

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE  
ZOOTECNIA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a man on horseback, likely a saint or historical figure, surrounded by various symbols including a castle, a lion, and a cross. The Latin motto "CETERA ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTRINA INTER" is inscribed around the perimeter of the seal.

UTILIZACIÓN DE FOLLAJES ARBÓREOS EN DIETAS PARA CABRAS  
LACTANTES ESTABULADAS EN EL MUNICIPIO DE NEBAJ, QUICHÉ.

CRISTIAN UVALDO GALVÁN MENDOZA

CHIQUMULA, GUATEMALA, MAYO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE  
ZOOTECNIA

UTILIZACIÓN DE FOLLAJES ARBÓREOS EN DIETAS PARA CABRAS  
LACTANTES ESTABULADAS EN EL MUNICIPIO DE NEBAJ, QUICHÉ.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

CRISTIAN UVALDO GALVÁN MENDOZA

Al conferírsele el título de

ZOOTECNISTA

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUMULA, GUATEMALA, MAYO 2016

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE  
ZOOTECNIA**



**RECTOR  
Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO**

**CONSEJO DIRECTIVO**

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
Representante de Profesores:	Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Oscar Augusto Guevara Paz
Representante de Estudiantes:	Br. Carla Marisol Peralta Lemus
Representante de Estudiantes:	PAE. Alberto José España Pinto
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

**AUTORIDADES ACADÉMICAS**

Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Coordinador de Carrera:	Lic. Zoot. Merlin Wilfrido Osorio López

**ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

Presidente:	M.C. Raúl Jáuregui Jiménez
Secretario:	M.Sc. Baudilio Cordero Monroy
Vocal:	M.Sc. Carlos Alfredo Suchini Ramírez

**TERNA EVALUADORA**

Lic. Zoot. Mario Efraín Gonzáles  
Lic. Zoot. Luis Javier Roche Pineda  
Lic. Zoot. Carlos Alfredo Suchini Ramírez

Chiquimula, Abril 2016

Señores Miembros  
Honorable Consejo Directivo  
Centro Universitario Oriente  
Su despacho

Respetables señores:

En cumplimiento a lo establecido en las normas de Centro Universitario de Oriente de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado **“UTILIZACIÓN DE FOLLAJES ARBOREOS EN DIETAS PARA CABRAS LACTANTES ESTABULADAS EN EL MUNICIPIO DE NEBAJ, QUICHÉ”**.

Como requisito previo a optar al título de **Zootecnista** en el grado académico de **Licenciado**.

Esperando que el presente trabajo de investigación llene los requisitos para su aprobación.

Atentamente:

F.   
Cristian Uvaldo Galván Mendoza



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE  
CARRERA ZOOTECNIA



Chiquimula, abril de 2016

Señor Director:  
Nery Waldemar Galdámez Cabrera, M. Sc.  
Centro Universitario de Oriente  
Universidad de San Carlos de Guatemala

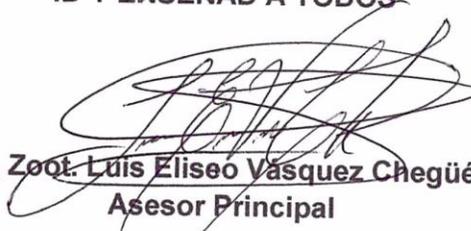
Señor Director.

En atención a la designación efectuada por la Comisión de Trabajos de Graduación, de la Carrera de Zootecnia para asesorar al estudiante **Cristián Uvaldo Galván Mendoza**, en el trabajo de graduación intitulado: **“UTILIZACIÓN DE FOLLAJES ARBÓREOS EN DIETA PARA CABRAS LACTANTES ESTABULADAS EN EL MUNICIPIO DE NEBAJ, QUICHÉ”**. Tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a revisar y orientar al sustentante sobre el contenido de dicho trabajo.

En ese sentido, el tema desarrollado contribuye a mejorar las alternativas de alimentación de cabras lactantes y por ende a mejorar los parámetros productivos y calidad de la leche de los módulos caprinos en el municipio de Nebaj, Quiché.

Por lo que en mi opinión este trabajo reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual recomiendo su aprobación para su sustentación en el Examen General Público, previo a optar al título de Zootecnista en el grado académico de Licenciado.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Lic. Zoot. Luis Eliseo Vásquez Chegüen  
Asesor Principal



**EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE:** Conoció el documento de la investigación que efectuó el estudiante **CRISTIAN UVALDO GALVÁN MENDOZA** titulado **“UTILIZACIÓN DE FOLLAJES ARBOREOS EN DIETAS PARA CABRAS LACTANTES ESTABULADAS EN EL MUNICIPIO DE NEBAJ, QUICHÉ,** trabajo que cuenta con la aprobación de la Comisión de Trabajos de graduación de la carrera de Zootecnia. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como Trabajo de Graduación, a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de Zootecnista.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a cinco de mayo de dos mil dieciséis.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**



MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera  
**DIRECTOR**  
**CUNORI - USAC**



c.c. Archivo

NWGC/ars

## **ACTO QUE DEDICO**

- A DIOS** Porque Jehová da la sabiduría y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia. Proverbios 2: 6-7.
- PADRES** Con un testimonio de eterno agradecimiento por el apoyo moral, económico que desde siempre me brindaron y con el cual he logrado terminar mi carrera profesional, que es para mí la mejor de mis herencias.
- HERMANAS** Brenda, Daniela, y Vivian Galván a quienes jamás encontraré la forma de agradecer el cariño, comprensión y apoyo brindado en los momentos buenos y malos de mi vida, hago este triunfo compartido, solo esperando que comprendan que mis ideales y esfuerzos son inspirados en cada una de ustedes.
- ABUELOS** Cipriano Mendoza, Clodovinda Alvarado, Gregorio Galván (Q.E.P.D) y Josefa Guancín (Q.E.P.D) porque su fortaleza y sabiduría me han enseñado grandes lecciones durante mi corta vida.
- NOVIA** Karin Morales Díaz por todo su amor, comprensión y apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida.
- TIOS** Por el apoyo, amor y comprensión cuando más los necesite.
- AMIGOS** En el transcurso de la vida conocí muchas personas, unas se fueron, otras se quedaron, pero al final Dios me dio la oportunidad de escoger una nueva familia, que a pesar que no tenemos un vínculo sanguíneo que nos una, con el pasar del tiempo se convirtieron en la familia que tuve la dicha de elegir.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A DIOS** Más gracias sean dadas a Dios, que nos da la victoria por medio de nuestro señor Jesucristo.
- FAMILIA** Por su apoyo moral, y por ser un ejemplo de superación personal.
- ASESORES** Lic. Zoot. Luis Vásquez Chegüén y Lic. Zoot Msc. Cristobal Villanueva Najarro, porque a pesar de que los estudiantes llegan y se van, su actos de humildad y superación personal dejaron en mi persona una huella de responsabilidad y buen desempeño.
- CUNORI** Por ser la casa de estudios que fomentó en mí persona el desarrollo sostenido, que con el pasar de los años mejorará mi nivel de vida profesional y socio económico.
- ZOOTECNIA** Por ser el motor que me impulsó a conocer la ciencia y el arte de la cría, manejo y explotación racional de las especies animales, nutricionalmente importantes para el ser humano.
- CATEDRÁTICOS** Por el apoyo, dedicación y esmero al transmitirme todos los conocimientos técnicos y profesionales para mi buen desenvolvimiento en el ámbito laboral.
- CATIE** Por ser la entidad que me dio la oportunidad de iniciarme en el grandioso mundo de la investigación.
- SAVE THE CHILDREN** Por permitirme utilizar sus instalaciones, animales, recursos económicos y personales para poder culminar mi proceso de investigación de tesis.

Galván Mendoza, C.U. 2016. **UTILIZACIÓN DE FOLLAJES ARBOREOS EN DIETAS PARA CABRAS LACTANTES ESTABULADAS EN EL MUNICIPIO DE NEBAJ, QUICHÉ.** Tesis Lic. Zoot. Chiquimula, GT, USAC. 76.

## RESUMEN

El departamento de Quiché se ha caracterizado en las últimas décadas por promover el desarrollo de módulos caprinos para producción de leche, bajo un sistema agroforestal, dado a la disponibilidad de árboles con potencial forrajero, como: pito (*Erythrina berteroana*) y espino amarillo (*Rhamnus caroliniana*) que reviste una importancia nutricional, socioeconómica y cultural; que además de ser un recurso alimenticio de bajo costo, mejora significativamente la producción y calidad de la leche.

Para esta investigación se evaluaron raciones con follajes arbóreos para la alimentación de cabras lecheras en producción, la cual se llevó a cabo en el Centro de Producción Caprina del Altiplano, ubicado en el municipio de Nebaj, Quiché. Los animales sujetos a evaluación fueron ocho cabras lecheras con 55 a 60 días de lactancia, las cuales fueron distribuidas en un diseño cuadrado latino de sobre cambio replicado, determinándose las siguientes variables: consumo de materia seca (kg), producción de leche (kg), conversión alimenticia (kg) y calidad de leche.

Estableciéndose consumos de 3.26 kg MS/100 kg PV los cuales fueron influenciados por la buena calidad de los follajes arbóreos. No obstante las producciones de 0.49 kg son debido al bajo potencial genético de las cabras, por lo que los altos consumos de materia seca y las bajas producciones fueron el resultado de las conversiones de 3.40 kg de materia seca consumida, para producir un kilogramo de leche. Para los parámetros de calidad de la leche se obtuvieron valores de 5.42% grasa, 9.54% sólidos no grasos, 1.029 g/cm<sup>3</sup> densidad, -0.51°C punto de congelación, y 4.29% proteína, dada la complejidad del estudio son parámetros de calidad aceptables para explotaciones caprinas en sistemas estabulados en la región de Nebaj, Quiché.

Palabras claves: árbol forrajero, raciones balanceadas, cabra lechera, diseño experimental, cuadrado latino de sobre cambio, producción y calidad de leche fluida

## Índice general

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
I. Introducción	
II. Planteamiento del problema	3
III. Justificación	4
IV. Objetivos	5
4.1. General	5
4.2. Específicos	5
V. Hipótesis	6
VI. Marco teórico	7
VII. Marco metodológico	31
7.1. Selección de árboles forrajeros	31
7.2. Fase pre-experimental	33
7.2.1. Localización	33
7.2.2. Condiciones climáticas	34
7.3. Fase experimental	35
7.3.1. Animales	35
7.3.2. Instalaciones	36
7.3.3. Equipo	36
7.3.4. Tratamientos	36
7.3.5. Administración del experimento	37
7.4. Análisis bromatológico	37
7.5. Variables medidas	40
7.6. Variables evaluadas	43
7.7. Diseño del experimento	46
7.8. Análisis estadístico	46
7.9. Análisis financiero	46
VIII. Resultados y discusión	47
8.1. Consumo de materia seca	47
8.2. Producción de leche	48

8.3.	Conversión alimenticia	49
8.4.	Calidad de leche	49
8.5.	Análisis financiero	51
IX.	Conclusiones	53
X.	Recomendaciones	54
XI.	Bibliografía	55
XII.	Apéndice	64
XIII.	Anexos	76

## Índice de cuadros en el texto

Cuadro	Contenido	Página
1	Especies arbóreas forrajeras identificadas para la alimentación caprina en el departamento de Quiché.	12
2	Requerimientos nutricionales de una cabra para mantenimiento y producción de leche con 3.5% de grasa.	14
3	Composición promedio de los nutrientes básicos en la leche de cabra, oveja, vaca y humana.	17
4	Combinación de arbóreas forrajeras en la prueba de cafetería.	32
5	Consumo de materia seca en la prueba de preferencia de consumo con el método de cafetería.	33
6	Composición de raciones evaluadas en la utilización de especies arbóreas forrajeras en dietas para cabras lactantes y calidad de leche caprina.	37
7	Valor nutricional promedio de los alimentos analizados en la utilización de follajes arbóreos para cabras lactantes estabuladas.	38
8	Producción de estiércol, orina y digestibilidad aparente en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes Nebaj, Quiché.	41
9	Balance nutricional en la Utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en base a los requerimientos de materia seca y producción de leche, Nebaj, Quiché.	44
10	Análisis de varianza en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, sobre el consumo de alimento, producción de leche y conversión alimenticia Nebaj, Quiché.	47
11	Calidad de leche en cuanto a grasa, sólidos no grasos, densidad, agua agregada a la leche, punto de congelación y proteína cruda en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas Nebaj, Quiché.	50

## Índice de cuadros en el apéndice

Cuadro	Contenido	Página
1A	Análisis de varianza para la variable consumo de materia seca.	65
2A	Análisis de varianza para la variable producción de leche.	65
3A	Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia.	65
4A	Análisis de varianza para la variable porcentaje de grasa.	66
5A	Análisis de varianza para la variable sólidos no grasos.	66
6A	Análisis de varianza para la variable densidad.	66
7A	Análisis de varianza para la variable punto de congelación.	67
8A	Análisis de varianza para la variable proteína.	67
9A	Presupuestos parciales y relación beneficio/costo para los cuatro tratamientos evaluados con cabras en lactación, Nebaj, Quiché.	68
10A	Registro de producción de leche/animal/día.	69
11A	Plan profiláctico.	76

### Índice de figuras en el apéndice

Figura	Contenido	Página
1A	Consumo de materia seca promedio/tratamiento/día.	69
2A	Producción de leche promedio/tratamiento/día.	70
3A	Conversión alimenticia promedio/tratamiento/día.	70
4A	Porcentaje de grasa.	71
5A	Sólidos no grasos.	71
6A	Densidad.	72
7A	Proteína cruda.	72
8A	Producción de estiércol.	73
9A	Producción de orina.	73
10A	Distribución del diseño cuadrado latino.	74

## I. Introducción

En Guatemala la cría de cabras se realiza mayormente en los departamentos del altiplano occidental como Quetzaltenango, San Marcos, Huehuetenango, Quiché y al oriente del país: Chiquimula, Jutiapa y Jalapa. Las características principales de los pobladores de estas zonas rurales son los bajos ingresos económicos y la posesión de pequeñas extensiones de tierra que son menores a 20 m<sup>2</sup>.

Bajo estas condiciones, la explotación caprina en sistema estabulado brinda una alternativa para mejorar la calidad de vida de las familias rurales, debido a que estos animales en sistema estabulado necesitan un espacio vital de 3 m<sup>2</sup>, por lo que se mejora la eficiencia del uso del espacio.

La cabra brinda beneficios económicos y sociales a las familias que explotan esta especie, debido a los bajos costos de la inversión de capital, períodos cortos de gestación (cinco meses) por lo que su primer parto es posible a los 15 meses de edad, producción diaria de leche entre 2-2.5 litros por cabra (Rojas citado por Benavides 1998) que se considera adecuadas para cubrir la demanda diaria de una familia de 6 miembros (FAO 2015). Estas producciones se logran con animales de genética lechera y proporcionando alimentos que cubran los requerimientos nutricionales de mantenimiento y producción de los caprinos.

Se conoce que en Centro América y el Caribe existen numerosas especies de árboles y arbustos con gran potencial para la producción de forraje (Benavides 1998). Es por esto que las hojas, yemas, ramas de árboles y arbustos son un componente de las vegetaciones nativas más comunes en áreas montañosas frías y semiáridas que se utilizan en la alimentación de rumiantes por sus ventajas nutricionales y preferencia alimenticia por parte de estos animales.

De ahí que en el departamento de Quiché existen numerosas especies leñosas con potencial forrajero que se pueden utilizar en la formulación de dietas para caprinos en

sus diferentes estados productivos como es el caso de pito (*Erythrina berteroana*) y espino amarillo (*Rhamnus caroliniana*) que son dos especies que los productores por tradición utilizan en la alimentación de estos rumiantes.

Basados en los requerimientos nutricionales diarios de cabras lecheras en producción y en la disponibilidad de estas dos especies leñosas forrajeras, se diseñó un estudio para evaluar el efecto de cuatro dietas sobre la producción y calidad de leche en cabras mestizas (raza criolla con razas introducidas) manejadas bajo estabulación en el municipio de Nebaj, Quiché.

## **II. Planteamiento del problema**

La principal limitante que enfrentan los caprinocultores del área de Quiché radica en que no cuentan con la información necesaria sobre la alimentación de las cabras a base de pastos y forrajes de buena calidad que llenen los requerimientos nutricionales tanto de mantenimiento como de producción.

### III. Justificación

El programa de Acciones Integradas en Seguridad Alimentaria y Nutricional del Occidente de Guatemala (PAISANO) implementando módulos caprinos, tiene como propósito proveer leche caprina como una fuente adicional de proteína, para mejorar la seguridad alimentaria y nutricional de la población, en especial a los niños que son el grupo más vulnerable.

Sin embargo, para la producción de leche los caprinos necesitan de una alimentación balanceada que contenga un adecuado porcentaje de pastos y forrajes que aporten la cantidad necesaria de materia seca, proteína cruda, energía metabolizable en mega calorías, para suplir los requerimientos nutricionales de mantenimiento y producción.

La inclusión de árboles forrajeros nativos con altos porcentajes de nutrientes en la dieta de pequeños rumiantes brinda la posibilidad de mejorar el potencial productivo de los hatos caprinos, contribuyendo de esta forma con soluciones tecnológicas demandas por las familias que explotan estos animales. Esta circunstancia ha motivado el interés por la búsqueda de la relación pasto y leñosa que se le tiene que proporcionar a las cabras en lactación, para que con eso se puedan alcanzar producciones diarias mayores a 1 litro de leche por cabra.

Por lo antes expuesto es necesario realizar una investigación con el fin de formular dietas a base de leñosas forrajeras (con niveles de proteína cruda entre 15-25%), y pastos de corte, que complementen los requerimientos nutricionales de mantenimiento y producción de cabras lecheras lactantes debido a que, estos pequeños rumiantes proveen beneficios sociales, económicos y de seguridad alimentaria a las familias que explotan esta especie (Gutiérrez *et al.* 1999).

## IV. Objetivos

### 4.1. General

Evaluar los parámetros productivos en cabras lactantes estabuladas en el municipio de Nebaj Quiché, utilizando cuatro dietas a base de napier con follajes arbóreos.

### 4.2. Específicos

Evaluar la utilización de cuatro dietas formuladas con pito (*Erythrina berteroana*) o espino amarillo (*Rhamnus caroliniana*) y napier morado (*Pennisetum purpureum*) sobre la producción de leche (kg/cabra/día) en sistema estabulado en el Centro de producción caprina del altiplano (CEPROCAL), Nebaj, Quiché.

Determinar el efecto de las dietas sobre la calidad física-química de leche en cuanto a grasa, sólidos no grasos, densidad, punto de congelación y proteína.

Establecer la relación beneficio/costo de las dietas evaluadas mediante el uso de presupuestos parciales.

## **V. Hipótesis**

Al menos una de las dietas utilizadas en la alimentación de cabras estabuladas mejora la producción y la calidad de la leche caprina en Nebaj, Quiche.

## **VI. Marco teórico**

### **6.1. Distribución del ganado caprino en Guatemala**

Según el cuarto censo Nacional Agropecuario del 2002-2003, el total de ganado caprino en la República de Guatemala alcanzaba la cantidad de 84,195 animales, de los cuales 50,152 son ubicadas en fincas censales y 34,043 en viviendas. De manera que las mayores existencias están presentes en fincas censales, las cuales se ubican en Huehuetenango con 31.9%, San Marcos con 22% y Quiché con 14.1% (INE 2003).

Sin embargo, con relación a los datos del ganado caprino que se encuentra en las viviendas, puede observarse que los mayores porcentajes están siempre en los departamentos de Quiché con 25.9%, Huehuetenango con 23.6% y San Marcos con 14.7% y en la mayoría son propiedad de los pobladores indígenas de la región (INE 2003).

#### **6.1.1. Sistemas de explotación**

La crianza de caprinos es una alternativa para la mayoría de productores porque de ellos se obtiene leche, carne, cabritos y estiércol que más adelante se utilizan para aumentar la seguridad alimentaria, nutricional y económica de la familia. No obstante los productores manejan a sus animales en forma extensiva, mientras que una proporción menor lo hace sujetándolos a un tronco y muy pocos en forma estabulada (Benavides y Arias 1995).

#### **6.1.2. Importancia de la leche de cabra en la Seguridad Alimentaria y Nutricional**

Investigadores de la Universidad de Granada han demostrado que la leche de cabra es un alimento con beneficios nutricionales que ayudan a mejorar el estado de salud de las personas que la consumen habitualmente (La cabra verde 2015). Por lo que un litro de leche de cabra proporciona por día toda la proteína que un niño necesita hasta los ocho años de edad y el 60 % hasta los 14 años (MAG 2014).

La leche de cabra tiene una fracción de azúcares y oligosacáridos similar a la leche humana, los cuales desempeñan un importante papel en el desarrollo de la flora probiótica, que defiende de las bacterias patógenas y contribuye al desarrollo cerebral del lactante. Asimismo, el consumo habitual de leche de cabra en niños con anemia por deficiencia de hierro, hace que mejore su recuperación, potenciando la utilización nutritiva de hierro y regeneración de la hemoglobina (La cabra verde 2015).

Otra ventaja del consumo de la leche de cabra en neonatos se debe a su rápida digestión, dado que un biberón dura 20 minutos en asimilarse completamente en el estómago (MAG 2014). Ésta mayor calidad de la leche de cabra comparándola con la de los bovinos, es dada debido a que la leche de cabra es homogenizada naturalmente, con glóbulos grasos de un menor tamaño (1 a 3 micras), lo que permite formar coágulos de granulación fina y suave que permiten una fácil digestión; haciendo que los niños a temprana puedan consumirla sin riesgo, ya que con esto se evitan los problemas de cólicos (Lothe *et al.* citado por MAG 2014).

### **6.1.3. Aporte de la investigación al conocimiento local**

Con el propósito de convertir en auto sostenible la producción de cabras lecheras para los productores en el departamento de Quiché, Save the Children está contando con el apoyo de CATIE, con el cual están implementando cursos sobre fortalecimiento de capacidades locales, enfocados en la metodología de escuelas de campo, dirigido a líderes agropecuarios, que más adelante transmitirán los conocimiento adquiridos en estos talleres y de esa manera lograr una replicación, a mayor escala de las innovaciones que se están llevando a cabo en pequeñas fincas.

Hasta el momento están formados dos módulos de capacitación con participación de 60 líderes agropecuarios de comunidades seleccionadas por el programa PAISANO coordinado por Save the Children. El primero módulo está enfocado en el conocimiento de la metodología de capacitación participativa Escuelas de campo (ECA).

El segundo consistirá en el desarrollo de temas importantes para el desarrollo sostenible de sistemas de producción caprina en pequeñas fincas, entre los que se proponen los siguientes temas: infraestructura básica para el manejo del rebaño caprino, estrategias de alimentación en finca por recursos forrajeros locales, establecimiento, manejo y aprovechamiento de bancos forrajeros biodiversos de leñosas o gramíneas, definición del tamaño de un banco forrajero para cubrir la demanda de alimento anual en pequeñas fincas, los temas anteriores fueron propuestos y validados con los líderes agropecuarios en las sesiones de la escuela de campo y en reuniones con Save the Children.

A los 60 productores que participaron en la escuela de campo se les estará entregando al final un resumen de dos páginas en donde se les presentará los principales resultados de la Evaluación de la utilización de especies leñosas forrajeras en dietas para cabras lactantes Nebaj, Quiché. En este resumen se indicará que dieta y que porcentaje de leñosa aumento la producción de leche en las cabras lactantes para que ellos la puedan replicar en sus producciones.

#### **6.1.4. Clasificación taxonómica de la cabra**

Reino	<i>Animalia</i>
Filo	<i>Chordata</i>
Clase	<i>Mammalia</i>
Orden	<i>Artiodactyla</i>
Suborden	<i>Ruminantia</i>
Familia	<i>Bovidae</i>
Subfamilia	<i>Caprinae</i>
Género	<i>Capra</i>
Especie	<i>Hircus</i>

(Linnaeus 1758)(Wikipedia La Enciclopedia Libre 2014).

#### **6.1.5. La cabra como pequeño rumiante**

El rumiante es un animal que repasa el bolo alimenticio, devuelto a la boca desde un compartimento del estómago (retículo, rumen), repetidas veces como la cabra, vaca y oveja. Debido a que tienen un estómago especializado con cuatro compartimentos (retículo, rumen, omaso y abomaso) adaptados para digerir los forrajes como el pasto,

henos y ensilajes. Por tanto estos animales pueden usar por encima del 50-80% de forraje en su dieta (Nouel y Rincón 2005).

De la cabra se pueden obtener varios productos como se habló en párrafos anteriores, pero esto depende del tipo de explotación caprina a desarrollar. Para la obtención de estos productos es necesario disponer de recursos socio-económicos, adecuada ubicación geográfica, (clima, suelo), nutrición, agua, sanidad e instalaciones adecuadas (Gioffredo y Petryna 2010).

#### **6.1.6. Alimentación de la cabra**

Las cabras presentan un consumo muy selectivo y a diferencia de otras especies de rumiantes domésticos, tienen la capacidad para distinguir una dieta con una calidad relativamente alta, cuando dispone de variedad de alimentos (Roche 1996).

El ramoneo es la forma de alimentación preferida por parte de los caprinos, mediante el cual logran conseguir hasta el 80% de su dieta habitual. Según Gutiérrez *et al.* (1999), el uso de árboles con potencial forrajero, es un recurso alimenticio de gran valor nutricional y de bajo costo para la suplementación de raciones con rumiantes, que ha sido reportado por diversos autores alrededor del mundo (Hernández 1997; Gutiérrez 1996; Aguilar 1994; Villanueva 1994; Vallejo 1994; Benavides 1993; Flores 1993; Arias 1991; Ríos 1990; Pineda 1988; Torres 1983; Russo 1982; Chadhokar 1982; Bloom 1981; Devendra 1976) citado por Gutiérrez *et al.* (1999).

Uno de los puntos de mayor relevancia en la productividad de cualquier sistema pecuario es la alimentación, dado que el manejo nutricional representa el 60% de la productividad. Por otro lado, una nutrición adecuada mejora la composición de la leche con efectos verificables en un período de 10-15 días, aumentando o disminuyendo la concentración de los principales componentes de la leche, generando un aumento en la calidad de la misma, que al mismo tiempo produce un incremento en la rentabilidad del sistema (Bedoya, Rosero y Posada 2011).

### **6.1.7. Alimentación de rumiantes con dietas a base de forrajes**

En las pequeñas fincas de Centro América, la producción de forrajes utilizados tradicionalmente para la alimentación de rumiantes se ve afectada por temporadas restrictivas, en donde disminuye su disponibilidad y calidad nutritiva (Benavides 1998). Cuando los animales son alimentados con forrajes toscos, se observa una baja productividad, debido a un bajo consumo de energía digestible y un bajo consumo total de materia seca. Estos efectos negativos se deben en su mayoría al alto porcentaje de lignificación, que presentan los pastos en las paredes celulares debido al efecto protector que ejerce la lignina ante el ataque de las enzimas microbianas (Riquelme citado por Galdámez 1996).

Las cabras son consumidoras selectivas por naturaleza y a diferencia de otras especies de rumiantes domésticos, tienen la capacidad de balancear su dieta cuando disponen de variedad de alimentos. Sin embargo, cuando la disponibilidad de recursos alimenticios es pobre, generalmente constituida por gramíneas maduras o residuos de cosecha, la suplementación proteico-energética se hace necesaria para llenar los requerimientos nutricionales de producción lechera de los caprinos (Wilkinson y Satrk citado por Galdámez 1996).

### **6.1.8. Importancia de los follajes arbóreos y arbustivos en la alimentación de rumiantes**

En Guatemala, el ICTA caracterizó e identificó 45 especies de árboles y arbustos con potencial forrajero para la alimentación de rumiantes en el altiplano occidental, encontrando que la mayor parte superan el 15% de proteína cruda y que especies como pito (*Erythrina spp*), sauco negro (*Sambucus mexicanus*), sauco amarillo (*Sambucus canadensis*), alfalfa (*Melilotus indica*), entre otros, superan el 25% PC, lo que las coloca por encima de pastos y forrajes recomendados tradicionalmente para uso de los productores (Mendizábal citado por Gutiérrez *et al.* 1999).

En el departamento de Quiché Save the Children (2009) identificó como especies promisorias siete leñosas forrajeras entre ellas, árboles y arbustos que los productores

caprinos utilizan en la alimentación diaria de estos rumiantes. Los niveles de materia seca, proteína cruda y energía digestible en mega calorías para cada especie se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Especies arbóreas forrajeras identificadas para la alimentación caprina en el departamento de Quiché.

Especie	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Energía digestible Mcal/kg EM
Santa catarina ( <i>Dahlia imperialis Roetzl</i> )	12.60	25.70	3.00
Girasol silvestre ( <i>Tithonia diversifolia</i> )	11.00	31.90	3.16
Pito ( <i>Erythrina berteroana</i> )	18.70	24.60	3.20
Xixil ( <i>Polymnia maculata Cav</i> )	10.90	26.00	2.90
Hoja ancha ( <i>Montanoa spp</i> )	12.00	32.00	2.60
Sauco negro ( <i>Sambucus mexicana</i> )	13.00	29.00	3.14
Espino amarillo ( <i>Rhamnus caroliniana</i> )	37.00	18.00	2.46

Fuente: Save the Children (2009).

#### 6.1.9. Requerimientos nutricionales y su influencia en el desempeño productivo

Estos requerimientos o necesidades se pueden expresar en: kg de Materia seca (MS), Energía metabólica (EM), Energía digestible (ED), Total de nutrientes digestibles (TND) o se puede utilizar con exactitud las equivalencias ganaderas como el equivalente oveja (EO), que nos determina el promedio anual de requerimientos de una cabra de 50 kg de peso vivo que gesta y cría un cabrito hasta el destete (Gioffredo y Petryna 2010).

Con todo esto, el total de requerimientos o necesidades nutricionales está dado por la sumatoria de los siguientes componentes: metabolismo de ayuno, más la energía dedicada a la termorregulación, actividad física que está efectuando, reproducción, gestación, lactancia, crecimiento y aumento o disminución de peso (Gioffredo y Petryna 2010).

### **6.1.9.1. Consumo de materia seca**

Este depende de factores intrínsecos del animal y de las características del alimento. Tienen gran importancia el tamaño y el peso vivo del animal, nivel de producción, estado fisiológico, suplementos, temperatura ambiente, disponibilidad de agua para beber, estado sanitario del animal y características propias del forraje ofrecido (Arbiza citado por Galdámez 1996). Conforme aumenta el consumo de materia seca de las cabras, se incrementan la producción de leche, debido a que el consumo diario define aproximadamente el 75% de la producción de las cabras.

Galdámez (1996) utilizando follaje de shatate (*Cnidocolus aconitifolius*) como suplemento para cabras lecheras en producción alimentadas a base de rastrojo de maíz (*Zea mays*), en La Fragua, Zacapa, obtuvo un consumo total de materia seca de 2.83 3.09 3.22 3.34 kg Ms/100 kg de PV.

Así también Castellanos (1996) alimentando cabras lecheras estabuladas con dietas a base de napier (*Pennisetum purpureum*) y suplementadas con follajes de caulote (*Guazuma ulmifolia*), shaguay (*Phitecolobium dulce*) y concentrado balanceado comercial en el departamento de Chiquimula, obtuvo consumos de 3.5 3.72 y 3.75 kg de MS/100 kg PV. Asimismo, Vidal (1997) suplementando cabras lecheras con follajes de (*Leucaena leucocephala*), (*Guazuma ulmifolia*) y (*Gliricidia sepium*), reporta 3.58, 3.87 y 3.68 kg MS/100 kg PV.

### **6.2. Necesidades nutricionales de cabras en producción**

Al comienzo de la lactancia se elevan las necesidades nutritivas de la cabra, se produce un aumento en su capacidad de ingestión de alimentos, debido que en el último tercio de gestación las crías ocupan el 50% del abdomen, haciendo que el consumo de alimento disminuya en la cabra gestante (Gioffredo y Petryna 2010).

Cuadro 2. Requerimientos nutricionales de una cabra para mantenimiento y producción de un kilogramo leche con 3.5% de grasa.

Requerimientos	Materia seca kg/cabra 46 (kg)	Proteína (gr)	Energía digestible en Mcal (kg)
Mantenimiento		69	2.16
Producción		79.5	1.5
Total	1.61	148.5	3.66

Fuente: (NRC 1984; Vélez 1993).

### 6.2.1. Agua

El agua es indispensable para todos los procesos fisiológicos en la vida de las cabras. Una cabra puede beber de 4-18 lt de agua por día, lo cual dependerá de las condiciones del clima, del tipo de alimento y de su estado fisiológico, entre otros factores. Pero durante la lactancia necesita 1.4 lt de agua por cada litro de leche producida, por lo que en caso de carecer de agua suficiente la producción de leche se pone en riesgo (Gómez *et al.* 2009).

### 6.2.2. Proteína

La cabra consume proteína de los alimentos; esta proteína es inicialmente utilizada como alimento para las bacterias del rumen, las cuales a su vez sirven de alimento directamente a la cabra, como proteína microbiana de alta calidad. Debido a que las proteínas son los componentes más importantes para el intercambio y renovación de tejidos corporales, son indispensables para las funciones de crecimiento, reproducción y producción láctea (Gómez *et al.* 2009).

De manera que las necesidades de proteína son determinadas de acuerdo a los requerimientos nutricionales del animal, dependiendo el estado productivo en el que se encuentre la cabra. Así que una cabra de 46 kg necesita 69 gr de proteína en su dieta para llenar sus requerimientos alimenticios, así mismo necesita 75 gr adicionales de proteína por cada litro de leche que produce dependiendo el porcentaje de grasa que tenga la leche (Meneses s.f.).

### **6.2.3. Energía**

Las plantas contienen aproximadamente un 75% de diferentes tipos de carbohidratos, los que son degradados y transformados en el rumen por los microorganismos en ácidos grasos volátiles (AGV) y en gas metano. Los AGV son el acético, propiónico y butírico, los cuales por su tamaño pequeño son absorbidos a través de la pared del rumen y convertidos en energía. Entonces, los AGV proporcionan el 70 al 80% de las necesidades de energía del animal. Por tanto de acuerdo a la tabla de requerimientos de nutrientes, una cabra de 45 kg de peso necesita 3.66 mega calorías (Mcal) de energía digestible por día (Gómez *et al.* 2009).

### **6.2.4. Minerales y vitaminas**

Los minerales intervienen en muchos metabolismos de la cabra. Tanto que estos nutrientes se clasifican en macro elementos como el calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), azufre (S), y micro elementos como el hierro (Fe), cobre (Cu), cobalto (Co), zinc (Zn), manganeso (Mn), selenio (Se), y yodo (I). Todos indispensables, de manera tal, que si faltan o no están presentes en las células en una proporción adecuada, las cabras presentan deficiencias que se manifiestan como enfermedades o baja productividad. Por el contrario, en exceso, pueden provocar toxicidad (Gómez *et al.* 2009).

Por otra parte, las vitaminas, que son compuestos orgánicos complejos requeridos en pequeñas cantidades, se clasifican en dos grandes grupos: 1). Las hidrosolubles comprenden todas las del complejo B, así como también a la vitamina C; y 2). Las vitaminas liposolubles A, D<sub>3</sub>, E, y K. Pero en condiciones normales, las cabras no necesitan ingerir vitaminas del complejo B, a menos que un animal presente algún cuadro anémico o una deficiencia notable de algunas de estas vitaminas, debido a que la gran mayoría de vitaminas hidrosolubles son sintetizadas por los microorganismos del rumen, en cantidades suficientes, para cubrir sus necesidades de mantenimiento y producción (Gómez *et al.* 2009). Entonces una cabra de 50 kg necesita diariamente 2.2 g Ca, 1.8 g P, 1570 Equivalentes de retinol (RE) A, 265 UI E (Elizondo 2008).

### 6.3. Producción de leche

Las cabras tienen un rendimiento lechero más grande que las ovejas y son la principal fuente de leche y carne para muchos agricultores. Por tanto la leche de cabra se produce generalmente para el consumo en el hogar, aunque a veces se comercializa en el interior de la comunidad (FAO 2015).

Comparando la curva de lactancia de las cabras con la de las vacas lecheras, la curva de las cabras es más plana, con picos menos prominentes y una mayor persistencia. Aunque algunas veces, la curva de lactancia puede tener dos picos debido a las fluctuaciones estacionales de disponibilidad de alimentos (FAO 2015).

Según el cuarto censo Nacional Agropecuario en el departamento de Quiché la producción diaria de leche caprina oscila en 0.78 kg/animal/día (INE 2003). Herrera (1995) evaluando el follaje de chaperno (*Lonchocarpus guatemalensis Benth*) como suplemento de dietas a base de napier (*Pennisetum purpureum Schum*) en el consumo voluntario y producción láctea en caprinos, obtuvo una producción de 0.99 a 1.07 kg/animal/día.

Galdámez (1996) utilizando follaje de shatate (*Cnidocolus aconitifolius*) como suplemento para cabras lecheras en producción alimentadas a base de rastrojo de maíz (*Zea mays*), en La Fragua, Zacapa obtuvo producciones que oscilaron en 0.68, 0.92 kg/animal/día, mostrándose un aumento lineal a medida a que se incrementaron los niveles de shatate.

Castellanos (1996) alimentando cabras lecheras estabuladas con dietas a base de napier (*Pennisetum purpureum*) y suplementadas con follajes de caulote (*Guazuma ulmifolia*), shaguay (*Phitecolobium dulce*) y concentrado balanceado comercial en el departamento de Chiquimula, obtuvo producciones de 0.77; 0.88 y 0.75 kg/animal/día.

Vidal (1997) suplementando cabras criollas encastadas con razas especializadas con follajes de leucaena (*Leucaena leucocephala*), caulote (*Guazuma ulmifolia*) y madre

cacaco (*Gliricidia sepium*), alimentadas a base de napier (*Pennisetum purpureum*) en la Fragua, Zacapa, reporta 1.03; 0.98 y 1.03 kg de leche/animal/día.

### 6.3.1. Composición y calidad de la leche caprina

De acuerdo con la FAO (Organización Para la Alimentación y la Agricultura), la leche es el producto de la secreción mamaria, obtenido por uno o varios ordeños, sin adicción o sustracción de alguno de sus componentes (Parra *et al.* 2003) (Cuadro 3).

Vega *et al.* citado por Frau *et al.* (2007), al igual que otras especies de rumiantes, la composición de la leche de cabra se ve afectada por diversos factores como; raza, características individuales, estado de lactación, manejo, clima y composición de los alimentos.

Asimismo, Soryal *et al.* citado por Frau *et al.* (2007) menciona que los valores de grasa y sólidos totales de la leche aumentan durante los dos primeros meses y disminuyen paulatinamente hacia el final de la lactación. Debido a la estacionalidad de la leche de cabra, es usual que los valores de grasa, proteína y sólidos totales sean altos al comienzo de la lactación, disminuyan cuando la producción es máxima y aumenten nuevamente cuando decrece el volumen de producción.

Cuadro 3. Composición promedio de los nutrientes básicos en la leche de cabra, oveja, vaca y humana.

Composición %	Cabra	Oveja	Vaca	Humana
Grasa	3.8	7.9	3.6	4.0
Sólidos no Grasos	8.9	12	9.0	8.9
Lactosa	4.1	4.9	4.7	6.9
Proteína	3.4	6.2	3.2	1.2
Caseína	2.4	4.2	2.6	0.4
Albúmina, globulina	0.6	1.0	0.6	0.7
N no proteico	0.4	0.8	0.2	0.5
Cenizas	0.8	0.9	0.7	0.3
Calorías/100 ml	70.0	105	69.0	68.0

Fuente: (Park 2006, citado por Bedoya, Rosero y Posada 2011).

### **6.3.2. Lactosa**

Al igual que en la leche de las hembras bovinas y ovinas, la lactosa es el mayor carbohidrato presente en la leche de cabra, y su valor promedio se encuentra en el orden del 4.1%, este es menor que el valor reportado en bovinos, que puede oscilar en 4.7%. Por otro lado, los oligosacáridos al igual que la lactosa, fueron recientemente reportados al encontrar que las cantidades que están presentes en la leche de caprinos fluctúan en un rango de 250 a 300 mg/L, lo cual representa 4 o 5 veces más que los valores encontrados en la leche de vaca, pero menos que los presentes en la leche humana (Bedoya, Rosero y Posada 2011).

### **6.3.3. Proteína**

Además de ser un alimento de origen animal alto en proteínas, también proporciona la mayoría de los aminoácidos esenciales. En comparación con la leche de vaca, la leche de cabra tiene proteínas de menor tamaño, lo que hace que esta leche sea más fácilmente digestible por el organismo humano. La leche contiene muchos tipos de proteínas, la mayoría de ellas en muy pequeñas cantidades, entre las principales podemos encontrar a las caseínas, lacto albumina (indispensables para el aprovechamiento industrial de los productos lácteos), inmunoglobulinas y misceláneos (Bedoya, Rosero y Posada 2011).

Pinto y Houbraken citado por Gonzáles (2012) menciona que el conocimiento del porcentaje de proteínas en la leche tiene gran importancia para las queserías. La cantidad de queso obtenido por la elaboración de la leche está en relación directa con el porcentaje de proteínas contenidas en ella, ya que las caseínas son las proteínas más importantes de la leche.

### **6.3.4. Grasa**

Chiliard *et al.* citado por Gonzáles (2012) menciona que la materia grasa es uno de los componentes más importantes en las cualidades nutricionales y tecnológicas de la leche de cabra. Los lípidos están involucrados en el rendimiento del queso (por

kilogramo de leche) y firmeza así como en las cualidades organolépticas de sus productos.

Los lípidos en la leche de cabra se encuentran de manera abundante en forma de glóbulos con un tamaño de menor de 3  $\mu\text{m}$ , lo cual permite una mayor digestibilidad y una mayor eficiencia en el metabolismo lipídico, comparado con la leche de vaca; en este sentido la grasa de la leche caprina no contiene aglutinina, que se encargada de concentrar los glóbulos grasos para generar estructuras más complejas y de mayores dimensiones, y por esta razón los glóbulos permanecen dispersos y pueden ser atacados más fácilmente por las enzimas digestiva (Bedoya, Rosero y Posada 2011).

#### **6.3.5. Vitaminas**

La leche de cabra comprada con la leche de vaca, contiene mayor cantidad de vitamina A (2.074 UI/L frente a 1.560 UI/L), lo cual ocurre debido a que los caprinos convierten todo el caroteno en vitamina A, por lo que resulta una ausencia de caroteno en la leche y, por tanto un color más blanco que el de la leche de vaca; adicionalmente, la leche de cabra es una fuente rica de riboflavina, que actúa como factor de crecimiento, y de niacina, que alcanza hasta un 35% más que la leche de vaca (Bedoya, Rosero y Posada 2011).

#### **6.3.6. Minerales**

El contenido mineral en la leche de cabra es mayor que en la leche humana. Esto porque la leche de cabra contiene cerca de 134 mg de Ca y 121 mg de P por cada 100 gr de leche, y puede llegar a presentar hasta un 13% más de calcio que la leche bovina, pero no es una buena fuente de otros minerales como cobalto y magnesio (Bedoya, Rosero y Posada 2011).

### **6.4. Árboles forrajeros**

Son aquellas plantas cuyos tallos, independientemente de su tamaño, han desarrollado estructuras leñosas por lo que su consistencia es dura y rígida. A la mayoría se le conoce como árboles o arbustos y a otras como matas. Las plantas leñosas sólo

pueden ser perennes. Este tipo de plantas presentan rasgos funcionales de las que se obtienen ventajas para uso en la alimentación animal, por medio de las hojas, frutos, flores u otros órganos.

Un arbusto es un vegetal leñoso de menos de cinco metros de altura, sin un tronco preponderante porque se ramifica a partir de la base. A los arbustos de menor altura, de un metro a lo sumo o un poco más, se le llaman matas o matillas (Pineda 2004).

Se considera árbol a un vegetal leñoso, por lo menos de cinco metros de altura, con el tallo simple (en este caso denominado tronco) hasta la llamada cruz, en que se ramifica y forma la copa, de considerable crecimiento en espesor. Se diferencia del arbusto, en que se cría más alto y no se ramifica hasta cierta altura (Pineda 2004).

#### **6.5. Especies arbóreas forrajeras (leguminosas y no leguminosas)**

El aprovechar la capacidad fotosintética de estratos múltiples de plantas destinadas específicamente a proporcionar alimento para los animales, representa una de las mayores oportunidades para intensificar la producción pecuaria de manera sostenible, sin significativa dependencia de recursos externos. Debido a que uno de los objetivos a alcanzar sería el crear una comunidad estable, con varios estratos de plantas productoras de follaje o frutos con valor nutritivo complementario para la formulación de dietas que llenen los requerimientos nutricionales de los rumiantes (Sánchez 2003).

Entonces, la introducción de árboles y arbustos de la familia de las leguminosas en los sistemas agroforestales y de alimentación del ganado es prometedora para satisfacer la demanda creciente de alimento en todo el mundo (Pérez 2011). Sin embargo, en los últimos años se ha investigado sobre el cultivo de árboles forrajeros (leguminosos y no leguminosos) en bloques compactos y con alta densidad, con el fin de maximizar la producción de fitomasa para la suplementación animal, en diferentes sistemas de producción (Camero *et al.*1999).

Este arreglo de las forrajeras es lo que se conoce como bancos de proteína o bancos de árboles forrajeros. También los árboles forrajeros se pueden establecer en distintos arreglos en el área de la unidad productiva, como árboles y arbustos dispersos, en franjas (cultivo en callejones), en las cercas vivas o linderos de la propiedad. Con el objetivo de aprovechar el espacio para la producción de forraje u otros cultivos de interés comercial según el uso potencial que presente el terreno.

Las leguminosas, indistintamente cambien las condiciones climáticas su valor nutritivo cambia poco a nivel de las hojas, manteniendo su valor de proteína y digestibilidad muy uniformes durante el año, lo cual les permite mantener un equilibrio en la calidad nutricional del follaje a través del año, indistintamente la época climática (Nouel y Rincón 2005).

Asimismo algunas especies no leguminosas han mostrado elevados contenidos nutricionales, por su alta concentración de proteína y su rápida degradación en el rumen y sugiere su inclusión en dietas de baja calidad, ya que podrían mejorar la utilización eficiente de las mismas y mantener niveles adecuados de producción. La combinación de especies leguminosas y no leguminosas, en la suplementación de rumiantes tiene que evaluarse en programas estratégicos de alimentación, tratando de aprovechar el potencial de las no leguminosas para proveer nutrientes a los microorganismos ruminales y el de las leguminosas, principalmente las que presentan elevados niveles de taninos, como fuentes potenciales de nutrientes sobre pasantes (Pérez 2011).

#### **6.6. Árboles forrajeros en sistemas de producción animal**

Muchos árboles y arbustos son ampliamente utilizados como forraje para los animales debido a que la contribución de estas plantas leñosas a la dieta de los animales es muy alta en los ecosistemas semiáridos y sub húmedos. De la misma manera, la biomasa comestible de las plantas perennes, como las leguminosas, es rica en proteína cruda, vitaminas, y la mayoría de los minerales. Debido a que estas plantas constituyen un

alimento que contribuye con niveles aceptables de producción de leche sin que los animales hagan uso de sus reservas corporales (Llanderal s.f.).

En cuanto a proteína, la del follaje de los forrajes es de menor calidad que la de los suplementos proteicos tradicionales (harina de soya y harina de pescado), pero superior a las fuentes de nitrógeno no proteico como la urea. Por ello, en estudios se ha detectado mayor producción de leche y ganancia de peso con las fuentes proteicas tradicionales, pero el beneficio económico siempre ha sido mayor con el uso del follaje de árboles perennes (Camero *et al.* 1999).

El establecimiento de bancos forrajeros de morera en zonas altas como suplemento alimenticio para vacas en sistemas intensivos de producción de leche, ha dado como resultado niveles de producción ligeramente inferior o similar a los que se han observado con el uso de concentrado, no obstante los análisis económicos muestran una ventaja a favor del uso de morera (Benavides 1998). Debido a la alta calidad nutricional de las forrajeras, evita total o parcialmente el uso de concentrados, los cuales disminuyen la rentabilidad de los sistemas (Pérez 2011).

#### **6.7. Utilización de leñosas forrajeras en sistemas de producción de rumiantes**

El uso de follaje arbóreo en la alimentación animal, también ha sido del dominio de los agricultores, quienes en forma ancestral han venido aprovechando este recurso. Por otra parte, Méndez citado por Arias (1998), realizó un estudio de algunos forrajes utilizados en forma tradicional en el Altiplano Occidental de Guatemala (Chimaltenango, Quetzaltenango, San Marcos, Huehuetenango, y Quiché) dicho estudio sirvió de base para conocer el enorme potencial que presentan muchas plantas que crecen en forma silvestre en áreas de sotobosque, incluyendo a los árboles..

En el Altiplano de Guatemala a partir del año 1986, el programa de producción animal del ICTA continuó con mayor énfasis en el trabajo iniciado por Méndez (1984), en total se identificaron 95 plantas con potencial forrajero la mayoría de ellas leñosas. Esta

investigación reporta que la forma de uso más común es por medio de corte y acarreo (Arias 1998).

En Costa Rica, la utilización de árboles forrajeros para alimentación de rumiantes ha disminuido el uso de gramíneas rastreras, y se ha observado un sustancial incremento en el tamaño de los hatos y en los niveles de producción de leche por animal (Benavides 1998). Asimismo, las características nutricionales y de producción de biomasa de muchas especies leñosas, puede permitir su integración ventajosa en sistemas de producción animal (Pérez 2011).

En algunos países como Costa Rica y Panamá, el costo de mano de obra para el corte y acarreo de leñosas forrajeras probablemente representa una limitante en su uso; sin embargo, se espera que estas tecnologías tengan más importancia con el incremento en precios de insumos como el concentrado, y cuando aumenten las exigencias para producción de leche y carne orgánica (Camero *et al.* 1999).

La integración de árboles maderables en cercas vivas o en linderos es uno de los escenarios que más está evolucionando en Centro América, debido a la demanda de madera y las necesidades para diversificar la producción ganadera, no obstante hay que investigar el comportamiento y el manejo silvicultural de especies maderables plantadas en cercas vivas o en linderos de potreros (Camero *et al.* 1999).

Tanto que el proyecto Palma Virilla del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), en Costa Rica, promueve el establecimiento de bancos forrajeros en laderas de zonas altas con manejo bajo un sistema de corte y acarreo para suplementación animal (Camero *et al.* 1999).

Asimismo, en Guatemala el Programa de Acciones Integradas en Seguridad Alimentaria y Nutricional del Occidente "PAISANO" en el área de Quiché ha venido promoviendo el desarrollo de módulos caprinos para producción de leche, bajo un sistema agroforestal en donde se están utilizando ocho especies forrajeras como: santa catarina (*Dahlia*

*imperialis* Roetzl), girasol silvestre (*Tithonia diversifolia*), pito (*Erythrina berteroana*), xixil (*Polynimia culata* Cav), hoja ancha (*Montanoa spp*), sauco (*Sambucus mexicana*) y espino amarillo (*Rhamnus caroliniana*) para suplementar a los caprinos.

### **6.8. Calidad nutricional de leñosas forrajeras**

De acuerdo con la información obtenida los árboles se distribuyen principalmente en áreas de sotobosque o en cercos vivos. Por consiguiente en un estudio que se realizó con forrajes en el altiplano occidental de Guatemala las especies que sobresalieron por su contenido de proteína cruda y digestibilidad in vitro de la materia seca son: el sauco amarillo (*Sambucus canadiensis*) 25.8% PC, 73.7 DIVMS, chilca (*Bacharis salicifolia*) 23.4% PC, 71.5 DIVM, sauco negro (*Sambucus mexicana*) 25% PC, 69.8% DIVM, engorda ganado (*Bohemeria spp*) 24.8% PC, 66.3% DIVM (Arias 1998).

En ese sentido, analizando el valor nutritivo de algunos forrajes las concentraciones de proteína de estos árboles utilizados tradicionalmente en la alimentación de rumiantes presentan niveles de proteína cruda que van desde los 12 a 30% en base a materia seca. Entonces estos valores son altos en comparación con pastos maduros que oscilan entre 3 al 10%. Por tanto la digestibilidad de estos materiales está muy relacionada con la proporción y grado de lignificación de las paredes celulares (FND) así como de la presencia de compuestos secundarios, principalmente taninos (Pérez 2011).

### **6.9. Compuestos anti nutricionales de las leñosas forrajeras**

Los animales herbívoros dependen primariamente para sobrevivir, de los complejos orgánicos sintetizados por las plantas. De ahí que todas las especies del reino animal buscan afanosamente en la cadena trófica las fuentes aminadas como fuente insustituible para la supervivencia del individuo y del grupo genético que representan. Por eso los consumidores primarios perseguirán preferiblemente a las plantas que mayor oferta de sustancias nitrogenadas tengan en sus tejidos (Maldonado 2001).

La mayoría de las forrajeras contienen compuestos anti-nutricionales que afectan sustancialmente su valor nutritivo; por esta razón, estas especies son de mayor valor alimenticio como suplementos que como dieta única para rumiantes. Indudablemente la significancia de los compuestos secundarios de las plantas se hace más evidente cuando los follajes arbóreos representan el único alimento consumido por el animal (Maldonado 2001).

En realidad los follajes arbóreos son rara vez consumidos como única dieta y son incorporados dentro de praderas de pastos o suministrados como suplemento bajo sistemas de “corte y acarreo” (Maldonado 2001).

Pérez (2011), menciona que los factores que afectan el valor nutritivo son: los que son propios de la planta (especie, edad, morfología), factores ambientales (temperatura, radiación solar, precipitación, fertilidad y tipo de suelo), factores bióticos (plantas arvenses, plagas y enfermedades) y factores de manejo (selección de la semilla, siembra, manejo, fertilización, enfermedades, frecuencia y altura de pastoreo, carga animal y tiempo de ocupación) que el hombre ejerce sobre la pastura.

En el mismo sentido, la fibra detergente neutro (FND) y fibra detergente ácido (FDA) desarrollada por Vans Soest citado por Pérez (2011) son consideradas un estándar esencial para la caracterización de forrajes. En fin, una alta concentración de FDA en forrajes se asocia con una baja digestibilidad ruminal, mientras que una alta concentración de FDN se asocia con un menor consumo de alimento (Pérez 2011).

#### **6.10. Experiencias con leñosas forrajeras en dietas para cabras en producción**

En cabras lecheras, Rojas *et al.* citado por Benavides (1998) encontraron incrementos de leche de 2.0 a 2.5 kg/an/día, cuando la suplementación con Morera paso del 1.0 al 2.6% del PV en base seca, con ligeros incrementos en los contenidos de grasa, proteína y sólidos totales de la leche. Así mismo en una evaluación de tres años, en un módulo agroforestal con cabras (cabras estabuladas y una plantación asociada de morera con poró) alimentadas, sólo con cantidades similares, (3.0% del PV en base

seca) de pasto King-grass (*P. purpureum* x *P. typhoides*) y morera, se reportan cerca de 900 kg de leche/animal/lactancia de 300 días. Esto equivalente a un promedio de producción de 3,0 kg/an/día y a 4.1 kg/an/día al inicio de la lactancia.

#### **6.11. Pito (*Erythrina berteroana*)**

##### **Nombres comunes**

En la zona se le conoce como: Palo de pito, pito, machetio, y mich.

##### **Descripción botánica**

Es un árbol que llega a medir hasta 10 m de alto. Tiene espinas en el tronco, las hojas pueden medir de 10-15 cm de largo y de 4-12 cm de ancho. Las flores son rojas y alargadas. La semilla es una legumbre, parecido al frijol, sólo que pueden tener color rojo o anaranjado brillante, estas semillas son venenosas para algunos animales (Save the Children 2009).

Ésta planta contiene 18% de materia seca y 32% de proteína cruda en base a materia seca. Las hojas y tallos tiernos se pueden utilizar para la alimentación de bovinos, caprinos. De la misma manera las hojas y tallos tiernos se pueden convertir en ensilajes y henos para la época seca y de escases para alimentación de rumiantes (Save the Children 2009).

El pito es una planta que se puede reproducir por semilla o por estaca. Al final es mejor reproducirla por estaca porque su crecimiento es más rápido. La siembra de estacas se debe hacer un mes antes de que empiecen las lluvias, debido a que con sus propias reservas empieza a enraizar y no se pudre (Save the Children 2009).

Esta planta se utiliza comúnmente para dividir terrenos y como alimento para las cabras por lo tanto es bueno sembrarlas cerca de donde están los potreros o establos en donde se tienen confinados a los animales (Save the Children 2009).

#### **6.12. Espino amarillo (*Rhamnus caroliniana*)**

### **Nombre común**

En la zona se le conoce como: Palo amarillo, akwaitze, espino amarillo.

### **Descripción botánica**

Carolina del espino amarillo es un pequeño árbol que rara vez supera los 9 m de altura. Las plantas jóvenes tienen ramas pubescentes de color rojizo, convirtiéndose en gris suave a medida que envejecen. Las ramas son delgadas y las hojas son caducas alternas y elípticas de 15 cm de largo, 2-2.5 cm de ancho. Las hojas son distintivas porque son luminosas y brillantes con 8-10 pares de venas. Las flores son pequeñas y poco visibles, pero los frutos son vistosos que empiezan con un color rojo, luego se vuelven negros a medida que maduran.

Esta planta contiene 37.39% de materia seca y 18.02% de proteína cruda en base a materia seca de la planta. Los tallos tiernos y las hojas son utilizados para la alimentación de cabra.

El espino amarillo es una planta nativa que puede sembrarse por semilla, pero comúnmente son los pájaros que se encargan de dispersar las semillas debido a que ellos se comen las futas de este pequeño árbol. En el departamento de Quiché los productores de cabras han confirmado que esta especie es consumida voluntariamente por los caprinos en pastoreo, dando como resultados aumento en la producción de leche de las cabras. Por esta razón es que se ha optado por incluir esta especie en la alimentación de cabras lecheras que están en estado productivo.

### **6.13. Napier morado (*Pennisetum purpureum*)**

El napier morado es de origen africano, su principal característica es que posee originalmente en su componente genético un gen recesivo que le da una coloración púrpura de donde obtiene su segundo nombre en la clasificación de la respectiva especie. El napier morado crece desde el nivel del mar hasta los 2,000 metros sobre el nivel del mar, tolera sequías breves, pero no el anegamiento. Los suelos deben de ser relativamente planos con buen drenaje y fertilidad alta o media (Mauricio 2011).

El napier morado es una especie perenne con un tipo de crecimiento erecto desde la base alcanzando una altura promedio de 1.8 a 2 metros. El desarrollo de sus tallos y hojas son de tipo delgados, las hojas son más largas que los tallos. Entre los 75 a 80 días es el momento en que produce su inflorescencia, con forma de espiga densa, de hasta 25 centímetros, de color púrpura, compuesta de numerosas espiguillas. El napier morado tiene una producción entre 60 y 90 Ton/Ha de materia verde anual a una edad de corte de 60 a 80 días. (Franco citado por Mauricio 2011).

#### **6.14. Producción de estiércol**

Benavides y Arias (1995), en el Altiplano Occidental de Guatemala citan que el estiércol se usa como abono para los cultivos y para la venta. Asimismo, describen que una práctica relacionada con la producción de estiércol es la utilización de corrales móviles. Estas son unas estructuras rústicas, generalmente construidas de palos de madera en las cuales se encierra un número determinado de cabras y cuya finalidad es producir estiércol directamente en los terrenos que se destinan a la siembra de cultivos. Con esto se puede decir que la utilización de estiércol para la fertilización de parcelas es una práctica que los productores vienen utilizando desde hace varios años en Guatemala.

Dado que Martí citado por Lozano (2012), menciona que un caprino produce 0.04 kg de estiércol fresco por cada kg de peso vivo del animal, resultando en un promedio de 1.6 kg de estiércol fresco producido diariamente por un animal criollo de 40 kg de peso vivo. Este dato es cercano al presentado por EDEVI, quien menciona una producción de 2.2 kg de estiércol húmedo/caprino/día.

El estiércol tiene un valor económico en las producciones dado que Benavides y Arias (1995), en el Altiplano occidental de Guatemala reportan la venta del éste para generar ingresos a las familias que explotan esta especie. Un ejemplo del valor bruto de la producción en una finca con cabras en Llanos del Pinal, Quetzaltenango durante 8 meses en que se llevó a cabo una recolección de datos en donde los caprinos produjeron 203 kg de estiércol en materia fresca, con una producción promedio 25.37 kg de estiércol cada mes.

Entonces cada kilogramo de estiércol con un valor de Q4 dejó un ingreso neto de Q101.48 por mes. Asimismo, se tomaron datos en la finca los Regadillos del municipio de Chiantla, ubicada en Huehuetenango en la que la producción de estiércol ascendió a 323 kg durante los ocho meses, con una producción promedio de 40.37 kg de materia fresca cada mes, aportando un ingreso de Q161, este ingreso al compararlo con los Regadillos es mayor.

Ahora bien, Lozano (2012) indica que las familias dedicadas a la agricultura, suelen ser propietarios de pequeñas cantidades de ganado (20 cabras, por ejemplo) y pueden, por tanto, aprovechar el estiércol para producir su propio combustible y un fertilizante natural mejorado a través de la creación de biodigestores tipo taiwan. Para empezar, esta es una nueva tecnología que se puede aplicar en Guatemala con las familias que se dedican a la cría, reproducción y aprovechamiento de los subproductos que se obtienen de los caprinos.

Debido a que como menciona Lozano (2012), con estas tecnologías se pueden eliminar los focos de infección que pudieran provocar la producción de estiércol, y moscas, porque se introduciría el estiércol diariamente al biodigestor. Así mismo se puede disminuir la incidencia de enfermedades respiratoria al ya no tener que cocinar con leña dado a que la combustión de biogás no produce humos visibles y su carga en ceniza es infinitamente menor que el humo proveniente de la quema de madera.

#### **6.15. Producción de orina**

La producción de la orina en caprinos depende del consumo de materia seca total y digestibilidad de la dieta, debido a que por cada kilogramo de materia seca consumido el animal debe de consumir dos litros de agua, fresca y limpia. Ahora bien, las cabras lecheras en producción deben de consumir un litro de agua por cada litro de leche producido. No obstante el consumo de agua depende de la succulencia del pasto y del consumo de materia seca total, por lo que estos son factores a tomar en cuenta al momento balancear dietas con recursos locales.

Por supuesto, la composición de la orina varía según la alimentación, aunque la producida por animales herbívoros suele ser más alcalina, conteniendo más potasio y menos nitrógeno, a pesar de eso, es la más adecuada para usar como fertilizante, pero para crear un plan de manejo es necesario tener en cuenta que el volumen de orina emitida y las propiedades físicas de ésta, muestran diferencias marcadas entre el animal adulto y el cabrito según Kolb citado por Raggi y Boza (1986).

El volumen de orina que produce una cabra adulta es de en 0.5 a 1.5 litros y un cría de 0.4 a 0.800 litros/animal/día, esto debido a que, existen también otras diferencias inter especies, por ejemplo, la superficie funcional del riñón expresada como superficie de filtración por gramo de peso del riñón que es de  $12.43 \text{ cm}^3$ , mayor que el del bovino, ovino, y cerdo, lo que indirectamente nos señala la mayor actividad depuradora del riñón.

Por esto Raggi y Boza (1986), mencionan que es de destacar que la composición media de la orina de cabra tiene una baja concentración de urea (0.11/ml) en comparación con la del hombre (18.75/ml) o el vacuno (1.75/ml), señalando que es la más baja de todos los mamíferos domésticos.

## VII. Marco metodológico

### 7.1. Selección de los árboles forrajeras

Se creó una lista de 31 especies forrajeras presentes en las comunidades que fueron identificadas en información secundaria (artículos técnicos/científicos, tesis y reportes de campo) y con productores que participaron en un taller que se llevó a cabo en el municipio de Nebaj Quiché y en la Esperanza, Quetzaltenango.

De las 31 especies que se identificaron se seleccionaron siete forrajeras de acuerdo a los siguientes criterios: materiales conocidos por los productores, que contenían buen valor de proteína y energía, poseían fácil forma de propagación y varias partes de la planta eran consumidas por los caprinos<sup>1</sup>.

Con la lista de siete especies seleccionadas en las que estaban: santa catarina (*Dahlia imperialis* Roetzl), girasol silvestre (*Tithonia diversifolia*), palo de pito (*Erythrina berteroana*), xixil (*Polymnia maculata* Cav), hoja ancha (*Montanoa spp*), sauco (*Sambucus mexicana*) y espinillo amarillo (*Rhamnus caroliniana*) se procedió a realizar una prueba de preferencia de consumo (Pérez 2011).

#### 7.1.1. Prueba de preferencia de consumo con el método de cafetería

Antes de la prueba se realizó una pre prueba para ajustar el tiempo de duración del evento, la cantidad de forraje a ofrecer, ubicación y altura del forraje que se ofreció a la cabra, y el tiempo efectivo de consumo. Posteriormente durante la prueba de cafetería se registraron las variables consumo de la leñosa, número de bocados, tiempo efectivo de consumo de forraje, tamaño de bocado y diámetro de la parte de la rama mordida por la cabra, con el fin de identificar los materiales preferidos por los caprinos por medio del mayor consumo de materia seca.

---

<sup>1</sup> Se realizó un taller con productores líderes sobre buenas prácticas para mejorar la producción caprina, el cual fue organizado por Save The Children en los municipios de Nebaj-Quiché y la Esperanza-Quetzaltenango.

La prueba de preferencia se diseñó de la siguiente manera: Se realizó una combinación en pares entre todas las especies seleccionadas, lo cual derivó un total de 21 combinaciones. Se seleccionaron cinco cabras lactantes, de la misma raza, similar número de partos, edad de lactancia, buena condición física y buen estado de salud. Cada cabra realizó la prueba de preferencia para las 21 combinaciones, lo que significó 15 eventos día por todas las cabras, lo cual se llevó a cabo durante 7 días haciendo un total de 105 eventos (Cuadro 5).

Cuadro 4. Combinación de arbóreas forrajeras en la prueba de cafetería.

Día	Combinación de especies			Cabras	Total Combinaciones
1	7	15	16	5	15
2	2	18	6	5	15
3	5	1	12	5	15
4	10	3	21	5	15
5	4	8	11	5	15
6	17	14	19	5	15
7	13	9	20	5	15
Total de eventos					105

Fuente: propia 2014

Cada animal entró a la prueba en forma individual y recibió todos los números de combinaciones establecidos por día (Cuadro 5). Ahora bien las combinaciones de las leñosas fueron suministradas a las cabras en forma secuencial e independiente y controladas durante el tiempo estipulado.

Finalizado el tiempo y el evento se procedió a pesar el forraje rechazado. Enseguida se tomó un tiempo de cinco minutos para el pesaje del forraje, la organización y preparación entre la finalización de una prueba e inicio de la siguiente. Asimismo el tiempo transcurrido entra la salida de una cabra de las pruebas y la entrada de la siguiente fue de 3 min (Pérez 2011).

Se elaboró un promedio de consumo de materia seca de las 105 combinaciones, que se realizaron con las siete especies que se evaluaron durante los siete días que duró el

experimento. Se pudo observar que los consumos más altos de materia seca en promedio fueron de espino amarillo (*Rhamnus caroliniana*) con 34.69 gramos de y pito (*Erythrina berteroana*) con 19.67 gramos (cuadro 6), por tanto, se utilizaron estas dos especies para la formulación de las cuatro dietas que se evaluaron con cabras lecheras en producción, debido a que estas especies fueron las que estuvieron disponibles. Esta evaluación se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Producción Caprina del altiplano (CEPROCAL), Nebaj, Quiché.

Cuadro 5. Consumo de materia seca en la prueba de preferencia de consumo con el método de cafetería.

No.	Nombre común	Nombre científico	Porcentaje de materia seca	Materia seca ofrecida en gramos	Materia seca rechazado en gramos	Consumo materia seca en gramos
1	Espino amarillo	( <i>Rhamnus caroliniana</i> )	29.02	131.77	97.08	34.69
2	Pito	( <i>Erythrina berteroana</i> )	17.87	81.13	61.46	19.67
3	Santa catarina	( <i>Dahlia imperialis</i> Roesl)	9.69	44.00	29.92	14.08
4	Girasol silvestre	( <i>Tithonia diversifolia</i> )	8.77	39.82	27.85	11.97
5	Xixil	( <i>Polymnia maculata</i> Cav)	11.50	52.21	41.58	10.63
6	Hoja ancha	( <i>Montanoa</i> sp)	10.48	47.56	43.63	3.93
7	Sauco	( <i>Sambucus mexicana</i> )	8.22	37.33	37.33	0.00

Fuente propia: 2014

## 7.2. Fase pre-experimental

### 7.2.1. Localización

Santa María Nebaj es un municipio del departamento de Quiché que está ubicado a 87 kilómetros de la cabecera departamental y a 303 km, de la ciudad capital de Guatemala. El municipio tiene una latitud norte 15° 24' 15" y longitud oeste de 91° 08' 52", con una elevación de 1930 msnm (Ramírez citado por Sutuj 2010).

### **7.2.2. Condiciones climáticas**

El clima del municipio está marcado por dos estaciones: el verano de enero a abril y la época lluviosa de mayo a diciembre de cada año. La humedad relativa de la región es de 78%, con una precipitación pluvial anual de 1,925.6 milímetros. No obstante la temperatura máxima oscila entre los 34°C y la mínima es de -3.5°C en los meses de Diciembre a Enero. La velocidad del viento es de 99 km/hr con una evaporación de 99 milímetros (Sutuj 2010).

### **7.2.3. Manejo de los animales**

Previo al experimento, los animales se vacunaron con un producto comercial a base de ocho tipos de Clostridium y dos tipos de Pasteurella que previenen la mortalidad de los animales por enfermedades como: Pierna negra, Mal de paleta, Vejigón, Carbón sintomático, Edema maligno, Gangrena gaseosa, Flemón sintomático, Hepatitis necrótica, Enfermedad negra, Miositis necrótica, Hemoglobinuria bacilar, Enfermedad de aguas rojas, Enteritis hemorrágicas, Riñón pulposo, Mal del pasmo, Enterotoxemia y disentería, Neumonía enzootica y Fiebre de embarque. La aplicación de esta vacuna es fue vía subcutánea a razón de 2.5 ml por animal.

Las cabras fueron desparasitadas y vitaminadas durante el último tercio de gestación. La desparasitaron se realizó con Ivermectina al 1% vía sub cutánea a razón de 1 ml por cada 45 kg de peso vivo y se vitaminaron con un complejo B, A, D<sub>3</sub> y E vía intramuscular.

### **7.2.4. Manejo del alimento**

Se realizó una pre prueba para ajustar la metodología a utilizar y con esta se determinó que los caprinos consumían la leñosa forrajera como un suplemento y no como dieta única. Maldonado (2011) cita que los follajes arbóreos son rara vez consumidos como única dieta y más bien son incorporados dentro de praderas de pastos o suministrados como suplemento bajo sistemas de “corte y acarreo”.

Durante la pre prueba a las cabras se les proporcionó el follaje del pasto por la mañana y el del follaje de la arbórea por la tarde. En esta etapa se pudo observar que los caprinos durante la mañana rechazaban hasta el 50% del total de pasto y durante la tarde no llenaban sus requerimientos de consumo, por esta razón se optó por alimentarlas con dietas mixtas en donde se dividía el total del follaje del pasto y la arbórea en dos raciones al día. Con dietas mixtas las cabras tenían la oportunidad de seleccionar las partes de mejor calidad nutricional de las dos especies forrajeras.

Las cuatro dietas experimentales fueron balanceadas con forraje de ramas delgadas de los follajes pito (*Erythrina berteroana*), espino amarillo (*Rhamnus caroliniana*) y una gramínea de corte (*Pennisetum purpureum*) a diferentes niveles como se puede observar en los cuatro tratamientos. Los forrajes suministrados según los tratamientos definidos (cuadro 4). Los forrajes suministrados en las dietas (pasto de corte y las leñosas) fueron picados con machete (Pérez 2011). Se ofreció un 20% adicional a la ración definida en el período de adaptación para que las cabras tuvieran mayor oportunidad de selección.

El pasto Napier morado (*Pennisetum purpureum*) y forraje de la arbórea de pito (*Erythrina berteroana*) o espino amarillo (*Rhamnus caroliniana*) fueron ofrecidos en dietas mixtas a las nueve de la mañana y a las tres de la tarde. El forraje del pasto fue cortado 24 horas antes de ofrecerlo, para estandarizar al máximo el contenido de humedad debido a que el experimento se llevó a cabo en época de lluvia. Esta metodología se adaptó del trabajo realizado por Galdámez (1996).

### **7.3. Fase experimental**

#### **7.3.1. Animales**

Para esta evaluación se utilizaron 8 cabras criollas, producto del cruce de razas especializadas como Saanen, Alpina y Nubiana, con tiempos de lactancia entre 55 y 60 días, y pesos que oscilaron de 45 a 47 kg.

### 7.3.2. Instalaciones

Se utilizaron corrales de 4.5 m<sup>2</sup>, con capacidad de un animal por apartado. De ahí que dentro de cada espacio se distribuyeron al azar una cabra por apartado, las cuales disponían de un comedero de madera lineal para los 8 animales y se dispuso de un bebedero de chupete por cada animal. Las galeras en donde se ubicaron los animales tenían un techo de lámina de Zinc, paredes de madera, bases de cemento y piso con rejillas de madera.

### 7.3.3. Equipo

- Comederos
- Bebederos
- Recipientes para el ordeño
- Recipientes para medir la leche
- Hojas de registros

### 7.3.4. Tratamientos

Las dietas evaluadas a base de napier morado, espinillo amarillo y pito se describen en el Cuadro 4. Cada tratamiento está descrito con el porcentaje de napier que se le incluyó, porcentaje de follaje arbóreo agregado a la dieta, materia seca, proteína cruda y energía metabolizable que aportaban las especies a la dieta.

T<sub>A</sub>= 75 % de (*Pennisetum purpureum*) y 25 % de (*Erythrina berteroana*).

T<sub>B</sub>= 50 % de (*Pennisetum purpureum*) y 50 % de (*Erythrina berteroana*).

T<sub>C</sub>= 75 % de (*Pennisetum purpureum*) y 25 % de (*Rhamnus caroliniana*).

T<sub>D</sub>= 50 % de (*Pennisetum purpureum*) y 50 % de (*Rhamnus caroliniana*).

Cuadro 6. Composición de raciones evaluadas en la utilización de árboles forrajeros en dietas para cabras lactantes y calidad de leche caprina.

Dietas	Ingredientes	Porcentaje (%) ingrediente	Aporte Materia seca kg	Proteína cruda gr	Aporte Mcal Em kg
A	Napier morado	75	1.15	191	3.36
	Pito	25	0.38		
B	Napier morado	50	0.74	201	3.37
	Pito	50	0.74		
C	Napier morado	75	1.16	190	3.37
	Espino amarillo	25	0.39		
D	Napier morado	50	0.77	202	3.43
	Espino amarillo	50	0.77		

Fuente: Propia 2015

### 7.3.5. Administración del experimento

Se evaluaron 8 cabras lecheras en producción con 55 a 60 días. Las cabras recibieron cada uno de los tratamientos, por lo cual se llevaron a cabo cuatro períodos de evaluación. Cada período de evaluación tuvo una etapa de adaptación a la dieta de 14 días y uno de evaluación de siete días (Pérez 2011). Se utilizaron 84 días de evaluación debido a que el propósito de la investigación es determinar el nivel máximo de producción de leche de las cabras durante los primeros 144 días de lactancia.

### 7.4. Análisis bromatológico

Durante los días uno, tres y siete de evaluación se tomó una muestra del material ofrecido y rechazado de cada una de los follajes de las arbóreas y del pasto, asimismo de la panela<sup>2</sup>. Con el total de muestra recolectadas en la semana se procedió a realizar una muestra compuesta se envió a laboratorio. Este proceso se realizó durante los cuatro periodos de evaluación de las dietas. Las muestras se trasladaran en una hielera

<sup>2</sup> La panela es un subproducto de la caña de azúcar que es utilizada en los procesos de cocina para endulzar. Además este subproducto está siendo adicionado al agua de bebida de cabras lecheras en producción.

al laboratorio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia en donde se les realizó un análisis de materia seca, proteína cruda por medio del método Micro Kjeldhal utilizando equipo fosstecator 2010, fibra ácido detergente y fibra neutro detergente.

#### 7.4.1. Calidad del alimento

Para considerar a un árbol con potencial forrajero, su contenido de nutrientes y el consumo deben ser adecuados para esperar cambios en los parámetros de producción animal (Benavides citado por Pérez 2011). Asimismo debe contener una buena calidad nutritiva, la cual se determinó a nivel de laboratorio por medio de un análisis bromatológico, el que indicó los componentes nutricionales que aporta la planta al momento de su consumo. Los contenidos nutricionales obtenidos en la presente investigación se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Valor nutricional promedio de los alimentos analizados en la utilización de follajes arbóreos para cabras lactantes estabuladas.

ESPECIE	Materia seca total	Proteína cruda	Fibra ácido detergente	Fibra neutro detergente
Napier ofrecido	17.24	11.42	34.79	70.24
Pito ofrecido	23.81	15.8	27.29	67.15
Pito rechazado	25.32	11.07	28.21	68.62
Espino amarillo ofrecido	30.95	14.86	30.07	69.86
Espino amarillo rechazado	34.95	8.61	31.25	70.29
Panela	86.39	2.88	19.15	39.64

1/Análisis realizados en el laboratorio de Bromatología de Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia USAC, 2015.

#### 7.4.2. Materia seca

Todos los alimentos están constituidos por dos componentes fundamentales que son: el agua y la materia seca (MS), ésta última es cuando a un forraje se le ha extraído toda el agua por acción del calor. Entonces el método más sencillo a nivel de laboratorio consiste: en colocar una muestra en una estufa de desecación a 100 a 105°C y dejarlo por un período de 48 a 72 horas hasta que se haya evaporado toda el agua.

El espino amarillo (*Rhamnus caroliniana*) presenta un porcentaje de materia seca de 30% (Cuadro 7), esto indica que es una especie que contiene una buena cantidad de nutrientes como celulosa, hemicelulosa que son fuente de energía para las bacterias ruminales, las cuales proporcionan el 70-80% de las necesidades calóricas totales del animal hospedador. El 23% de materia seca del pito (*Erythrina berteroana*/Cuadro 7), revela que es una especie que contiene más agua en hojas y tallos que el espino amarillo. Por otra parte el 17% de materia seca (Cuadro 7), que presenta en hojas y tallos el napier morado (*Pennisetum purpureum*) que se utilizó en esta investigación se considera bajo comparándolo con otros forrajes.

#### **7.4.3. Proteína cruda**

Se denomina proteína cruda o bruta porque no solo contiene proteína, sino también compuestos nitrogenados. El sistema utilizado para su análisis es conocido como Kjehldal. El napier morado presenta un 11.42% de proteína cruda, asimismo el pito presenta el 15.80%, y el espino amarillo 14.86% (Cuadro 7). Además de transformar los carbohidratos estructurales en compuestos que se utilizan para el metabolismo del animal las bacterias del rumen al momento de morir se transforman en proteína de alto valor nutricional que utiliza el rumiante para suplir sus requerimientos de nutrientes.

#### **7.4.4. Fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND)**

La fibra bruta es el residuo insoluble que se obtiene después de la sucesiva ebullición del alimento con álcalis y ácidos diluidos. La fibra ácido detergente (FAD) se encarga de regular el consumo voluntario del caprino, en consecuencia esta es una respuesta fisiológica, porque con altos niveles de (FAD) encontrada en rastrojo de cosecha (50%) el consumo de materia seca total se ve limitado. Por otro lado, la proteína cruda y la fibra ácido detergente por cálculos matemáticos determinan la cantidad de energía que contienen y aportan los pastos y forrajes a la nutrición de los rumiantes.

La (FAD) del espino amarillo en este estudio asciende a 30% (Cuadro 7), lo cual indica que no limita el consumo voluntario. Asimismo, el 27% de (FAD) del pito (Cuadro 7) no limitó el consumo voluntario de materia seca. No obstante el napier morado presenta un

34% de fibra ácido detergente, que es más alto al del pito y del espino amarillo pero está en un rango aceptable en el cual su contenido no limitó el consumo por parte de los caprinos.

## 7.5. Variables medidas

- Digestibilidad aparente de la dieta.
- Producción de estiércol.
- Producción de orina.
- Temperatura y humedad relativa.

### 7.5.1. Porcentaje de digestibilidad aparente

Los nutrientes vegetales consumidos como alimentos, son eliminados del cuerpo humano en las excretas, esto es porque una vez que el cuerpo ha llegado a su desarrollo total existe un balance de masas entre lo consumido y lo excretado, dado que la cantidad de nutrientes vegetales excretados puede ser calculada a partir de la ingesta de alimentos.

En esta investigación se recopilaron datos del consumo, anotando el forraje voluntariamente ingerido por la cabra y el residuo. El pesaje se realizaba en la mañana para el alimento ofrecido y en la tarde el rechazado, al día siguiente en la mañana se pesaba el alimento a ofrecer y el rechazado del día anterior para determinar consumo real por día.

Al estar en apartados individuales las cabras, fue posible la recopilación de estiércol y la orina producida por cabra/día. Como resultado con el dato de materia seca total consumida por día, la digestibilidad aparente es determinada a partir de lo ingerido y lo excretado en heces por el animal y se calculó con la siguiente fórmula propuesta por Cáceres y Gonzales (2000).

$$\% \text{ Digestibilidad} = \frac{\text{Ingerido} - \text{excretado}}{\text{Ingerido}} \times 100$$

Cuadro 8. Producción de estiércol, orina y digestibilidad aparente en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes, Nebaj, Quiché.

Variable	Dietas			
	A	B	C	D
Producción de estiércol (kg) en materia fresca	2.89	2.68	3.01	2.76
Producción de orina (lt)	1.38	1.29	1.37	1.25
Digestibilidad aparente (%)	64.67	67.04	63.26	67.64

Fuente propia: 2015

Dieta A: 75 % de napier morado y 25 % pito, B: 50 % de napier morado y 50 % pito, C: 75 % de napier morado y 25 % espino amarillo, D: B 50 % de napier morado y 50 % espino amarillo.

La dieta B presenta la mejor digestibilidad aparente con 67.67 % (Cuadro 8), lo que se manifestó en un consumo de 3.07 kg MS/100 kg PV (Cuadro 10), que se considera la menor reportada en esta evaluación, así también reporta la mejor conversión alimenticia con 2.89% kg (Cuadro 10) y la menor producción de estiércol con 2.68 kg (Cuadro 8). No obstante, la dieta C reporta el menor porcentaje de digestibilidad con 63.23% (cuadro 8), lo que se reflejó en consumos de materia seca con 3.25 kg MS/100 kg PV (Cuadro 10), que son mayores a los de la dieta B: asimismo con esta dieta se obtuvo la mayor producción de estiércol con 3.01 (Cuadro 8) y la conversión alimenticia más alta con 3.25 kg (Cuadro 10).

Al analizar el porcentaje de digestibilidad de las dietas, es evidente que las que estaban formuladas con una proporción de 50% pasto y 50% de leñosa, presentaron los mejores porcentajes de digestibilidad, dado a que al haber una mayor cantidad de nutrientes de fácil digestión en el rumen proveniente de las leñosas, los consumos de materia seca disminuyen, con lo que descienden las producciones de estiércol, mejorando el porcentaje de digestibilidad aparente.

### 7.5.2. Producción de estiércol y de orina

Dado que no se cuenta con un mercado potencial para la venta del excedente de la leche, la producción actual llena el requerimiento de dos niños que tienen que consumir 250 ml de leche por día. No obstante de la explotación caprina se obtienen otros

subproductos como el estiércol y la orina como una fuente principal de nutrientes para el mantenimiento o mejoramiento de la fertilidad de los suelos de uso agrícola y producción de forrajes.

Martínez y Froemberg (1995) mencionan que la producción de estiércol de una cabra de 40 kg de peso vivo se estima en 2.5 kg por día. Por tanto, en el Cuadro 8 la mayor producción de estiércol con 3.01kg lo reporta la dieta C: si las producciones de estiércol están influenciadas por el consumo de materia seca total, al haber un aporte de proteína superior al requerido por el caprino, el consumo de materia seca aumenta y por tanto aumenta la producción del estiércol/cabra/día. Si se comercializara una producción de 85 kg estiércol con un valor de Q1.85/kg esta dejaría un ingreso promedio de Q157 durante 28 días (Cuadro 10A y Figura 8A).

Richert *et al.* citado por Lozano (2012) mencionan que el uso de la orina como abono, puede disminuir la utilización de fertilizantes químicos, si se adopta a gran escala. Además se pueden disminuir los egresos por la compra de fertilizantes químicos mediante la aplicación de un fertilizante que está disponible de manera gratuita para los productores caprinos. Con la explotación caprina obtenemos 1.29 a 1.38 lt de orina por día (cuadro 8 y Figura 9A), que durante el mes se transforma en una producción total de 35 a 39 lt por cabra que si se comercializara esta orina a un precio de Q0.92 esta dejaría un beneficio bruto de Q32 a Q36 para cada producción respectivamente descrita en este párrafo (Cuadro 10 A).

### **7.5.3. Humedad y temperatura**

Las altas y bajas temperaturas tienen un efecto negativo en las hembras productoras de leche ya que cuando las cabras lactantes abandonan su zona de confort la energía dedicada a la producción de leche, la utilizan para termo regular su temperatura lo que se refleja en un descenso evidente en la producción. Si bien la temperatura afecta la producción, también la humedad relativa y el viento frío son factores climáticos que posiblemente afectaron a las cabras en esta evaluación según (Salvador y Martínez

2007; Arias, Mader y Escobar 2008) debido a que esta misma se llevó a cabo en época de invierno (lluvia).

Se tomaron datos de las fluctuaciones de temperatura durante los siete días de evaluación pero estando la temperatura a una mínima de 13.7 °C a las 11 am y una máxima de 21.8°C se considera esta no tuvo influencia en la producción, dado a que se encuentra en la zona de confort de la cabra.

## **7.6. Variables evaluadas**

- Consumo de alimento (kilogramos)
- Producción de leche (kilogramos)
- Conversión alimenticia (kilogramos)
- Calidad de leche (análisis físico-químico)

### **7.6.1. Consumo de alimento**

Se llevaron registros de los consumos de alimento diarios de cada tratamiento durante los siete días que se evaluaron las dietas en cada período. El consumo se obtiene por diferencia de pesos entre el alimento ofrecido y el rechazado diariamente, mediante la siguiente fórmula.

**C** = alimento ofrecido – alimento rechazado.

Para tener un mejor control del alimento que se le ofrecía a cada cabra había un saco para cada animal, que estaba identificado con el número de cabra, dieta recibida, cantidad de pasto y leñosa en kilogramos que se le tenía que presentar durante la mañana y la tarde. Antes de recibir la dieta de las (3:00 pm) se limpiaba el comedero, el cual contenía el rechazo de alimento el cual se depositaba en un saco que contenía la información de la dieta que estaba recibiendo la cabra.

Posteriormente el rechazo de alimento se separaba en pasto y leñosa el cual se pesaba para poder determinar el consumo total por diferencia entre peso inicial y peso final.

Este proceso era posible debido a que el alimento se picaba con machete lo cual permitía separar el pasto de la leñosa ofrecida y rechazada. A todos los animales se les suplementó la ración con agua de panela a una relación de 50 gramos por cada 500 ml de agua, este se les proporcionaba en 250 ml durante la mañana y 250 ml por la tarde.

### 7.6.2. Balance alimentario

Cuadro 9. Balance nutricional en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en base a los requerimientos de materia seca, y producción de leche, Nebaj, Quiché.

Variable <sup>3</sup>	Dieta			
	A	B	C	D
Peso por cabra kg	46	44.5	47	46
Requerimientos MS kg	3	2.9	3.07	3
Consumo de MS kg	3.14	3.07	3.25	3.26
Requerimientos energía metabolizable Mcal	2.2	2.14	2.23	2.19
Requerimientos energía metabolizable Mcal producción	1.56	1.56	1.5	1.5
Requerimientos energía metabolizable Mcal	3.76	3.7	3.73	3.69
Aporte de Mcal	3.36	3.37	3.37	3.43
Requerimientos PC mantenimiento gr	70.2	79.2	71.4	70
Requerimientos PC producción gr	80	78.5	80.5	80
Requerimientos PC gr	150.2	157.7	151.9	150
Aporte de PC gr	191.37	201.43	190.42	202.36
Balance MS	0.14	0.17	0.18	0.26
Balance energía Mcal	-0.4	-0.33	-0.4	-0.34
Balance de proteína	41.17	43.73	70.8	71

Fuente: propia 2016

Dieta A: 75 % de napier morado y 25 % pito, B: 50 % de napier morado y 50 % pito, C: 75 % de napier morado y 25 % espino amarillo, D: B 50 % de napier morado y 50 % espino amarillo.

<sup>3</sup> Proteína cruda (PC), Materia seca (MS), Megacalorías (Mcal), Gramos (gr), Kilogramos (kg).

Este se elaboró con base a la tabla de requerimientos para caprinos del National Research Council citado por Vélez 1993. Tomando en cuenta los pesos promedio de los animales por tratamiento y considerando las condiciones climáticas de la región, se incrementó en un 20% los requerimientos de mantenimiento. Los requerimientos de producción se obtuvieron en base a las producciones promedio obtenidas por animal por tratamiento y considerando una concentración de 3.5% de grasa en la leche (Cuadro 9).

### **7.6.3. Producción de leche**

En esta fase se llevó una hoja de registros durante los siete días de evaluación, en donde se colocó el número de identificación de la cabra, dieta que estaba recibiendo, producción de leche/cabra/día, para que al final de los siete días de evaluación de cada período, se pudiera analizar el promedio de producción en litros de leche/animal/día y producción acumulada por semana.

Durante los cuatro períodos de evaluación se enviaron cuatro muestras de leche al departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia para conocer el efecto en el valor nutricional de la dieta que estaba recibiendo cada cabra. Se determinaron seis parámetros nutricionales que son: Grasa (Gra), Sólidos no Grasos (SNG), Densidad (DEN), Punto de congelación (PC) y Proteína cruda (PROT).

### **7.6.4. Conversión alimenticia**

Es necesario anotar el consumo total de alimento en kilogramos de Materia seca durante los siete días de evaluación, con el cual se determinará el consumo promedio que se dividió con el promedio de producción en litros de leche por cabra por día para poder obtener la conversión alimenticia de cada dieta.

**CA**=Consumo total del alimento en kg MS/producción total de leche en el periodo en litros

### 7.7. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental Cuadrado Latino de sobre cambio con cuatro tratamientos replicado. Las cabras constituyeron las columnas y las hileras los períodos. La unidad experimental la constituyó un animal.

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + C_j + \varepsilon_{ijk} + \tau_l \quad \text{Donde}$$

$Y_{ij}$  = Es la variable aleatoria observada.

$\mu$  = Es la media poblacional

$F_i$  = Es el  $i$  - ésimo efecto de las filas

$C_j$  = Es el  $j$  - ésimo efecto de las columnas

$\beta_k$  = Es el  $k$ - ésimo efecto del Bloque

$\tau_l$  = Es el  $l$  - ésimo efecto del tratamiento (Montgomery 2004, Pérez 2011).

### 7.8. Análisis estadístico

Las variables evaluadas fueron analizadas con el paquete estadístico SAS (sistema de análisis estadístico) a través de Análisis de Varianza (ANDEVA) y no se encontraron diferencias significativas.

### 7.9. Análisis financiero

Para evaluar financieramente los resultados de la presente investigación, se procedió a realizar un análisis de presupuestos parciales, calculando los beneficios netos a partir de los beneficios brutos obtenidos de cada tratamiento evaluado y costos de cada dieta.

Debido a que en una producción caprina se obtienen varios beneficios se tomaron datos de producción de leche, estiércol y orina para determinar los ingresos y egresos que se obtienen con la explotación de estos pequeños rumiantes.

## VIII. Resultados y Discusión

En la evaluación de dietas a base de napier (*Pennisetum purpureum*) con espino amarillo (*Rhamnus caroliniana*) y pito (*Erythrina berteroana*) en la alimentación de cabras lecheras en producción en época de invierno (septiembre-noviembre) en el municipio de Nebaj, se determinaron variables como: consumo de materia seca total, producción y calidad de leche y conversión alimenticia. Estas variables se describen en el Cuadro 10 y 11.

Cuadro 10. Análisis de varianza en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, sobre el consumo de materia seca, producción de leche, conversión alimenticia Nebaj, Quiché.

Variable	Dietas			
	A	B	C	D
Consumo materia seca/día (kg)	3.14	3.07	3.25	3.26
Producción leche/día (kg)	0.49	0.48	0.46	0.47
Conversión alimenticia (kg)	3.06	2.89	3.54	3.4

Nota: No existen diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ )

Dieta A: 75 % de napier morado y 25 % pito, B: 50 % de napier morado y 50 % pito, C: 75 % de napier morado y 25 % espino amarillo, D: B 50 % de napier morado y 50 % espino amarillo.

### 8.1. Consumo de materia seca

Para esta variable se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) el cual estableció, que no existe diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 10). Siendo el consumo de materia seca de la dieta D superior a las demás dietas, es porque al contener una mayor cantidad de proteína cruda esta dieta con (202 gramos) (Cuadro 9) Según Prestón y Leng citados por Galdámez (1996), creó un efecto aditivo, produciendo un ambiente favorable, el cual mejorando la digestibilidad de la dieta, aumentó el consumo total de materia seca (Figura 1A).

Así también estos consumos son dados a que el contenido de fibra ácido detergente (FAD) del napier morado, espino amarillo, y pito presentando valores entre 34% y 27% (Cuadro 7), indicando que la dieta, no contenía porcentajes de fibras que limitaban el

consumo, debido a que porcentajes superiores a 50% de (FAD) en pastos y leñosas afectan el consumo voluntario de materia seca por parte de los caprinos Cobos *et al.* citado por Pérez (2011).

Galdámez (1996), utilizando follaje de shatate (*Cnidocolus aconitifolius*) como suplemento para cabras lecheras en producción alimentadas a base de rastrojo de maíz (*Zea mays*), en La Fragua, Zacapa obtuvo consumos de materia seca de 2.83 a 3.34 kg MS/100 kg peso vivo y estos son similares a los reportados en esta evaluación.

## **8.2. Producción de leche**

Con esta variable se estableció que el análisis de varianza (ANDEVA) no presenta diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 10 y Figura 2A). Según el balance nutricional que se realizó, indica que los requerimientos nutricionales para materia seca y proteína cruda de mantenimiento y producción se suplieron (Cuadro 9).

De ahí que en cuanto a la materia seca, el balance determinó un excedente de 0.18 kg MS/100 kg PV (Cuadro 9), igualmente para proteína cruda las dietas dispusieron de un excedente de 56.22 gr en promedio (Cuadro 9): si una deficiencia de proteína en la dieta causa una disminución en la producción de leche (Vélez, 1993) esto indicaría que la proteína consumida en esta evaluación no fue causa de las bajas producciones. Por el contrario la energía presenta un balance negativo con -0,37 Mcal/kg (Cuadro 9). Con una deficiencia de energía se reducen el contenido proteína de la leche, pero al presentar un 4.21% de proteína en la leche según Vélez (1993), esta tampoco fue la causa de la baja la producción en esta evaluación.

Esnaola y Rios citados por Castellanos (1996), obtuvieron producciones 0.72 y 0.87 kg/cabra/día a medida que incrementaron de 1 a 1.5 kg MS/100kg de PV la cantidad de follaje de (*E. poeppigiana*) en raciones a base de pasto King gras y banano de desecho y se considera que estas producciones son mayores a las reportadas en este trabajo, pero la tendencia productiva lechera de las cabras depende del potencial genético según (Pérez, Ferrando, Alvear, Berti 1993 y Galdámez 2007) y de la calidad del

alimento (Romero 2012). De acuerdo con lo anterior las bajas producciones reportadas en esta evaluación se le pueden atribuir al bajo potencial genético de las cabras.

### **8.3. Conversión alimenticia**

El análisis de varianza (ANDEVA) no observó diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 10). La conversión alimenticia de 3.22 kg indica que se necesitan 3.22 kg de materia seca consumida para producir un kilogramo de leche. Las altas conversiones se le pueden atribuir al insuficiente potencial genético de las cabras, alto consumo de materia seca (debido a la calidad del alimento como se describió en la variable consumo de materia seca) y las bajas producciones de leche/cabra/día (Cuadro 10 y Figura 3A), dado que los requerimientos nutricionales no fueron la causa principal de las bajas producciones lecheras, según la respuesta animal en la calidad de leche (Cuadro 11).

Herrera (1995), Castellanos (1996), Galdámez (1996) y Vidal (1997), reportan conversiones de 1.62, 1.79, 2.34, 1.64 kilogramo de materia seca consumida respectivamente por cada kilogramo de leche producida. Estas conversiones alimenticias fueron mejores a la que se encontraron en esta evaluación, pero debido a que todos los autores antes mencionados suplementaron la ración con maíz en grano: por lo que al haber un alimento de fácil digestión en el rumen, el consumo de alimento disminuye al momento de satisfacer los animales sus requerimientos de energía en respuesta a una regulación fisiológica (Kawas 2007), esto se representó en un menor consumo de materia seca y por lo tanto en una mejor conversión para estos autores .

### **8.4. Calidad de la leche**

La leche de cabra posee varias propiedades nutricionales, superada solamente por la leche materna humana, ya que la leche materna contiene una alta calidad nutricional y un sabor más agradable que la leche de cabra. El análisis de varianza (ANDEVA) establece que no existe diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) entre tratamientos para las variables: grasa, sólidos no grasos, densidad, punto de congelación y proteína cruda.

Las variables se describen en el Cuadro 11. El ácido butírico es el encargado de sintetizar la grasa en la glándula mamaria y al disponer de una mayor cantidad de este compuesto la dieta B, el cual utilizándose como fuente de energía, fue la causa por la cual se obtuvo un mayor porcentaje de grasa en la leche (Figura 4A). Frau, Font, Paz, y Pece (2012), en la evaluación de la Composición físico-química y calidad microbiológica de leche de cabra en rebaños bajo sistema extensivo en Santiago del Estero en Argentina reportan  $5.68\% \pm 1.13$ , valores que son similares al 5.11% en promedio que se obtuvo en esta evaluación.

Cuadro 11. Calidad de leche de cabras lactantes estabuladas, alimentadas follajes arbóreos en Nebaj, Quiché.

Variable	Dietas			
	A	B	C	D
Grasa %	5.05	5.42	5.23	4.75
Sólidos no grasos %	9.19	9.44	9.54	8.96
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.028	1.029	1.029	1.027
Punto de congelación °C	-0.52	-0.51	-0.53	-0.53
Proteína %	4.12	4.15	4.29	3.92

Nota: No existen diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ )

Dieta A: 75 % de napier morado y 25 % pito, B: 50 % de napier morado y 50 % pito, C: 75 % de napier morado y 25 % espino amarillo, D: B 50 % de napier morado y 50 % espino amarillo.

Los sólidos no grasos están compuestos por el porcentaje de proteína, lactosa y minerales, por lo que al contener una mayor cantidad de proteína (4.29%) la dieta C, el porcentaje de sólidos no grasos (9.54%) (Cuadro 11 y Figura 5A) es mayor al de las otras dietas. El 9.28% en promedio de sólidos no grasos determinados en esta evaluación, son similares a los reportados por Vélez (1993) con 10.17% y 8.89% por Voutsinas *et al.* citado por Salvador y Martínez (2007), en cabras lecheras.

La densidad tiene una relación directamente proporcional con los sólidos totales y la grasa, por tanto la dieta B al contener el mayor porcentaje de grasa y de sólidos no grasos con 5.42% y 9.44% (Cuadro 11 y Figura 6A) respectivamente, se evidencia que la mayor densidad se debe a que esta dieta contiene un menor porcentaje de sólidos

totales. Keskin *et al.* citado Vega *et al.* (2007), reporta  $1.026 \text{ g/cm}^3$  que es un valor similar al  $1.028 \text{ g/cm}^3$  reportado en esta evaluación.

La leche por poseer numerosa sustancia en solución, tiene un punto de congelación superior al del agua. El punto de congelación de la leche, es de  $0.54$  a  $0.55^\circ\text{C}$  y es debido a la presencia de la lactosa y sales minerales, ya que la grasa y las proteínas no influyen significativamente sobre esta característica. Vega *et al.* (2007) reporta un valor de  $-0.52^\circ\text{C}$  que es similar al  $-0.52$  (Cuadro 11) que se reporta en esta evaluación.

La dieta C, al contener un porcentaje de proteína de  $4.29\%$  en la leche, presenta un menor porcentaje de grasa  $5.23\%$  (Cuadro 11 y Figura 7A), el porcentaje de proteína en esta no presentó interacciones con materia seca, energía metabolizable, y proteína cruda consumida, dado que dietas como la D a pesar que su consumo de proteína fue el más alto (202 gr), su porcentaje de proteína en leche fue menor ( $3.92\%$ ). Por el contrario la dieta B si presentó una interacción entre la proteína consumida (201 gr) y el porcentaje de proteína en la leche ( $4.15\%$ ).

No obstante el rendimiento lechero, la genética y la alimentación a base de forrajes, influenciaron la calidad de leche en esta evaluación, en cuanto a parámetros como grasa y sólidos no grasos. Salvador y Gonzales (2007), mencionan que existe una correlación negativa entre el nivel de producción y la composición de la leche; es decir bajas producciones de leche presentan altos contenidos de sólidos totales (grasa, proteína, lactosa y minerales) y viceversa. Características que son similares a las evidenciadas en esta investigación.

### **8.5. Análisis financiero**

Este se determinó a través del uso de presupuestos parciales. En el Cuadro 10A. se puede observar que a medida que se aumentó la proporción de leñosa de  $25$  a  $50\%$ , los costos variables aumentaron. Estos oscilaron de  $Q359.43$  para la dieta B y  $340.60$  para la dieta D, este incremento se debe a que las dietas B y D contenían un mayor porcentaje de leñosa en su formulación, por lo que el tiempo dedicado a la búsqueda de

estos materiales era mayor que el que se invertía para la búsqueda de la leñosa utilizada en la dieta A y C, las cuales contenían un 25% de pasto y un 75% de leñosa.

La mejor relación beneficio costo es para las dieta C con Q1.51, con la cual por cada quetzal invertido se obtiene una ganancia de Q0.51<sup>4</sup> centavos. La dieta C estaba compuesta con una proporción de 25% de leñosa y 75% de pasto, siendo menor el tiempo utilizado en la recolección de la leñosa, los costos variables fueron de Q262.48. Por lo cual se considera que bajo las condiciones del estudio, financieramente la dieta C es la mejor para la alimentación de cabras estabulas en la región de Nebaj, Quiché.

---

<sup>4</sup> Cambio \$ 7.82

## IX. Conclusiones

Para las variables consumo de materia seca, producción de leche y conversión alimenticia, el análisis de varianza (ANDEVA) no reporta diferencia significativa, por lo que el uso de cualquiera de las dietas manifestarán los mismos niveles de producción de leche/cabra/día.

El análisis de varianza (ANDEVA) no reporta diferencia significativa para las variables grasa, sólidos no grasos, densidad, punto de congelación y proteína, entre tratamiento por lo que alimentando a las cabras con cualquiera de las dietas y bajo las condiciones de este estudio los parámetros en la calidad de la leche serán similares.

Bajo las condiciones del presente estudio la dieta C es la que presenta la mejor relación beneficio costo con Q1.51, por cada quetzal invertido se obtiene una ganancia de Q0.51 centavos, es por esto que bajo las condiciones de este estudio, esta dieta es la que mayor beneficio económico proporciona a los productores de la región de Nebaj Quiche.

## X. Recomendaciones

Evaluar la utilización de pito y espino amarillo con proporciones más altas del total de la dieta, con cabras de mayor genética lechera, ya que el consumo de materia verde utilizando árboles forrajeros disminuye, dado que la mayor calidad nutricional de las forrajeras permite obtener menores consumos de materia seca total y por tanto mejores conversiones alimenticias.

Realizar estudios de seguimiento con la utilización espino amarillo y pito, en bancos forrajeros aledaños a los módulos, dado que estas especies presentan una buena calidad de la leche en cuanto al porcentaje grasa, sólidos no grasos, densidad y proteína.

En futuras investigaciones, considerar la evaluación de variables climáticas de la zona, dado que puede influir sobre la producción de leche, ya que dichas variables poseen una relación directamente proporcional con el gasto calórico, que muchas veces limitan la producción de leche.

Se recomienda evaluar especies como el girasol silvestre (*Tithonia diversifolia*) y santa catarina (*Dahlia imperialis Roetzl*), en cabras especializadas en la producción de leche.

Continuar con la evaluación de raciones a base de napier morado y espino amarillo, dado que con dietas mixtas con estos forrajes se obtiene una ganancia de 0.51 centavos por cada quetzal invertido.

## XI. Bibliografía

- Arias, R. 1998. Experiencias sobre agroforestería para la producción animal en Guatemala (en línea). *In* Conferencia electrónica de la FAO sobre: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Roma, IT, FAO. p. 357. Consultado 12 ago. 2014. Disponible en <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/arias22.pdf>
- Arias, RA; Mader, TL; Escobar, PC. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche (en línea). *Archivos de Medicina Veterinaria* 40 (1): 16. Consultado 29 feb. 2016. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/amv/v40n1/art02.pdf>
- Bedoya Mejía, O; Rosero Noguera, R; Posada, SL. 2011. Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes (en línea). *In* Desarrollo y transversalidad. Colombia, Corporación Universitaria Lasallista. p. 94-95. Consultado 30 sep. 2014. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/David\\_Molina6/publication/278667819\\_Neuropsicologia\\_y\\_funciones\\_ejecutivas/links/5581c78e08ae6cf036c16e36.pdf#page=93](https://www.researchgate.net/profile/David_Molina6/publication/278667819_Neuropsicologia_y_funciones_ejecutivas/links/5581c78e08ae6cf036c16e36.pdf#page=93)
- Benavides, JE. 1998a. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería (en línea). *In* Conferencia electrónica de la FAO sobre: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Roma, IT, FAO. p. 370. Consultado 26 sep. 2014. Disponible en <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/bnvdes23.pdf>
- \_\_\_\_\_. 1998b. Utilización de la morera en sistemas de producción animal (en línea). *In* Conferencia electrónica de la FAO sobre: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Roma, IT, FAO. p. 197-198. Consultado 26 sep. 2014. Disponible en <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Bnvdes12.PDF>

- \_\_\_\_\_; Arias, R, comp. 1995. Sistemas tradicionales y agroforestales de producción caprina en América Central y República Dominicana (en línea). Turrialba, CR, CATIE. p. 3,14. (Serie Técnica, Informe Técnico no. 269). Consultado 07 jul. de 2014. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A7031E/A7031E.PDF>
- Cáceres, O; Gonzales, E. 2000. Metodología para la determinación del valor nutritivo de los forrajes tropicales (en línea). Pastos y forrajes 23 (2). Consultado 23 feb. 2016. Disponible en <http://payfo.ihatuey.cu/index.php/pasto/article/view/943/445>
- Camero, A; Camargo, J; Ibrahim, M; Schlönvoigt, A. 1999. Agroforestería y sistemas de producción animal en América Central (en línea). *In Intensificación de la ganadería en Centroamérica: beneficios económicos y ambientales*. Roma, IT, FAO. Consultado 30 sep. 2014. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-x6366s/x6366s11.htm>
- Castellanos Valdés, GJ. 1996. Utilización del follaje de caulote (*Guazuma ulmifolia*) y shaguay (*Pithecolobium dulce*), como suplemento en la dieta para cabras lactantes estabuladas, en el departamento de Chiquimula. Tesis Lic. Zoot. Chiquimula, GT. USAC-CUNORI. 29 p.
- Elizondo-Salazar, JA. 2008. Requerimientos nutricionales de cabras lecheras: minerales y vitaminas (en línea). *Revista Agronomía Mesoamericana* 19 (2): 303-308. Consultado 14 oct. 2014. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43711425017>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2015. Producción y productos lácteos: pequeños rumiantes (en línea). Roma, IT, FAO. Consultado 14 oct. 2014. Disponible en <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/produccion-lechera/animales-lecheros/pequenos-rumiantes/es/#.VyA6DvI97IU>

- Frau, F; Font, G; Paz, R; Pece, N. 2012. Composición físico-química y calidad microbiológica de leche de cabra en rebaños bajo sistema extensivo en Santiago del Estero Argentina (en línea). Revista de la Facultad de Agronomía 112 (1): 1-7. Consultado 11 abr. 2016. Disponible en <http://www.agro.unlp.edu.ar/revista/index.php/revagro/article/view/65/40>
- Frau, S; Pece, N; Font, G; Paz, R. 2007. Calidad composicional de leche de cabras de raza Anglo Nubian en Santiago del Estero (en línea). In Tecnología láctea latinoamericana no. 48: 59. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_caprina/leche\\_caprina/29-Lactea\\_Latinoamericana\\_48.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_caprina/leche_caprina/29-Lactea_Latinoamericana_48.pdf)
- Galdámez Cabrera, NW. 1996. Utilización del follaje de shatate (*Cnidoscolus aconitifolius*) como suplemento para cabras lecheras en producción alimentadas a base de rastrojo de maíz (*Zea mays*), La Fragua, Zacapa, Chiquimula. Tesis Lic. Zoot. Chiquimula, GT, USAC-CUNORI. 45 p.
- Galdámez López, JE. 2007. El papel de la producción caprina tecnificada en la seguridad alimentaria láctea familiar (en línea). Revista SOMOS 9 (27): 16-17. Consultado 21 feb. 2016. Disponible en <http://www.usam.edu.sv/usam/images/stories/ARTICULOSICTUSAM/LA%20PRODUCCION%20CAPRINA.pdf>
- Gioffredo, JJ; Petryna, A. 2010. Caprinos: generalidades, nutrición, reproducción e instalaciones (en línea). Argentina, UNRC, Facultad de Agronomía y Veterinaria. p. 5. Consultado 29 sep. 2014. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_ovina/ovina\\_y\\_caprina\\_curso\\_fav/122-curso\\_UNRC.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/ovina_y_caprina_curso_fav/122-curso_UNRC.pdf)
- Gómez y Gonzáles, A; Pinos Rodríguez, JM; Aguirre Rivera, JR. 2009. Manual de producción caprina (en línea). México, UASLP. p. 76. Consultado 14 oct. 2014.

Disponible en <http://www.cnsp.caprinos.org.mx/biblioteca/manuales/manualdeproduccioncaprinauaslp.pdf>

- Gonzáles Zamorano, CI. 2012. Caracterización del perfil caseínico de la leche de cabra criolla chilena en la región de Coquimbo (en línea). Santiago de Chile, UChile, Facultad de Ciencias Agronómicas. p. 36. Consultado 25 feb. 2016. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/112194/Caracterizaci%C3%B3n%20del%20perfil%20case%C3%ADnico%20de%20la%20leche%20de%20cabra%20Criolla%20chilena%20en%20la%20Regi%C3%B3n%20de%20Coquimbo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutiérrez Orellana, MA; Corado Cuevas, LH; León Cifuentes, WE de; Aguirre Rodríguez, EG; Sinay Tije, JA. 1999. Caracterización de especies arbóreas y arbustivas nativas con potencial para la alimentación de bovinos en los municipios de Ixcan, Quiche y Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz (en línea). Guatemala, USAC/CHF/CIT/AID. p. 8-9. (Proyecto 45). Consultado 12 ago. 2014. Disponible en <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%201997.45.pdf>
- Herrera Reyes, OE. 1995. El follaje de chaperno (*Lonchocarpus guatemalensis Benth*) como complemento de dietas de napier (*Pennisetum purpureum Schum*), en el consumo voluntario y producción láctea en caprinos. Tesis Lic. Zoot. Guatemala, USAC. 30 p.
- INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2003. IV censo nacional agropecuario; número de fincas censales, existencia animal, producción pecuaria y características complementarias de la finca censal y del productor (a) agropecuario. Guatemala. v. 4, p. 47-49, 79,80. (Documento en pdf).
- Kawas, JR. 2007. Producción y utilización de bloques multinutrientes como complemento de forrajes de baja calidad para caprinos: la experiencia en regiones semiáridas (en línea). Revista Tecnología & Ciencia Agropecuaria 2 (3): 63-69.

Consultado 22 feb. 2016. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/237756032\\_Produccion\\_y\\_utilizacion\\_de\\_bloques\\_multinutrientes\\_como\\_complemento\\_de\\_forrajes\\_de\\_baja\\_calidad\\_para\\_caprinos\\_y\\_ovinos\\_1\\_la\\_experiencia\\_en\\_regiones\\_semiaridas](https://www.researchgate.net/publication/237756032_Produccion_y_utilizacion_de_bloques_multinutrientes_como_complemento_de_forrajes_de_baja_calidad_para_caprinos_y_ovinos_1_la_experiencia_en_regiones_semiaridas)

- La cabra verde, SLU, ES. 2015. La leche de cabra, propiedades y beneficios (en línea). España, Zero Gluten. Consultado 28 jul. 2015. Disponible en [https://www.facebook.com/permalink.php?story\\_fbid=899544943406448&id=130626670298283](https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=899544943406448&id=130626670298283)
- Lozano Broncales, NV. 2012. Diseño de biodigestores para familias caprinocultoras de la cuenca baja del río Chillón (en línea). Diplomado. Perú, UNALM. 32 p. Consultado 22 feb. 2016. Disponible en [http://www.lamolina.edu.pe/proyectos/proyecto\\_AQUAtech/Diplomado\\_III/monografias/pdf\\_doc/LOZANO.pdf](http://www.lamolina.edu.pe/proyectos/proyecto_AQUAtech/Diplomado_III/monografias/pdf_doc/LOZANO.pdf)
- Llanderal Ocamp, T. s.f. Sistemas silvopastoriles (en línea). México, SAGARPA. p. 6. Consultado 26 sep. 2014. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Sistemas%20silvopastoriles.pdf>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 2014. Cualidades medicinales y nutricionales de la leche de cabra (en línea). Costa Rica, Sector Agro Alimentario. Consultado 28 jul. 2015. Disponible en [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_animal/cabra\\_propiedades.html](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_animal/cabra_propiedades.html)
- Maldonado, N. 2001. Evaluación de leñosas forrajeras tropicales para la alimentación de rumiantes en el estado de Tabasco (en línea). Tesis M.Sc. México, UNAM, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado e Investigación. p. 9. Consultado 30 sep. 2014. Disponible en [http://oreon.dgbiblio.unam.mx/F/?func=service&doc\\_library=TES01&doc\\_number=000299594&line\\_number=0001&func\\_code=WEB-BRIEF&service\\_type=MEDIA](http://oreon.dgbiblio.unam.mx/F/?func=service&doc_library=TES01&doc_number=000299594&line_number=0001&func_code=WEB-BRIEF&service_type=MEDIA)

- Martínez, E; Froemberg, H. 1995. Información económica sobre la actividad caprina con pequeños agricultores en Puriscal, Costa Rica (en línea). *In* Sistemas tradicionales y agroforestales de producción caprina en América Central y República Dominicana. Turrialba, CR, CATIE. p. 189-205. (Serie Técnica, Informe Técnico no. 269). Consultado 22 feb. 2016. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A7031E/A7031E.PDF>
- Mauricio Robles, KA. 2011. Comparación productiva y nutricional de napier morado (*Pennisetum purpureum* cv. Morado) y maralfalfa (*Pennisetum purpureum* cv. Maralfalfa) bajo riego, durante la época seca en la región de Chiquimulilla, departamento de Santa Rosa (en línea). Tesis Lic. Zoot. Guatemala, USAC, Facultad de Veterinaria y Zootecnia. 30 p. Consultado 28 jul. 2015. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2969/1/Tesis%20Lic%20Zoot%20Kevin%20Mauricio.pdf>
- Meneses Rojas, R. s.f. Alimentación de caprinos; el eslabón, la alimentación puede presentar más de la mitad del costo de producción en un sistema lechero (en línea). Tecnología práctica, ganadería y praderas. p. 43. Consultado 24 oct. 2014. Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR21105.pdf>
- Nouel, G; J, Rincón. 2005. Utilización de recursos del bosque seco tropical en la alimentación de caprinos (en línea). *In* Manual de producción de caprinos y ovinos. Eds. L Dickson y G Muñoz. Barquisimeto, VE, INIA/Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado de Lara. p. 74-79. Consultado 25 sep. 2014. Disponible en <http://es.slideshare.net/FlixMRodrguezT/manual-de-produccionovinoycaprino>
- Parra Trujillo, MH; Peláez Suárez, L; Londoño Arango, JE; Pérez Almario, N; Rengifo Benítez; G. 2003. Los residuos de medicamentos en la leche: problemáticas y estrategias para su control (en línea). Colombia, Corpoica. p. 11. Consultado 30 sep. 2014. Disponible en <http://agronet.gov.co/www/>

[docs\\_si2/20061024154510\\_control%20estrategico%20residuos%20medicamentos%20en%20la%20leche.pdf](http://www.revistas.uchile.cl/index.php/ACV/article/view/6109/5967)

- Pérez M, P; Ferrando R, G; Alvear S, C; Berti D, P. 1993. Curva de lactancia e influencia del número ordinal de parto en cabras criollas chilenas (en línea). Avances en Medicina Veterinaria 8 (1). Consultado 23 feb. 2016. Disponible en <http://www.revistas.uchile.cl/index.php/ACV/article/view/6109/5967>
- Pérez Almario, N. 2011. Rasgos funcionales nutricionales de especies leñosas en sistemas silvo pastoriles y su contribución a la sostenibilidad de la ganadería bovina en la época seca en el departamento de Rivas (en línea). Tesis M.Sc. Turrialba, CR, CATIE. p. 138. Consultado 25 sep. 2014. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A8052E/A8052E.PDF>
- Pineda Herrera, RT. 2004. Estudio florístico de las especies arbóreas y arbustivas en la zona intangible del volcán Ipala, Ipala, Chiquimula y Agua Blanca, Jutiapa (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 58 p. Consultado 13 oct. 2014. Disponible en [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2142.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2142.pdf)
- Raggi S, L; Boza L, J. 1986. Constantes fisiológicas de la cabra (en línea). Monografía de Ciencias Veterinarias 8 (1). Consultado 20 feb. 2016. Disponible en <http://www.monografiasveterinaria.uchile.cl/index.php/MMV/article/view/4871/4757>
- Roche Pineda, LJ. 1996. Evaluación del follaje de shatate (*Cnidioscolus aconitifolus* Mili. I.m. Jhonston) como suplemento de raciones para cabritos en crecimiento estabulados, Zacapa, Chiquimula. Tesis Lic. Zoot. Chiquimula, GT, USAC-CUNORI. 49 p.
- Romero Huelva, M. 2012. Uso de bloques multinutrientes de destríos de tomate y pepino como alternativa al concentrado en la dieta de caprino: efecto sobre la fermentación y microbiota ruminal, la utilización de nutrientes y la producción y

composición de la leche. Tesis Dr. Granada, ES, UCO. p. 264. Consultado 22 feb. 2016. Disponible en <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/7673/595.pdf?sequence=1>

- Salvador, A; Martínez, G. 2007. Factores que afectan la producción y composición de la leche de cabra (en línea). Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias 48 (2): 61-76. Consultado 21 feb. 2016. Disponible en <http://www.scielo.org.ve/pdf/rfcv/v48n2/art01.pdf>
- Sánchez, MD. 2003. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical (en línea). *In* Conferencia electrónica de la FAO sobre: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Roma, IT, FAO. p. 6. Consultado 24 sep. 2014. Disponible en <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Sanchez1.htm>
- SAVE the children, GT. 2009. Especies leñosas forrajeras. Quiché, GT. Trifoliar.
- Sutuj Estrada, ER. 2010. Costos y rentabilidad de unidades agroindustriales (producción y envasado de miel de abeja) (en línea). Informe EPS CPA. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Económicas. p. 3. Consultado 14 oct. 2014. Disponible en [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03\\_0742\\_v6.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0742_v6.pdf)
- Vega, S; Gutiérrez, R; Ramírez, A; Gonzáles, M; Díaz, G; Salas, J; Gonzales, C; Coronado, M; Schettino, B; Alberti, A. 2007. Características físicas y químicas de leche de cabra de razas Alpino Francesa y Saanen en épocas de lluvia y seca (en línea). Revista de Salud Animal 29 (3): 160-166. Consultado 11 abr. 216. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/rsa/v29n3/rsa06307.pdf>
- Vélez, M. 1993. Producción de cabras y ovejas en el trópico. Tegucigalpa, HN, Escuela Agrícola Panamericana. p. 165.

- Vidal Ruiz, LA. 1997. Evaluación del uso de follajes arbóreos sobre el comportamiento productivo de cabras estabuladas, alimentadas a base de napier (*Pennisetum purpureum*), en el nor-orient de Guatemala. Tesis. Lic. Zoot. Chiquimula, GT, USAC-CUNORI.
- Wikipedia La Enciclopedia Libre. 2014. *Capra aegagrus hircus* (en línea). Consultado 15 sep. 2014. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Capra\\_aegagrus\\_hircus](https://es.wikipedia.org/wiki/Capra_aegagrus_hircus)



## **XII. Apéndice**

Cuadro 1A. Análisis de varianza para la variable consumo de materia seca, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr.≥F
Cuadrado	1	0.11	0.11	1.09	0.31
Tratamiento	3	0.21	0.07	0.72	0.55
Animal	6	3.02	0.50	5.2	0.002
Período	3	8.81	2.94	30.28	<.001
Error	18	1.74	0.1		
Total	31	13.91			

C.V.= 9.81

Cuadro 2A. Análisis de varianza para la variable producción de leche, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr.≥F
Cuadrado	1	0.16	0.16	33.7	<0.0001
Tratamiento	3	0.004	0.001	0.29	0.82
Animal	6	0.08	0.01	2.82	0.04
Período	3	0.06	0.02	4.77	0.01
Error	18	0.08	0.004		
Total	31	0.39			

C.V.=14.42

Cuadro 3A. Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr.≥F
Cuadrado	1	8.04	8.04	17.47	0.0006
Tratamiento	3	2.11	0.70	1.53	0.24
Animal	6	3.75	0.63	1.36	0.28
Período	3	20.11	6.7	14.56	<.001
Error	18	8.28	0.46		
Total	31	42.30			

C.V.=21.05

Cuadro 4A. Análisis de varianza para la variable porcentaje de grasa, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr.≥F
Cuadrado	1	9.41	9.41	11.2	0.007
Tratamiento	3	2.33	0.78	0.93	0.46
Animal	6	8.6	1.43	1.71	0.21
Período	2	3.2	1.6	1.9	0.2
Error	11	9.24	0.84		
Total	23	32.80			

C.V.=17.92

Cuadro 5A. Análisis de varianza para la variable sólidos no grasos, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr.≥F
Cuadrado	1	4.91	4.91	17.13	0.001
Tratamiento	3	1.54	0.51	1.79	0.21
Animal	6	2.49	0.42	1.45	0.28
Período	2	2.58	1.29	4.5	0.03
Error	11	3.15	0.29		
Total	23	14.68			

C.V.=5.76

Cuadro 6A. Análisis de varianza para la variable densidad, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr.≥F
Cuadrado	1	0	0	0	0
Tratamiento	3	0	0	0	0
Animal	6	0	0	0	0
Período	2	0	0	0	0
Error	11	0	0		
Total	23	0			

C.V.=5.96

Cuadro 7A. Análisis de varianza para la variable punto de congelación, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr.≥F
Cuadrado	1	0.02	0.02	19.23	0.00
Tratamiento	3	0.00	0.00	1.77	0.21
Animal	6	0.00	0.00	1.49	0.26
Período	2	0.00	0.00	4.41	0.03
Error	11	0.00	0.00		
Total	23	0.04			

C.V.= -5.48

Cuadro 8A. Análisis de varianza para la variable proteína cruda, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada	Pr.≥F
Cuadrado	1	5.66	5.66	17.08	0.0017
Tratamiento	3	0.49	0.16	0.49	0.69
Animal	6	2.32	0.39	1.17	0.39
Período	2	3.91	1.97	5.91	0.02
Error	11	3.64	0.33		
Total	23	16.01			

C.V.=13.96

Cuadro 9A. Presupuestos parciales y relación beneficio/costo para los cuatro tratamientos evaluados con cabras en lactación, Nebaj, Quiché.

	TRATAMIENTO			
	A	B	C	D
Ingreso				
Producción de leche (lt)	13.72	13.44	12.88	13.16
Precio (Q/kg)	15	15	15	15
Beneficio bruto (Q)	205.80	201.60	193.20	197.40
Producción de estiércol (kg)	86.55	80.41	90.24	82.75
Precio (Q/kg)	1.85	1.85	1.85	1.85
Beneficio bruto (Q)	160.12	148.76	166.94	153.09
Producción de orina (kg)	38.70	36.23	38.35	35.11
Precio (Q/kg)	0.92	0.92	0.92	0.92
Beneficio bruto (Q)	35.60	33.33	35.28	32.30
Costs Variables				
Materia seca napier (kg)	65.94	42.98	68.25	45.64
Precio (Q/kg)	0.25	0.25	0.25	0.25
Total (Q)	16.49	10.75	17.06	11.41
Materia seca pito(kg)	21.98	42.98	0.00	0.00
Precio (Q/kg)	4.34	4.34	0	0
Total (Q)	95.39	186.53	0.00	0.00
Materia seca espinillo(kg)	0.00	0.00	22.75	45.64
Precio (Q/kg)	0.00	0.00	3.66	3.66
Total (Q)	0.00	0.00	83.27	167.04
Panela	2.8	2.8	2.8	2.8
Precio (Q/kg)	6.66	6.66	6.66	6.66
Total (Q)	18.65	18.65	18.65	18.65
Sal	2.8	2.8	2.8	2.8
Precio (Q/kg)	1.25	1.25	1.25	1.25
Total (Q)	3.5	3.5	3.5	3.5
Mano de obra	28.00	28.00	28.00	28.00
Precio (Q/hora)	5.00	5.00	5.00	5.00
Total (Q)	140.00	140.00	140.00	140.00
Total costos variables (Q)	274.03	359.43	262.48	340.60
Ingreso total (Q)	401.52	383.69	395.43	382.79
Beneficio neto (Q)	127.50	24.26	132.95	42.19
Relación Beneficio/Costo	1.47	1.07	1.51	1.12

Fuente propia: 2016

Cuadro 10A. Registro de producción de leche/animal/día, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

No.	Cabra	Tratamiento	Ingredientes	Consumo promedio total de m.v./día	Promedio de producción leche	Producción estiércol kg	Producción de orina lt
1	1116	A	Napier morado				
			Palo de pito				
2	1201	B	Napier morado				
			Palo de pito				
3	1015	C	Napier morado				
			Espino amarillo				
4	1203	D	Napier morado				
			Espino amarillo				

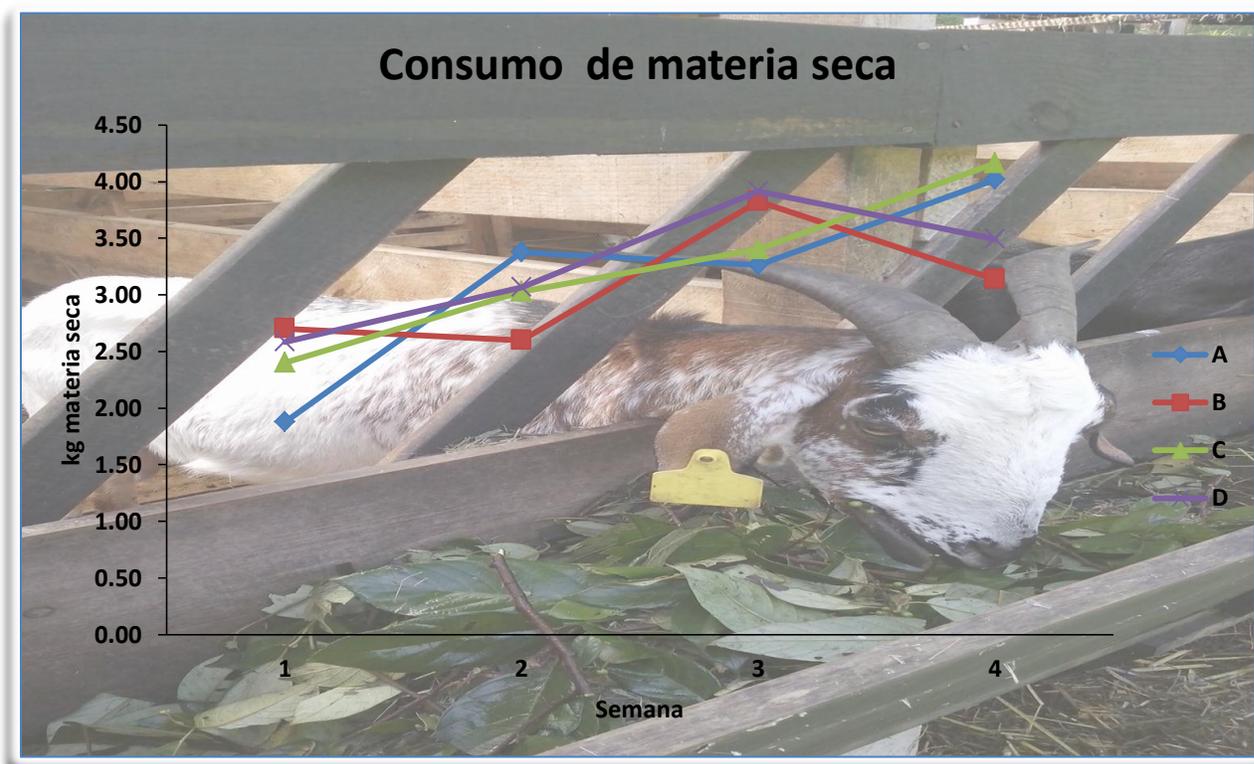


Figura 1A. Consumo de materia seca promedio/tratamiento/día, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

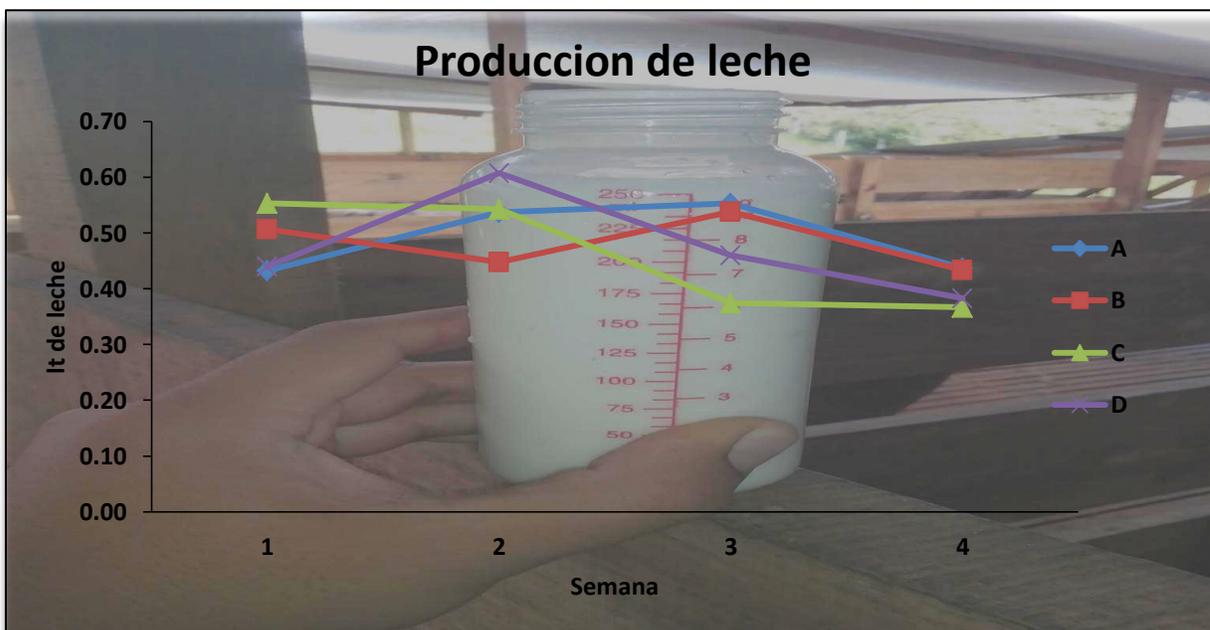


Figura 2A. Producción de leche promedio/tratamiento/día, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

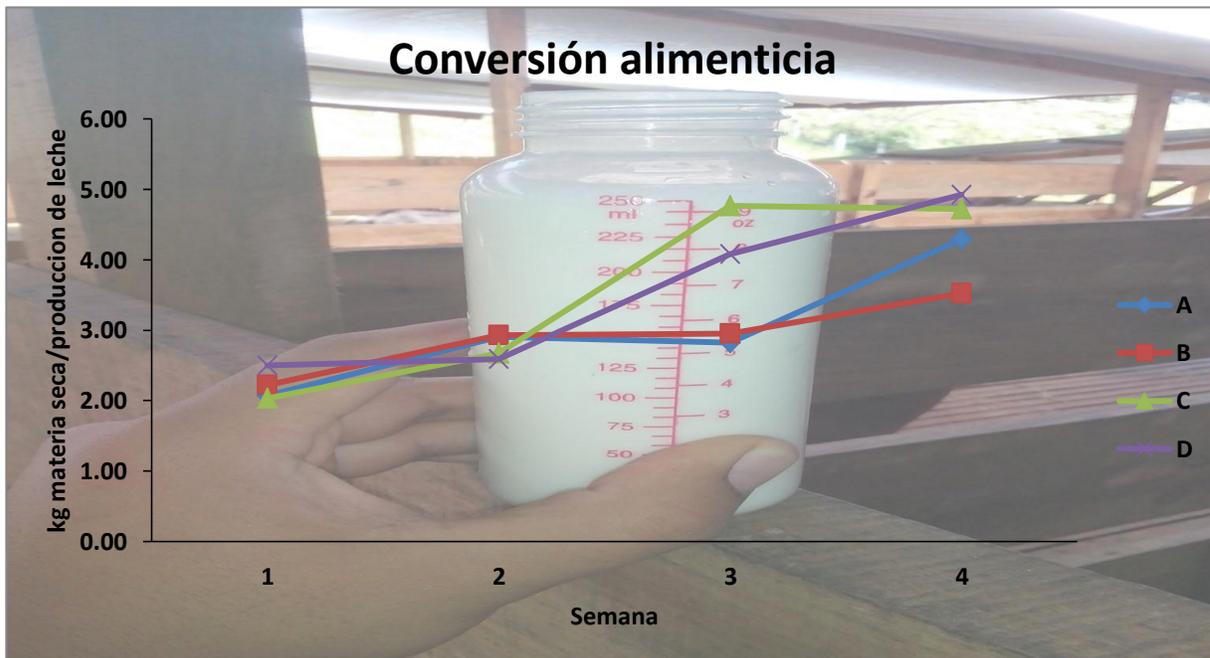


Figura 3A. Conversión alimenticia promedio/tratamiento/día, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

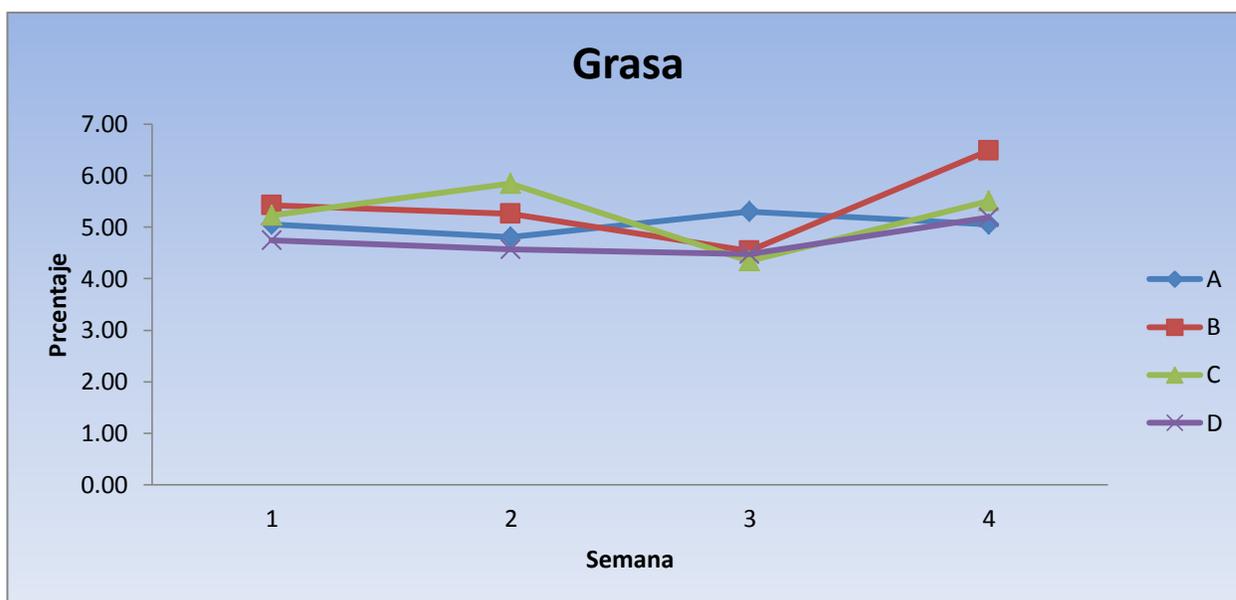


Figura 4A. Porcentaje de grasa, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

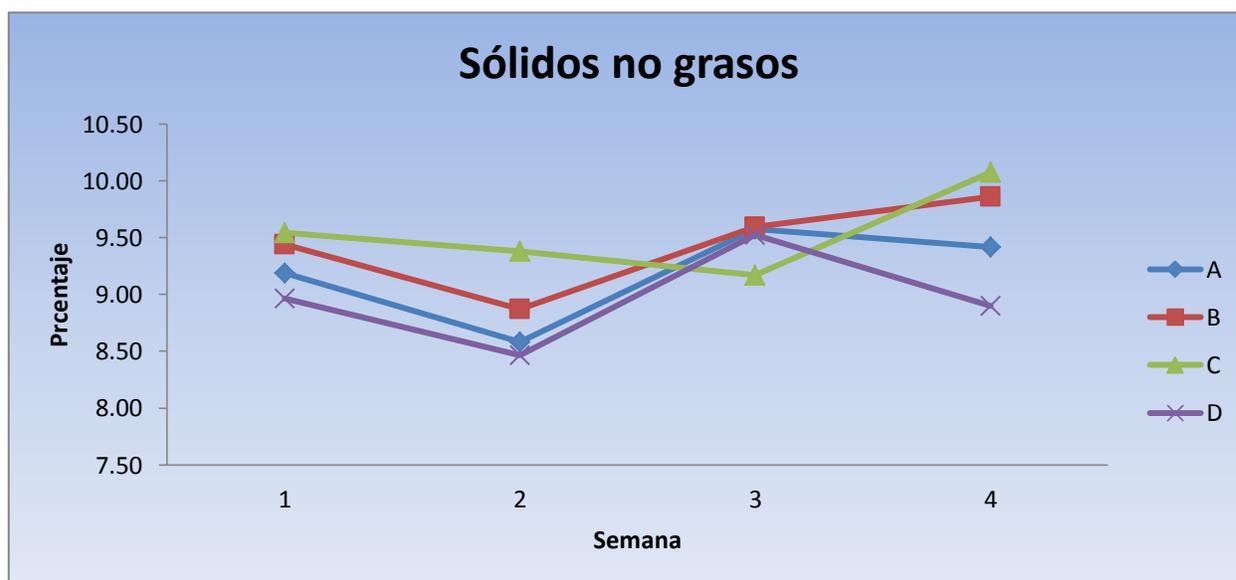


Figura 5A. Sólidos no grasos, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

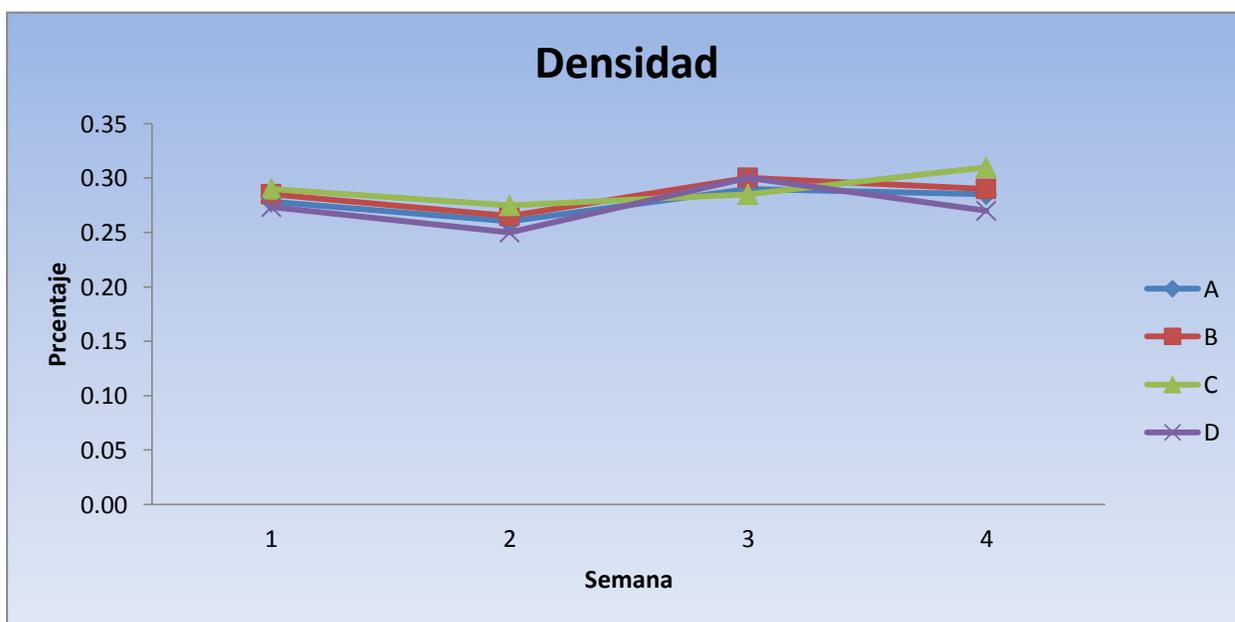


Figura 6A. Densidad, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

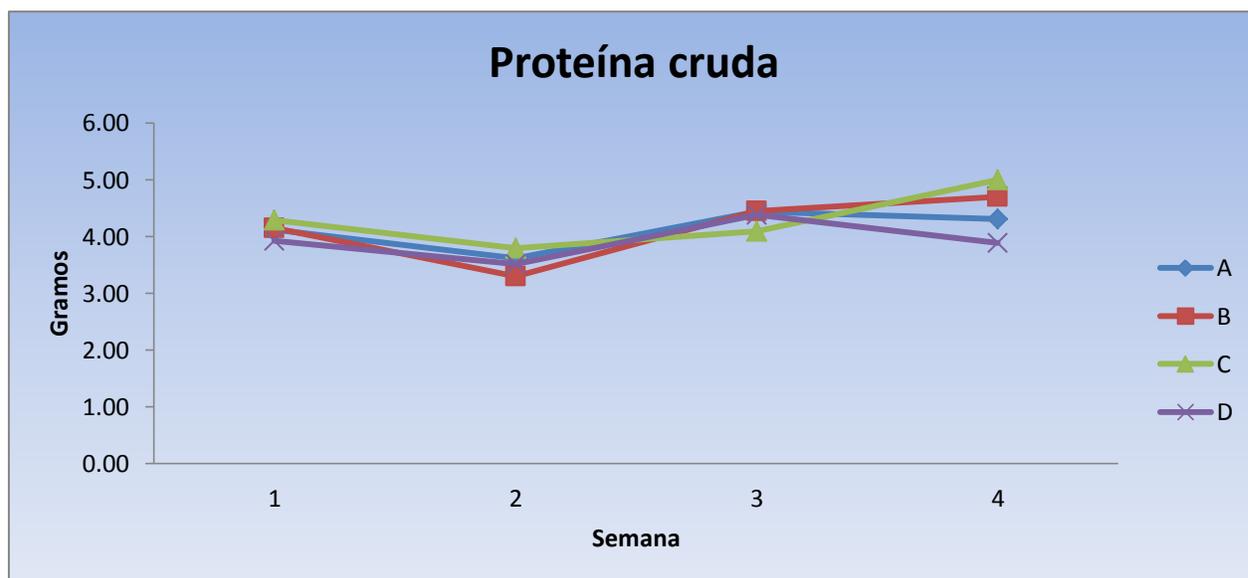


Figura 7A. Proteína cruda, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

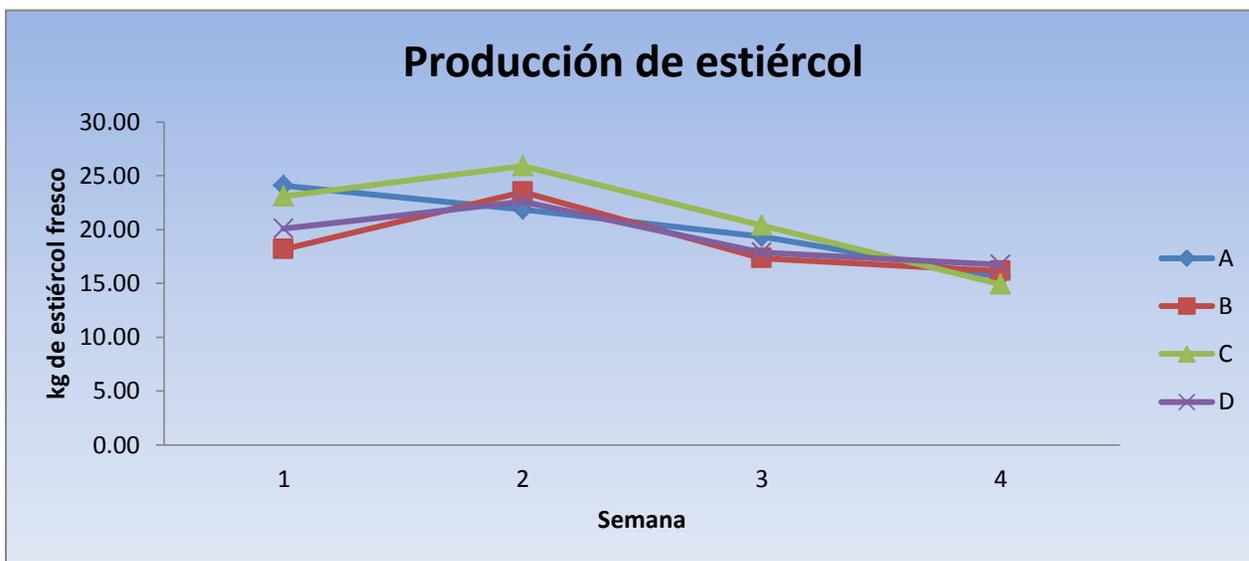


Figura 8A. Producción de estiércol, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

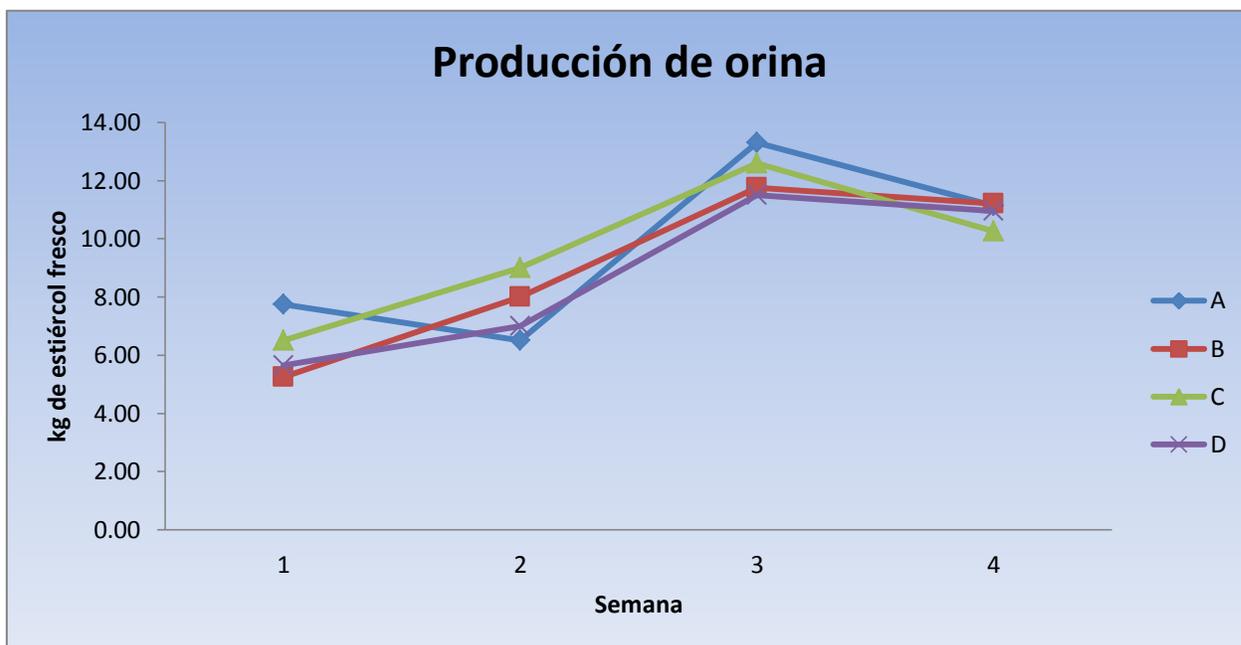


Figura 9A. Producción de orina, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché.

	I	II	III	IV
I	A	B	C	D
II	B	C	D	A
III	C	D	A	B
IV	D	A	B	C

Figura 10A. Distribución del diseño estadístico cuadrado latino, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché

### **XIII. Anexos**

Cuadro 11A. Plan profiláctico, en la utilización de follajes arbóreos en dietas para cabras lactantes estabuladas, en el municipio de Nebaj, Quiché

ACTIVIDAD	PRODUCTO	ENFERMEDAD	VIA DE ADMINISTRACIÓN	OBSERVACIONES
VACUNA	BOVIBAC PLUS (BACTERINA TOXOIDE). 1. CLOSTRIDIUM CHAUVOEII. 2. CLOSTRIDIUM SEPTICUM. 3. CLOSTRIDIUM NOVYI. 4. CLOSTRIDIUM SORDELLII. 5. CLOSTRIDIUM HAEMOLYTICUM. 6. CLOSTRIDIUM PERFRINGENS TIPO C. 7. CLOSTRIDIUM PERFRINGENS TIPO D. 8. CLOSTRIDIUM PERFRINGENS TIPO B. 9. PASTEURELLA MULTOCIDA TIPO A. 10. PASTEURELLA MULTOCIDA TIPO D.	1. PIERNA NEGRA, MALL DE PALETA, VEJIGON, CARBON SINTOMATICO. 2. EDEMA MALIGNO, GANGRENA GASEOSA, FLEMON SINTOMATICO. 3. HEPATITIS NECROTICA, ENFERMEDAD NEGRA. 4. MIOSITIS NECROTICA. 5. HEMOGLOBINUIRIA BACILAR, ENFERMEDAD DE AGUAS ROJAS. 6. ENTERITIS HEMORRAGICAS EN TERNEROS. 7. RINON PULPOSO, MAL DEL PASMO, MIOSITIS NECROTICA. 8. ENTEROTOXEMIA Y DISENTERIA, 9. NEUMONIA ENZOOTICA 10. FIEBRE DE EMBARQUE.	2.5 ml A PARTIR DE TRES MESES DE EDAD.  INTRAMUSCULAR Y SUBCUTANEA.	APLICAR CADA SEIS MESES EN ANIMALES SANOS Y DESPARASITADOS.
DESPARASITACION INTERNA	IVERMECTINAS 1%, ALBENDAZOLES.	ENDOPARASITOS Y HECTOPARASITOS.	IVERMECTINA SUBCUTANEA, ALBENDAZOL ORAL	A PARTIR DE LOS 45 DE EDAD REPETIR CADA DOS MESES HASTA EL AÑO DE EDAD. LUEGO DESPARASITAR CADA TRES MESES  PREVIO TOMAR MUESTRAS DE HECEC FECALES Y DIAGNOSTICAR EN EL LABORATORIO
VITAMINAS	ADE Y COMPLEJO B	ANEMIAS	VIA INTRAMUSCULAR	CADA TRES MESES
CMT	TAZÓN DE FONDO OSCURO Y PRUEBA DE CALIFORNIA	MASTITIS	SEMANAL	DEBE TRATARSE LAS CABRAS POSITIVAS A MASTITIS CON ANTIBIOTICOS ESPECIFICOS

Fuente: Ceprocal 2014