinas

Se encuentran en cantidades elevadas en leguminosas. Se digieren más rápidamente que la celulosa o la hemicelulosa, pero a diferencia de lo que ocurre con la rápida fermentación del almidón, la fermentación de estas no disminuye el pH ruminal. (Bach y Casamiglia 2006).

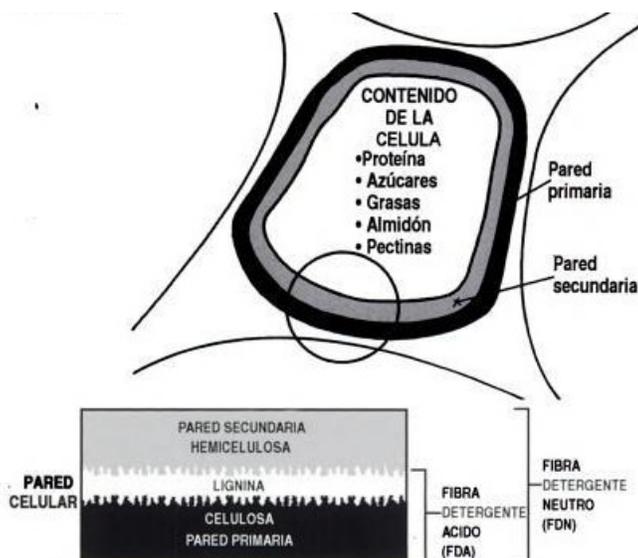


Figura 4. Una célula vegetal mostrando su estructura de la pared celular (Hutjens 2003)

2.9.3.1.4. La lignina

Es totalmente indigestible en el tubo digestivo de los rumiantes y ejerce un efecto negativo directo sobre la digestión total y un efecto indirecto a consecuencia de impedimentos físicos que limitan el acceso de las bacterias a las zonas degradables de la fibra, efecto más evidente en las gramíneas, la concentración de lignina depende de la especie de forraje, siendo mayor en leguminosas que en gramíneas, y del estado vegetativo, a mayor madurez mas lignina (Bach y Casamiglia 2006).

2.9.3.2. Clasificación de la fibra

Desde el punto de vista químico, la fibra se compone de un entramado de celulosa, hemicelulosa y lignina. Para fines prácticos se ha definido en términos de Fibra Bruta (FB), cuyo uso en los sistemas actuales está limitado, Fibra Neutro Detergente, y Fibra Acido Detergente, y se utiliza para la predicción de la calidad de los forrajes, la ingestión de la materia seca, la digestibilidad y el valor energético de los alimentos. Desde el punto de vista de la nutrición de los rumiantes, la fibra puede definirse como el conjunto de componentes de

los vegetales que tienen baja digestibilidad y promueven la rumia y el equilibrio ruminal (Calsamiglia 1997).

2.9.3.2.1. Fibra Neutro Detergente (FND)

Es el material insoluble en una solución detergente neutra, y se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina. Además existen otros componentes minoritarios, como residuos de almidón, cenizas y nitrógeno (Calsamiglia 1997).

2.9.3.2.2. Fibra Acido Detergente (FAD)

Es el material insoluble en una solución detergente acida, y está constituida fundamentalmente por celulosa y lignina, aunque suelen existir otros componentes minoritarios como nitrógeno y minerales. La diferencia entre FND y FAD consiste fundamentalmente en hemicelulosa (Calsamiglia 1997).

Cuando la porción de FND y almidón degradable en el rumen es menos de 1:1 o cuando las proporciones del concentrado son más altas del 50% del consumo de materia seca, se produce una fermentación ácida y más propionato es formado; resultando en un mayor potencial para disminuir el contenido de grasa en la leche (Bunting 2004).

2.9.3.3. Degradación de los carbohidratos estructurales

La degradación de los carbohidratos estructurales sigue los siguientes pasos: a) los microorganismos celulolíticos se adhieren a los trozos de fibra vegetal, cortada por efecto de la masticación, mezclada y rumia con el fin de exponer la pared celular; b) los microorganismos liberan celulasas que realizan la digestión extracelular de la celulosa produciendo residuos pequeños, especialmente celobiosa (disacárido); c) la celobiosa es incorporada a la bacteria y atacada por la celobiasa que la desdobla en dos glucosas; d) la glucosa es utilizada por el organismo para obtener energía vía glucolítica y producir AGV como producto final, principalmente acetato (Relling y Mattioli 2003).

Durante el proceso fermentativo de la fibra se pierde un carbono en forma de metano, por lo que el proceso es energéticamente menos eficaz que la fermentación de otros nutrientes. Sin embargo el acetato juega un papel muy importante en el aporte de precursores para la síntesis de grasa en la glándula mamaria y por lo tanto la producción de acetato (y en consecuencia el aporte de fibra y la supervivencia de las bacterias fibrolíticas) es imprescindible (Calsamiglia 1997).

2.10. Impacto de las ganaderías en el ambiente

El estiércol es un subproducto inevitable de la producción de carne y leche. La excreción excesiva de estiércol y los nutrientes en el estiércol representan ineficiencias que aumentan los costos de alimentación y aumentan el impacto ambiental (Weiss y St- Pierre 2006).

En una granja típica de hoy en día, grandes cantidades de N se importan como suplementos alimenticios y fertilizantes. Si no se recicla N a través del crecimiento de los cultivos, se puede llevar a grandes pérdidas a la atmósfera y las aguas subterráneas. Un uso más eficiente de los suplementos alimenticios de proteínas potencialmente puede reducir la importación de N en la alimentación, la excreción de N en el estiércol, y las pérdidas para el medio ambiente (Rotz *et al* 1999)

La cantidad y composición del estiércol puede variar considerablemente y es sobre todo influenciado por la composición de la dieta. Las prácticas de alimentación influyen en la eficiencia de la utilización de nutrientes. Compuestos gaseosos se emiten después de la excreción debido al metabolismo microbiano en el tracto digestivo del animal. La manipulación de la dieta es una forma económica de controlar el exceso de excreciones de nutrientes y emisiones de olores para reducir al mínimo la contaminación del agua, suelo y aire (Sutton *et al* 2006).

La fermentación del estiércol (digestión), tanto sólidos como líquidos, es un proceso anaeróbico. Esta producción de metano del estiércol animal (biogás) aumenta con la temperatura, y con el aumento de la biodegradabilidad del estiércol (Weiske y Petersen 2006).

2.11. Aspectos económicos en la ganadería lechera

El alimento representa el factor más costoso en la producción de leche cuando el rebaño lo forman vacas de alta producción. Con frecuencia, cuando no se cuenta con un programa de registros lecheros y las vacas de alta producción son alimentadas por debajo de sus requerimientos nutricionales y las de capacidad genética deficiente, son sobrealimentadas. Ello ocasiona, en ambos casos, pérdidas al productor. El objetivo del ganadero es lograr el mayor ingreso neto que sea posible y no la máxima producción de leche (Castro 2002).

2.12. Calidad de la leche

La calidad de la leche, conforma tres aspectos bien definidos: composición físico-química (cuadro A1), cualidades organolépticas (sensoriales), y cualidades microbiológicas todas ellas establecidas por normas formales vigentes (Vargas 2000).

2.12.1. Composición físico química de la leche

El pago por porcentaje de grasa es un incentivo que estimula la mejora en la calidad de la producción (Vargas 2000). El último factor que influye en la calidad química de la leche es su composición (cuadro A2), la composición es importante porque influye en el rendimiento quesero, cuanto mayor sea el contenido de proteínas y grasas de una leche, mayor será su rendimiento (Tornadizo y Marra 1998). Valores iguales o superiores al 12% de sólidos totales, al 3.5% de grasa y al 8.8% de sólidos no grasos suelen ser característicos en leches de alta calidad técnica (Chacón 2009).

2.12.2. Calidad bromatológica de la leche

Los constituyentes a determinar la calidad de la leche son (cuadro A2): grasa, fase lipídica de la leche donde se encuentran tres asociados los lípidos neutros, los lípidos polares y las sustancias lipídicas o insaponificables (Alias 2003); proteína, donde se pueden distinguir caseína entera, proteínas del lactosuero y proteasas peptonasas (Alias 2003); lactosa, el componente más lábil frente a la acción microbiana, que la transforma en ácido láctico y en otros ácidos alifáticos (Closa y De Landeta 2003); minerales, la fuente más importante de calcio biodisponible de la dieta humana (Closa y de Landeta 2003); y vitaminas, presentes, además de las liposolubles A, D, E y K, las vitaminas del complejo B y la vitamina C (Magariños 2000).

La cantidad exacta de cada constituyentes varía con las diferentes razas, líneas genealógicas de ganado lechero, así como la alimentación de este (Hernández 2002).

Las reglas de pago definidas por la industria establecen un precio base sobre el cual se aplican diversas bonificaciones y castigos de acuerdo a características específicas de la leche entregada. Los atributos que más destacan dentro de estas reglas son la calidad higiénica y sanitaria, el contenido de grasa y proteína el volumen entregado y la estacionalidad de la entrega (Engler 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y características climáticas

La investigación se realizó en la Asociación Cooperativa Astoria ubicada en el municipio de San Pedro Masahuat en el departamento de La Paz, en las coordenadas N 13°25'45.7"; WO 89°02'47.3" a 21 metros sobre el nivel del mar, durante los meses de Octubre a Diciembre, cuyas temperaturas diarias, mínimas y máximas, en este periodo son de 22.2 y 32.7° C respectivamente.

3.2. Animales

Como unidades experimentales, para el estudio 1, se utilizaron 30 vacas con genética predominante Holstein (80%), distribuidas en 3 grupos de 10 vacas, con dos a cinco partos, peso corporal promedio de 506 kg (\pm 26.7 kg) y producción promedio de 21.3 kg leche/día. Y para el estudio 2 se utilizaron 30 vacas con genética predominante Holstein (80%), distribuidas en 3 grupos de 10 vacas, con dos a cinco partos, peso corporal promedio de 450 kg (\pm 27.4 kg) y producción promedio de 16 kg leche/día. Ambos grupos con historias de salud normales. Las condiciones de manejo fueron similares en ambos estudios.

3.3. Descripción de los estudios

Los estudios consistieron en la evaluación de la respuesta productiva, económica, digestibilidad, uso de Nitrógeno y producción de excretas de vacas lecheras alimentadas con dietas conteniendo diferentes fuentes de forraje e inclusiones de ensilado de mezcla sorgo-canavalia. Los animales fueron divididos en tres grupos de 10 vacas, siendo cada vaca una unidad experimental, para recibir los tratamientos (dietas) en estudio, estos grupos tenían una producción láctea similar.

Se realizaron dos estudios de alimentación que consistieron en la evaluación de tres fuentes forrajeras en el primero, y tres diferentes proporciones de forraje de una misma fuente en el segundo. Cada estudio duró 21 días, en ambos casos se tuvo un periodo de adaptación de 14 días y luego un periodo de muestreo de 7 días durante los cuales se hizo la toma de datos y muestras.

Los materiales a evaluar fueron fuentes forrajeras a base de ensilado de Sorgo (var CENTA S-2)-Canavalia, el cual fue preparado a partir de una parcela con 50% de Sorgo y 50% de Canavalia (en área), donde se obtuvo una proporción de 70% de Sorgo y 30% de Canavalia en materia seca al cosecharla a los 90 días.

3.3.1. Estudio 1: Comparación entre forrajes

Se evaluaron tres diferentes fuentes forrajeras: ensilado de mezcla de sorgo-canavalia (Dieta 1), ensilado de sorgo (Dieta 2) y ensilado de sorgo más vigna (Dieta 3). Las dietas fueron balanceadas en el programa CPM Dairy® 2006 para ser Isocalóricas e Isoprotéicas y permitir una producción mínima de 26.25 kg de leche. Los ingredientes de las dietas y sus proporciones se presentan en el cuadro 4, las composiciones se presentan en los cuadros 5 y 6 (cuadro A3).

Cuadro 4 Descripción de las dietas tal como ofrecidas (Materia Húmeda) en estudio 1

INGREDIENTES	Dieta 1 (Kg) sorgo-canavalia	Dieta 2 (Kg) sorgo	Dieta 3 (Kg) sorgo-vigna
Soya	2.5	4.1	3.0
DDG'S*	1.9	2.0	2.0
Maíz	1.6	0.9	1.1
Afrecho	1.4	0.9	1.5
Melaza	1.5	1.8	1.8
Soya	2.5	4.1	3.0
Nutrokel®**	0.1	0.1	0.1
Sal	0.1	0.1	0.1
TOTAL CONCENTRADO	9.1	10.0	9.6
Ensilado sorgo-canavalia	46.8		
Ensilado sorgo		45.9	31.8
Frijol Vigna			16.0
TOTAL FORRAJE	46.8	45.9	47.8
DIETA TOTAL	55.9	55.9	57.5

* Pre mezcla de micro y macro minerales

**Granos secos de destilería con solubles

Fuente: Programa CMP Dairy® 2006

Cuadro 5 Composición nutricional de las dietas en estudio 1

	Dieta 1 sorgo-canavalia	Dieta 2 sorgo	Dieta 3 sorgo-vigna
Materia Seca (%)	33.1	33.4	35.7
Materia Seca (Kg)	19.6	20.1	20.8
Proteína Cruda (%)	16.6	16.9	16.9
Prod alcanzable por EM Kg	27.6	30.3	29.4
Prod alcanzable por PC Kg	26.5	26.4	26.2
FND %	44.0	44.3	45.8
EM Mcal/KG	2.2	2.2	2.2

Fuente: Programa CMP Dairy® 2006

Cuadro 6 Composición del alimento ofrecido

ESTUDIO 1	Dieta 1 sorgo-canavalia	Dieta 2 sorgo	Dieta 3 sorgo-vigna
Materia Seca %	33.10	33.38	35.70
Proteína Cruda %	17.89	17.00	18,57
FND %	47.44	50.77	47.16

Fuente: Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, UES.

3.3.2. Estudio 2: Comparación de proporciones de ensilado de sorgo-canavalia y concentrado

Se evaluó la proporción de forraje:concentrado en materia seca, utilizando como fuente de forraje ensilado de sorgo-canavalia. Las dietas ofrecidas fueron: Dieta 1= 50% forraje y 50% concentrado; Dieta 2= 60% forraje y 40% concentrado y; Dieta 3= 70% forraje y 30% concentrado. Las dietas fueron balanceadas en el programa CPM Dairy® 2006 para ser Isocalóricas e Isoprotéicas y permitir una producción mínima de 19,64 kg de leche. Los ingredientes de las dietas y sus proporciones se presentan en el cuadros 7, las composiciones se presentan en los cuadros 8 y 9 (cuadro A9).

Cuadro 7. Descripción de las dietas tal como ofrecidas (Materia Húmeda) en estudio 2

INGREDIENTES	Dieta 1 (Kg)	Dieta 2 (Kg)	Dieta 3 (Kg)
	Forraje: concentrado 50:50	Forraje: concentrado 60:40	Forraje: concentrado 70:30
Soya	2.3	2.6	3.1
DDG´S	2.2	2.0	1.8
Maíz	1.4	1.6	1.4
Afrecho	2.3	0.9	0.0
Melaza	2.3	1.6	0.5
Grasa	0.0	0.0	0.2
Nutrokel®	0.1	0.1	0.1
Sal	0.1	0.1	0.1
TOTAL CONCENTRADO	10.5	9.0	7.1
Ensilado Sorgo- Canavalia	37.3	45.9	57.3
DIETA TOTAL	47.8	54.9	64.4

Fuente: Programa CMP Dairy® 2006

Cuadro 8 Composición nutricional de las dietas en estudio 2 (Según programa CPM 2006)

	Dieta 1 Forraje: concentrado 50:50	Dieta 2 Forraje: concentrado 60:40	Dieta 3 Forraje: concentrado 70:30
Materia Seca (%)	16.6	16.6	16.5
Materia Seca (Kg)	34.8	31.3	28.6
Proteína Cruda (%)	18.4	19.3	20.2
Prod alcanzable por EM Kg	20.7	20.9	20.8
Prod alcanzable por PC Kg	19.8	19.9	19.6
FND %	41.5	43.4	46.8
EM Mcal/KG	2.3	2.3	2.2

Fuente: Programa CMP Dairy® 2006

Cuadro 9 Composición del alimento ofrecido

ESTUDIO 2	Dieta 1 Forraje: concentrado 50:50	Dieta 2 Forraje: concentrado 60:40	Dieta 3 Forraje: concentrado 70:30
Materia Seca %	34.81	31.30	28.66
Proteína Cruda %	16.57	16.98	16.70
FND %	50.55	52.25	52.77

Fuente: Departamento de Química Agrícola, Facultad de ciencias Agronómicas, UES

3.4. Manejo

Las vacas recibieron manejo estabulado, siendo alojadas en un corral de descanso con techo de lámina de hierro, acanalada, de un agua, a 8 m de altura, abierto de los lados con comederos lineales de cemento de 10 m de largo, 30 cm de profundidad y 40 cm de ancho, y un área de descanso bajo techo de 8 m² por vaca. Todos los animales recibieron manejo similar, recibiendo tratamiento contra estrés calórico con ventiladores de 1.02 m (40") por 30 minutos previos al ordeño del medio día. Tuvieron agua a libre acceso, fueron alimentadas cuatro veces al día con ración total mezclada (RTM), según los tratamientos (dietas) y se ordeñaron con máquina dos veces al día (a las 12:00 a.m. y 12:00 p.m. (figura 6).



Figura 5. Instalaciones y facilidades para el manejo: A- Abrevadero B- Comedero C- Ordeñadora

3.5. Toma de Muestras.

3.5.1. Alimento

Se tomaron dos muestras durante la semana de muestreo, de cada una de las dietas, de 1 kg por triplicado. Se identificaron y se trasladaron al laboratorio, luego se secaron a 60 – 55°C/24 horas en estufa de aire circulante para luego ser molidas y realizar los respectivos análisis.

3.5.2. Leche

Se tomaron dos muestras semanales durante la semana de muestreo, de 120 ml cada una, por cada vaca, en recipientes plásticos con tapadera para su análisis en laboratorio. Las muestras de leche fueron mantenidas a 4 °C y transportadas en hieleras al laboratorio para su análisis.

3.5.3. Heces

Se realizó la recolección diaria total de heces durante la semana de muestreo. Se pesó el material fecal en báscula para tomar el dato respectivo y se tomó una muestra por triplicado de 1 kg de cada uno de los grupos. Se secaron 60 - 55°C/24 horas en estufa de aire circulante para luego ser molidas y obtener una muestra homogénea para el análisis de laboratorio (figura 7).



Figura 6. Toma de Muestras. A- alimento, B- leche, C- heces.

3.6. Toma de Datos

3.6.1. Producción Láctea

Se tomó registro de la producción láctea diaria individual durante 7 días continuos, de cada una de las vacas en cada uno de los grupos. Este fue medido por medio de la máquina ordeñadora (figura 8).

3.6.2. Consumo

Se determinaron los consumos de alimento (ración total mezclada, RTM) promedio en cada grupo de vacas, pesando las cantidades de alimento fresco ofrecido y rechazado, en cada día que duró el estudio (figura 8).

3.6.3. Costos

Se registraron los precios de las materias primas y forrajes utilizados y las cantidades ofrecidas para estimar los costos de alimentación.



Figura 7. Medición de producción láctea y de consumo de alimento.

3.7. Técnicas de análisis químicos

3.7.1 Alimento y Heces

3.7.1.1. Humedad Parcial

Se basó en la determinación de la pérdida de peso que sufre una muestra cuando se calienta a una temperatura entre 60 – 70°C por un período de veinticuatro horas, en un equipo conocido como estufa de aire reforzado o ventilación forzada. Luego se colocaron en un desecador para llevar la muestra a equilibrio con la humedad ambiente y se pesaron cuando se enfriaron (Bonilla de Torres *et al* 2010).

3.7.1.2. Determinación de Nitrógeno y proteína cruda (método de Kjeldahl)

A las muestras secas y molidas se les determinó el contenido de nitrógeno por medio del método de Kjeldahl, utilizando un aparato de digestión, destilación y titulado de la solución obtenida. Se fundamenta en la destrucción de la materia orgánica por acción del ácido sulfúrico concentrado y caliente. Este actúa sobre la materia orgánica deshidratándola y carbonizándola. Luego el carbón es oxidado y el nitrógeno reducido a amoníaco en presencia de reactivos específicos que actúan como catalizadores. El amoníaco desprendido queda fijado en el ácido sulfúrico como sulfato de amonio. El amoníaco liberado por acción del hidróxido de sodio, se recoge en un volumen conocido de ácido bórico formándose borato de amonio. Y el borato de amonio en solución se titula con ácido clorhídrico empleando como indicador una mezcla de verde de bromocresol y rojo de metilo. En este método se midió la cantidad de nitrógeno que contiene la muestra y se convirtió el nitrógeno en proteína multiplicándolo por el factor 6.25 (Flores *et al* 2008) (figura A1).

3.7.1.3. Fibra Neutro Detergente por el Método de Van Söest

La muestra fue digerida por ebullición en solución neutro detergente, que se solubiliza el contenido celular y la pectina, eliminando así la pared celular, y dejando como residuo la celulosa, hemicelulosa y lignina (Flores *et al* 2008).

3.7.2 Leche

3.7.2.1. Determinación de Grasa en leche (Método de Babcock)

Las muestras de leche se mezclaron con el ácido sulfúrico lentamente y en proporción correcta, para hidrolizar la proteína, liberar la grasa en estado de emulsión y dejar que suba libremente. Luego se aplicó fuerza centrífuga para que la grasa se vea forzada a acumularse

en el cuello de la botella; especialmente por acción de la temperatura y la diferente densidad entre la grasa y el resto de la leche (Castro *et al* 2008).

3.7.2.2. Determinación de nitrógeno ureico en leche (NUL)

Las muestras se clarificaron a través del ácido tricloroacético, y la cuál por medio de una reacción de calor con el Diacetyl Monoxime, reaccionaron rompiendo la molécula de urea y así se liberó amoníaco y éste se tiñó de un color rosado, la intensidad del rosa se correlacionó con la concentración de urea en el fluido el cual fue leído en un espectrofotómetro nova (Castro *et al* 2008).

La excreción de nitrógeno en orina se estimó por la ecuación desarrollada por Jonker *et al* (1998) donde N excretado gr/d = 12.54 x NUL en mg/dL (figura A2).

3.7.2.3. Determinación de Nitrógeno y proteína cruda en Leche

A las muestras se les determinó nitrógeno por medio del método de Kjeldahl, utilizando un aparato de digestión y destilación. En este método se midió la cantidad de nitrógeno que contenía la muestra y se convirtió el nitrógeno en proteína multiplicándolo por el factor 6.38 (Flores *et al* 2008).

3.8. Metodología Estadística

3.8.1. Diseño estadístico

Dadas las condiciones homogéneas, se utilizó un diseño completamente al azar para evaluar los tres tratamientos (Dietas) en cada estudio. Estos fueron:

Cuadro 10 Descripción comparativa de los tratamientos (dietas) en los dos estudio

TRATAMIENTOS	ESTUDIO 1	ESTUDIO 2.
D1	Forraje: Ensilado de Sorgo-Canavalia.	*Forraje:Concentrado (50:50)
D2	Forraje: Ensilado de Sorgo	*Forraje:Concentrado (60:40)
D3	Forraje: Ensilado de Sorgo-Vigna	*Forraje:Concentrado (70:30)

*Ensilado sorgo-canavalia.

Se evaluó el efecto del factor en estudio sobre cada una de las variables dependientes utilizando el procedimiento ANOVA por medio de un diseño completamente al azar, en condiciones homogéneas, con tres tratamientos (dietas) y 10 repeticiones cada uno, utilizando (GLM) del programa estadístico Statistical Analysis System (SAS 2006), considerando las diferencias estadísticas como significativas a una probabilidad menor o

igual a cinco. Las diferencias entre medias fueron evaluadas por medio de una prueba de Duncan para medias ($p < 0.05$).

3.8.2. Modelo matemático

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Característica bajo estudio observado en la parcela "j" y donde se aplicó el tratamiento "i".

μ = Media experimental

T_i = Efecto de Tratamiento i

E_{ij} = Error Experimental (i, j)

i = 1, 2, 3 = número de tratamientos (para T1= tipo de ensilado, y T2= proporción de forraje:concentrado).

j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10 = número de repeticiones de cada tratamiento (número de animales).

El análisis de varianza es el siguiente (cuadro 11)

Cuadro 11 Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento	3 – 1 = 2
Error experimental	29 – 2 = 27
Total	30 – 1 = 29

3.8.3. Variables independientes (en ambos estudios)

Cuadro 12. Variables independientes en los estudios 1 y 2

ESTUDIO 1: Tipo de fuente forrajera	ESTUDIO 2: Proporción de forraje: concentrado.
Sorgo-canavalia	50:50 (sorgo-canavalia : concentrado)
Sorgo	60:40 (sorgo-canavalia : concentrado)
Sorgo-vigna	70:30 (sorgo-canavalia : concentrado)

3.8.4. Variables dependientes (en ambos estudios)

3.8.4.1 Composición del alimento y consumo

- ✓ Materia Seca (%).
- ✓ Proteína Cruda (%).
- ✓ FND (%)
- ✓ Consumo de materia húmeda (kg/día).
- ✓ Consumo de Materia seca (kg/día).
- ✓ Consumo de Proteína (g/día)

3.8.4.2. Rendimiento.

- ✓ Producción Láctea (kg/día).
- ✓ Valor de la producción (USD/ día/vaca).
- ✓ Ingreso sobre el costo de alimentación (USD/ día/vaca).

3.8.4.3. Composición de la leche.

- ✓ Grasa (%).
- ✓ Proteína cruda (%).
- ✓ Nitrógeno Ureico en Leche (mg/dL).
- ✓ Proteína de leche (g/día)
- ✓ Grasa de leche (g/día)

3.8.4.4. Composición de las heces y eficiencia

- ✓ Materia Seca (%).
- ✓ Proteína Cruda (%).
- ✓ FND (%).
- ✓ Heces húmedas (kg/día).
- ✓ Heces secas (kg/día).
- ✓ Digestibilidad aparente de la materia seca (%).
- ✓ Eficiencia del Nitrógeno en leche (N Alimento/N Leche).

3.8.4.5. Excreción de Nitrógeno.

- ✓ Consumo de N (g/día)
- ✓ N en Heces (g/día).
- ✓ N en Orina (g/día).
- ✓ N en Leche (g/día).
- ✓ Eficiencia en el uso de N en leche (%).

3.8.5. Comparación económica

Se utilizaron los ingresos sobre los costos de alimentación para estimar el efecto económico de los cambios en los niveles de forraje de la dieta. Los ingresos sobre los costos de los alimentos es una medida de rentabilidad bruta y las cuentas de las principales fuentes de ingresos (los componentes de la leche) y gastos (es decir, la alimentación). Sin embargo, no refleja otras fuentes de ingresos tales como: las materias primas y las ventas de desecho; y otras fuentes de gastos, tales como: mano de obra, los gastos de veterinario, y la depreciación de costos (Bailey *et al* 2005).

Se determinó el costo de cada una de las dietas (\$/kg) y de la ración diaria, para cada vaca y todas las vacas en los tres grupos en estudio, de acuerdo a los costos de las materias primas utilizadas en la elaboración de éste. El valor de la producción láctea individual y colectiva en cada grupo y el costo por Kg de leche producida se determinó utilizando los datos obtenidos de la ordeñadora y el precio de venta de la leche.

Para los estudios que aquí se presentan, el ingreso sobre el alimento (ISCA) refleja los principales cambios en los ingresos y gastos relacionados con la alimentación y venta de leche.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estudio 1

4.1.1. Composición del alimento y consumo

Las dietas ofrecidas fueron balanceadas para ser isoprotéicas e isocalóricas, sin embargo, por las composiciones de los forrajes, las cantidades ofrecidas (ración húmeda) no fueron iguales. Similarmente los consumos no fueron iguales, en materia húmeda hubo tendencia de mayor consumo en la dieta 1; mientras que en materia seca fueron más consumidas las dietas 1 y 3 (D1=18.04, D2=17.47 y D3=18.34 Kg/vaca/día). De acuerdo a las composiciones determinadas en laboratorio (cuadro 6), la dieta 3 dio lugar a un mayor consumo protéico ($p < 0.001$) diario debido a su mayor contenido de materia seca y proteína (cuadros 13, A4 y A15, figuras A3 y A4).

Cuadro 13. Alimento ofrecido y consumo diario en vacas lecheras alimentadas con dietas con tres diferentes fuentes forrajeras

ESTUDIO 1	Dieta 1 Sorgo-Canavalia	Dieta 2 Sorgo	Dieta 3 Sorgo-Vigna	Probabilidad
Ración Kg húmeda	55.86	55.86	57.59	na
Consumo Kg húmeda	54.50	52.32	52.45	0.450
Consumo de MS Kg/día	18.04	17.47	18.34	0.071
Proteína Consumida g/día	3223.39	2965.28	3400.33	
				<0.001
Peso Corporal Kg	488.68	511.59	517.09	0.711
Consumo % del PV	3.69	3.41	3.54	0.684

na= No se analizó estadísticamente porque los datos eran iguales todos los días.

Las dos dietas que contenían leguminosas (D1 y D3) tuvieron tendencia estadística a un mayor consumo en Kg de materia seca que la dieta a base de sorgo, aunque no hubo diferencia significativa entre ellas. De forma similar, Dewhurst *et al* (2003) reportaron que, en un estudio con vacas lecheras, hubo menores consumos en dietas con ensilados a base solo de gramíneas que en ensilados que contenían leguminosas.

Los mayores consumos en las dietas D1 y D3 podrían atribuirse a los contenidos de FND en estas dietas (cuadro 6), ya que se ha relacionado negativamente la FND con el consumo y la digestibilidad. En un estudio con diferentes fuentes de forrajes ensilados, Ruiz *et al* (1995) encontraron que el consumo disminuye de forma lineal con el aumento de la FND contenida en la dieta.

4.1.2. Rendimiento y utilidad

Por otro lado las dietas 1 y 3, que contenían leguminosas, tuvieron iguales costos (USD 4.42/vaca/día), mientras que la dieta 2, basada en ensilado de sorgo como única fuente forrajera, fue más costosa (USD 4.83/vaca/día) $p < 0.001$ (cuadros 14, A5 y A16, figuras A5-A7), el menor uso de soya en las primeras dietas puede explicar esta situación (cuadro 8).

Cuadro 14. Rendimiento y utilidad en vacas lecheras que consumen dietas con tres diferentes fuentes forrajeras

ESTUDIO 1	Dieta 1 Sorgo-Canavalia	Dieta 2 Sorgo	Dieta 3 Sorgo-Vigna	Probabilidad
Costo de Dieta \$/vaca/día	4.42	4.83	4.42	na
Producción Kg/día	20.75	19.38	22.03	0.110
Valor de la Producción \$	9.38	8.76	9.96	0.110
ISCA \$ /vaca/día	4.96	3.93	5.54	0.020
Costo en alim \$/kg de Leche	0.21	0.25	0.20	0.008

na= No se analizó estadísticamente porque los datos eran iguales todos los días.

Respecto a las producciones lácteas éstas tendieron a diferentes respuesta según las dietas ofrecidas, observándose un efecto positivo a la inclusión de leguminosas (D3= 22.03 y D1= 20.75 contra D2= 19.38 Kg/día). Por otro lado los mayores consumos de estas dietas también dieron lugar a un mayor consumo de proteína cruda (cuadro 16) que, probablemente, se relacione con las producciones un poco más altas con estas dietas. En un estudio sobre el uso de la proteína de la dieta, Olmos y Broderick (2006) encontraron que incrementos en la proteína de la dieta desde 13.5% hasta 16.5% incrementan la producción láctea, no encontrándose más incrementos hasta llegar a 19.4%.

Las diferencias en producción láctea observadas podrían deberse también al mayor contenido de fibra en la dieta a base de ensilado de sorgo (D2) que en las otras dietas. Diferentes estudios (Ruiz *et al* 1995; Nichols *et al* 1998 y Broderick 2003) han mostrado que la FND tiene una relación negativa con la producción láctea además del consumo y la digestibilidad, en estos estudios, disminuciones en la FND han dado lugar a incrementos en la producción láctea, producción de proteína, digestibilidad aparente y eficiencia de conversión. Además se encontró que el ingreso Sobre el Costo de Alimentación (ISCA), fue diferente en respuesta a las dietas ($p < 0.02$). El ISCA fue menor en dieta 1 (ensilado sorgo-Canavalia) que en la dieta 3 (ensilado sorgo-Vigna) debido a la mayor producción láctea de ésta última, mientras que las vacas que recibieron la dieta 2 tuvieron el menor ISCA que las otras dos por la menor producción y mayor costo de la ración.

4.1.3. Composición de la leche

En este estudio la fuente de forraje no afectó el contenido de grasa, proteína y nitrógeno uréico en leche (cuadros 15, A6 y A17, figuras A8-A10), sin embargo, la producción de proteína ($p= 0.15$) y grasa ($p= 0.12$) de la leche tendieron a ser mayores en D1 y D3.

Cuadro 15. Composición de la leche en vacas lecheras que consumen dietas con tres diferentes fuentes forrajeras

ESTUDIO 1	Dieta 1 Sorgo-Canavalia	Dieta 2 Sorgo	Dieta 3 Sorgo-Vigna	Probabilidad
Grasa %	3.55	3.60	3.52	0.197
Proteína cruda%	3.30	3.27	3.20	0.960
Nitrógeno Ureico mg/dL	12.66	12.74	14.73	0.846
Proteína de leche g/día	685.59	632.76	705.62	0.150
Grasa de leche g/día	737.53	696.62	776.18	0.120

Olmos y Broederick (2006) realizaron un estudio sobre el efecto de la proteína de la dieta (con cinco dietas desde 13.5% hasta 19% de PC) en la producción láctea y el metabolismo proteico. Los resultados mostraron que la producción láctea aumentó, desde 13.5% hasta 16.5% de PC, desde 36.3 Lt/día hasta 38.8 Lt/día y luego disminuyó, mientras que aumentaron de forma lineal, con la PC, el nitrógeno ureico en leche (NUL) desde 7.7 hasta 15.6 mg/dL, el N en la orina desde 113 a 257 g/día y la grasa en leche de 3.14 a 3.44%, mientras que disminuyó la eficiencia del uso de nitrógeno en leche de 36.5 a 25.4%. Sin embargo las dietas utilizadas en este estudio eran considerablemente más digeribles (50% de grano y 22% de FND) que las estudiadas en esta investigación (40% de grano 47-50% de FND).

Ruiz *et al* 1995, estudiaron el efecto de cuatro fuentes forrajeras y tres niveles de fibra (31, 35 y 39% FND) en la digestibilidad de la dieta, la producción y la composición de la leche. Se encontró que la producción láctea y la proteína de leche disminuyeron con el aumento en FND, mientras que no se encontró efecto de la FND en la grasa de la leche aunque hubo mayor contenido de grasa al comparar la alimentación de ensilado de maíz con zacate elefante. En esta investigación los altos niveles de FND probablemente eran suficientes en todas las dietas para mantener un contenido alto de grasa.

4.1.4. Composición de las heces y eficiencia

No se encontraron diferencias en los contenidos de materia seca, proteína cruda y fibra neutro detergente con las tres dietas. De igual manera, las heces húmedas heces secas la digestibilidad aparente de la materia seca y la eficiencia no fueron diferentes. Mientras que

puede decirse que las eficiencias de conversión de materia seca a leche tendieron a ser mejores con el uso de leguminosas (cuadros 16, A7 y A18, figuras A11-14).

Cuadro 16. Composición de las heces y eficiencia en vacas lecheras que consumen dietas con tres diferentes fuentes forrajeras

ESTUDIO 1	Dieta 1 Sorgo-Canavalia	Dieta 2 Sorgo	Dieta 3 Sorgo-Vigna	Probabilidad
Materia Seca (%)	15.67	15.85	15.64	0.920
Proteína cruda (%)	14.05	13.56	14.66	0.584
FND (%)	61.16	62.23	57.95	0.247
Heces Húmedas (Kg)	48.00	47.36	48.64	0.964
Heces secas (kg/día)	7.52	7.51	7.64	0.986
Digestibilidad Aparente de la Materia Seca (%)	58.38	57.01	58.51	0.353
Eficiencia Kg de Leche /Kg MS	1.15	1.11	1.20	0.156

Las digestibilidades aparentes reportadas por Ruiz *et al* 1995, con cuatro fuentes forrajeras y tres niveles de FND variaron entre 58 y 64.8%, no observándose una disminución de la digestibilidad de forma lineal con un aumento de la FND. Olmos y Broderick (2006), observaron digestibilidades aparentes de la MS de entre 71.2 y 74.6% en vacas lecheras con dietas entre 13.5 y 19.4% de PC y 22% de FND. Mientras que Nichols *et al* 1998 encontraron digestibilidades aparentes de la MS que variaron desde 54 hasta 59% usando como fuente forrajera ensilado de sorgo y ensilado de maíz, en este mismo estudio se encontró que los consumos de MS como porcentajes del peso vivo fueron 3.86 para maíz y 3.72 para sorgo, mientras que en promedio, las vacas llegaron a consumir 1.67% su peso vivo de FND.

Respecto a las eficiencias, Martínez *et al* 2009, reportaron valores de entre 1.42 a 1.73. Como era de esperarse, en condiciones tropicales y con alimentos más fibrosos, las digestibilidades y las eficiencias encontradas en este estudio fueron menores.

4.1.5. Consumo y excreción de nitrógeno

El consumo de N g/día fue mayor en las dietas con leguminosas ($p < 0.01$) (cuadros 17, A8 y A19, figuras A15 y A16), el contenido de N en heces tuvo tendencia estadística ser mayor en éstas dietas, en orina el mayor contenido lo tuvo la dieta 3. El N en leche tendió a ser mayor en las dietas D1 y D2 con el uso de leguminosas, Mientras que no se encontró diferencia significativa en la eficiencia en el uso de N entre las dietas.

Cuadro 17. Consumo y excreción de Nitrógeno en vacas lecheras que consumen dietas con tres diferentes fuentes forrajeras

ESTUDIO 1	Dieta 1 Sorgo-Canavalia	Dieta 2 Sorgo	Dieta 3 Sorgo-Vigna	Probabilidad
Consumo de N g/día	516.36	475.10	544.80	<0.001
Nitrógeno en Heces g/día	189.56	161.72	199.24	0.692
Nitrógeno en Orina g/día	158.76	159.76	184.71	0.909
Nitrógeno en leche g/día	109.56	101.39	112.81	0.203
Eficiencia en el uso de N en leche (%)	20.50	20.88	20.69	0.766

Groff y Wu (2005) encontraron aumento de N en heces, orina y leche cuando se incrementó la proteína de la dieta; mientras tanto se observaron oscilaciones de 21 a 28% en la utilización de N de la dieta respecto a la leche, cuyos niveles disminuyeron con el incremento de proteína en la dieta. De forma similar, Martínez *et al* (2009) encontraron que la eficiencia disminuyó cuando la proteína en la dieta era mayor y que la excreción de N en orina y en heces aumentó linealmente con incremento de 15 hasta 18.75% en la PC de la dieta.

Castillo *et al* (2001) estudiaron el efecto de la suplementación energética (diferentes niveles de fibra, almidón y azúcares en concentrados isocalóricos) sobre la utilización de nitrógeno en vacas lecheras alimentadas con ensilado, obteniendo niveles de N en heces en rango de 112 a 140 g/día, y N en leche entre 95.2 y 102.1 g/día, mientras que la utilización del N del alimento en leche fue entre 26 y 30%.

4.2. Estudio 2

4.2.1. Composición del alimento y consumo

Debido a que se usaron diferentes relaciones de forraje: concentrado, y a que se balancearon las dietas para la misma composición nutricional, las cantidades de materias primas (cuadro 7), la ración ofrecida y el consumo húmedo ($p < 0.01$) fueron diferentes. Los consumos en base húmeda fueron menores en la D1 (50:50 forraje: concentrado), y mayor en la D3 (70:30 forraje: concentrado). A pesar de esto, los consumos de materia seca y proteína fueron similares, tal como se había formulado, (cuadro 18, A10 y A20, figuras A17 y A18).

Cuadro 18 Composición del alimento y consumo diario en vacas lecheras alimentadas con dietas con diferentes relaciones de forraje:concentrado

ESTUDIO 2	Dieta 1 50:50	Dieta 2 60:40	Dieta 3 70:30	Probabilidad
Ración Húmeda (Kg)	47.81	54.86	64.41	na
Consumo húmeda (Kg)	45.42	50.47	54.75	0.002
Consumo de MS (Kg/día)	15.81	15.80	15.69	0.775
Proteína Consumida (g/día)	2616.86	2679.15	2617.20	0.712

na= No se analizó estadísticamente porque los datos eran iguales todos los días.

Los consumos de materia seca y proteína están entre los principales aspectos a tomar en cuenta cuando se evalúan o formulan dietas de vacas lecheras. En un estudio previo, Zavala *et al* (2005), evaluaron la alimentación en 8 ganaderías lecheras de El Salvador durante la época seca y la época lluviosa, encontrando consumos de materia seca entre 14.2 y 24.5 kg/día, y de proteína entre 2104 y 4293 g/día, los cuales excedían los requerimientos del NRC 2001 en la mayoría de los casos.

4.2.2. Rendimiento y utilidad

La alimentación es el principal componente de los costos en las ganaderías lecheras tanto en novillas (Benítez *et al* 2011) como en vacas (Reaves y Pegram 1993), por lo tanto su optimización es fundamental para los resultados económicos.

Los costos de las dietas fueron diferentes ($p < 0.01$). Se encontró que el costo aumentó en la medida en que se incrementó el uso de forraje. La razón para esto es que cuando se usó más proporción de forraje, se incluyó en la dieta materias primas con más contenido de nutrientes que a la vez son más caras (cuadros 7, 19, A11 y A21, figuras A19-A21).

Aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la producción), el ISCA y el costo en alimentación por kg de leche producida los valores promedio fueron mejores con las proporción de forraje:concentrado de 60:40 (figura 15). (Martínez *et al* 2009) reportaron que usar 60% de forraje en comparación con 50%, mejoró la el contenido de grasa de la leche y la eficiencia en utilización del Nitrógeno en leche.

Cuadro 19 Rendimiento y utilidad en vacas lecheras alimentadas con dietas con diferentes relaciones de forraje: concentrado

ESTUDIO 2	Dieta 1 50:50	Dieta 2 60:40	Dieta 3 70:30	Probabilidad
Costo de Dieta (\$/vaca/día)	4.29	4.41	4.69	na
Producción (kg/día)	17.08	20.67	18.76	0.194
Valor de la Producción (\$)	7.74	9.37	8.50	0.194
Ingreso Sobre Alim (\$/vaca/día)	3.45	4.96	3.81	0.209
Costo en alim (\$/kg leche)	0.25	0.21	0.25	0.169

na= No se analizó estadísticamente porque los datos eran iguales todos los días.

Zavala *et al* (2005), reportaron gastos en alimentación entre \$ 0.16 y \$ 0.24 por cada kilo de leche producida en ocho ganaderías de El Salvador, sin embargo se debe considerar que los costos de las materias primas han incrementado desde entonces entre un 50 y 100% mientras que el valor de la leche se ha mantenido. En el mismo estudio ellos estimaron que alrededor del 70 y 80% de la energía y la proteína consumida provenían del concentrado. Lo anterior sugiere que se debe enfatizar en la producción eficiente de forrajes de calidad para sostener una producción lechera rentable en El Salvador. En el presente estudio se utilizó ensilado de sorgo-canavalia que presentaron 10% de PC y 64% FND en su composición, lo cual refleja una buena fuente forrajera en condiciones tropicales, sin embargo se encontró mejor respuesta productiva y económica usando 60% que 70% de forraje en materia seca.

4.2.3. Composición de la leche

En el cuadro 20 (A12 y A22, figuras A22-A24) se observa que no hubo cambios significativos en la proteína de la leche y el Nitrógeno Ureico en Leche al variar la relación forraje:concentrado, mientras que la grasa tendió a aumentar al incrementar la proporción de forraje en la RTM, ya que la cantidad de grasa se le ha relacionado positivamente con mayor contenido de fibra en la dieta, contenido que era mas alto al tener más forraje.

Cuadro 20 Composición de la leche en vacas lecheras alimentadas con dietas con diferentes relaciones de forraje:concentrado

ESTUDIO 2	Dieta 1 50:50	Dieta 2 60:40	Dieta 3 70:30	Probabilidad
Grasa %	3.44	3.66	3.87	0.081
Proteína %	3.16	3.24	3.23	0.965
Nitrógeno Ureico mg/dL	10.19	10.61	10.56	0.517
Proteína de leche g/día	539.66	669.72	605.88	0.132
Grasa de leche g/día	587.48	756.54	725.93	0.066

Por otra parte, las cantidades de grasa y proteína producidas (g/día) tendieron a ser diferentes, siendo mayores con la dieta 2 debido a la mayor cantidad de leche producida. Lo anterior indica que la relación de forraje:concentrado (con igual composición nutricional) en las condiciones de este estudio, no repercutió en la composición de la leche, dando lugar a contenidos normales de grasa y proteína y valores de NUL que indican un uso adecuado de la proteína de la dieta.

Desde hace tiempo se ha establecido que la medición de NUL es una herramienta útil para el monitoreo de la alimentación proteica (Hof *et al* 1997; Nousiainen *et al* 2004), ya que los valores de NUL reflejan los niveles de proteína en la dieta, valores bajos de NUL reflejan deficiencia en el consumo de proteína que limitan la producción mientras que valores altos, reflejan excesos de consumo que son dañinos a la reproducción, son caros y contaminan el ambiente (Biswajit *et al* 2011).

Estudios recientes en alimentación con vacas lecheras (Thomas *et al* 2001, Martínez *et al* 2009), han mostrado que vacas alimentadas con dietas bien balanceadas en proteína, carbohidratos y energía, dan lugar a valores de NUL que oscilan entre 9 y 12 mg/dL. Los datos de nuestro estudio coinciden con este rango, sin embargo los desempeños encontrados por nosotros son inferiores. Estudios han observado el efecto de la relación forraje: concentrado en la composición de la leche. Martínez *et al* (2009) reportaron porcentajes de grasa de 3.33 en vacas alimentadas con dietas de 50% de forraje, y de 3.61 en dieta con ración de 60% de forraje, en el mismo estudio se encontraron porcentajes de proteína de 3.13 y 3.11 respectivamente, los cuales son inferiores a los encontrados en nuestro estudio. También Oliver *et al* (2004) en su estudio comparativo encontraron niveles de grasa y proteína en leche de 3.57% y 2.89% en dietas con 50% de ensilado de sorgo, los cuales también están por debajo de los obtenidos en nuestro estudio.

Se puede notar que los contenidos de grasa de la leche reportados por otros autores son menores a los encontrados en este estudio, esto probablemente se deba a que las dietas hechas con forrajes tropicales son altas en fibra, en nuestro caso, entre 47 y 50% de FND.

4.2.4. Composición de las heces y eficiencia

Se observó efecto entre la relación forraje:concentrado y contenido de materia seca del estiércol ($p=0.05$) de manera que a más concentrado, mayor contenido de MS, mientras que no hubo efecto de esta relación en el contenido de PC ($p=0.73$) ni FND ($p=0.95$) del estiércol (cuadro 21, A13 y A23, figuras A25-28).

Cuadro 21. Composición de las heces y eficiencia en vacas lecheras alimentadas con dietas con diferentes relaciones de forraje:concentrado

ESTUDIO 2	Dieta 1 50:50	Dieta 2 60:40	Dieta 3 70:30	Probabilidad
Materia Seca %	16.16	15.70	15.34	0.047
Proteína %	13.35	12.66	12.79	0.735
FND (%)	61.39	63.06	64.22	0.742
Heces Kg Húmedos	41.45	45.89	49.20	0.945
Heces secas (kg/día)	6.70	7.20	7.55	0.403
Digestibilidad Aparente de la MS	57.64	54.39	51.90	0.641
Eficiencia Kg de Leche /Kg MS	1.08	1.31	1.20	0.309

Debido a las variaciones diarias en la recolección, no se encontraron diferencias significativas en las cantidades de estiércol húmedo y seco aunque los valores promedios son mayores en la medida que se usó más forraje.

Los promedios de digestibilidad aparente tendieron a disminuir con el uso de más forraje, sin embargo no se encontró diferencias estadísticas significativas en esta variable. Las digestibilidades aparentes de la materia seca en el presente estudio oscilaron entre 51.9 y 57.64%, los cuales son comparables a algunos encontrados por otros autores como Oliver *et al* (2004) que encontraron 52.4 a 69.1% con dietas a base de ensilado de sorgos y maíz y Martínez *et al* (2009) que encontraron 58.4 a 63% en dietas a base de ensilado de maíz y alfalfa.

4.2.5. Consumo y excreción de Nitrógeno

El consumo de N, el contenido de N en orina, leche y heces así como la eficiencia en su uso fueron similares entre las dietas (cuadro 22, A14y A24, figuras A29 y A30). Groff y Wu (2005) reportaron incrementos en la excreción total de N cuando se alimentaron vacas lecheras con proporciones de ensilado de maíz y alfalfa y se incremento el % de alfalfa de 25 a 100% del forraje.

Cuadro 22. Consumo y excreción de Nitrógeno en vacas lecheras alimentadas con dietas con diferentes relaciones de forraje:concentrado

ESTUDIO 2	Dieta 1 50:50	Dieta 2 60:40	Dieta 3 70:30	Probabilidad
Consumo de N g/día	418.70	428.66	418.75	0.196
Nitrógeno en Heces g/día	142.90	145.77	154.25	0.080
Nitrógeno en Orina g/día	127.78	133.05	132.42	0.696
Nitrógeno en leche g/día	86.35	107.16	96.94	0.136
Eficiencia del Uso de N en Leche %	20.62	25.00	23.15	0.128

Martínez *et al* (2009), estudiaron el efecto de dos relaciones de forraje:concentrado y el uso de monensina en los parámetros productivos y económicos y la eficiencia en el uso del alimento, reportando datos de nitrógeno excretado en heces con un valor entre 287-320 g/día, y nitrógeno en leche entre 212 y 220 g/día, teniendo una eficiencia del uso del N entre 33.1 y 35.7% con un consumo de nitrógeno en alimento entre 619 y 663 g/día, ellos concluyeron que al alimentar con 60% de forraje disminuye la excreción fecal de N, mientras que se aumenta o mantiene la eficiencia de conversión y la utilización de N de la dieta en leche en comparación con 50% de forraje.

5. CONCLUSIONES

- 1) La inclusión de Vigna y Canavalia en dietas isocalóricas e isoprotéicas para vacas lecheras disminuye el contenido de FND y aumenta el consumo, lo cual permite una mayor producción y un ingreso sobre la alimentación (ISCA) más alto en comparación con aquellas dietas que usan ensilado de sorgo solo como forraje.
- 2) La inclusión de forraje de vigna y canavalia en las dietas de vacas lecheras permite disminuir la dependencia del uso de soya como fuente proteica, por lo tanto también disminuye el costo de la dieta.
- 3) Las dietas nutricionalmente iguales y con diferentes proporciones de ensilado sorgo-canavalia no produjeron cambios significativos en la composición de la leche.
- 4) La suplementación con forraje de vigna y de canavalia no afecta los principales componentes de la leche en las condiciones de este estudio.
- 5) La eficiencia en el uso del nitrógeno en leche y la digestibilidad aparente de la materia seca en las tres dietas evaluadas es baja en este estudio al ser comparado con otros similares.
- 6) La utilización de ración total mezclada (RTM) en proporción de 60:40 (ensilado de sorgo-canavalia: concentrado) en la alimentación de vacas lecheras fue la de menor costo y la mayor de producción de leche. Consecuentemente produjo el mayor ISCA.

6. RECOMENDACIONES

- 1) Suplementar las fuentes forrajeras tradicionales como ensilado de sorgo o de maíz con follaje de leguminosas como las evaluadas en este estudio (Vigna y Canavalia) lo cual permitirá incrementar el aporte proteico del forraje y disminuir su contenido de fibra y obtener los beneficios positivos consiguientes en la producción y el ingreso.
- 2) Monitorear el contenido de fibra neutro detergente de la dieta ya que este es un factor determinante sobre el consumo, digestibilidad y producción.
- 3) Producir las leguminosas Vigna y Canavalia para usarlas como complemento forrajero en la alimentación de vacas lecheras, procurando hacerlo a gran escala y con labores mecanizadas para abastecer eficientemente las cantidades requeridas en un hato lechero numeroso. Debe considerarse que la suplementación desarrollada en este estudio es diferente de otros tipos de suplementación con leguminosas, como cercas vivas y bancos de proteína.
- 4) Al alimentar vacas con ensilado sorgo-canvalia, utilizar una proporción de 60:40 (forraje:concentrado) en la materia seca de la Ración Total Mezclada.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, Y. 2005. Urea en Leche: Factores que la Afectan. (en línea). Sitio argentino de Producción Animal. UY. Consultado: 12 de febrero del 2010. Disponible en: <http://www.produccionbovina.com/produccion_bovina_de_leche/leche_subproductos/56-urea_en_leche.pdf>
- Alias, Ch. 2003. Ciencia de la Leche, Principios de Técnica Lechera. Ed. Reverte, p 3. ES.
- Álvarez, J. 2008. Bioquímica nutricional y Metabólica Del Bovino En El Trópico. Editorial Universidad de Antioquia, Primera reimpresión, p 45 ,46
- Arteta, D.; Zamora, W. 2005. Efecto de Dos Tipos de Asociaciones de Maíz con Cuatro Leguminosas Sobre la Calidad y Producción del Ensilaje en El Zamorano, HN. (en línea). Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras. Consultado: 1 de mayo de 2010. Disponible en: <http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2005/T2173.pdf>
- Bach, A.; Calsamiglia, S. 2006. La Fibra en los Rumiantes. ¿Química o Física? XII Curso de Especialización FEDNA. (en línea). Universidad Autónoma de Barcelona. Consultado: 28 de febrero del 2010. Disponible en: <http://www.produccionovina.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/100-fibra_en_rumiantes.pdf>
- Bailey, K.; Jones, C.; Heinrichs, A. 2005. Economic returns to Holstein and jersey herds under multiple componentpricing. J. Dairy Sci. 88:2269–2280.
- Benavides, A.; Van der Hoek, R.; Douchamps, S.; Mena, M.; Valdivia, R.; Tremino, A.; 2008. Programa Cooperativo Centroamericano Para el Mejoramiento de Cultivos Animales. Resúmenes de la 54 Reunión Anual del PCCMCA. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. San José, Costa Rica. 353 p.
- Benítez, R.; Ramírez, J.; Araujo R.; Alas, E.; Corea, E. 2011. Evaluación del crecimiento de novillas y desempeño reproductivo y productivo de vacas primerizas en el departamento de Sonsonate, Tesis. Universidad de El Salvador. El Salvador,63p.
- Beyra, A.; Reyes G.; Hernández L.; Herrera P. 2004. Revisión Taxonómica del Género Canavalia D.C. (Leguminosa E-Papilionoideae) en Cuba. Revista Académica Coloma. Cienc., 28:107 junio.
- Binder, U. 1997. Manual de Leguminosas de Nicaragua. Tomo I. PASOLAC, E.A.GE. Estelí, Nicaragua. 192p.

- Biswajit, R.; Brahma, B.; Ghosh, S.; Pankaj, P.; Mandal, G. 2011. Evaluation of Milk Urea Concentration as useful indicator for dairy herd management: a review. Department of Livestock production and management, college of veterinary sciences and animal Husbandry, Kuthulia, Rewa, MP-486001, India. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances 6 (1); 1-19, 2011. ISSN 1683-9919.
- Bonilla de Torres, B; Carranza Estrada, F; Flores Tensos, J. 2010. Manual de Química Analítica. Universidad de El Salvador, Departamento de Química Agrícola. p 11.
- Bolaños, O.; Sánchez, O. 1988. Elementos Básicos Para el Manejo de Animales de Granja. San José, Costa Rica. Editorial Universitaria a Distancia. 110 p.
- Broderick G.A. 2003. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 86: 1370-1381.
- Bunting, L. 2004. Estrategias Nutricionales Para Cambiar los Componentes de la Leche. (en línea). II Seminario Sobre Alimentación y Manejo de Ganado Lechero. México. Consulta: 23 de febrero del 2010. Disponible en: <<http://vaca.agro.uncor.edu/~pleche/material/Material%20II/A%20archivos%20internet/Factor/Estrategias.pdf>>
- Buxadé, C. 2006. Ganado Vacuno. *En* Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. Barcelona, España. Océano Grupo Editorial. P 831-858.
- Calsamiglia, S.1997. Nuevas Bases Para la Utilización de la Fibra en Dietas de Rumiantes. XIII Curso de Especialización FEDNA. (en línea). Universidad Autónoma de Barcelona. ES. Consultado: 23 de febrero de 2010. Disponible en: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/97CAP_I.pdf>
- Campabadal C; Navarro Gonzáles, H; 1996. Clasificación de los Ingredientes Utilizados en la Elaboración de Alimentos para Animales. Asociación Americana de Soya. Primera edición. ASA/México, DF. 21 p.
- Carlini, C.; Udedibie, A. 1998. Preguntas y Respuestas al Problema de la Comestibilidad de la *Canavalia Ensiformis* Semillas. Animal Feed Science and Technology 74(2):95-106.
- Castillo, A.; Kebreab, E.; Beever, D.; Barbi, J.; Sutton, J.; Kirby, H.; France, J. 2001. The effect of energy supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. Journal of Dairy Science. 79:240-246. UK.
- Castro, A. 2002. Ganadería de Leche, Enfoque Empresarial. Producción Bovina, Tomo I. Ed. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. p 84-85.
- Castro, J; Carranza, F; Flores J. 2008. Manual de Bioquímica. Universidad de El Salvador, Departamento de Química Agrícola. p 13-14, 48-51.

- Chacón, A. 2009. Evaluación General de la Calidad de la Leche en la Pequeña y Mediana Agroindustria Láctea. Tecnología Láctea Latinoamericana N° 56. Revista Actualidad Zootécnica (1):38-47.
- Closa, S.; De Landeta, M. 2003. Contenido de Nutrientes Minerales en Leches de Vaca y Derivados de Argentina. (en línea). Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján. AR. Consultado: 2 de marzo de 2010. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S000406222003000300016&script=sci_arttext&lng=es>
- Correa, H. 2004. Aspectos Clave del Ciclo de la Urea con Relación al Metabolismo Energético y Proteico de Vacas Lactantes. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 17: 29.
- Cuevas, E; López, R.; Villalta, C. 1992. Efecto de los Sistemas de Labranza Convencional, Reducida y mínima en las Propiedades Físicas del Suelo y Comportamiento Bio – económico del cultivo de Vigna (*Vigna sinensis*) San Luis Talpa, La Paz. Tesis Ing. Agr. El Salvador, San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. 202p
- De León, M. 2007. El Uso de Silajes de Sorgo en la Intensificación de los Sistemas de Producción de Carne Bovina. (en línea). INTA. Córdoba, AR. Consulta: 27 de febrero de 2010. Disponible en: <<http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/carne/carnep08.pdf>>
- Dewhurst, R. J. Fisher, J.K. Tweed, K.S. and Wilkins, R.J. 2003. Comparison of Grass and Legume Silages for Milk Production. Production Responses with Different Levels of Concentrate. Journal of Dairy Science. 86(8):2598–2611.
- Elizondo, J. 2001. Requerimientos Nutricionales del Ganado de Leche Según el Modelo del NCR. Proteína Metabolizable, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica, 2p.
- Engler, A. 2002. Influencia del Mercado Internacional de Lácteos Sobre el Precio Nacional de la Leche: Un Análisis de Cointegración. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (en línea). Universidad Austral de Chile. Consulta: 6 de marzo de 2010. Disponible en: <<http://www.bioline.org.br/pdf?at03047>>
- Escobar A.1987. Canavalia en la alimentación del ganado lechero. Venezuela. Consultado el 15 de abril del 2010. Disponible en: <<http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IisScript=AGRINVE.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=002293>>

- Estupiñán, K.; Vasco, D.; Duchi, N. 2007. Digestibilidad de los Componentes de la Pared Celular del Forraje de Canavalia Ensiformis (L) DC. En Diferentes Edades de Corte. Revista Tecnológica ESPOL. Unidad de Investigación Científica y Tecnológica, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 20(1):223-228.
- Estrada, J. 2001. Pastos y Forrajes para el Trópico Colombiano. Primera Edición. Editorial Universidad de San Caldas. Colombia 49-52p.
- Etgen, W.; Reaves, P. 1990. Ganado Lechero Alimentación y Administración. México, D.F. Editorial Limusa, S.A. de C.V. 613 p.
- Flores, J; Carranza, F; Bonilla de Torres, B. 2008. Manual de Laboratorio de Análisis Bromatológicos. Universidad de El Salvador, Departamento de Química Agrícola. p 15-17, 20-21.
- Groff E.; Z. Wu. 2005. Milk Production and Nitrogen Excretion of Dairy Cows Fed Different Amounts of Protein and Varying Proportions of Alfalfa and Corn Silage. J. Dairy Sci. 88:3619–3632.
- Harold, E. 2000. El Manual Merck de Veterinaria. Quinta Edición. Barcelona, ES. Océano Grupo Editorial. 2558 p.
- Hazard, S. 2009. Alimentación de Vacas Lecheras. (en línea). Instituto de Investigaciones Agropecuarias Carillanca, Chile. Consultado: 7 de febrero de 2010. Disponible en: <www.inia.cl/quilamapu/.../Alimentacion%20vacas%20lecheras.pdf>
- Hernández, J. 2002. Parámetros Internacionales de Calidad de la Leche. (en línea). Memorias de la XIV Semana Internacional de Agronomía. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. p. 101-102. Consulta: 3 de marzo de 2010. Disponible en: <http://faz.ujed.mx/files/Memoria_XIV.pdf#page=111>
- Hof, G., M. D. Vervoorn, P. J. Leaners, and S. Tamminga. 1997. Milk urea nitrogen as tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. J. Dairy Sci., 80: 3333-3340.
- Hutjens, M. 2003. Guía de Alimentación. Segunda Edición. (en línea). Editorial Hoards Dairyman. p 13-20. Consultado: 3 de febrero de 2010. Disponible en: http://books.google.com/sv/books?id=ljMc9zztMfUC&printsec=frontcover&source=gbs_slider_thumb#v=onepage&q&f=false
- Jiménez, M.; Rojas, A.; WingChing, R. 2009. Valor Nutricional del Ensilaje de Maíz Cultivado en Asocio con Vigna. Agronomía Costarricense 33(1):133-146.
- Jonker, J.; Kohn R.; Erdman, R. 1998. Using Milk Urea Nitrogen to Predict Nitrogen Excretion and Utilization Efficiency in Lactating Dairy Cattle. J. Dairy Sci. 81:2681–2692.

- Lascano, C.; Avila, P. 1991. Potencial de Producción de Leche en Pasturas Solas y Asociadas con Leguminosas Adaptadas a Suelos Ácidos. *Pasturas Tropicales*. 13 (3) 5100–5110.
- León, J. 1987. *Botánica de los cultivos tropicales*. Segunda edición. Servicio editorial IICA. p126-128. CR.
- León, J. 2000. *Botánica de los cultivos tropicales*. Tercera edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). p 200-201. CR.
- Magariños, H. 2000. *Producción Higiénica de la Leche Cruda, Una Guía Para la Pequeña y Mediana Empresa*. Editorial Producción y Servicios Incorporados. GT. p 85.
- Martínez, D. 2000. *Sistemas de Producción Bovina en El Salvador*. (en línea). Cámara Agropecuaria y AgroIndustrial de El Salvador. Consultado: 1 de mayo de 2010. Disponible en: <<http://downloads.camagro.com/sistemasdeproduccionbovina.pdf>>
- Martínez, C.; Chung, Y.; Ishler, V.; Bailey, K.; Varga, G. 2009. Effects of dietary forage level and monensin on lactation performance, digestibility and fecal excretion of nutrients, and efficiency of feed nitrogen utilization of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92 : 3211–3221.
- Nichols, S.; Froetschel, M.; Amos, H.; Ely, L. 1998. Effects of Fiber from Tropical Corn and Forage Sorghum Silages on Intake, Digestion, and Performance of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 81:2383–2393.
- Nousiainen J., K. J. Shingfield, and P. Huhtanen. 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. *J Dairy Sci.*, 87: 386-398
- NRC (National Research Council). 2001. *The Nutrient Requirement of Dairy Cattle*. Seventh edition. National Academy Press, Washington, D. C. p 15,49.
- Obispo, N. 2005. *Uso de las Fuentes de Nitrógeno No proteico en Rumiantes*. (en línea). Revista Digital CENIAP Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Maracai, VE. Consulta: 14 de febrero del 2010. Disponible en: <http://www.produccionovina.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_proteico/23-uso_fuentes_nnp.pdf>
- Oliver, A.; Grant, R.; Pedersen, J.; O'Rear, J. 2004. Comparison of Brown Midrib-6 and -18 Forage Sorghum with Conventional Sorghum and Corn Silage in Diets of Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 87:637–644. American Dairy Science Association.

- Olmos, J. J; Broderick, G. A. 2006. Effect of Dietary Crude Protein Concentration on Milk Production and Nitrogen Utilization in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 89:1704–1712
- Reaves, P.; Pegram, C. 1993. *El Ganado Lechero y las Industrias Lácteas en la Granja.* México, D.F. Editorial Limusa, S.A. de C.V. 594 p.
- Relling, A.; Mattioli, G. 2003. *Fisiología Digestiva Y Metabólica de los Rumiantes.* Editorial EDUP, p 34-35. AR.
- Revilla, A. 1982. *Tecnología de la Leche, Procesamiento Manufactura y Análisis.* Segunda ed. IICA. CR 205-207p.
- Rodríguez, R.; Sosa, A.; Rodríguez, Y. 2007. La Síntesis de Proteína Microbiana en El Rumen y su Importancia para los Rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola,* Tomo 41, n° 4: 304, Instituto De Ciencia Animal, CU.
- Rodríguez, J.; Marinero, I.; Mejía, C. 2005. Ensilaje de Maíz (*zea mays*), en Asocio con Leguminosas en la Hacienda Achichilco, cantón San Antonio Caminos, municipio de San Vicente, departamento de San Vicente. Requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo. p 63. Facultad Multidisciplinaria Paracentral. UES.
- Rojas, S.; Olivares, J.; Jiménez, R; Hernández, E. 2005. Manejo de Praderas Asociadas de Gramíneas y Leguminosas Para Pastoreo en el Trópico. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET.* VI (05)15-29.
- Rotz, C.A.; L.D. Satter, D.R. Mertens and R.E. Muck. 1999. Feeding Strategy, Nitrogen Cycling, and Profitability of Dairy Farms. *J. Dairy Science.* 82:2841-2855.
- Ruiz, M. Bernal, E. Staples, C.R. 1995. Effect of Dietary Neutral Detergent Fiber Concentration and Forage Source on Performance of Lactating Cows. *Journal of Dairy Science* Vol. 78, No. 2.U.S.A.
- Salinas, F.; Crespín, E. 2010. Evaluación Productiva y Nutricional de los cultivos de Frijol de Canavalia, Frijol Vigna y Sorgo Variedades Centa S-2 y RCV y su Asocio Para la Alimentación de Ganado Lechero. Tesis. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, ES, 88p.
- Sánchez, A. 2001. Leguminosas como potencial forrajero en la alimentación bovina. Producción bovina de carne. Investigador. (en línea). FONAIAP. Estación Experimental del Estado Falcón. Coro. VE. Consultado: 1 de marzo de 2010. Disponible en: http://www.produccionbovina.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas/%20artificiales/38-leguminosas_como_potencial_forrajero.htm

- Sánchez, T.; Mileras, M.; Simon, L.; López, O. 2007. Las Potencialidades de las Asociaciones Gramíneas-Leguminosas como Alimento de los Rumiantes. (en línea). Revista Electrónica de Veterinaria. Consultado: 1 de marzo de 2010. Disponible en: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121207D/120723D.pdf>>
- Scandolo, D .2007.Relación Entre la Fertilidad y el Desbalance Energía/Proteína en la Dieta de Vacas Lecheras. Revista del Colegio de Médicos Veterinarios de la Provincia de Santa Fe. 25(181):22-23p.
- Sutton, A.; Applegate, T.; Hankins, S.; Hill, B.; Sholly, D.; Allee, G.; Greene, W.; Kohn, R.; Meyer, D.; Powers, W.; Van Kempen, T. 2006. Manipulation of Animal Diets to Affect Manure Production, Composition and Odors: State of Science. (en línea). National Center for Manure and Animal Waste Management. White Paper Summaries. Consultado: 3 de marzo de 2010. Disponible en: <http://www.cals.ncsu.edu/waste_mgt/natlcenter/whitepapersummaries/manipulation.pdf>
- Thomas, E.; Mandebvu, P.; Ballard, C.; Sniffen, C.; Carter, M.; Beck, J. 2001. Comparison of Corn Silage Hybrids for Yield, Nutrient Composition, In Vitro Digestibility, and Milk Yield by Dairy Cows. J. Dairy Sci. 84:2217–2226. American Dairy Science Association.
- Tornadijo, M.; Marra, A. 1998. Calidad de la Leche Destinada a la Fabricación de Leche, Calidad Química. Ciencia y Tecnología Alimentaria, Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos, diciembre. Vol. 2. México. p 79-86.
- Urbano; Dávila; Moreno. 2006. Efecto de las Leguminosas Arbóreas y la Suplementación con Concentrado Sobre la Producción de Leche y Cambio de Peso en Vacas Doble Propósito. Zootecnia Trop. mar. 2006. 24(1):69-83.
- Vargas, T. 2000. Calidad de la Leche: Visión de la Industria Láctea. (en línea). X Congreso Venezolano de Zootecnia. UCV. VE. Consultado: 1 de marzo de 2010. Disponible en: <http://www.cecalc.ula.ve/AVPA/docuPDFs/xcongreso/P297_CalidadLeche.pdf>
- Wattiaux, M.; Howard, W. 1994. Alimentos Para Vacas Lecheras. (en línea). Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Madison, US. Consultado: 7 de febrero de 2010. Disponible en: <vaca.agro.uncor.edu/~pleche/material/babkoc/06_s.pdf>
- Weiss. W.; St-Pierre, N. 2006. Factors Affecting Manure Excretion By Dairy COW. Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop. Presented at Cornell Nutrition Conference, Oct. 19-20, 2004, p 11-20.

- Weiske, A. Petersen, St. 2006. Mitigation of Greenhouse Gas Emissions From Livestock Production. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Editorial Elsevier.112(2-3):105-106.
- Zamora, C. 2003. Efecto de la Extrusión Sobre la Actividad de Factores Antinutricionales y Digestibilidad in Vitro de Proteínas y Almidón en Harinas de Canavalia Ensiformis. *ALAN*, set. vol. 53, no.3, p 293-298.
- Zavala D.; López, F.; Ventura, B. 2005. Efecto de la Proteína Cruda y la Energía en la Fertilidad de Vacas Lecheras en Ocho Ganaderías de El Salvador. Tesis Ing. Agr. El Salvador, San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. 117 p
- Zeledón, H. S. *et al.* 2007. Guía Técnica del Cultivo de Sorgo (*Sorghum bicolor*, *L. moench*). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Ministerio de Agricultura y Ganadería. ES. p. 8-12.

8. ANEXOS

Cuadro A 1 Características fisicoquímicas de la leche.

Materia grasa, mínimo	3.5%
Sólidos totales, mínimo	12.0%
Acidez expresada en ácido láctico, máximo	0.28%
Proteínas (N x 6.38), mínimo	3.0%
Cenizas, máximo	0.8%
Estudio de reductasa mínimo	
Leche para consumo directo	6.5 horas
Leche para ser pasteurizada	4.0 horas
Sedimento en 473 ml de leche	2.0 mg
Punto de congelación debajo de	0.53°C

FUENTE: Revilla, 1982. Tecnología de la Leche, Procesamiento Manufactura y Análisis.

Cuadro A 2 Composición general de la leche de vaca en porcentajes

Constituyente Principal	Límites variación (%)	Valor medio (%)
Agua	70-90.5	87.0
Grasa	2.20-8.0	3.8
Proteínas	2.7-4.8	3.5
Lactosa	3.5-6.0	4.9
Minerales	0.6-0.9	0.8

FUENTE: Revilla, 1982. Tecnología de la Leche, Procesamiento Manufactura y Análisis.

Cuadro A 3. Estudio 1: Datos de Composición del alimento

Composición del alimento (Sorgo-canavalia)			
Nº de muestra	Materia Seca %	Proteína Cruda %	FND %
1	33,44	16,36	47.61
2	33,74	16,36	47.74
3	33,51	21,93	47.39
4	33,50	20,23	47.19
5	31,73	16,71	47.41
6	32,67	20,90	47.28
7	-	15,28	-
8	-	15,39	-
9	-	18,50	-
Promedio	33,10	17,89	47.44
Desv. Esta.	0,76	2,51	0.21
Composición del alimento (Sorgo)			
Nº de muestra	Materia Seca %	Proteína Cruda %	FND %
1	36,78	15,68	48,95
2	37,02	15,28	48,95
3	32,51	14,08	51,91
4	31,26	17,78	53,85
5	30,96	18,45	50,45
6	31,75	19,62	50,50
7	-	17,79	-
8	-	17,32	-
9	-	18,23	-
Promedio	33,38	17,00	50,77

Desv. Esta.	2,78	1,81	1,88
Composición del alimento (Sorgo-vigna)			
Nº de muestra	Materia Seca %	Proteína Cruda %	FND %
1	38,70	19,49	47,06
2	35,19	18,32	47,29
3	36,07	18,73	47,26
4	35,71	17,72	47,26
5	32,12	18,94	49,30
6	36,93	19,86	44,78
7	-	16,68	-
8	-	18,86	-
9	-	19,93	-
Promedio	35,70	18,72	47,16
Desv. Esta.	2,57	1,05	1,44

Cuadro A 4 Estudio 1: Datos de Alimento ofrecido y Consumo

Consumo (Sorgo-canavalia)						
Nº de Vaca	Ración Kg Húmeda	Consumo Kg húmeda	Consumo de MS Kg/día	Proteína Consumida g/día	Peso Corporal Kg	Consumo % del PV
1	55,86	54,95	18,19	3.253,91	509.09	3,54
2	55,86	54,50	18,04	3.227,27	543.18	3,04
3	55,86	54,05	17,89	3.200,62	505.45	3,64
4	55,86	54,50	18,04	3.227,27	501.82	3,39
5	55,86	54,50	18,04	3.227,27	527.27	3,42
6	-	-	-	-	500.00	3,61
7	-	-	-	-	522.73	3,45
8	-	-	-	-	476.36	3,13
9	-	-	-	-	452.73	4,27
10	-	-	-	-	530.18	4,18
Promedio	55,86	54,50	18,04	3.227,27	506.08	3,69
Desv. Esta.	0	0,32	0,11	18,84	26.72	0,61
Consumo (Sorgo)						
Nº de Vaca	Ración Kg Húmeda	Consumo Kg húmeda	Consumo de MS Kg/día	Proteína Consumida g/día	Peso Corporal Kg	Consumo % del PV
1	55.86	54.55	18.21	3,095.49	527.27	3.31
2	55.86	51.59	17.22	2,927.53	531.82	3.28
3	55.86	50.82	16.96	2,883.83	636.36	2.74
4	55.86	52.36	17.48	2,971.22	547.73	3.19
5	55.86	52.32	17.46	2,968.95	488.64	3.57
6	55.86	-	-	-	602.27	2.90
7	-	-	-	-	481.82	3.62
8	-	-	-	-	446.36	3.91
9	-	-	-	-	522.73	3.34
10	-	-	-	-	330.91	3.28
Promedio	55,86	52,33	17,47	2,969.40	511.59	3,42
Desv. Esta.	0	1.39	0.46	79.02	84.45	0.71
Consumo (Sorgo-vigna)						
Nº de Vaca	Ración Kg Húmeda	Consumo Kg húmeda	Consumo de MS Kg/día	Proteína Consumida g/día	Peso Corporal Kg	Consumo % del PV

1	57.59	48.50	16.95	3,147.75	686.36	2.67
2	57.59	53.41	18.67	3,466.42	504.55	3.63
3	57.59	54.23	18.95	3,519.64	568.18	3.23
4	57.59	53.73	18.78	3,487.19	477.27	3.84
5	57.59	52.45	18.33	3,404.12	454.55	4.03
6	57.59	-	-	-	600.00	3.06
7	-	-	-	-	407.27	4.50
8	-	-	-	-	527.27	3.48
9	-	-	-	-	545.45	3.36
10	-	-	-	-	400.00	3.58
Promedio	57.59	52.46	18.34	3,405.03	517.09	3.54
Desv. Esta.	0	2.31	0.81	149.87	88.49	0.61

Cuadro A 5 Estudio 1: Datos de Rendimiento y utilidad

Rendimiento y utilidad (Sorgo-canavalia)					
Nº de Vaca	Costo de Dieta \$/vaca/día	Producción Kg/día	Valor de la Producción \$/día	Ingreso sobre Alim \$ /vaca/día	Costo en alim/kg \$
1	4.42	23.81	10.77	6.35	0.19
2	4.42	16.19	7.32	2.90	0.27
3	4.42	21.25	9.61	5.19	0.21
4	4.42	22.33	10.10	5.68	0.20
5	4.42	22.39	10.12	5.70	0.20
6	4.42	21.14	9.56	5.14	0.21
7	4.42	21.93	9.92	5.50	0.20
8	4.42	15.74	7.12	2.70	0.28
9	4.42	18.86	8.53	4.11	0.23
10	4.42	23.86	10.79	6.37	0.19
Promedio	4.42	20.75	9.38	4.96	0.21
Desv. Esta.	0	2.90	1.31	1.31	0.03
Rendimiento y utilidad (Sorgo)					
Nº de Vaca	Costo de Dieta \$/vaca/día	Producción Kg/día	Valor de la Producción \$/día	Ingreso sobre Alim \$ /vaca/día	Costo en alim/kg \$
1	4.83	23.86	10.79	5.96	0.20
2	4.83	19.94	9.02	4.19	0.24
3	4.83	17.50	7.91	3.08	0.28
4	4.83	20.74	9.38	4.55	0.23
5	4.83	20.11	9.10	4.27	0.24
6	4.83	19.49	8.81	3.98	0.25
7	4.83	17.44	7.89	3.06	0.28
8	4.83	17.27	7.81	2.98	0.28
9	4.83	17.33	7.84	3.01	0.28
10	4.83	20.11	9.10	4.27	0.24
Promedio	4.83	19.38	8.76	3.93	0.25
Desv. Esta.	0	2.09	0.94	0.94	0.03
Rendimiento y utilidad (Sorgo-vigna)					
Nº de Vaca	Costo de Dieta \$/vaca/día	Producción Kg/día	Valor de la Producción \$/día	Ingreso sobre Alim \$ /vaca/día	Costo en alim/kg \$
1	4.42	24.15	10.92	6.50	0.18
2	4.42	25.97	11.74	7.32	0.17

3	4.42	22.05	9.97	5.55	0.20
4	4.42	25.00	11.31	6.89	0.18
5	4.42	23.30	10.53	6.11	0.19
6	4.42	20.11	9.10	4.68	0.22
7	4.42	22.84	10.33	5.91	0.19
8	4.42	19.03	8.61	4.19	0.23
9	4.42	15.28	6.91	2.49	0.29
10	4.42	22.61	10.23	5.81	0.20
Promedio	4.42	22.03	9.96	5.54	0.20
Desv. Esta.	0	3.15	1.43	1.43	0.03

Cuadro A 6 Estudio 1: Datos de Composición de la leche

Composición de la leche (Sorgo-canavalia)						
Nº de Vaca	Grasa %	Proteína %	Nitrógeno Ureico mg/dL	Proteína en Leche gr/día	grasa de la leche gr/día	Eficiencia del Uso de Proteína en Leche %
1	4.20	3.08	17.51	785.63	845.14	24.14
2	2.90	3.11	16.52	534.38	574.86	16.56
3	4.20	3.89	14.64	701.25	754.38	21.91
4	3.40	2.98	16.19	736.88	792.70	22.83
5	3.40	3.12	10.78	738.75	794.72	22.89
6	3.90	3.14	13.26	697.50	750.34	-
7	2.70	3.79	19.55	723.75	778.58	-
8	3.60	3.02	10.22	519.38	558.72	-
9	3.00	3.13	16.62	622.50	669.66	-
10	3.10	3.28	13.71	787.50	847.16	-
11	3.00	3.32	10.11	-	-	-
12	4.40	3.28	12.41	-	-	-
13	3.70	3.03	8.41	-	-	-
14	4.50	4.04	8.00	-	-	-
15	3.60	3.49	6.25	-	-	-
16	2.90	3.28	15.19	-	-	-
17	2.70	3.30	7.60	-	-	-
18	3.50	3.46	10.01	-	-	-
19	3.80	3.10	10.88	-	-	-
20	4.40	3.38	15.46	-	-	-
Promedio	3.55	3.30	12.67	684.75	736.63	21.67
Desv. Esta.	0.59	0.27	3.74	95.54	102.78	2.96
Composición de la leche (Sorgo)						
Nº de Vaca	Grasa %	Proteína %	Nitrógeno Ureico mg/dL	Proteína en Leche gr/día	grasa de la leche gr/día	Eficiencia del Uso de Proteína en Leche %
1	3.50	3.21	12.30	780.34	859.09	25.21
2	4.50	4.01	9.61	652.14	717.95	22.28
3	3.70	3.14	15.07	572.25	630.00	19.84
4	3.50	3.26	14.11	678.15	746.59	22.82
5	3.90	3.01	13.72	657.72	724.09	22.15
6	4.30	3.03	17.09	637.28	701.59	-
7	3.70	3.16	20.26	570.39	627.95	-
8	3.70	3.12	13.32	564.82	621.82	-

9	2.90	3.20	10.35	566.68	623.86	-
10	3.00	3.14	21.16	657.72	724.09	-
11	3.20	3.08	9.62	-	-	-
12	4.00	3.48	6.30	-	-	-
13	3.10	3.39	10.75	-	-	-
14	3.60	3.31	7.71	-	-	-
15	3.30	3.48	10.24	-	-	-
16	3.40	3.12	10.39	-	-	-
17	3.40	3.27	15.90	-	-	-
18	3.60	3.22	12.02	-	-	-
19	4.10	3.02	10.77	-	-	-
20	3.60	3.28	14.12	-	-	-
Promedio	3.60	3.27	12.74	633.75	697.70	22.46
Desv. Esta.	0.42	0.14	3.83	68.32	75.21	1.91
Composición de la leche (Sorgo-vigna)						
Nº de Vaca	Grasa %	Proteína %	Nitrógeno Ureico mg/dL	Proteína en Leche gr/día	grasa de la leche gr/día	Eficiencia del Uso de Proteína en Leche %
1	3.70	3.27	15.07	772.73	850.00	24.55
2	3.40	2.77	13.04	830.91	914.00	23.97
3	3.50	3.36	13.97	705.45	776.00	20.04
4	3.50	3.75	17.12	800.00	880.00	22.94
5	3.50	3.73	14.34	745.45	820.00	21.90
6	3.10	3.03	12.34	643.64	708.00	-
7	3.90	2.81	10.53	730.91	804.00	-
8	3.60	2.98	16.62	609.09	670.00	-
9	3.90	3.29	16.01	489.09	538.00	-
10	2.90	3.74	10.76	723.64	796.00	-
11	3.30	2.95	12.93	-	-	-
12	3.20	3.20	12.97	-	-	-
13	3.50	2.90	14.90	-	-	-
14	4.30	3.80	17.45	-	-	-
15	-	3.33	18.15	-	-	-
16	3.50	3.30	12.05	-	-	-
17	3.10	3.33	15.00	-	-	-
18	2.60	3.28	15.39	-	-	-
19	3.90	2.98	14.77	-	-	-
20	4.40	2.91	21.13	-	-	-
Promedio	3.52	3.20	14.73	705.09	775.60	22.68
Desv. Esta.	0.45	0.32	2.60	100.94	111.03	1.79

Cuadro A 7 Estudio 1: Datos de Composición de las heces y eficiencia

Composición de las heces y eficiencia (Sorgo-canavalia)					
Nº muestra	Materia Seca %	Proteína %	FND	Estiércol Kg Húmedos	Materia Seca Kg/día
1	14.82	10.99	60.43	39.33	6.16
2	14.84	13.66	65.50	47.15	7.39
3	15.39	13.24	57.56	42.67	6.69
4	15.55	14.87	-	56.13	8.80
5	16.90	16.00	-	46.30	7.25
6	16.55	15.54	-	56.32	8.83

Promedio	15.67	14.05	61.16	47.98	7.52
Desv. Esta.	0.87	1.83	4.02	6.96	1.09
Nº muestra	Proteína en estiércol gr/día	Digestibilidad Aparente de la Materia Seca	Digestibilidad Aparente de la Proteína	Eficiencia Kg de Leche /Kg MS	
1	865.89	66.12	73.39	1.31	
2	1,038.23	59.04	67.83	0.90	
3	939.45	62.63	70.65	1.19	
4	1,235.79	51.25	61.71	1.24	
5	1,019.32	59.79	68.42	1.24	
6	1,239.99	-	-	-	
Promedio	1,056.45	58.38	68.40	1.15	
Desv. Esta.	153.34	5.52	4.33	0.16	
Composición de las heces y eficiencia (Sorgo)					
Nº muestra	Materia Seca %	Proteína %	FND	Estiércol Kg Húmedos	Materia Seca Kg/día
1	15.68	12.11	63.39	43.68	6.92
2	15.72	12.39	63.22	42.12	6.68
3	14.47	14.15	60.08	43.31	6.86
4	18.27	15.77	-	39.51	6.26
5	15.39	12.50	-	34.07	5.40
6	15.56	14.45	-	52.48	8.32
7	-	-	-	76.48	12.12
Promedio	15.85	13.56	62.23	47.38	7.51
Desv. Esta.	1.27	1.46	1.86	13.96	2.21
Nº muestra	Proteína en estiércol gr/día	Digestibilidad Aparente de la Materia Seca	Digestibilidad Aparente de la Proteína	Eficiencia Kg de Leche /Kg MS	
1	938.99	61.98	69.67	1.01	
2	905.34	61.23	69.08	1.16	
3	930.97	59.53	67.72	1.03	
4	849.25	55.17	71.42	1.09	
5	732.28	50.08	75.34	1.05	
6	1,128.07	-	-	-	
7	1,644.03	-	-	-	
Promedio	1,018.42	57.01	70.64	1.17	
Desv. Esta.	300.18	4.96	2.94	0.10	
Composición de las heces y eficiencia (Sorgo-vigna)					
Nº muestra	Materia Seca %	Proteína %	FND	Estiércol Kg Húmedos	Materia Seca Kg/día
1	16.08	14.19	58.88	48.39	7.57
2	15.81	16.07	59.68	49.65	7.76
3	15.82	12.71	55.27	47.18	7.38
4	15.02	12.22	57.95	44.60	6.98
5	15.48	17.75	2.35	45.81	7.17
6	15.65	15.04	-	57.42	8.98
Promedio	15.64	14.66	48.84	7.64	7.64
Desv. Esta.	0.37	2.08	4.57	0.71	0.71
Nº muestra	Proteína en estiércol gr/día	Digestibilidad Aparente de la Materia Seca	Digestibilidad Aparente de la Proteína	Eficiencia Kg de Leche /Kg MS	

1	1,109.57	55.36	64.75	1.02
2	1,138.49	58.40	67.16	1.19
3	1,081.80	61.07	69.26	1.16
4	1,022.79	55.85	70.67	1.33
5	1,050.56	60.91	69.14	1.27
6	1,316.67	-	-	-
Promedio	1,119.98	58.51	68.20	1.20
Desv. Esta.	104.75	2.91	2.30	0.10

Cuadro A 8. Estudio 1: Datos de consumo y excreción de nitrógeno

Consumo y excreción de nitrógeno (Sorgo-canavalia)					
Nº de Vaca	Consumo de N gr/día	Nitrógeno en Heces gr/día	Nitrógeno en Orina gr/día	Nitrógeno en leche gr/día	Eficiencia del Uso de N en Leche
1	520.63	188.54	219.53	125.70	20.14
2	516.36	196.12	207.16	85.50	16.56
3	512.10	190.31	183.55	112.20	21.91
4	516.36	177.73	203.07	117.90	22.83
5	516.36	183.09	135.20	118.20	22.89
6	-	198.40	166.32	111.60	-
7	-	-	245.11	115.80	-
8	-	-	128.12	83.10	-
9	-	-	208.44	99.60	-
10	-	-	171.95	126.00	-
11	-	-	101.64	-	-
12	-	-	130.59	-	-
13	-	-	105.51	-	-
14	-	-	137.67	-	-
15	-	-	178.41	-	-
16	-	-	165.03	-	-
17	-	-	95.33	-	-
18	-	-	150.30	-	-
19	-	-	86.24	-	-
20	-	-	168.48	-	-
Promedio	516.36	189.36	158.76	109.56	20.50
Desv. Esta.	3.01	24.53	62.56	15.29	2.96
Consumo y excreción de nitrógeno (Sorgo)					
Nº de Vaca	Consumo de N gr/día	Nitrógeno en Heces gr/día	Nitrógeno en Orina gr/día	Nitrógeno en leche gr/día	Eficiencia del Uso de N en Leche
1	495.28	150.24	154.21	124.85	20.21
2	468.40	144.85	120.49	104.34	22.28
3	461.41	148.96	188.92	91.56	19.84
4	475.40	135.88	176.93	108.50	22.82
5	475.03	117.17	172.10	105.23	22.15
6	-	180.49	214.32	101.96	-
7	-	263.04	254.03	91.26	-
8	-	-	167.09	90.37	-
9	-	-	129.79	90.67	-
10	-	-	265.39	105.23	-
11	-	-	120.61	-	-
12	-	-	78.98	-	-

13	-	-	134.86	-	-
14	-	-	96.68	-	-
15	--	-	128.45	-	-
16	-	-	130.31	-	-
17	-	-	199.41	-	-
18	-	-	150.70	-	-
19	-	-	135.03	-	-
20	-	-	177.08	-	-
Promedio	475.10	161.72	159.77	101.40	20.69
Desv. Esta.	12.64	48.03	48.08	10.93	1.91
Consumo y excreción de nitrógeno (Sorgo-vigna)					
Nº de Vaca	Consumo de N gr/día	Nitrógeno en Heces gr/día	Nitrógeno en Orina gr/día	Nitrógeno en leche gr/día	Eficiencia del Uso de N en Leche
1	503.64	177.53	177.08	123.64	20.55
2	554.63	182.16	189.00	132.95	23.97
3	563.14	173.09	163.51	112.87	20.04
4	557.95	203.65	175.14	128.00	20.94
5	544.66	198.09	214.68	119.27	21.90
6	-	210.67	179.88	102.98	-
7	-	-	154.75	116.95	-
8	-	-	132.03	97.45	-
9	-	-	208.42	78.25	-
10	-	-	200.72	115.78	-
11	-	-	134.89	-	-
12	-	-	162.08	-	-
13	-	-	162.66	-	-
14	-	-	186.80	-	-
15	-	-	218.86	-	-
16	-	-	227.65	-	-
17	-	-	151.07	-	-
18	-	-	188.06	-	-
19	-	-	192.98	-	-
20	-	-	185.26	-	-
21	-	-	265.02	-	-
Promedio	544.80	199.24	184.71	112.81	20.69
Desv. Esta.	23.98	16.76	31.77	16.15	1.79

Cuadro A 9 Estudio 2: Composición de alimento

Composición del alimento (sorgo-canavalia:concentrado 50:50)			
Nº de muestra	Materia Seca %	Proteína Cruda %	FND %
1	35.3523588	15.37	50.15
2	34.1573034	16.00	51.11
3	34.5245692	18.31	51.14
4	34.0060112	14.98	51.74
5	33.632287	18.68	50.94
6	32.8293011	16.07	48.20
7	35.0081922	-	-
8	35.9330759	-	-
9	35.8305275	-	-
Promedio	34.81	16.57	50.55
Desv. Esta.	1.03974249	2.31	2.34

Composición del alimento (sorgo-canavalia:concentrado 60:40)			
Nº de muestra	Materia Seca %	Proteína Cruda %	FND %
1	30.97	13.87	55.049505
2	30.59	15.04	53.5019455
3	30.58	18.32	53.4906588
4	30.94	18.05	52.4281467
5	30.45	18.39	50.4
6	30.42	17.61	48.6540379
7	32.42	-	-
8	32.17	-	-
9	33.19	-	-
Promedio	31.30	16.98	52.25
Desv. Esta.	1.04	1.93	2.33790125
Composición del alimento (sorgo-canavalia:concentrado 70:30)			
Nº de muestra	Materia Seca %	Proteína Cruda %	FND %
1	28.08	16.46	58.48
2	28.49	14.96	58.60
3	24.94	14.95	46.31
4	28.27	21.08	51.04
5	29.23	16.42	52.07
6	29.74	17.98	50.15
7	30.08	-	-
8	29.34	-	-
9	29.76	-	-
Promedio	28.66	16.70	52.77
Desv. Esta.	1.56	2.30	4.87

Cuadro A 10. Estudio 2: Datos de Consumo

Consumo (sorgo-canavalia:concentrado 50:50)				
Nº de Vaca	Ración Kg Húmeda	Consumo Kg húmeda	Consumo de MS Kg/día	Proteína Consumida g/día
1	47.81	45.42	15.81	2684.82
2	47.81	47.69	16.60	2818.88
3	47.81	43.16	15.02	2551.02
4	47.81	47.81	16.64	2826.16
5	47.81	43.03	14.98	2543.51
6	47.81	-	-	-
7	47.81	-	-	-
8	47.81	-	-	-
9	47.81	-	-	-
10	47.81	-	-	-
Promedio	47.81	45.42	15.81	2616.86
Desv. Esta.	0.00	2.33	0.81	137.68
Consumo (sorgo-canavalia:concentrado 60:40)				
Nº de Vaca	Ración Kg Húmeda	Consumo Kg húmeda	Consumo de MS Kg/día	Proteína Consumida g/día
1	54.86	50.47	15.80	2617.49
2	54.86	53.01	16.59	2749.50
3	54.86	47.92	15.00	2485.47
4	54.86	54.86	17.17	2845.21
5	54.86	46.08	14.42	2389.74
6	54.86	-	-	-

7	54.86	-	-	-
8	54.86	-	-	-
9	54.86	-	-	-
10	54.86	-	-	-
Promedio	54.86	50.47	15.80	2679.15
Desv. Esta.	0.00	3.59	1.12	186.13
Consumo (sorgo-canavalia:concentrado 70:30)				
Nº de Vaca	Ración Kg Húmeda	Consumo Kg húmeda	Consumo de MS Kg/día	Proteína Consumida g/día
1	64.41	54.75	15.69	2648.70
2	64.41	57.52	16.49	2714.53
3	64.41	51.98	14.90	2229.10
4	64.41	64.41	18.46	2760.61
5	64.41	45.09	12.92	2725.19
6	64.41	-	-	-
7	64.41	-	-	-
8	64.41	-	-	-
9	64.41	-	-	-
10	64.41	-	-	-
Promedio	64.41	54.75	15.69	2617.20
Desv. Esta.	0.00	7.11	2.04	219.83

Cuadro A 11 Estudio 2: Datos de Rendimiento y utilidad

Rendimiento y utilidad (sorgo-canavalia:concentrado 50:50)					
Nº de Vaca	Costo de Dieta \$/vaca/día	Producción Kg/día	Valor de la Producción \$/día	Ingreso sobre Alim \$ /vaca/día	Costo en alim/kg \$
1	4.29	20.68	9.37	5.08	0.21
2	4.29	19.15	8.68	4.39	0.22
3	4.29	21.53	9.76	5.47	0.20
4	4.29	18.98	8.60	4.31	0.23
5	4.29	16.88	7.65	3.36	0.25
6	4.29	16.31	7.39	3.10	0.26
7	4.29	14.43	6.54	2.25	0.30
8	4.29	12.73	5.77	1.48	0.34
9	4.29	13.13	5.95	1.66	0.33
10	4.29	16.99	7.70	3.41	0.25
Promedio	4.29	17.08	7.74	3.45	0.25
Desv. Esta.	0.00	3.04	1.38	1.38	0.05
Rendimiento y utilidad (sorgo-canavalia:concentrado 60:40)					
Nº de Vaca	Costo de Dieta \$/vaca/día	Producción Kg/día	Valor de la Producción \$/día	Ingreso sobre Alim \$ /vaca/día	Costo en alim/kg \$
1	4.41	25.85	11.72	7.31	0.17
2	4.41	20.17	9.14	4.73	0.22
3	4.41	23.07	10.45	6.04	0.19
4	4.41	21.53	9.76	5.35	0.20
5	4.41	25.23	11.43	7.02	0.17
6	4.41	14.32	6.49	2.08	0.31
7	4.41	16.48	7.47	3.06	0.27
8	4.41	17.39	7.88	3.47	0.25
9	4.41	17.67	8.01	3.60	0.25

10	4.41	25.00	11.33	6.92	0.18
Promedio	4.41	20.67	9.37	4.96	0.21
Desv. Esta.	0.00	4.09	1.86	1.86	0.05
Rendimiento y utilidad (sorgo-canavalia:concentrado 70:30)					
Nº de Vaca	Costo de Dieta \$/vaca/día	Producción Kg/día	Valor de la Producción \$/día	Ingreso sobre Alim \$ /vaca/día	Costo en alim/kg \$
1	4.69	21.59	9.79	5.09	0.22
2	4.69	21.65	9.81	5.12	0.22
3	4.69	15.23	6.90	2.21	0.31
4	4.69	22.73	10.30	5.61	0.21
5	4.69	20.17	9.14	4.45	0.23
6	4.69	24.55	11.12	6.43	0.19
7	4.69	10.63	4.82	0.12	0.44
8	4.69	13.52	6.13	1.43	0.35
9	4.69	12.50	5.67	0.97	0.38
10	4.69	25.00	11.33	6.64	0.19
Promedio	4.69	18.76	8.50	3.81	0.25
Desv. Esta.	0.00	5.29	2.40	2.40	0.09

Cuadro A 12. Estudio 2: Datos de Composición de la leche

Composición de la leche (sorgo-canavalia:concentrado 50:50)						
Nº de Vaca	Grasa %	Proteína %	Nitrógeno Ureico mg/dL	Proteína en Leche gr/día	grasa de la leche gr/día	Eficiencia del Uso de Proteína en Leche %
1	3.80	3.09	9.84	653.55	711.45	20.10
2	3.20	3.43	8.11	605.07	658.68	19.14
3	2.70	3.45	9.64	680.48	740.77	21.15
4	3.60	3.56	12.45	599.68	652.82	19.10
5	3.60	3.09	7.39	533.25	580.50	21.22
6	3.00	3.42	10.70	515.30	560.95	-
7	2.90	2.99	11.43	456.05	496.45	-
8	3.40	3.08	7.05	402.18	437.82	-
9	3.60	2.70	13.15	414.75	451.50	-
10	3.20	3.16	7.51	536.84	584.41	-
11	4.80	3.32	12.80	-	-	-
12	3.20	3.13	12.02	-	-	-
13	3.20	3.20	8.96	-	-	-
14	3.80	3.34	11.40	-	-	-
15	3.20	3.11	10.47	-	-	-
16	3.80	2.61	-	-	-	-
17	3.40	2.99	-	-	-	-
18	3.80	3.09	9.84	653.55	711.45	20.10
19	3.20	3.43	8.11	605.07	658.68	19.14
20	2.70	3.45	9.64	680.48	740.77	21.15
Promedio	3.44	3.16	10.19	539.66	587.48	20.62
Desv. Esta.	0.48	0.25	2.04	95.93	104.43	1.03
Composición de la leche (sorgo-canavalia:concentrado 60:40)						
Nº de Vaca	Grasa %	Proteína %	Nitrógeno Ureico mg/dL	Proteína en Leche gr/día	grasa de la leche gr/día	Eficiencia del Uso de Proteína en

						Leche %
1	3.80	3.23	8.91	837.61	946.19	25.59
2	3.50	3.13	8.13	653.52	738.24	24.36
3	3.30	3.21	8.07	747.41	844.30	26.95
4	2.60	3.07	12.81	697.70	788.15	23.54
5	3.90	3.20	10.96	817.36	923.32	28.02
6	4.10	2.82	12.38	463.91	524.05	-
7	3.70	3.38	8.95	533.86	603.07	-
8	3.80	3.47	7.76	563.32	636.34	-
9	4.20	2.84	15.31	572.52	646.74	-
10	3.70	3.72	11.34	810.00	915.00	-
11	-	3.32	8.25	-	-	-
12	-	3.31	13.93	-	-	-
13	-	3.53	12.53	-	-	-
14	-	3.69	8.43	-	-	-
15	-	2.73	11.37	-	-	-
16	-	-	11.90	-	-	-
17	-	-	8.55	-	-	-
18	-	-	8.16	-	-	-
19	-	-	9.45	-	-	-
20	-	-	14.98	-	-	-
Promedio	3.66	3.24	10.61	669.72	756.54	25.00
Desv. Esta.	0.46	0.30	2.46	132.64	149.83	1.83
Composición de la leche (sorgo-canavalia:concentrado 70:30)						
Nº de Vaca	Grasa %	Proteína %	Nitrógeno Ureico mg/dL	Proteína en Leche gr/día	grasa de la leche gr/día	Eficiencia del Uso de Proteína en Leche %
1	4.40	2.88	12.47	697.39	835.57	22.87
2	3.60	3.52	10.40	699.22	837.77	22.32
3	3.60	3.06	10.88	491.84	589.30	27.18
4	4.00	3.54	13.52	734.09	879.55	21.95
5	2.70	3.20	8.73	651.51	780.60	22.23
6	4.80	3.30	8.79	792.82	949.91	-
7	5.40	3.87	11.07	343.19	411.19	-
8	2.80	2.84	7.86	436.78	523.33	-
9	2.90	2.64	10.98	403.75	483.75	-
10	3.80	3.46	11.89	807.50	967.50	-
11	4.20	3.91	13.31	-	-	-
12	4.30	3.44	9.01	-	-	-
13	5.20	3.38	12.27	-	-	-
14	3.60	3.12	11.78	-	-	-
15	2.80	2.84	7.79	-	-	-
Promedio	3.87	3.23	10.56	605.88	725.93	23.15
Desv. Esta.	0.86	0.38	1.89	170.84	204.69	2.19

Cuadro A 13 Estudio 2: Datos Composición de las heces y eficiencia

Composición de las heces y eficiencia (sorgo-canavalia:concentrado 50:50)					
Nº muestra	Materia Seca %	Proteína %	FND	Estiércol Kg Húmedos	Materia Seca Kg/día
1	17.08	14.70	63.37	42.84	7.06
2	15.96	12.08	59.53	44.32	7.31

3	16.67	14.55	61.26	38.41	6.33
4	16.75	11.16	-	40.24	6.64
5	16.63	12.75	-	-	-
6	15.87	14.88	-	-	-
Promedio	16.49	13.35	61.39	41.45	6.70
Desv. Esta.	0.48	1.57	1.92	2.64	0.43

Nº muestra	Proteína en estiércol gr/día	Digestibilidad Aparente de la Materia Seca	Digestibilidad Aparente de la Proteína	Eficiencia Kg de Leche /Kg MS
1	943.09	55.32	64.87	1.08
2	975.67	55.98	65.39	1.03
3	845.56	57.84	66.85	1.14
4	885.85	60.13	68.66	1.03
5	-	-	-	1.14
6	-	-	-	-
Promedio	893.15	57.64	65.87	1.08
Desv. Esta.	411.19	2.16	1.70	0.06

Composición de las heces y eficiencia (sorgo-canavalia:concentrado 60:40)

Nº muestra	Materia Seca %	Proteína %	FND	Estiércol Kg Húmedos	Materia Seca Kg/día
1	17.93	12.29	62.62	46.40	7.28
2	15.71	14.59	64.47	44.32	6.96
3	14.85	10.61	63.06	38.41	6.03
4	15.21	12.54	-	40.24	6.32
5	15.16	11.87	-	-	-
6	15.35	14.03	-	-	-
7	-	-	-	-	-
Promedio	15.70	12.66	63.06	45.89	7.20
Desv. Esta.	1.13	1.45	0.96	3.66	0.58

Nº muestra	Proteína en estiércol gr/día	Digestibilidad Aparente de la Materia Seca	Digestibilidad Aparente de la Proteína	Eficiencia Kg de Leche /Kg MS
1	922.26	53.88	64.77	1.31
2	880.91	58.07	67.96	1.25
3	763.44	59.80	69.28	1.38
4	799.82	63.21	71.89	1.20
5	-	-	-	1.43
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
Promedio	911.04	54.39	66.00	1.31
Desv. Esta.	72.81	3.88	2.96	0.09

Composición de las heces y eficiencia (sorgo-canavalia:concentrado 70:30)

Nº muestra	Materia Seca %	Proteína %	FND	Estiércol Kg Húmedos	Materia Seca Kg/día
1	15.01	13.32	65.62	47.18	7.24
2	15.52	12.84	64.54	51.32	7.87
3	15.41	13.24	62.50	51.91	7.96
4	15.19	10.44	-	46.36	7.11
5	15.57	12.07	-	-	-
6	15.32	14.81	-	-	-
Promedio	15.34	12.79	64.22	49.20	7.55
Desv. Esta.	0.21	1.46	1.58	2.83	0.43

Nº muestra	Proteína en estiércol gr/día	Digestibilidad Aparente de la Materia Seca	Digestibilidad Aparente de la Proteína	Eficiencia Kg de Leche /Kg MS
1	925.66	53.88	65.05	1.20
2	1006.89	52.25	62.91	1.14
3	1018.47	46.55	54.31	1.26
4	909.58	61.47	67.05	1.02
5	-	-	-	1.45
6	-	-	-	-
Promedio	964.05	51.90	63.16	1.20
Desv. Esta.	55.48	6.16	5.61	0.16

Cuadro A 14 Estudio 2: Datos de consumo y excreción de nitrógeno

Consumo y excreción de nitrógeno (sorgo-canavalia:concentrado 50:50)					
Nº de	Consumo de	Nitrogeno en	Nitrogeno en	Nitrógeno en	Eficiencia del
1	429.57	150.89	123.39	104.57	24.34
2	451.02	156.11	101.69	96.81	21.46
3	408.16	135.29	120.88	108.88	26.67
4	452.19	141.74	156.12	95.95	21.22
5	406.96	-	92.67	85.32	20.97
6	-	-	134.17	82.45	-
7	-	-	143.33	72.97	-
8	-	-	88.40	64.35	-
9	-	-	164.90	66.36	-
10			94.17		
11			160.51		
12			150.73		
13			112.35		
14			142.95		
15			131.29		
Promedio	418.70	142.90	127.84	86.35	20.62
Desv.	22.03	9.29	25.63	16.28	2.50
Consumo y excreción de nitrógeno (sorgo-canavalia:concentrado 60:40)					
Nº de	Consumo de	Nitrógeno en	Nitrógeno en	Nitrógeno en	Eficiencia del
1	418.80	147.56	111.73	134.02	32.00
2	439.92	140.95	101.95	104.56	23.77
3	397.68	122.15	101.19	119.59	30.07
4	455.23	127.97	160.63	111.63	24.52
5	382.36	-	137.43	130.78	34.20
6	-	-	155.24	74.23	-
7	-	-	112.23	85.42	-
8	-	-	97.31	90.13	-
9	-	-	191.98	91.60	-
10	-	-	142.20	129.60	-
11			103.45		

12			174.68		
13			157.12		
14			105.71		
15			142.57		
16			149.22		
17			107.21		
18			102.32		
19			118.50		
20			187.84		
Promedio	428.66	145.77	133.03	107.16	25.00
Desv.	29.78	70.12	30.85	21.22	4.60
Consumo y excreción de nitrógeno (sorgo-canavalia:concentrado 70:30)					
Nº de	Consumo de	Nitrógeno en	Nitrógeno en	Nitrógeno en	Eficiencia del
1	423.79	148.11	156.37	111.58	26.33
2	434.32	161.10	130.41	111.88	25.76
3	356.66	162.95	136.43	78.69	22.06
4	441.70	145.53	169.54	117.45	26.59
5	436.03	-	109.47	104.24	23.91
6	-	-	110.22	126.85	-
7	-	-	138.81	54.91	-
8	-	-	98.56	69.89	-
9	-	-	137.68	64.60	-
10	-	-	149.10	129.20	-
11			166.90		
12			112.98		
13			153.86		
14			147.72		
15			97.68		
16			105.33		
18			125.27		
19			89.78		
20			139.06		
Promedio	418.75	154.25	132.42	96.94	23.15
Desv.	35.17	8.88	24.16	27.33	1.91

Cuadro A 15. Estudio 1: Análisis de varianza de variables de Composición del alimento y consumo

Consumo Kg húmeda					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	18.4810533	9.2405267	0.85	0.4523
Error	12	130.7352400	10.8946033		
Corrected Total	14	149.2162933			
Consumo de MS Kg/día					

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	1.95665333	0.97832667	3.33	0.0706
Error	12	3.52204000	0.29350333		
Corrected Total	14	5.47869333			
Proteína Consumida g/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	479759.7041	239879.8520	24.76	<.0001
Error	12	116245.7129	9687.1427		
Corrected Total	14	596005.4170			
Peso Corporal Kg					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	4540.5946	2270.2973	0.35	0.7111
Error	27	177505.5262	6574.2787		
Corrected Total	29	182046.1208			
Consumo % del PV					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.32008667	0.16004333	0.38	0.6842
Error	27	11.22761000	0.41583741		
Corrected Total	29	11.54769667			

Cuadro A 16. Estudio 1: Análisis de varianza de variables de Rendimiento y utilidad

Producción Kg/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	35.2577400	17.6288700	2.33	0.1167
Error	27	204.4395300	7.5718344		
Corrected Total	29	239.6972700			
Valor de la Producción \$					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	7.20240667	3.60120333	2.33	0.1168
Error	27	41.78294000	1.54751630		
Corrected Total	29	48.98534667			
ISCA \$ /vaca/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	13.29500667	6.64750333	4.30	0.0240
Error	27	41.78294000	1.54751630		
Corrected Total	29	55.07794667			
Costo en alim \$/kg de Leche					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.01178000	0.00589000	5.85	0.0077
Error	27	0.02717000	0.00100630		
Corrected Total	29	0.03895000			

Cuadro A 17 Estudio 1: Análisis de varianza de variables de Composición de la leche

Grasa %					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	1.13866667	0.56933333	1.73	0.1971
Error	27	8.90800000	0.32992593		
Corrected Total	29	10.04666667			
Proteína cruda%					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00506054	0.00253027	0.04	0.9599
Error	26	1.60422222	0.06170085		
Corrected Total	28	1.60928276			
Nitrógeno Ureico mg/dL					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	1.5398352	0.7699176	0.17	0.8460
Error	26	118.9128200	4.5735700		
Corrected Total	28	120.4526552			
Proteína de leche g/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	84606.4606	42303.2303	2.19	0.1532
Error	26	501492.3686	19288.1680		
Corrected Total	28	586098.8292			
Grasa de leche g/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	156951.2408	78475.6204	3.03	0.1235
Error	26	673915.1285	25919.8126		
Corrected Total	28	830866.3693			

Cuadro A 18. Estudio 1: Análisis de varianza de variables de Composición de las heces y eficiencia

Materia Seca (%)					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.14614444	0.07307222	0.09	0.92014
Error	15	12.55856667	0.83723778		
Corrected Total	17	12.70471111			
Proteína cruda (%)					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	3.65663333	1.82831667	0.56	0.5838
Error	15	49.14361667	3.27624111		
Corrected Total	17	52.80025000			
Heces Húmedas (Kg)					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	6.936350	3.468175	0.04	0.9642
Error	16	1516.732502	94.795781		
Corrected Total	18	1523.668853			
Heces secas (kg/día)					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.06575639	0.03287820	0.01	0.9862
Error	16	37.90408571	2.36900536		
Corrected Total	18	37.96984211			

Digestibilidad Aparente de la Materia Seca (%)					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	39.8188800	19.9094400	1.14	0.3525
Error	12	209.7666800	17.4805567		
Corrected Total	14	249.5855600			
Eficiencia Kg de Leche /Kg MS					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.06737333	0.03368667	2.18	0.1559
Error	12	0.18552000	0.01546000		
Corrected Total	14	0.25289333			

Cuadro A 19 Estudio 1: Análisis de varianza de variables de Excreción de nitrógeno

Consumo de N g/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	12282.09988	6141.04994	24.76	<.0001
Error	12	2976.08592	248.00716		
Corrected Total	14	15258.18580			
Nitrógeno en Heces g/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	861.48159	430.74079	0.38	0.6915
Error	16	18253.72231	1140.85764		
Corrected Total	18	19115.20389			
Nitrógeno en Orina g/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	276.92979	138.46489	0.10	0.9088
Error	27	38944.62915	1442.39367		
Corrected Total	29	39221.55894			
Nitrógeno en leche g/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	691.903247	345.951623	1.69	0.2034
Error	27	5526.602650	204.688987		
Corrected Total	29	6218.505897			
Eficiencia en el uso de N en leche (%)					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	2.84505333	1.42252667	0.27	0.7659
Error	12	62.59612000	5.21634333		
Corrected Total	14	65.44117333			

Cuadro A 20 Estudio 2: Análisis de varianza de variables de Composición del alimento y consumo

Consumo húmeda (Kg)					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	318.1058533	159.0529267	11.70	0.0015
Error	12	163.1812400	13.5984367		
Corrected Total	14	481.2870933			
Consumo de MS Kg/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.65465333	0.32732667	0.26	0.7747
Error	12	15.06264000	1.25522000		
Corrected Total	14	15.71729333			
Proteína Consumida g/día					

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	22363.3559	11181.6779	0.34	0.7176
Error	12	393300.3205	32775.0267		
Corrected Total	14	415663.6764			

Cuadro A 21 Estudio 2: Análisis de varianza de variables de Rendimiento y utilidad

Producción Kg/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	64.8928024	32.4464012	1.75	0.1943
Error	26	483.2272449	18.5856633		
Corrected Total	28	548.1200473			
Valor de la Producción \$					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	13.3292972	6.6646486	1.75	0.1941
Error	26	99.1733048	3.8143579		
Corrected Total	28	112.5026020			
ISCA \$ /vaca/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	12.7008212	6.3504106	1.66	0.2092
Error	26	99.3197270	3.8199895		
Corrected Total	28	112.0205482			
Costo en alim \$/kg de Leche					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.01625370	0.00812685	1.91	0.1688
Error	26	0.11083305	0.00426281		
Corrected Total	28	0.12708676			

Cuadro A 22 Estudio 2: Análisis de varianza de variables de Composición de la leche

Grasa %					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	1.86182375	0.93091188	2.77	0.0812
Error	26	8.73955556	0.33613675		
Corrected Total	28	10.60137931			
Proteína cruda%					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00703364	0.00351682	0.04	0.9655
Error	26	2.59864222	0.09994778		
Corrected Total	28	2.60567586			
Nitrógeno Ureico mg/dL					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	6.4661128	3.2330564	0.68	0.5173
Error	26	124.3083700	4.7810912		
Corrected Total	28	130.7744828			
Proteína de leche g/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	84606.4606	42303.2303	1.19	0.1318
Error	26	501492.3686	19288.1680		
Corrected Total	28	586098.8292			
Grasa de leche g/día					

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	156951.2408	78475.6204	2.18	0.0658
Error	26	673915.1285	25919.8126		
Corrected Total	28	830866.3693			

Cuadro A 23 Estudio 2: Análisis de varianza de variables de Composición de las heces y eficiencia

Materia Seca (%)					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	4.18158333	2.09079167	3.83	0.0471
Error	14	7.63921667	0.54565833		
Corrected Total	16	11.82080000			
Proteína cruda (%)					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	1.48242255	0.74121127	0.32	0.7348
Error	14	32.94268333	2.35304881		
Corrected Total	16	34.42510588			
FND (%)					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	22.5805767	11.2902883	0.31	0.7418
Error	7	253.5204333	36.2172048		
Corrected Total	9	276.1010100			
Heces Húmedas (Kg)					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	18.485017	9.242508	0.06	0.9451
Error	9	1462.890950	162.543439		
Corrected Total	11	1481.375967			
Heces secas (kg/día)					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	136710.9568	68355.4784	1.01	0.4026
Error	9	610056.0425	67784.0047		
Corrected Total	11	746766.9993			
Digestibilidad Aparente de la Materia Seca (%)					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	29.6117167	14.8058583	0.47	0.6405
Error	9	284.5387500	31.6154167		
Corrected Total	11	314.1504667			
Eficiencia Kg de Leche /Kg MS					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	34650.8062	17325.4031	1.31	0.3089
Error	11	145530.2417	13230.0220		
Corrected Total	13	180181.0479			

Cuadro A 24. Estudio 2: Análisis de varianza de variables de consumo y excreción de Nitrógeno

Consumo de N g/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	20505.38594	10252.69297	1.90	0.1962
Error	11	59501.63438	5409.23949		
Corrected Total	13	80007.02032			
Nitrógeno en Heces g/día					

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	1475.447514	737.723757	8.13	0.0800
Error	10	907.779655	90.777966		
Corrected Total	12	2383.227169			
Nitrógeno en Orina g/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	523.03302	261.51651	0.37	0.6960
Error	26	18501.88487	711.61096		
Corrected Total	28	19024.91790			
Nitrógeno en leche g/día					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	2820.06048	1410.03024	2.16	0.1361
Error	25	16299.45133	651.97805		
Corrected Total	27	19119.51181			
Eficiencia en el uso de N en leche (%)					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	215.1626864	107.5813432	2.50	0.1276
Error	11	473.9312350	43.0846577		
Corrected Total	13	689.0939214			



Figura A 1 Equipo utilizado en determinación de proteína. A- Digestor, B-destilador, C- Bureta automática de titulación



Figura A 2 Determinación de nitrógeno ureico en leche A- Filtrado de muestra, B- Lectura de muestras en espectrofotómetro

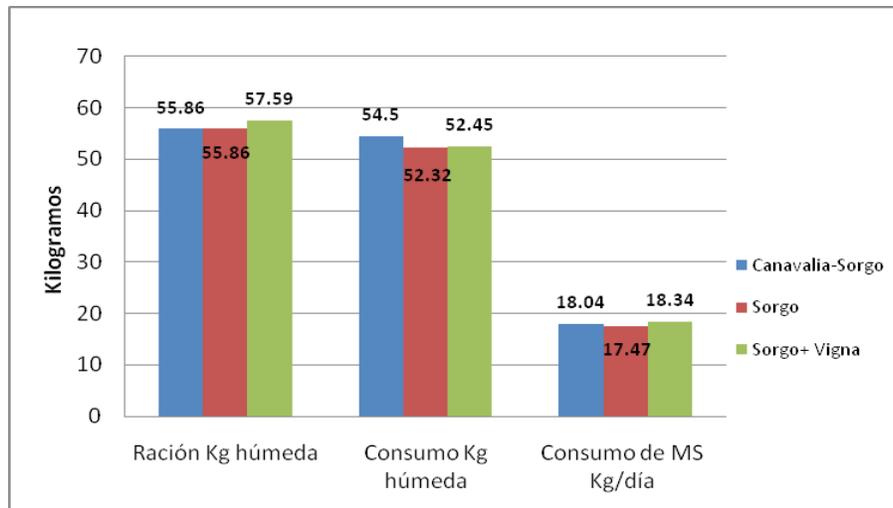


Figura A 3 Estudio 1: Alimento ofrecido y consumo (ración húmeda, consumo húmedo y MS)

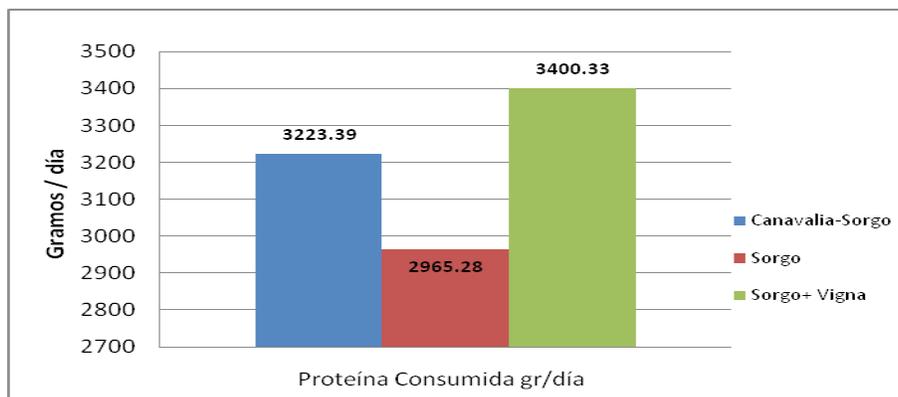


Figura A 4 Estudio 1: Alimento ofrecido y consumo (Proteína consumida)

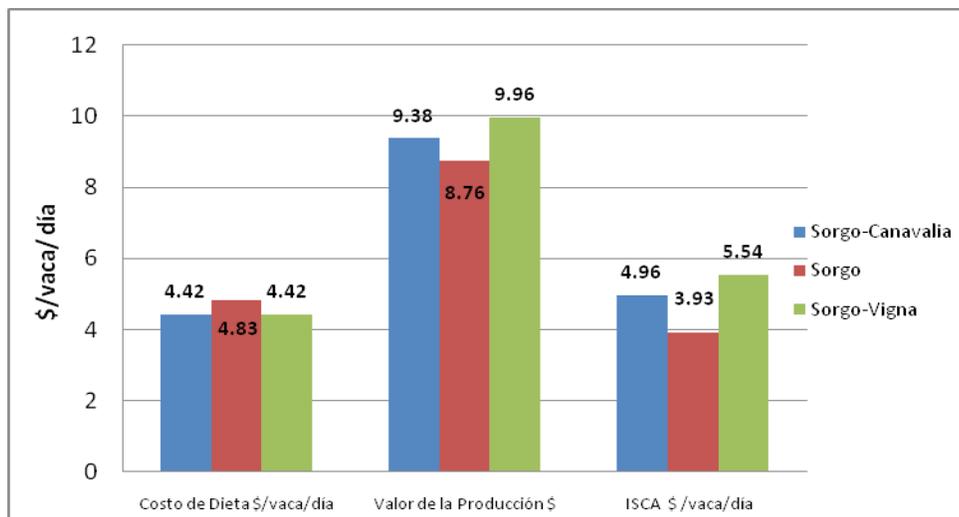


Figura A 5 Estudio 1: Rendimiento y utilidad (Costos de dieta, valor de producción, ISCA)

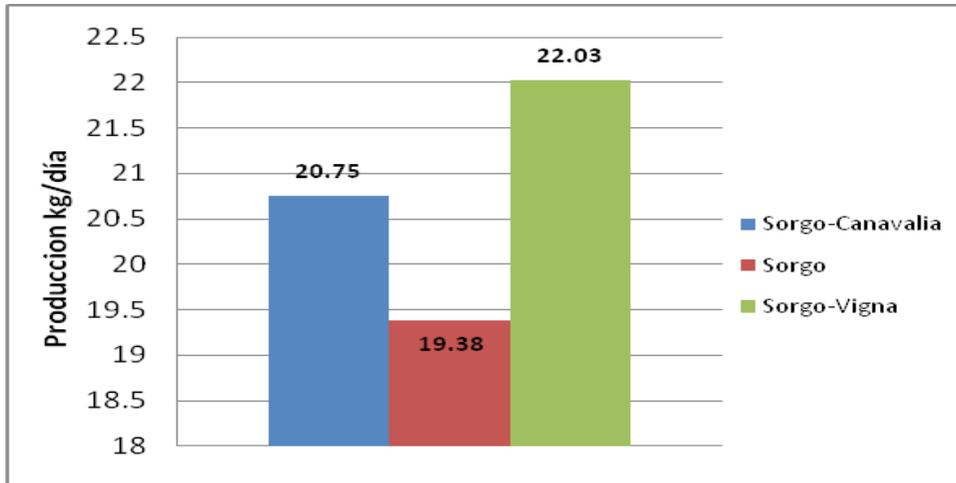


Figura A 6 Estudio 1: Rendimiento y utilidad (producción)

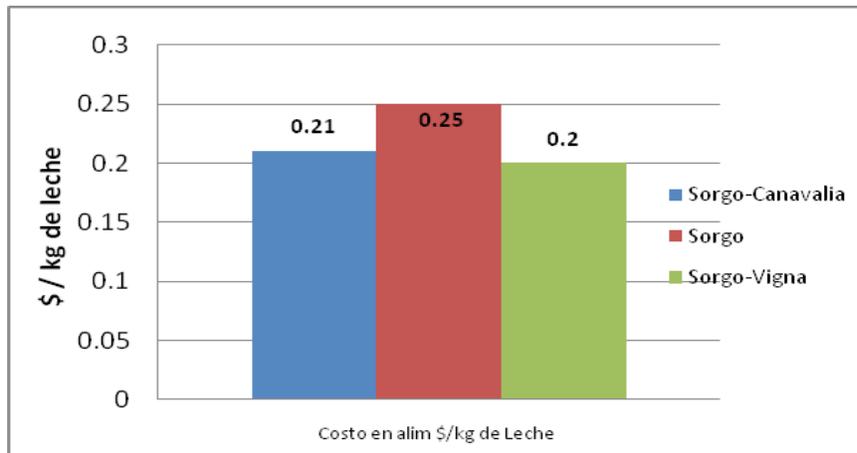


Figura A 7. Estudio: Rendimiento y utilidad (costo de alimentación)

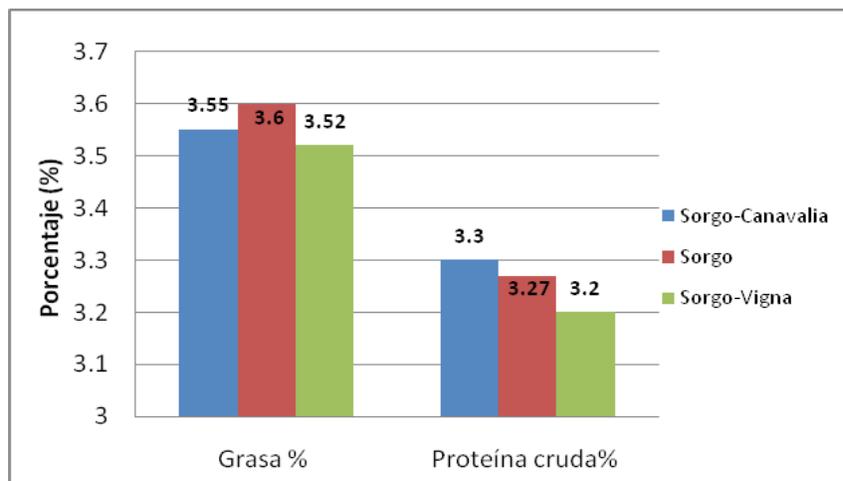


Figura A 8 Estudio 1: Composición de la leche (grasa y proteína)

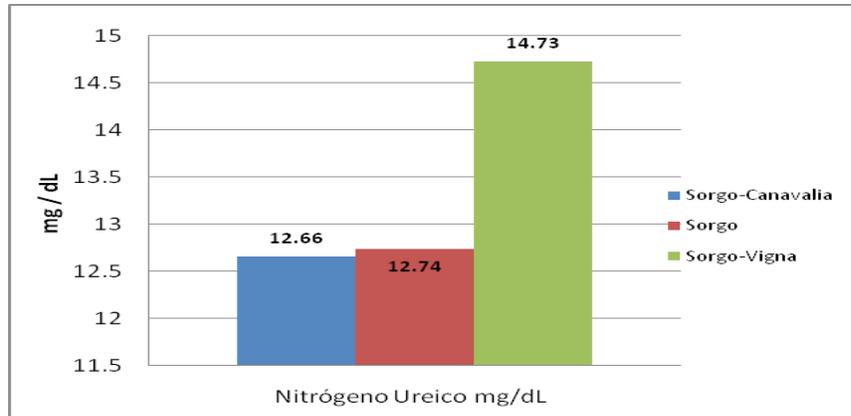


Figura A 9 Estudio 1. Composición de la leche (nitrógeno ureico)

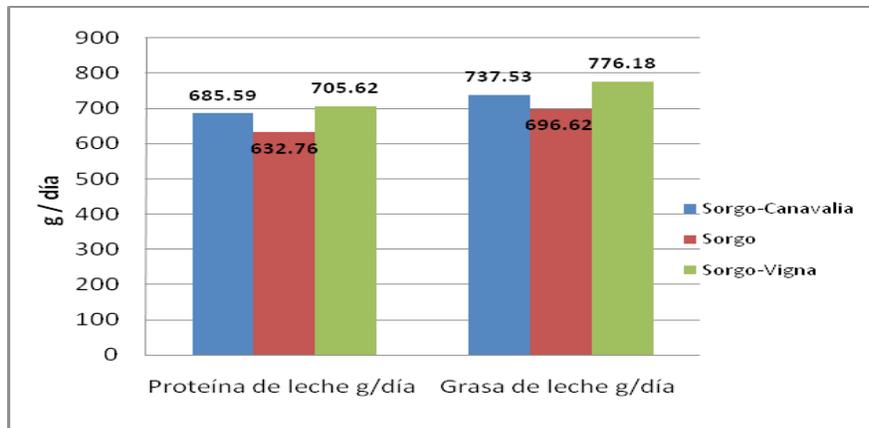


Figura A 10. Estudio 1: Composición de la leche (proteína y grasa por día)

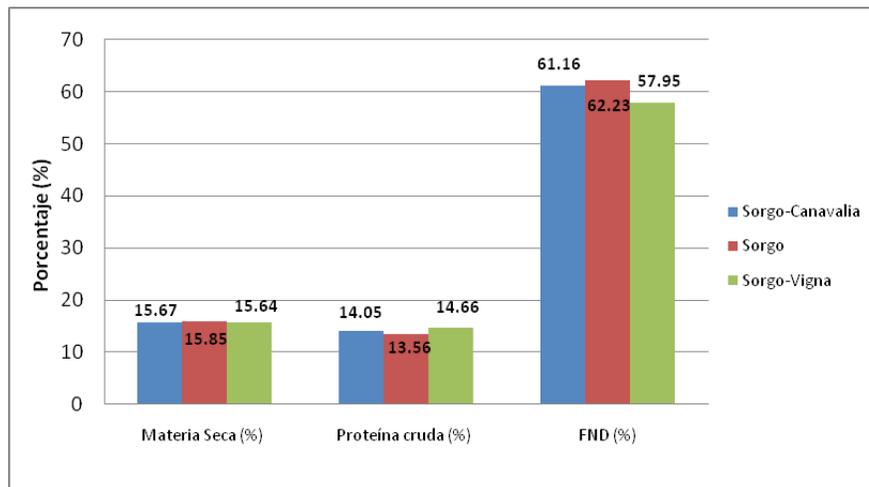


Figura A 11 . Estudio 1: Composición de las heces y eficiencia (Materia seca, proteína y FND)

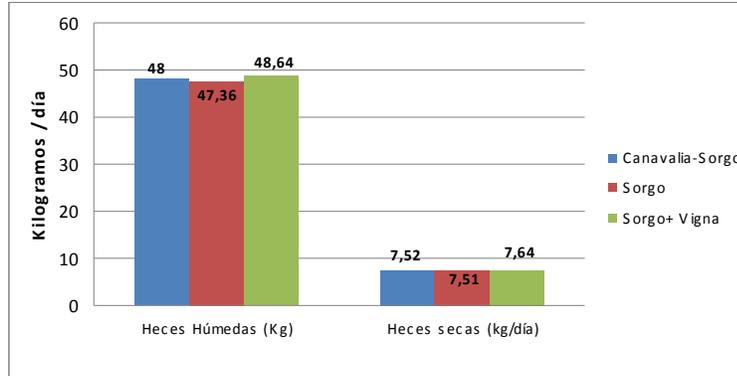


Figura A 12. Estudio 1: Composición de las heces y eficiencia (heces húmedas y secas)

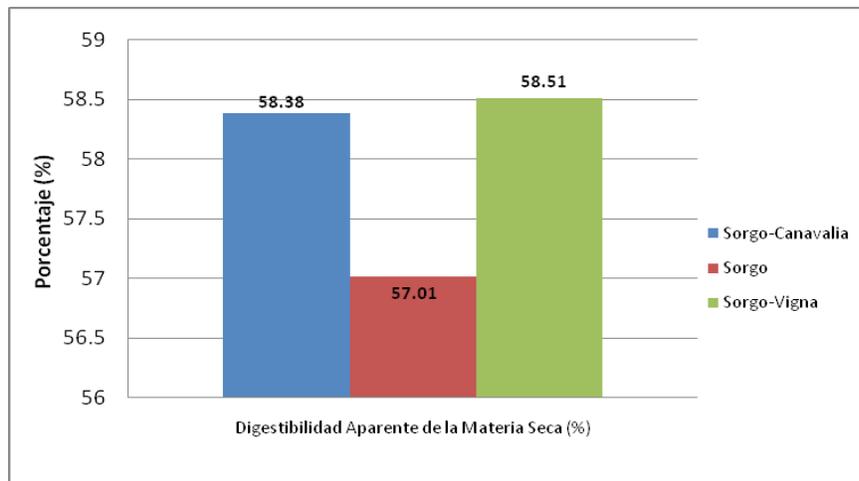


Figura A 13 Estudio 1: Composición de las heces y eficiencia (digestibilidad aparente de MS)

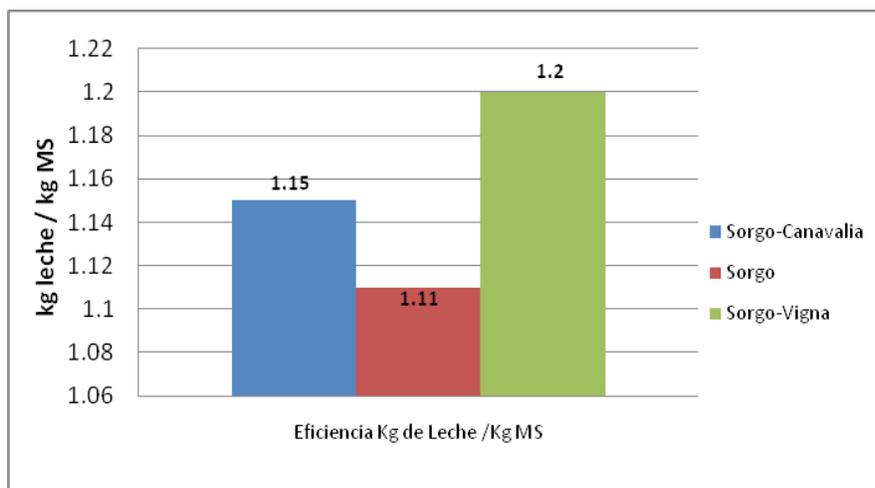


Figura A 14 . Estudio 1: Composición de las heces y eficiencia (eficiencia leche/MS)

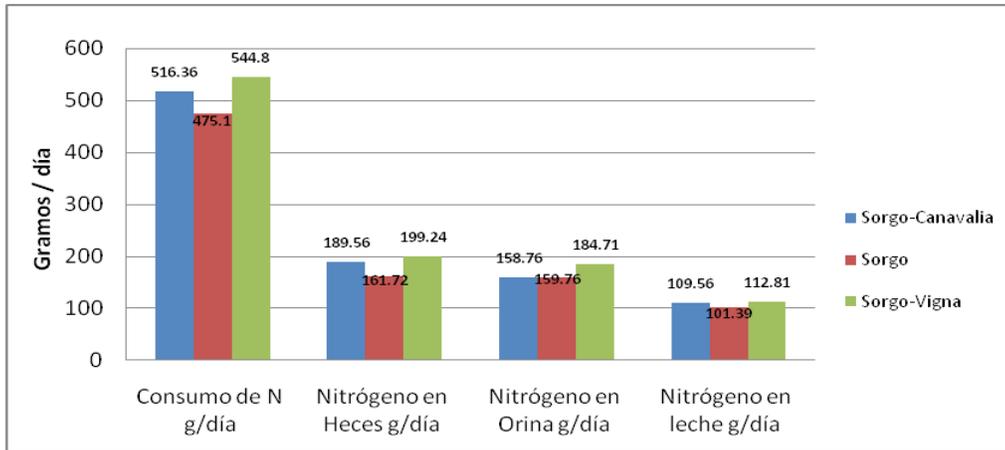


Figura A 15 . Estudio1: Consumo y excreción de Nitrógeno (consumo, nitrógeno en heces, orina, leche)

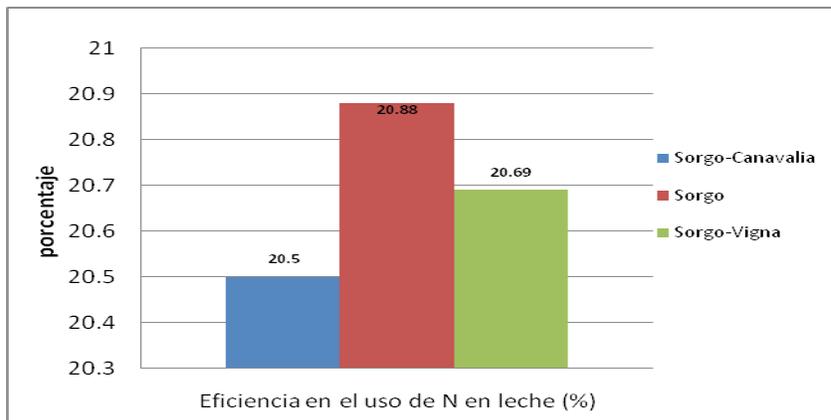


Figura A 16 . Estudio 1: Consumo y excreción de Nitrógeno (eficiencia en el uso de N en leche)

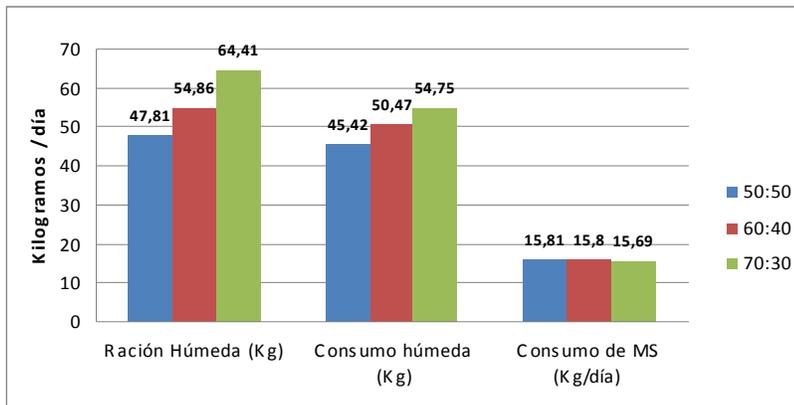


Figura A 17 Estudio 2: Composición del alimento y consumo (ración húmeda, consumo húmeda y de MS)

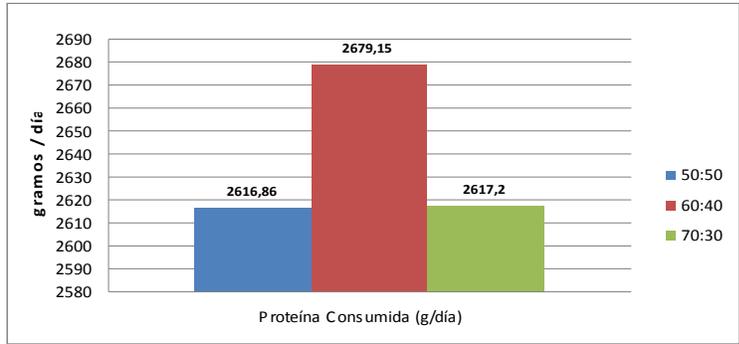


Figura A 18 Estudio 2: Composición del alimento y consumo diario (proteína consumida)

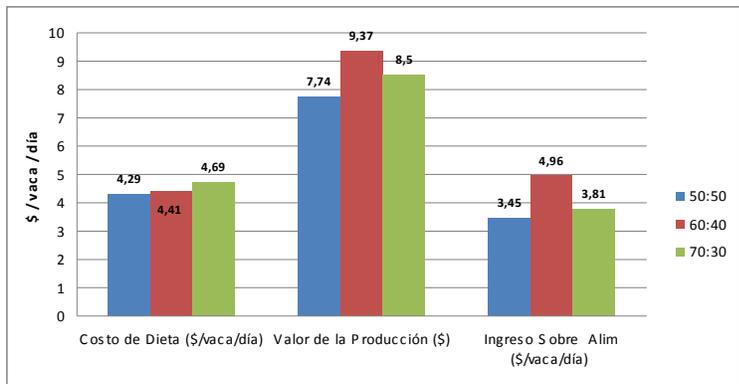


Figura A 19 Estudio 2: Rendimiento y utilidad (costo de dieta, valor de producción, ISCA)

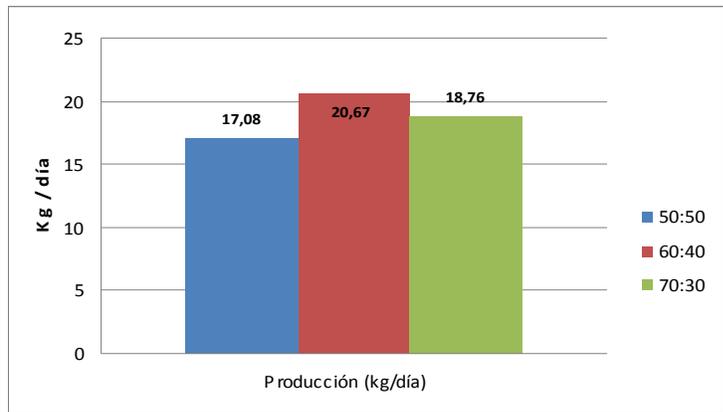


Figura A 20 Estudio 2: Rendimiento y utilidad (producción)

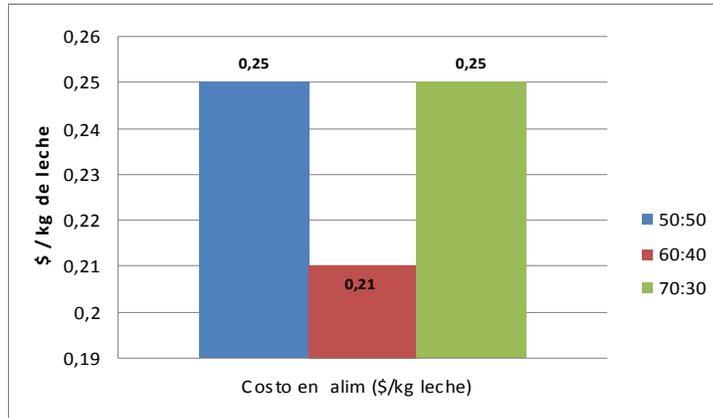


Figura A 21 Estudio 2: Rendimiento y utilidad (costo en alimentación)

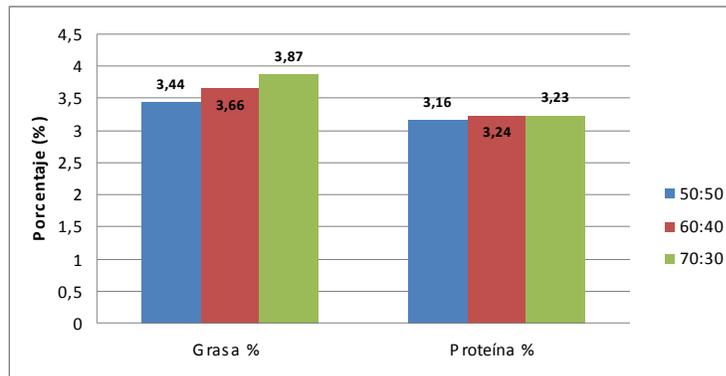


Figura A 22 . Estudio 2: Composición de la leche (grasa y proteína)

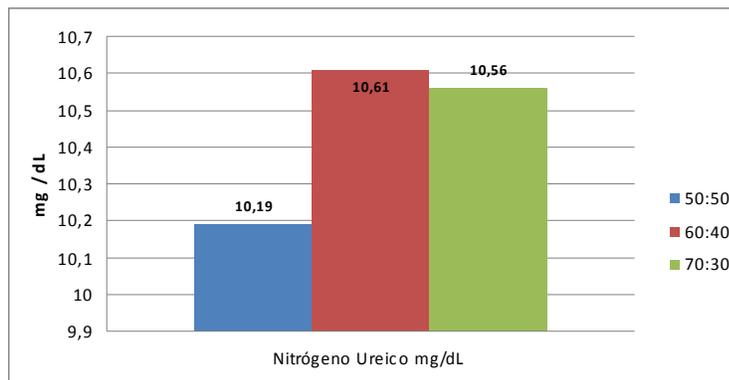


Figura A 23 Estudio 2: Composición de la leche (nitrógeno ureico)

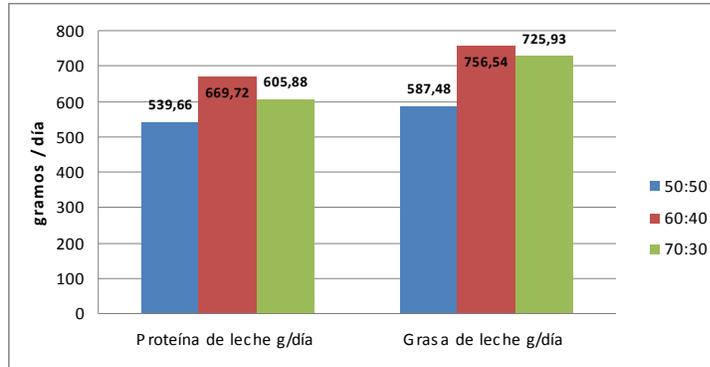


Figura A 24. Estudio 2: Composición de la leche (proteína y grasa por día)

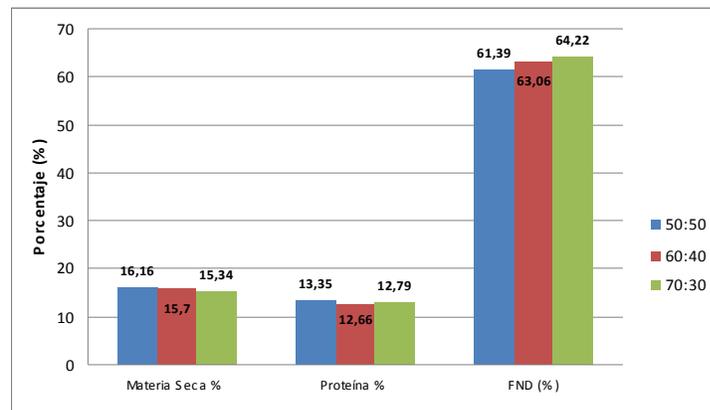


Figura A 25 Estudio 2: Composición de las heces y eficiencia (MS, proteína y FND)

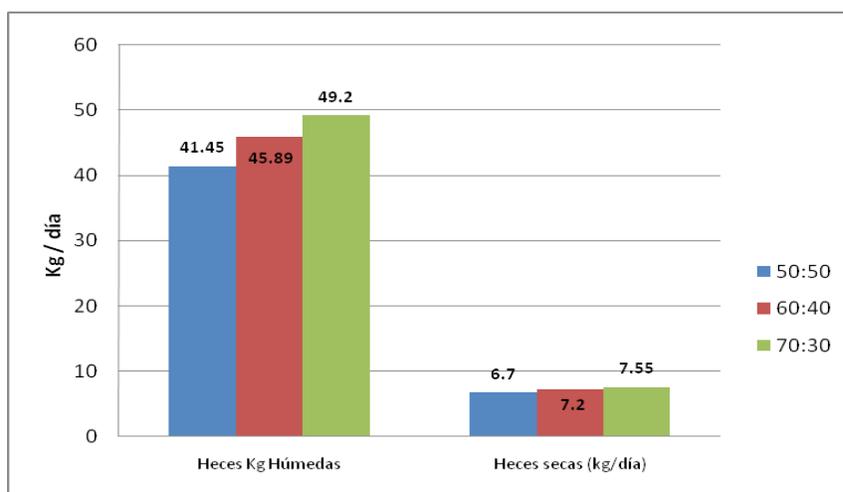


Figura A 26. Estudio 2: Composición de las heces y eficiencia (estiércol húmedo y seco)

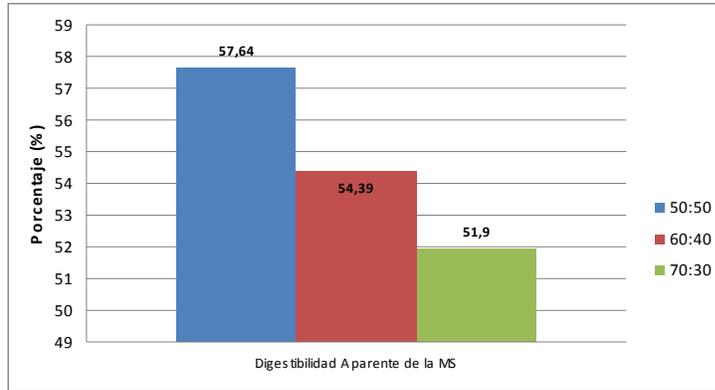


Figura A 27. Estudio 2: Composición de las heces y eficiencia (digestibilidad de MS)

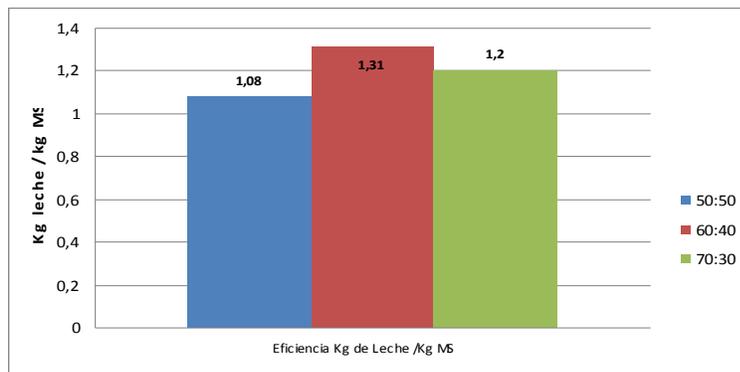


Figura A 28 Estudio 2: Composición de las heces y eficiencia (eficiencia leche/ MS)

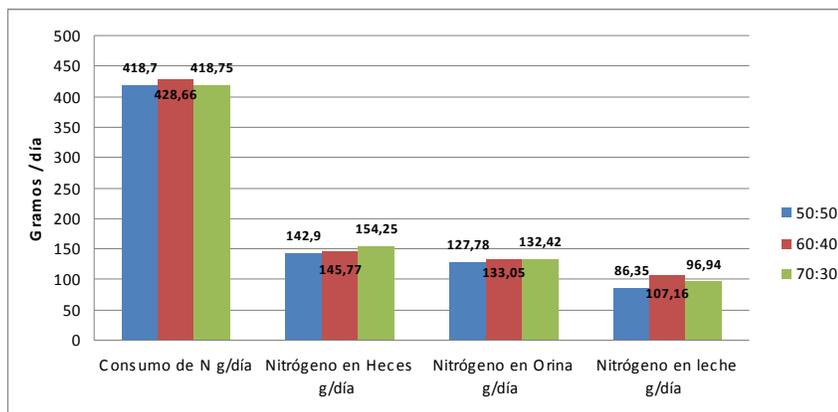


Figura A 29 Estudio 2: Consumo y excreción de Nitrógeno (consumo, N en heces, orina y leche)

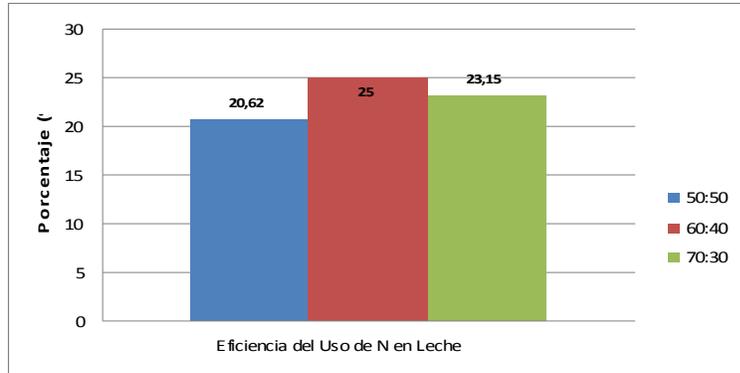


Figura A 30 Estudio 2: Consumo y excreción de Nitrógeno (eficiencia del uso de N en leche)