

Universidad Nacional de Costa Rica

Faculta De Ciencias de la Tierra y el Mar

Escuela de Ciencias Agrarias

**CONSUMO Y CALIDAD NUTRICIONAL DE LA DIETA OFRECIDA  
AL HATO CAPRINO DE LA FINCA EXPERIMENTAL SANTA  
LUCIA**

Proyecto de Graduación para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Agronómica

Presentado por:

Sharon Montero Salas

Tutor

Lic. José Pablo Jiménez Castro

Asesores

M.Sc. Isabel Camacho Cascante

M.Sc. José Rodríguez Zelaya

Campus Omar Dengo

Heredia, Costa Rica 2017

**CONSUMO Y CALIDAD NUTRICIONAL DE LA DIETA OFRECIDA  
AL HATO CAPRINO DE LA FINCA EXPERIMENTAL SANTA  
LUCIA**

Sharon Montero Salas

**Proyecto de graduación de tesis sometida a consideración del tribunal  
examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería Agronómica.**

# **CONSUMO Y CALIDAD NUTRICIONAL DE LA DIETA OFRECIDA AL HATO CAPRINO DE LA FINCA EXPERIMENTAL SANTA LUCIA**

**Proyecto de graduación presentado como requisito parcial para optar al grado de  
Licenciatura en Ingeniería Agronómica.**

## **Tribunal Examinador**

---

Msc Tomás Marino Herrera

Decano (a) FCTM

---

Ph.D. Rafael Evelio Granados Carvajal

Director Escuela de Ciencias Agrarias

---

Lic. José Pablo Jiménez Castro

Director de Tesis

---

M.Sc. Isabel Camacho Cascante

Asesor

---

M.Sc. José Rodríguez Zelaya

Asesor

---

Bach. Sharon Montero Salas

## DEDICATORIA

*A mi viejo, mi abuelo, mi amigo y mi gran amor, Virgilio. "Donvi" siempre estarás en mi corazón.*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a mi familia, por estar siempre conmigo, a mi madre por su amor incondicional, y a mi hermano por su apoyo, por ver con atención y repetir los buenos actos.*

*Agradezco al Lic. José Pablo Jiménez por creer en mí y darme la oportunidad de trabajar hombro a hombro con él, verdaderamente aprendí mucho. Valoro mucho todas las horas dedicadas a mi aprendizaje, porque para mí, el resultado de este proceso se mide en madurez profesional y considero que aportó grandemente a este fin. Más que con un tutor me quedo con un amigo.*

*Gracias a la Lic. Laura Chaverri, al Lic. Esteban Jiménez, a José Mario, agradezco también a don Luis y Allan que dedicaron su tiempo para transmitir conocimiento, de ese que no se adquiere en las aulas, nunca voy a olvidar lo que hicieron por mí.*

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue Diagnosticar el manejo alimenticio del hato caprino del Programa Producción Sostenible de Rumiantes Menores (PPSRM), Finca Experimental Santa Lucía, en Barva de Heredia, mediante el desarrollo de una matriz de indicadores de eficiencia.

El estudio se llevó a cabo un período de tiempo comprendido entre los meses de noviembre-diciembre del año 2015.

La metodología consistió en el cálculo de requerimientos nutricionales, la estimación de consumo, el análisis nutricional de las pasturas y los cálculos de balance proteico. Con base en los resultados del balance nutricional y las deficiencias observadas, se realizó el análisis cuali-cuantitativo del sistema de producción, utilizando una matriz de objetivos e indicadores.

Se logró determinar que los grupos de hembras primerizas y secas no cumplen con los requerimientos proteicos necesarios para sus procesos biológicos habituales; el grupo de animales en desarrollo si bien cumple con las necesidades proteicas requeridas, tiene una GPD que podría estar afectando la producción a futuro. El grupo de hembras en producción cumple con los requerimientos proteicos, sin embargo la producción reportada para el momento del estudio es ligeramente baja, podría estar asociada al momento de la curva de lactancia en la que se encuentra el hato.

A través del análisis FODA se lograron identificar las principales fortalezas y debilidades del proyecto, para lo cual se utilizaron una serie de índices con el objetivo de evaluar las dimensiones técnica, ambiental, social y administrativa relacionadas con el proyecto. El análisis de los índices muestra que existen una serie de situaciones que están condicionando el manejo alimenticio de los animales. Los índices de las dimensiones técnica y ambiental poseen los indicadores más altos, 0.44 y 0.50 respectivamente. Estos índices muestran que hay que potenciar las dimensiones en las que se presentaron valores cercanos al óptimo, y es vital trabajar en las áreas donde los valores fueron cercanos al mínimo. El IEA para el PPSRM es de 0.336, siendo 1 el valor óptimo. Este valor es un indicador del estado situacional de la explotación. La metodología mostró ser útil para identificar las diferentes áreas que requieren más atención, y de esta forma orientar el proceso de mejora para sea más sostenible.

## ABSTRACT

The objective of this project was to diagnose the alimentary management of the goat herd of the Programa de Produccion Sostenible de Rumiantes Menores (PPSRM), Finca Experimental Santa Lucía, en Barva de Heredia, through the development of a matrix of efficiency indicators.

The study was carried out a period of time between the months of November-December of the year 2015.

The methodology consisted in the calculation of nutritional requirements, the estimation of consumption, the nutritional analysis of the pastures and the calculations of protein balance. Based on the results of the nutritional balance and the deficiencies observed, the qualitative-quantitative analysis of the production system was carried out, using a matrix of objectives and indicators.

It was possible to determine that the groups of first and dry females did not meet the protein requirements necessary for their normal biological processes; The group of animals in development, while meeting the protein requirements, has a GPD that could be affecting production in the future. The group of females in production meets the protein requirements, however the production reported for the time of the study is slightly low, could be associated to the moment of the lactation curve in which the herd is located.

Through SWOT analysis, the main strengths and weaknesses of the project were identified. A series of indexes were used to evaluate the technical, environmental, social and administrative dimensions related to the project. The analysis of the indexes shows that there are a number of situations that are conditioning the feeding of animals. The indexes of the technical and environmental dimensions have the highest indicators, 0.44 and 0.50 respectively. These indexes show that the dimensions in which values close to the optimum have to be strengthened, and it is vital to work in the areas where the values were close to the minimum. The IEA for the PPSRM is 0.336, with 1 being the optimal value. This value is an indicator of the situational state of exploitation. The methodology showed to be useful to identify the different areas that require more attention, and in this way to guide the process of improvement to be more sustainable.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	vi
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1. General.....	3
2.2. Específicos.....	3
3. MARCO TEORICO.....	4
3.1. Comportamiento de ingesta y consumo de alimento.....	4
3.2. Factores que afectan el consumo .....	4
3.3. Nutrientes requeridos.....	6
3.3.1. Proteína.....	6
3.3.2. Fibras.....	7
3.4. Forrajes .....	8
3.4.1. Estructura de los forrajes.....	9
3.5. Planeación estratégica.....	10
3.6. Cálculo de índices de eficiencia. ....	11
4. METODOLOGIA .....	12
4.1. Localización del estudio .....	12
4.2. Cálculo de los requerimientos nutricionales.....	12
4.3. Estimación de consumo .....	13
4.4. Análisis nutricional de las pasturas .....	14
4.4.1. Materia seca.....	14
4.4.2. Fibras .....	14
4.4.3. Proteína cruda.....	15
4.4.4. Cenizas .....	15
4.5. Balance nutricional .....	16
4.6. Herramienta de análisis .....	16
5. RESULTADOS Y DISCUSION .....	19
5.1. Evaluación de la calidad de la dieta.....	19
5.1.1. Análisis de consumo.....	19



5.1.2.	Análisis químico de las pasturas .....	22
5.1.3.	Balance proteico de la dieta .....	25
5.2.	Análisis FODA .....	26
5.3.	Análisis de objetivos e indicadores .....	29
5.4.	Estandarización y rendimiento relativo de cada objetivo. ....	34
5.5.	Ponderación .....	39
6.	CONCLUSIONES .....	43
7.	RECOMENDACIONES .....	44
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	45

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Análisis de consumo de materia fresca, materia seca y proteína metabolizable del recurso forrajero y alimento balanceado en caprinos. Heredia, 2015. ....	22
<b>Tabla 2.</b>	Análisis químico del pasto ofrecido durante el estudio. Heredia, 2015 .....	24
<b>Tabla 3.</b>	Balance proteico de las diferentes etapas estudiadas. Heredia, 2015.....	25
<b>Tabla 4.</b>	Resultado del análisis FODA. Heredia, 2015.....	28
<b>Tabla 5.</b>	Matriz de objetivos e indicadores de eficiencia. Heredia, 2015.....	29
<b>Tabla 6.</b>	Valor actual, óptimo y subóptimo para obtener el rendimiento relativo de cada indicador. Heredia, 2015 .....	35
<b>Tabla 7.</b>	Cálculo de factor de ponderación. Heredia, 2015 .....	40
<b>Tabla 8.</b>	Factor de ponderación para cada una de las dimensiones consideradas para la estimación de eficiencia del sistema caprino en Finca Experimental Santa Lucía; Heredia, Costa Rica, 2015.....	42

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Rendimiento relativo para la dimensión técnica. Heredia, Costa Rica. ....37
- Figura 2.** Rendimiento relativo para la dimensión administrativa. Heredia, Costa Rica. ....38
- Figura 3.** Comparación de índices de eficiencia de cada dimensión dentro del sistema, para el hato caprino de FESL. Heredia, Costa Rica.....42

## 1. INTRODUCCIÓN

La especie caprina ofrece múltiples ventajas con respecto a otras especies al ser de tamaño pequeño, rumiante, poseer alta fertilidad y precocidad, requerir poco espacio para ser estabulado y obtener alta producción de leche por unidad de área, lo que posibilita la producción de alimentos para consumo familiar y un ingreso adicional al contribuir a la producción de alimentos para la población no agrícola. (MAG,2013)

La cabra ha acompañado al hombre desde su domesticación, aproximadamente unos 8000 años AC en las montañas de Zagros, al oeste de Irán, y se considera que fue el segundo animal domesticado después del perro y el primero para consumo. Según datos de la FAO, la población mundial de cabras para el año 2011 fue de unos 817 millones, de las cuales, más del 95% se encuentran en países en desarrollo, especialmente de los continentes asiático y africano (FAOSTAT, 2013).

En América, los países con mayor cantidad de caprinos son Brasil con 8 799 213 animales y México con 8 664 613 animales registrados por FAOSTAT para el año 2013 (Congreso Argentino de Producción Animal, 2008). La población de cabras en Centroamérica es de aproximadamente 8 859 943 (FAOSTAT, 2013). Datos recientes (INEC, 2015), mostraron que en Costa Rica, la población de caprinos es de 12 852 animales, de los cuales 10 338 (80.4%) son hembras y 2 514 (19.6%) son machos, distribuidos en 2 348 fincas, concentrándose en Alajuela (592 fincas) y San José (575 fincas), principalmente.

En Costa Rica, la caprinocultura ha evolucionado desde la intensificación de la actividad en el año 1975 (Castro, 2003) debido a diversas razones, entre ellas: la demanda en la producción de leche y carne, investigación científica, mejoras en tecnología y técnicas de manejo. Además, la formación de asociaciones y cooperativas de productores de leche caprina ha impulsado esta actividad en la búsqueda de nuevos productos y mercados (Castrillo, 2014).

Actualmente, la caprinocultura bien administrada es una actividad rentable. Una ventaja que favorece esta actividad es el mayor precio de la leche con respecto a la leche de vaca. Además, pueden elaborarse productos no tradicionales, como el queso, dulce de leche, yogurt y jabones, que representan una alternativa de diversificación para incrementar el valor agregado, por ende, la rentabilidad (Cordero, 2012).

Las explotaciones caprinas son una alternativa viable para satisfacer la creciente demanda de productos lácteos. De acuerdo con Chacón, Araya y Gamboa (2008) las personas perciben la leche de cabra como un producto saludable, nutritivo o medicinal.

Los sistemas de producción animal, poseen áreas claves para su desarrollo en un contexto regional, nacional o global. Entre las áreas más importantes se destacan la nutrición, la reproducción, la genética y la sanidad (Caravaca, Castel, Guerrero, Delgado, Alcalde y Gonzales, 2005) considerando el manejo de estos como un pilar de éxito en la producción pecuaria. La nutrición representa una de las áreas más importantes, por que define tanto aspectos cuantitativos como económicos. Es el rubro que incide más en los costos de producción pecuaria, ya que, dependiendo de la especie animal, representa entre el 60 y el 85% de dichos costos, por lo que las mejoras en ésta área tendrán un mayor impacto en la eficiencia general de la explotación (Mora 2007).

Los animales rumiantes poseen la capacidad de convertir los materiales de bajo valor biológico, que no pueden ser digeridos por otras especies, en productos de alta calidad como carne y leche (Maynard, Loosli, Hintz y Warner, 1981). Sin embargo, no por esta razón se deben alimentar deficientemente, pues tienen que satisfacer una serie de requerimientos nutricionales para poder vivir y producir. Los desequilibrios de las dietas, ya sean cualitativos o cuantitativos representan una de las principales causas de pérdida de productividad en los sistemas ganaderos (Gallardo, 2007).

La producción en sistemas pecuarios enfrenta a una serie de desafíos tendientes a incrementar la competitividad de los mismos (FAO, 2011). Estos se relacionan tanto con la obtención de una alta productividad y eficiencia de utilización de las pasturas, con factores propios del animal y las interacciones que se establecen entre ambos elementos, así como los demás ámbitos que componen el sistema (González, 2011).

La mayor parte de las explotaciones no están en capacidad económica de contratar un profesional en nutrición animal, por lo que recurren a las prácticas empíricas y alimentan a los animales con lo que consideran usual u observan en otras explotaciones. No obstante, el hecho de que un animal consuma mucha comida no significa que está bien nutrido, debido a que factores como la edad, el sexo, el nivel productivo, el estado fisiológico en que se

encuentra, la calidad del pasto y factores ambientales, entre otros, intervienen en la exigencia nutricional.

En el caso de Costa Rica, la producción caprina se realiza principalmente en sistemas de estabulación intensivos, por lo que los productores suelen utilizar especies forrajeras para corte y acarreo como el pasto King grass (*Pennisetum purpureum*), debido a que cuenta con una adecuada producción de biomasa y aporta una cantidad apropiada de nutrimentos cuando es cosechado en su momento óptimo (Araya y Boschini, 2005, Meléndez, Ibarra, e Iglesias, 2000, Araque, 1995). Por otra parte, cuando los forrajes utilizados no reúnen condiciones óptimas de calidad, suelen presentarse problemas de bajo consumo de materia seca por los animales y no se satisfacen sus necesidades nutricionales, lo que compromete su estado de salud y la eficiencia productiva (Vargas, 2009; Chacón, 2008; Elizondo, 2004 a b; Forbes, 1996; Pasha, Prigge, Russel y Bryan, 1994).

Por lo anterior, surge la necesidad de evaluar el estado nutricional del hato caprino de la Finca Experimental Santa Lucía (FESL), así como identificar los puntos claves dentro de la producción que deben ser corregidos o potenciados para mejorar la eficiencia productiva.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. General**

Diagnosticar el manejo alimenticio del hato caprino del Programa Producción Sostenible de Rumiantes Menores (PPSRM), mediante el desarrollo de una matriz de indicadores de eficiencia en la Finca Experimental Santa Lucía, en Barva de Heredia.

### **2.2. Específicos**

- Evaluar la calidad de la dieta suministrada a las distintas etapas productivas del hato caprino, a fin de satisfacer sus requerimientos nutricionales.
- Aplicar un análisis FODA al sistema de producción, para la definición de los objetivos e indicadores de eficiencia en el manejo alimenticio del hato caprino.

- Establecer una matriz de indicadores de eficiencia para el diagnóstico del manejo alimenticio del hato caprino.

### **3. MARCO TEORICO**

#### **3.1. Comportamiento de ingesta y consumo de alimento**

Cuando las cabras son manejadas bajo condiciones de estabulación, el grado de control que puede ser ejercida sobre sus dietas es tal, que sus raciones pueden ser formuladas en base a sus requerimientos (Contexto ganadero, 2013). Sin embargo, bajo condiciones de pastoreo, es más difícil cuantificar los nutrimentos que obtienen durante esta práctica. Esto indica que el comportamiento de alimentación de los caprinos es muy variable y el productor puede ejercer menos control sobre los nutrimentos que los animales individuales ingieren (NRC, 2007).

Conocer el consumo de alimento es importante y puede ser medido con pruebas de campo. Es posible predecir el consumo de alimento, utilizando el peso vivo (PV) del animal y conociendo el rendimiento productivo (producción de leche, por ejemplo), para inferir cuanto debería ser el consumo de nutrimentos (Reeves, Fulkenson, Kellaway y Dove, 1996). Corbett y Freer (2003) han sugerido para predecir el consumo mediante el procedimiento inverso, esto es, predecir el consumo de nutrimentos y luego, compararlo con los requerimientos nutricionales para predecir el nivel de producción. Tanto el NRC (1996) y el Sistema de Cornell para Carbohidratos y Proteína (CNCPS, por sus siglas en inglés) como Tedeschi, Fox, Russell (2000) y Cannas, Tedeschi, Fox, Pelly Van Soest (2004) intentan predecir el consumo a partir del PV y el contenido de energía neta (EN) de una dieta definida; mientras que Tedeschi *et al.* (2000) amplían esto incluyendo el contenido de nitrógeno degradable en el rumen (NDR) de una dieta definida.

#### **3.2. Factores que afectan el consumo**

El consumo de materia seca (MS) en rumiantes es determinado por un proceso de saciedad que obedece a una serie de señales fisiológicas que reaccionan a la composición del alimento y a su procesamiento en el organismo del animal. Algunas de estas señales son la sensación de llenado en el rumen, la concentración de los productos de fermentación, la concentración

de nutrientes en la dieta y el requerimiento nutricional (Baumont, Prache, Meuret y Morand, 2000).

Toda la información que proviene del sistema digestivo considera el equilibrio metabólico que está relacionado con el contenido energético o proteico de la dieta la cual debe satisfacer la demanda fisiológica del animal (Caravaca *et al.* 2005). Si existe algún desbalance nutricional, el consumo puede aumentar para compensarlo, pero si el desbalance continúa a largo plazo, el consumo tiende a disminuir (Illius y Jessop, 1996).

Chávez (1990) indica que durante las fases de crecimiento y los ciclos reproductivos se presentan cambios importantes en los requerimientos de los animales en pastoreo. Las etapas de preñez y lactancia representan un considerable incremento en la demanda de energía; sin embargo, tiene diferentes efectos en el consumo voluntario de forraje, ya que un animal gestante se encuentra físicamente con menor capacidad digestiva a consecuencia del crecimiento uterino y la compresión del rumen.

Con respecto a la heterogeneidad de los forrajes, Minson (1990) resalta cuatro aspectos: preferencia entre hojas y tallos, forraje verde *vs* maduro, diferencias entre especies y el grado de contaminación del forraje. Son claras las evidencias de que las hojas son consumidas en mayor cantidad que los tallos, debido a que contienen menores niveles de fibra detergente neutro (FND), fibra detergente ácido (FDA) y lignina, y por ende presentan menor resistencia al corte y masticación.

En adición a los factores fisiológicos y metabólicos involucrados en el consumo, las características bromatológicas de los forrajes tienen una gran influencia en éste. El primer factor a considerar es el llenado físico que provoca la concentración de fibra (Elizondo, 2011). De acuerdo con Allen y Mertens (1988), éste se considera el factor más determinante para estimar el consumo voluntario de materia seca, sin embargo, otros factores asociados afectan el llenado físico del animal como el tamaño de partícula, la frecuencia y eficiencia del masticado, la fragilidad de la partícula, la fracción indigestible de la y la tasa de fermentación de la digestible.



Aparte de afectar el consumo por un efecto de llenado físico, cuando las dietas presentan altas concentraciones de fibra cruda, la utilización de energía para la síntesis de proteína microbiana puede disminuirse debido a la reducida tasa de fermentación de la fibra, lo que provoca tasas lentas de crecimiento, que causan un incremento en los requerimientos de mantenimiento en el animal (Rojas, 1995).

Por otra parte, el contenido de humedad de los forrajes influye sobre el consumo de materia seca y la digestibilidad de la misma, Pasha *et al.* (1994) concluyeron que un menor nivel de humedad en el forraje se asocia con un mayor consumo de materia seca, fibra detergente ácido, y proteína cruda. Igualmente, la digestibilidad de MS, FDA y FND es mayor. También la retención de nitrógeno aumenta, todos estos aspectos son influenciados por el mayor tiempo de retención de los forrajes que poseen un mayor contenido de materia seca (Bunting, Bolilin, Mackown, 1989).

### **3.3. Nutrientes requeridos**

#### **3.3.1. Proteína**

Las proteínas son la base de los tejidos del cuerpo de un animal y son necesarias para el desarrollo y mantenimiento de tejidos, órganos y demás componentes de las secreciones enzimáticas. (Santini 2014). La proteína está compuesta por sustancias llamadas aminoácidos. Hay cientos de aminoácidos conocidos, pero solamente 20 conforman la proteína animal. (Castro, 2002; Cheeke, 2005)

Los rumiantes a diferencia de los monogástricos, no dependen exclusivamente de su dieta para obtener proteínas, ya que los microorganismos del rumen transforman el nitrógeno de fuentes no proteicas en aminoácidos para su uso (Rojas, 1995). Una buena parte de la proteína en la dieta es hidrolizada a nivel ruminal, hasta que luego esta es utilizada en la síntesis de la proteína microbiana, la cual posteriormente es degradada en el abomaso y absorbida por el intestino delgado (Castro, 2002).

La importancia de las proteínas recae en la gran cantidad de papeles esenciales que desempeña. Las proteínas enzimas aceleran y regulan las reacciones bioquímicas, las proteínas musculares son esenciales para la locomoción, las estructurales tales como el

colágeno del tejido conectivo y la queratina de la piel determinan propiedades estructurales de los tejidos (Hill, Wyse, Anderson, 2006).

### **3.3.2. Fibras**

La fibra desde el punto de vista químico, se compone de un entramado de celulosa, hemicelulosa y lignina (XIII Curso De Especialización FEDNA, 1997, Mertens, 2002). Se ha definido en términos de Fibra Bruta (FB), FND y FDA, y se utiliza para la predicción de la calidad de los forrajes, la ingestión de la materia seca, la digestibilidad y el valor energético de los alimentos. Desde el punto de vista de la nutrición de los rumiantes, la fibra puede definirse como el conjunto de componentes de los vegetales que tienen baja digestibilidad y promueven la rumia y el equilibrio ruminal (XIII Curso De Especialización FEDNA, 1997).

La fibra se fermenta en el rumen lentamente por la acción de las bacterias fibrolíticas. El proceso de degradación de la fibra se inicia con la adhesión de las bacterias a la pared vegetal, proceso que se realiza a una velocidad inversamente proporcional al grado de lignificación de dicha pared (Hall, Hoover, Jennings, 1999).

La fibra como nutriente, contribuye a mantener el funcionamiento ruminal (llenado ruminal y estimula de las contracciones ruminales) y las condiciones ruminales (pH, a través de la secreción salivar dependiente de la masticación y la rumia) (Simposio Internacional de Bovinos UFLA-FAEPE, 2001). Estas funciones dependen de la composición, la degradabilidad y la forma de presentación de la fibra; por otro lado, la fibra supone un inconveniente, en el sentido que limita el contenido energético de las raciones y el potencial de ingestión. La formulación correcta de raciones debe buscar el equilibrio entre la ingestión máxima de materia seca (niveles bajos de FND) y el mantenimiento de las funciones y condiciones normales del rumen (aportando niveles mínimos de FND y FDA) (Church, 1989).

#### **Fibra detergente neutra (FND)**

La FND es el material insoluble en una solución detergente neutra, y se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina. Además, existen otros componentes minoritarios como residuos de

almidón, cenizas y nitrógeno ligado a la FND (XIII Curso De Especialización FEDNA, 1997, Caravaca *et al.* 2005).

Esta fracción sería un sinónimo de pared celular, excepto por su contenido en pectinas, que se solubilizan por completo en dicha solución y que son compuestos fácilmente digestibles (Micó, 2014).

Los porcentajes de fibra cruda o FND se incrementan a medida que aumenta la edad del cultivo, presentando valores promedio a la edad de corte de 55%. Valor que ofrece un buen aporte energético al producirse ácidos grasos volátiles (AGV) como producto final de la fermentación ruminal de carbohidratos estructurales (celulosa) y solubles (fructosa, glucosa) por acción de hongos y bacterias ruminales (Bueno, Mojica y Pardo, 2003).

### **Fibra detergente ácido (FDA)**

La FDA determina el contenido de celulosa y lignina no solubles de la muestra analizada, por diferencia con la FND aporta información sobre la parte de hemicelulosa y celulosa no lignificadas, y por tanto que pueden ser degradadas por microorganismos existentes en el tracto digestivo de los animales rumiantes y herbívoros (Caravaca *et al.* 2005).

La FDA es obtenida al hervir una muestra de alimento o forraje durante una hora en una solución detergente ácida. El ácido disuelve la hemicelulosa, así que la FDA es una medida de la celulosa, lignina, cutina y sílica (Grant, 1991). Esta fracción se correlaciona negativamente con la digestibilidad de los alimentos (Harris, 1993) y por consiguiente con su aporte de energía.

El contenido de FDA de los alimentos fibrosos se ha utilizado para estimar el contenido de energía de los mismos (Donker, 1989). La principal limitación de las ecuaciones que se basan en la FDA, es que al basarse en una única variable son específicas para una población. A partir de la FDA se determinan los contenidos de lignina y sílica.

### **3.4. Forrajes**

Desde el punto de vista zootécnico los pastos son la fuente más económica para alimentar animales herbívoros como bovinos, ovinos, caprinos, entre otros. Y a su vez constituyen el

alimento predilecto de estos (Sierra, 2002). Las plantas forrajeras son fuente de alimento para el ganado, que se convierte en carne y leche; para lograrlo, de manera óptima, es necesario que el forraje tenga un balance adecuado en su composición química en cuanto a carbohidratos, proteína, grasas, minerales y vitaminas (Castellanos, 2012).

La utilización eficiente de los pastos se fundamenta en 2 aspectos: el manejo del pasto y la suplementación estratégica de este alimento a los animales (Villalobos y Sánchez, 2010). Para el manejo de la planta se debe considerar su fenología para cosecharla en el momento en que tiene su mejor contenido de nutrimentos y a la vez suficientes reservas de carbohidratos solubles en sus coronas para sobreponerse a la defoliación causada por el pastoreo y continuar con un nuevo ciclo de crecimiento (Fulkerson y Donaghy, 2001).

Las pasturas y forrajes, con su gran capacidad para producir materia seca para el consumo de los animales, constituyen uno de los cultivos agrícolas más importantes, de la misma manera lo son el maíz, la soya, entre otros (Buelvas, 2009).

El nivel de producción y la productividad de las explotaciones ganaderas están directamente relacionados con el grado de tecnología que se aplique a la producción de pasturas y cultivos forrajeros. Cuando se cultivan haciendo uso de las técnicas adecuadas, se producen más cantidad de nutrimentos digeribles y de proteínas que cualquier otro cultivo (Sierra, 2002).

#### ***3.4.1. Estructura de los forrajes***

La característica química predominante de los forrajes es su alto contenido de pared celular compuesta por celulosa, lignina, hemicelulosa y sílica (Cheeke, 2005).

Los azúcares simples de la planta están combinados por enlaces glucosúricos en disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos y con fracciones no carbohidrato. La estructura individual de los polímeros y especialmente la relación entre los polímeros en términos tanto físicos como químicos, es extremadamente compleja. Dependiendo del estado de madurez y de la especie de la planta, los componentes de la pared celular pueden generar entre el 25 y el 80% de la materia seca (NRC, 2007).

### **3.5. Planeación estratégica**

La planeación estratégica es el proceso por el cual los dirigentes ordenan sus objetivos y sus acciones en el tiempo. De hecho, el concepto de estrategia y el de planeación están ligados indisolublemente, pues tanto el uno como el otro designan una secuencia de acciones ordenadas en el tiempo, de tal forma que se pueda alcanzar uno o varios objetivos (Sallenave, 2004).

Un plan estratégico es un conjunto de acciones que deben ser desarrolladas para lograr los objetivos, lo que implica definir y priorizar los problemas a resolver, plantear soluciones, determinar los responsables para realizarlos, asignar recursos para llevarlos a cabo y establecer la forma y periodicidad para medir los avances (Tomasini, 1990).

Este tipo de estudios es una forma de percibir y estructurar un problema; lleva a la búsqueda de información referente a aspectos importantes del problema y proporciona una forma de relacionar criterios de información a fin de mejorar la comprensión de la situación que enfrenta la empresa. Lo anterior, se logra a través de un análisis situacional, también conocido como diagnóstico FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), ya que permite conocer las condiciones reales de una empresa (Ramírez, 2009). Además, esta herramienta representa un instrumento metodológico que sirve para identificar acciones viables mediante el cruce de variables, en el supuesto de que las acciones estratégicas deben ser ante todo acciones posibles y que la factibilidad se debe encontrar en la realidad misma del sistema (Weihrich, 1982).

En el ámbito agropecuario, según Fedegán (2006), con la planeación estratégica se pretende que los empresarios ganaderos centralicen sus esfuerzos y los recursos de la organización en la búsqueda y el logro de las mejores oportunidades de negocios y dediquen su tiempo a los asuntos fundamentales que influyen en mayor medida sobre los resultados y el desempeño de la empresa ganadera.

Un sistema agropecuario puede definirse como la estructura en que se organizan los factores de la producción (tierra-capital-trabajo), en función de los objetivos que persigue el productor (Demey, Adams y Feitei, 1994). En un agroecosistema ganadero el control integrado de estos

factores de producción define el grado de eficiencia que puede alcanzar la explotación (Smith, Moreira y Latrille, 2002). Es imprescindible visualizar las ganaderías como sistemas porque su conducta productiva no puede ser deducible de sus partes separadas sino de sus interacciones. Todo sistema está constituido por una estructura y un funcionamiento. La estructura la constituyen los componentes y la función se refiere a sus procesos que ocurren dentro y entre estos componentes (Rodríguez, Morin, Paredes, Capriles, Vargas, Nuñez e Hidalgo, 2001). Se han realizado estudios tendientes a conocer las características estructurales y funcionales de las ganaderías considerando que ello es básico para comprender el ordenamiento y calidad de los componentes y procesos que tipifican la ganadería, así como interpretar los motivos que mueven a los productores en una determinada región (Páez y Jiménez, 2000).

### **3.6. Cálculo de índices de eficiencia.**

El enfoque basado en indicadores permite agregar y simplificar información de diferente naturaleza, de una manera útil y ventajosa. Los indicadores hacen más sencilla la comunicación, al simplificar fenómenos complejos y traducirlos en términos numéricos (Rodríguez, 2002). Las mediciones ayudan a los tomadores de decisiones a definir objetivos y metas (Müller, 1996). El enfoque basado en indicadores ha sido utilizado para cuantificar el grado de desarrollo sostenible en el ámbito de países y cuencas de la región Centroamericana (Hünemeyer, Camino y Muller, 1997; Müller *et al.* 1996) y también ha sido utilizado para determinar índices de sostenibilidad en granjas lecheras de Costa Rica (Murillo, Villalobos, Sáenz y Vargas 2004).

Los indicadores pueden constituirse en instrumentos para hacer la medición de la sostenibilidad más operacional. Sin embargo, es importante considerar que no existen indicadores universales, sino más bien que estos deben ser ajustados a las necesidades de información según las decisiones que estos indicadores deben apoyar. Los indicadores de eficiencia deben ser fruto de un acuerdo entre los actores involucrados respecto a los principales problemas, preocupaciones y anhelos relacionados con la eficiencia en el ámbito bajo análisis. Además, deben destacar los múltiples vínculos que existen entre las dimensiones social, económica, ambiental y técnica, lo cual se logra creando indicadores que cruzan información entre estas dimensiones (Blanco Wautiez, Llvairo y Riveros, 2001).

Una buena oportunidad de aportar al crecimiento en la eficiencia de los procesos en una empresa pecuaria es a partir de la solución en los temas de integración de los componentes de un sistema, diseñando indicadores vinculantes o sinérgicos. Hasta el momento las iniciativas de diseño lo están trabajando desde la perspectiva de agregación, incorporando en índices variables relevantes (Rodríguez 2002).

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. Localización del estudio**

El estudio se llevó a cabo en la Finca Experimental Santa Lucía en un período de tiempo comprendido entre los meses de noviembre-diciembre del año 2015. La Finca Experimental se encuentra ubicada en Santa Lucía de Barva en Heredia, latitud 10°00'51"N y longitud 84°07'10"O, a una altitud de 1 159 msnm y constituida geológicamente por rocas de origen volcánico. Posee un clima templado con una temperatura máxima promedio de 25.1 °C y una mínima de 15.2°C y 2 854 mm de precipitación anual media. Además, se considera una zona de vida bosque húmedo tropical (bh-T). (Municipalidad de Barva, 2014; IMN, 2015; Holdridge, 1979).

El módulo caprino se desarrolla en aproximadamente 600 m<sup>2</sup> de establo, 3 000 m<sup>2</sup> de forraje de piso, 1 hectárea de banco proteico y 2.1 hectáreas de forraje de corta.

### **4.2. Cálculo de los requerimientos nutricionales**

Para el cálculo de los requerimientos nutricionales, se agruparon los animales de acuerdo a su etapa productiva, las cuales se muestran a continuación:

- Un grupo de hembras primerizas, compuesto de 7 animales
- Un grupo de hembras secas, compuesto de 7 animales
- Un grupo de hembras en desarrollo, compuesto por 10 animales
- Un grupo de hembras productoras, compuesto de 8 animales

- Un grupo de machos reproductores, compuesto de 4 animales

Para determinar los requerimientos nutricionales de cada etapa productiva, fue necesario tomar peso vivo (PV) de los animales, la ganancia de peso diaria (GPD), la ingesta de materia seca, la producción diaria de leche, el porcentaje de proteína en leche y la etapa de preñez (si fuera el caso). Estos datos se utilizaron para calcular los requerimientos de proteína cruda, de acuerdo a los procedimientos descritos en el NRC (2007). A pesar que la fibra detergente neutro, la fibra detergente ácido y las cenizas no se consideran nutrientes en sí, se consideran indicadores de la calidad del pasto.

Todos los animales utilizados en el estudio pertenecen a la raza Saneen y Toggenburg del Programa Producción Sostenible de Rumiantes Menores (PPSRM). Estos permanecieron estabulados durante todo el estudio y fueron distribuidos de acuerdo a la etapa fisiológica y productiva a la que pertenecen.

#### **4.3. Estimación de consumo**

Para determinar el consumo, se realizaron 16 repeticiones para cada grupo de animales, cada día representó una repetición con un total de 16 días. En la explotación se manejan dos tiempos para la alimentación, el primero alrededor de las siete de la mañana y el otro a las tres de la tarde. Durante la mañana se ofrece forraje, mientras que en la tarde se alimentan tanto con forraje como alimento balanceado formulado para cada etapa fisiológica. Tanto en la mañana como durante la tarde, el forraje ofrecido es pasto King grass (*Pennisetum purpureum*), aunque en pocas ocasiones se agregan pequeñas proporciones de morera (*Morus alba*) o sorgo negro (*Sorghum alnum*). El forraje fresco y el alimento balanceado ofrecidos fueron pesados utilizando una romana de péndulo con capacidad máxima de 50 kg, durante los dos tiempos de alimentación. El pesaje del alimento que no fue consumido por los animales (rechazo) se realizó al día siguiente de ser ofrecido, a partir de las seis de la mañana. Esto permitió que los animales consumieran la cantidad que normalmente ingieren. Con base en la diferencia de peso de los alimentos ofrecidos y rechazados, se calculó el consumo real en base fresca y se calculó la relación forraje:concentrado consumidos.



Se recolectaron muestras de los forrajes ofrecidos y del rechazo durante cada una de las repeticiones, tomando una submuestra de cada uno de los sacos de forraje ofrecido en los dos tiempos de alimentación, formando una muestra de 800 g en base fresca para cada día. Similarmente, la muestra del alimento rechazado se obtuvo de cada comedero formando una muestra de 800 g en base fresca. Estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Análisis de Productos Animales y Vegetales de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional, en donde se determinaron los contenidos de materia seca a 60°C, materia seca a 105°C, cenizas, fibra detergente ácido, fibra detergente neutro y proteína cruda.

#### **4.4. Análisis nutricional de las pasturas**

##### **4.4.1. *Materia seca***

La determinación del contenido de materia seca a 60 y 105°C, se realizó siguiendo la metodología propuesta por la AOAC (1980). En el primer caso se retiró parcialmente la humedad de la muestra, lo que permitió tener una muestra seca y apta para los análisis restantes. Para ello, cada muestra de alrededor de 500 gramos se secó durante 48 horas en estufa a 60°C con circulación forzada de aire, hasta alcanzar un peso constante. Finalizado este período, se pesó nuevamente la muestra y se estimó el porcentaje de materia seca por diferencia de peso antes y después de la colocación en estufa. El material obtenido del secado a 60° fue molido y tamizado en una criba de 1 mm.

El secado del material a 105°C se realizó para eliminar la humedad residual del secado a 60°C y obtener así la materia seca verdadera y realizar ajustes. En este caso, se colocó una muestra de alrededor de 2 gramos del material obtenido del secado a 60°C y molido, en una estufa al vacío a 105°C durante cuatro horas hasta alcanzar peso constante. Luego se llevó a temperatura ambiente y se pesó nuevamente para calcular el porcentaje de materia seca verdadera por diferencia.

##### **4.4.2. *Fibras***

Los análisis de FDN y FDA se realizaron utilizando los procedimientos propuestos por Goering y Van Soest (1970). El método se basa en la solubilidad de un agente tensioactivo por medio de una solución detergente neutra. El residuo es conformado por los componentes

fibrosos de las células de la planta, hemicelulosa, celulosa, lignina, de sustancias minerales insolubles y algunas proteínas de las paredes de la célula. Por su parte la extracción de FDA consiste en someter el material a una solución detergente ácida, cuyo residuo fibroso está compuesto por celulosa, lignina y por las sustancias minerales insolubles en un ambiente ácido. Para su determinación, se pesaron alrededor de 0,5 gramos de muestra y se colocaron en bolsas de filtro ANKOM que fueron selladas. Estos análisis se realizarán utilizando un Analizador de Fibra marca ANKOM modelo A-200. Luego de someter las muestras a las soluciones detergentes, se sumergieron en acetona para desplazar los residuos de las soluciones. Por último, las muestras se colocaron en una estufa al vacío a 105°C durante 4 horas hasta alcanzar peso constante y se registró su peso final.

#### ***4.4.3. Proteína cruda***

La determinación de la proteína cruda, se realizó siguiendo la metodología propuesta por la AOAC (1980). Este procedimiento consistió en cuantificar el contenido de nitrógeno total y se debió multiplicar por un factor de 6.25, bajo la presunción de que el contenido promedio de nitrógeno (N) en los alimentos es igual a 16 gramos por cada 100 gramos de proteína. El cálculo de PC incluye tanto el nitrógeno proteico como el no proteico (NNP) (Elizondo 2008b).

Para esto se digirió una muestra de forraje de alrededor de 1 gramo en aproximadamente 20 ml de ácido sulfúrico concentrado (98%) en ebullición al cual se agregaron catalizadores para acelerar la digestión y facilitar la oxidación de la muestra. Durante este proceso, el nitrógeno se convirtió en amonio el cual permaneció en solución en forma de sulfato de amoníaco. Posteriormente, el amoníaco fue alcalinizado con una solución de NaOH y fue separado por arrastre durante la destilación. El amonio se colectó en un ácido estandarizado (bórico) y el exceso de ácido se tituló con una base estandarizada.

#### ***4.4.4. Cenizas***

Los minerales que están presentes en los alimentos, de muy diversas formas, constituyen la materia denominada inorgánica, la cual se obtiene como residuo de la incineración del material o cenizas

El procedimiento para determinar las cenizas requirió que el material se incinerara a temperaturas entre los 500 y 600°C, temperatura a la cual algunos minerales se volatilizan, tales como el yodo y el selenio. Todo el procedimiento se realizó por duplicado, se colocaron los crisoles en un incinerador o mufla a 600°C por dos horas, se dejaron enfriar en un desecador y se determinó su peso en una balanza analítica hasta 0.0001g se colocaron aproximadamente dos gramos de muestra en cada crisol. Posteriormente se colocaron en el incinerador por un espacio de dos horas, se retiraron y se colocaron en un desecador hasta que enfriaran. Se pesaron los crisoles más la muestra y se determinó el porcentaje de cenizas por diferencia de peso.

#### **4.5. Balance nutricional**

Con base en los resultados obtenidos de consumo de materia seca por etapa productiva y los valores nutricionales de la dieta ofrecida (considerando los contenidos nutricionales del forraje y el alimento balanceado), se calculó la cantidad de PC, FDN, FDA y cenizas consumidos. Posteriormente, la cantidad de PC consumida fue comparada con los requerimientos establecidos por el NRC (2007) por etapa productiva, lo que permitió conocer si la dieta logra satisfacer dicho requerimiento.

#### **4.6. Herramienta de análisis**

Con base en los resultados del balance nutricional efectuado y las deficiencias observadas, se realizó un análisis cualitativo/cuantitativo del sistema de producción del hato caprino del PPSRM.

La información se obtuvo a partir de las pruebas de consumo, análisis de laboratorio, balance nutricional, entre otras observaciones; así como el análisis de las bases de datos de la explotación en el ámbito productivo y nutricional. Además, se realizó un diagnóstico estático de la finca, el cual consistió en aplicar encuestas dirigidas a los diferentes integrantes del proyecto, incluyendo la coordinación, colaboradores y trabajadores de campo entre otros; tomando en cuenta sus experiencias y conocimientos de las diversas áreas y complementar el diagnóstico.

Toda la información recopilada se utilizó para identificar los criterios de análisis considerados relevantes en el desempeño del manejo alimenticio de los animales. A partir de estos datos, se elaboró un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) por dimensión (técnica, social, ambiental y administrativa) (Robbins y Coulter, 2000, Goodstein, Nolan y Pfeiffer, 1998; Steiner, 1996), permitiendo generar un listado de los aspectos internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) más relevantes.

Posteriormente, se efectuó una matriz de objetivos e indicadores, basándose en cada uno de los puntos que fueron señalados en el FODA, de manera que cada fortaleza, debilidad, oportunidad y amenaza se utilizó para generar los respectivos objetivos de eficiencia en cada una de 4 dimensiones. Este procedimiento correspondió a una modificación de la metodología propuesta por Müller (1996), Hünemeyer *et al.* (1997) y aplicada por Murillo *et al.* (2004).

Se utilizó una matriz de indicadores de eficiencia para cada uno de los objetivos propuestos en cada dimensión y un índice agregado final del sistema de producción. El valor actual de cada indicador se obtuvo del análisis situacional del PPSRM y en algunos casos se utilizó información de literatura para obtener información no disponible. Los valores actuales obtenidos para cada indicador fueron comparados contra un sistema de referencia que se basó en la especificación de valores óptimos y subóptimos. Se definió como óptimo el valor meta ideal que puede alcanzar un indicador y como subóptimo el valor más bajo que puede tener un indicador.

Los valores actuales obtenidos en el paso anterior se estandarizaron a una escala entre 0 y 1 con el fin de contar con una escala única de medición para los distintos indicadores (Looijen, 1997). Dicha estandarización se realizó aplicando la siguiente fórmula:

$$RR = \frac{[V_a] - V_{so}}{V_o - V_{so}}$$

RR = Rendimiento relativo

Va = Valor actual

Vso = Valor subóptimo

Vo = Valor óptimo

Posteriormente, se realizó un análisis de ponderación con el fin de especificar la importancia relativa de cada indicador dentro del conjunto de indicadores disponibles. Este análisis se realizó con base en las opiniones de los involucrados en el proyecto, utilizando el método de ranqueo de Likert de 5 puntos, la cual, es una escala psicométrica comúnmente utilizada donde se especifica el nivel de acuerdo o desacuerdo con una declaración. En el caso específico del estudio, se analizó el nivel de importancia asignado a cada uno de los objetivos planteados para así determinar la urgencia en la toma de medidas en el tiempo (elemento, ítem o reactivo o pregunta) (Naghi, 2005).

Posteriormente, se realizó un procedimiento de agregación mediante la sumatoria de los productos del rendimiento relativo por la ponderación de cada indicador, con lo cual se obtuvo el índice agregado de eficiencia de cada dimensión, para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$IAE_d = \sum (IAE_C \times VP_C)$$

En donde:

IAE<sub>d</sub>: índice agregado de eficiencia por dimensión

IAE<sub>C</sub>: índice agregado de eficiencia por componente

VP<sub>C</sub>: valor ponderado dado a cada componente

Finalmente se estimó un índice integral de eficiencia para el sistema, mediante la sumatoria de los productos del índice agregado de cada dimensión por su respectiva ponderación. Utilizando para ello la fórmula siguiente:

$$IAE_s = \sum (IAE_d \times VP_d)$$

En donde:

IAE<sub>s</sub>: índice agregado de eficiencia para el sistema

IAE<sub>d</sub>: índice agregado de eficiencia por dimensión

VP<sub>d</sub>: valor ponderado dado a cada dimensión

Se graficaron los índices encontrados para los componentes dentro de cada dimensión, las dimensiones dentro del sistema y el índice agregado de la explotación. Esto permitió visualizar las tendencias del PPSRM analizadas en este estudio, en distintos niveles de agregación.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Evaluación de la calidad de la dieta

#### 5.1.1. Análisis de consumo

Como es posible observar en la tabla 1, la ingesta de pasto por las hembras primerizas, fue de 2.73 kg ( $\pm 0.034$ ) de MF/animal/día, lo que equivale a 0.604 kg ( $\pm 0.179$ ) de MS/animal/día, 28.78 g ( $\pm 12.67$ ) de proteína metabolizable (PM)/animal/día y a 78 g ( $\pm 21$ ) de cenizas. Además, este grupo recibe 500 g de alimento balanceado con un 87% de MS, lo que aumenta el consumo total a 1.039 kg ( $\pm 0.179$ ) de MS/animal/día y a 73.3 g ( $\pm 12.67$ ) de PM/animal/día. El consumo de MS total como porcentaje del PV para este grupo fue de 2.51%. Las hembras primerizas poseen requerimientos de mantenimiento, gestación y crecimiento, por lo que su consumo suele ser mayor en comparación a otros grupos y así mismo su requerimiento.

El consumo de forraje de las hembras secas fue de 0.500 kg MS/animal/día ( $\pm 0.24$  kg), 9.63 g ( $\pm 25.48$ ) g PM/animal/día y 71 g ( $\pm 18$ ) de cenizas. Este grupo recibe 500 g de alimento balanceado por día, lo que complementa el consumo de MS total a 0.936 kg MS/animal/día y 70.02 g PM/animal/día. Este consumo representa un 1.54% de su PV en MS. Estudios

similares han reportado consumos desde 250 hasta 900 g de MS/animal/día en hembras consumiendo pasto King grass (Samur 1984, Castro 1989, Chacón 2008). Al final de la gestación, las hembras presentan una disminución en el consumo de MS de hasta un 50%, debido al espacio ocupado por las crías; sin embargo, un consumo adecuado para este grupo, sería de 2.8% de PV (Gioffredo y Petryna, 2010). De acuerdo a esto, los animales del presente estudio se encuentran por debajo del promedio.

En animales en desarrollo se observó un consumo diario de forraje de 6.09% del PV en MF, equivalente a 1.76 kg MF/animal/día ( $\pm 0.19$ ). En términos de MS, el consumo fue de 1.39% de su PV, lo que representa 401 g ( $\pm 13$ ) de MS, 32.23 g ( $\pm 9.63$ ) PM/animal/día y 54 g ( $\pm 17$ ) de cenizas. El consumo total considerando el forraje y el alimento balanceado fue de 0.836 kg ( $\pm 0.130$ ) de MS, lo que representa un 2.89% del PV y 64.53 g ( $\pm 9.63$ ) PM/animal/día. De acuerdo con Gioffredo y Petryna, (2010), el consumo voluntario de MS durante esta etapa puede llegar hasta 4.5% de PV siendo mayor al obtenido en el presente estudio.

El consumo diario de forraje en los machos, fue de 5.11% del PV en MF, equivalente a 2.92 kg ( $\pm 0.069$ ) de MF; mientras, el consumo diario de MS fue de 1.15% de su PV, lo que representa 0.657 kg ( $\pm 0.294$ ) por animal. Por su parte, el pasto aportó 4.43 g ( $\pm 1.34$ ) PM/animal/día y 34 g ( $\pm 17$ ) de cenizas. El consumo total de pasto y alimento balanceado fue de 1.092 kg ( $\pm 0.294$ ) MS/animal/día, es decir, un 1.91% PV, y el consumo total de PM fue de 67.46 g ( $\pm 17.43$ ). El requerimiento de estos animales está en función de su mantenimiento y la función reproductiva que cumple en el hato.

El consumo diario de forraje de las hembras en lactancia, fue de 4.84% de su peso vivo en MF/animal, equivalente a 2.63 kg ( $\pm 0.082$ ). Vargas (2009) reporta consumos de 3.53% en pasto King grass a 90 días de rebrote; mientras que Elizondo (2004a; 2004b) reporta consumos de 6.87% del PV cuando se alimentaron cabras con forraje de sorgo negro de 70 días de edad y 6.22 % cuando el material tenía una edad de 84 días. En términos de MS, las cabras en producción consumieron en promedio 0.638 kg ( $\pm 0.245$ ) MS/animal/día, representando un 1.18% de su peso vivo. Chacón y Vargas (2010), reportan consumos de 0.52% para hembras lactantes; mientras que Elizondo (2004a) obtuvo consumos de 0.90%, 0.92% y 1.04% del PV del animal utilizando sorgo negro (*Sorghum almum*) con 56, 70 y 84 días de crecimiento, respectivamente. Considerando el consumo conjunto de forraje y

concentrado que recibe este grupo, el consumo total diario de MS fue de 1.856 kg ( $\pm 0.245$ ), lo que representa un 2.51% de su PV y el consumo total de proteína fue de 155 g PM/animal/día y 98 g ( $\pm 13$ ) de cenizas.

La relación leche: concentrado de las cabras en lactancia fue de 1.1:1. Esta relación es un indicador económico, que evidencia cómo se comporta la producción de leche en función del concentrado suministrado. En este caso específico por el costo de cada kg de alimento concentrado se produce 1.1 kg de leche, es decir que la respuesta económica a la suplementación es positiva. Sin embargo, al considerar que el aporte de energía neta de lactancia (EnL) por cada kilogramo de alimento balanceado ofrecido en fresco a las cabras en producción es de 1.61 Mcal EnL/kg y que el requerimiento para producir un kilogramo de leche (4% de grasa) es de 0.70 Mcal EnL (NRC, 2007), se estima que el alimento balanceado tiene potencial para producir 2.3 kg de leche. La carencia de energía en la dieta provoca un crecimiento lento, retardo en la pubertad, pérdida de peso, baja producción de leche, baja persistencia, lactaciones cortas y bajos porcentajes de concepción, entre otros (Elizondo, 2008).

La relación forraje:concentrado es un indicador del equilibrio de la dieta, no solamente de la relación de fibra y energía de la ración, sino también un indicador del costo económico de la dieta. La relación forraje:concentrado en las etapas de hembras en desarrollo, hembras secas, hembras primerizas, hembras productoras y machos fue de 48:52, 54:66, 58:42, 34:66, 60:40, respectivamente. Las raciones que contienen más de 65% concentrados (y así menos de 35% forrajes) tienen una densidad de energía alta, pero pueden provocar problemas de salud debido a la falta de fibra en la ración (acidosis ruminal y abscesos en el hígado) (Carvaca, 2005). Además, las raciones tienden a ser más caras, porque muchas veces los concentrados se compran y son más caros para el productor que los forrajes producidos en la misma finca (Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2016). En un estudio realizado en Coahuila, México se evaluó el efecto de la relación forraje:concentrado y el tamaño de partícula sobre la eficiencia lechera en cabras en lactancia inicial, el grupo más eficiente fue el que recibió una ración de 60:40 (López, 2010).

La relación forraje:concentrado es además un indicador clave para conocer el balance físico de la dieta. Considerando la densidad nutricional de la fuente alimenticia, el concentrado es



mucho más denso que los forrajes y el animal lo consume con mucha facilidad; sin embargo, el animal no experimenta llenado físico, el costo económico es muy alto y además podrían generarse problemas ruminales. Por otra parte, una dieta basada en forraje puede generar llenado físico, pero el animal podría llenarse antes de satisfacer sus requerimientos nutricionales. Una dieta balanceada permite que se cumpla con los requerimientos nutricionales de los animales, así como el llenado físico y la salud del rumen. Los resultados obtenidos en este estudio, indican que la relación forraje:concentrado es aceptable, aunque en el caso de las hembras en lactancia, podría plantearse incrementar la proporción de forraje principalmente por un tema de disminución costos, siempre y cuando la calidad del forraje sea buena.

**Tabla 2.** Análisis de consumo de materia fresca, materia seca y proteína metabolizable del recurso forrajero y alimento balanceado en caprinos. Heredia, 2015.

Dieta	Desarrollo	Secas	Primerizas	Productoras	Machos
Consumido, kg/animal/día	1.76 ( $\pm 0.19$ )	2.27 ( $\pm 1.01$ )	2.73 ( $\pm 0.34$ )	2.63 ( $\pm 0.82$ )	2.92 ( $\pm 0.69$ )
Consumido, % del peso vivo	6.09 ( $\pm 0.01$ )	3.74 ( $\pm 0.02$ )	6.60 ( $\pm 0.01$ )	4.84 ( $\pm 0.02$ )	5.11 ( $\pm 0.01$ )
% de forraje consumido del total ofrecido, BF	65.63	67.73	76.18	60.97	60.06
Ofrecida, % MS	21.94 ( $\pm 4.85$ )	21.94 ( $\pm 4.85$ )	21.94 ( $\pm 4.85$ )	21.94 ( $\pm 4.85$ )	21.94 ( $\pm 4.85$ )
Consumida, % MS	23.01 ( $\pm 7.82$ )	22.92 ( $\pm 8.68$ )	22.12 ( $\pm 6.14$ )	27.86 ( $\pm 6.39$ )	22.78 ( $\pm 9.04$ )
Consumida, kg/día	0.401 ( $\pm 0.130$ )	0.501 ( $\pm 0.244$ )	0.604 ( $\pm 0.179$ )	0.638 ( $\pm 0.245$ )	0.657 ( $\pm 0.294$ )
Consumida, % del peso vivo	1.39	0.82	1.46	1.18	1.15
<b>Proteína Metabolizable (forraje)</b>					
Ofrecida, %	4.34 ( $\pm 1.34$ )	4.34 ( $\pm 1.34$ )	4.34 ( $\pm 1.34$ )	4.34 ( $\pm 1.34$ )	4.34 ( $\pm 1.34$ )
Consumida, g/animal/día	32.23 ( $\pm 9.63$ )	25.48 ( $\pm 15.69$ )	28.76 ( $\pm 12.67$ )	30.58 ( $\pm 13.44$ )	34.06 ( $\pm 17.43$ )
MS total consumida, kg/día	0.836 ( $\pm 0.130$ )	0.936 ( $\pm 0.244$ )	1.039 ( $\pm 0.179$ )	1.856 ( $\pm 0.245$ )	1.092 ( $\pm 0.294$ )
Relación forraje/concentrado (% materia seca total)	48:52	54:46	58:42	34:66	60:40
Consumo de materia seca total/día (% del peso vivo)	2.89%	1.54%	2.51%	3.42%	1.91%
Proteína metabolizable total consumida (g/día)	64.53 ( $\pm 9.63$ )	70.02 ( $\pm 15.69$ )	73.31 ( $\pm 12.67$ )	155.31 ( $\pm 13.44$ )	67.46 ( $\pm 17.43$ )

### 5.1.2. Análisis químico de las pasturas

En la tabla 2, se muestran los valores bromatológicos del pasto ofrecido a los animales durante el estudio. De acuerdo con observaciones realizadas durante el muestreo, se determinó que la edad promedio de rebrote del pasto ofrecido fue de 120 días y el porcentaje de MS fue 21.94% ( $\pm 4.7$ ). Valores similares fueron obtenidos por Araya y Boschini (2005),

quienes analizaron la producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica, reportando promedios de 20.72% de MS en rebrotes de 112 días.

El promedio de PC obtenido fue 6.78% ( $\pm 2.00$ ). Valores similares fueron obtenidos por (Chacón y Vargas, 2009), quienes reportan promedios de 8.42% PC a los 90 días de rebrote. A los 126 días de rebrote, Araya y Boschini (2005) obtuvieron valores de 6.88% de PC. La concentración de la PC tiende a disminuir al aumentar la edad de la pastura, debido a la reducción de la actividad metabólica de la planta y la síntesis de compuestos proteicos (Ramírez *et al.* 2008).

Se obtuvo un contenido promedio de 57.11% ( $\pm 9.4$ ) de FDN en el forraje ofrecido. Valores superiores fueron encontrados por Chacón y Vargas (2009) quienes reportan 76.91% para un pasto con 90 días de rebrote. Estos autores afirman que la concentración de FDN aumenta conforme el pasto va madurando, lo que coincide con lo expresado por *et al.* (1992). Contrario a esto, Osorio y Rodríguez (2010) afirman que a medida que aumenta la edad de la planta, disminuye la concentración de FDN.

La concentración de FDA en el pasto ofrecido durante el estudio fue de 47.03% ( $\pm 11.7$ ), los cuales son superiores a los reportados por dos Santos *et al.* (2001) (41.9% con 90 días de rebrote), pero inferiores a los reportados por Osorio y Rodríguez (2010) (52.6% con 154 días de rebrote) en pasto *P. purpureum* cv. Elefante. Por su parte Chacón y Vargas (2009) informan concentraciones de 51.83% para pasto King grass con 90 días de rebrote. Por tanto, los pastos de la Finca Experimental Santa Lucía presentan condiciones similares a los reportados por otros autores.

En cuanto al contenido de cenizas, en el pasto ofrecido se obtuvo un 12.61% ( $\pm 1.31$ ), mientras que la concentración de ceniza en el pasto rechazado fue de 9.87% ( $\pm 1.99$ ). Araya y Boschini (2005) reportaron valores de 14.85% de cenizas en plantas con 114 días de rebrote, específicamente para los tallos reportan 10.95%, lo que coincide con el dato obtenido de rechazo considerando que este se encuentra compuesto básicamente de tallos. Por su parte Chacón y Vargas (2010) reportan 13.61% de cenizas en pasto King grass con 90 días de

rebrote, considerando la edad del pasto estudiado es posible observar un comportamiento similar.

**Tabla 2.** Análisis bromatológico del pasto ofrecido durante el estudio. Heredia, 2015.

<b>Componente</b>	<b>Promedio</b>	<b>DE</b>	<b>CV</b>	<b>MAX</b>	<b>MIN</b>
<b>MS, %</b>	21.94	4.7	0.215	0.301	0.133
<b>PC, %</b>	6.78	2.0	0.300	11.4	0.038
<b>FDN, %</b>	57.11	9.4	0.164	0.662	0.332
<b>FDA, %</b>	47.03	11.7	0.249	0.760	0.344
<b>Cenizas, %</b>	12.61	1.31	0.015	14.89	10.40

En condiciones ideales, los animales deben alimentarse con pastos de buena calidad a lo largo del tiempo, y para ello, los productores realizan cortes de forma periódica, buscando un balance entre calidad nutricional y producción de biomasa. De acuerdo con Bernal (2003), la calidad de los pastos tropicales varía con la edad, fertilidad del suelo, época del año, parte de la planta, método de suministrarlo al ganado y la especie. Por esta razón, es normal observar cierta variabilidad en la calidad nutricional de pastos de la misma edad en diferentes explotaciones. Sin embargo, debe procurarse ofrecer forrajes de la mejor calidad y con la menor variabilidad posible. Al analizar la variabilidad entre los resultados obtenidos en el estudio, resulta muy importante señalar las altas desviaciones estándar presentadas entre los datos.

La materia seca presentó una desviación estándar de  $\pm 4.7$ , con valores máximos y mínimos de 30 y 13%, respectivamente. En el caso de la proteína cruda, la desviación estándar fue de  $\pm 2$ , presentándose valores desde 3.8 hasta 11.4%. La variación en los contenidos de pared celular fue de  $\pm 9.4$  y  $\pm 11.7$  para FDN y FDA, respectivamente; lo cual puede afectar el consumo voluntario de MS (Corpoica, 1996).

Los aspectos de manejo asociados a la variabilidad nutricional de los pastos, usualmente ocurren por escasa planificación de cortas, problemas de fertilización o una mala selección de los cortes. Lo anterior ocasiona inestabilidad en el consumo de MS y en la productividad de los animales.

### 5.1.3. Balance proteico de la dieta

El balance proteico se realizó con base en los requerimientos calculados para cada etapa, así como el consumo de proteína metabolizable aportado por el pasto y el concentrado (tabla 3). Es posible observar que bajo las condiciones presentadas en el periodo de estudio, las hembras secas y las primerizas presentaron balances negativos.

**Tabla 3.** Balance proteico de las diferentes etapas estudiadas. Heredia, 2015.

Etapa	Requerimiento PM, kg/día	Consumo PM kg/día	Balance PM kg/día
<b>Desarrollo</b>	0.052	0.065	0.013
<b>Secas</b>	0.090	0.070	-0.020
<b>Primerizas</b>	0.088	0.073	-0.015
<b>Productoras</b>	0.106	0.155	0.049
<b>Machos</b>	0.090	0.569	0.479

Según los registros de pesajes correspondientes al periodo de estudio en los animales seleccionados, la GPD promedio reportada en los animales en desarrollo fue de 41.39 g/día ( $\pm 29.430$ g). Aunque el balance es positivo bajo esta circunstancia, es importante recalcar que dicha GPD es relativamente baja, considerando que los animales deben ser destetados y llegar a los 35 kg para su primera monta alrededor de los 8 meses de edad. Bajo este índice de crecimiento, los animales llegarían a ese peso a los 16 meses. Para alcanzar una GPD de 130 g/día necesaria para llegar a 35 kg a los 8 meses de edad, el requerimiento de proteína metabolizable de estos animales aumentaría a 76.02 g PM/día y el balance sería negativo (0.0115 g PM/día).

Las hembras secas presentaron un balance negativo, debido a que requieren 90.07 g PM/día y su consumo fue de 70 g PM/día. Estos animales requieren nutrientes para mantenimiento y para gestar las crías. El objetivo es que la madre acumule reservas corporales que le permitan producir calostro y leche de calidad. Una hembra mal alimentada durante la gestación produce menos leche, y por lo general, presentan menor instinto maternal; además, se pueden presentar abortos, crías de bajo peso y débiles, lo que probablemente incremente la mortalidad (Gioffredo y Petryna, 2010).

El balance realizado para las hembras primerizas resultó negativo, dejando de consumir al menos 15 g PM/día. Al igual que las hembras secas, estas deben llenar requerimientos para mantenimiento y gestación, pero además requieren para desarrollo. La GPD de estos animales para el periodo de estudio fue de 15.30 g/día. La GPD recomendada para esta etapa es de 60 g/día, considerando que el peso a primera monta es de 35 kg a 8 meses de edad y deben alcanzar el peso adulto (60 kg) a los 2 años de edad. Por lo tanto, el requerimiento diario de proteína metabolizable aumentaría en 12.57 g /día.

El grupo de hembras en producción presentó un balance positivo. La producción de leche promedio de este grupo durante el tiempo de estudio fue de 1.078 kg/día, con 3.19% de proteína. La relación leche:concentrado fue de 1.1:1; mientras, la relación forraje-concentrado fue de 36:44. En cuanto al balance proteico, el requerimiento solo para producción fue 50.3 g PM/día, y el requerimiento total fue de 106.4 g PM/día. Si la producción de leche aumentara en un 30% conservando el porcentaje de proteína, el aporte proteico de la dieta aún cubriría estos requerimientos. La producción de leche en este estudio, podría estar limitada entonces, tanto por el momento en la curva de lactancia en la que se encuentran los animales como por el aporte de energía de la dieta, evidenciado por la baja relación leche:concentrado.

Los machos reproductores poseen un exceso de PM en la dieta, debido a que su requerimiento fue de 90 g de PM/día y recibieron hasta 568 g de PM/día. Estos animales se alimentan para mantenimiento y reproducción, mientras que el ofrecimiento de alimento balanceado es de 0.5 kg/animal/día.

## **5.2.Análisis FODA**

Los resultados del análisis FODA se observan en la tabla 4. Este análisis se realizó con el fin de comprender las razones que dan origen al estado situacional de la explotación partiendo desde la nutrición del hato. En la dimensión técnica, la fortaleza más importante es el personal con que cuenta la explotación, ya que participan siete ingenieros agrónomos, una médico veterinaria y dos trabajadores de campo con amplia experiencia en la producción caprina. Esto permite contar con personal calificado en cada una de las áreas que desarrolla el proyecto. Además, presenta la oportunidad de vincularse con especialistas externos, técnicos

en la producción, zootécnicos, fitotecnistas, productores experimentados; además de universidades e instituciones sobresalientes en el área.

Por su parte, el análisis desprende varias debilidades relacionadas al manejo de los pastos, como incumplimiento de la programación de las cortas e inadecuadas edades de cosecha, lo que genera irregularidades en la calidad de los forrajes ofrecidos. Tampoco se ha establecido un plan de evaluación de la calidad de los forrajes, lo que limita las acciones de mejora necesarias.

El PPSRM, al ser un proyecto de la Escuela de Ciencias Agrarias de la UNA, recibe apoyo económico institucional para el pago de mano de obra, servicios públicos, transporte y combustibles. Además, el proyecto forma parte de las actividades de docencia en cursos relacionados a la producción animal de la carrera de Bachillerato y Licenciatura en Ingeniería en Agronomía, por lo que usualmente se facilitan materiales y herramientas para la ejecución de prácticas. Una oportunidad vital para el éxito del proyecto es la imagen institucional que se posee y permite ubicar el proyecto dentro de una categoría especial para el público meta.

Como debilidades en el área administrativa, se identificó un problema de coordinación y planificación de la distribución de las labores, así como la verificación del cumplimiento de estas. En vista de lo anterior, se mencionaron problemas de comunicación importantes que podrían estar afectando el desempeño laboral de los empleados. Se identificó como una amenaza importante el alto precio de los insumos requeridos, como concentrados, minerales y medicamentos.

El PPSRM presenta diversas fortalezas dentro de la dimensión social, la principal es que debido a su naturaleza puede liderar proyectos de enseñanza y extensión, cuenta con un equipo de trabajo experimentado y sólido que cumple una función social en el apoyo técnico a productores de bajos recursos económicos. Sin embargo, en algunos casos se señala la falta de compromiso por parte del personal involucrado en el proyecto.

En la dimensión ambiental se señala la ubicación como la principal fortaleza, debido a que presenta condiciones propicias para la producción caprina, temperaturas adecuadas y suelos fértiles para la producción forrajera. Además, la ubicación favorece la comercialización y

distribución del producto. Sin embargo, una amenaza que debe ser atendida es la falta de agua en época seca lo que afecta la producción y calidad de los pastos.

**Tabla 4.** Resultados del análisis FODA. Heredia, 2015

<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>	<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<b>Dimensión técnica</b>			
Personal capacitado	Manejo inadecuado de las pasturas	Vinculación con especialistas externos	
Experiencia aportada por el grupo de trabajo	Programación de cortas y edades de cosecha inadecuadas		
Instalaciones adecuadas	Irregularidad en la calidad nutricional de los pastos ofrecidos		
Posibilidad de generar investigaciones	No existe un procedimiento de evaluación de la calidad de los pastos		
Posibilidad de generar productos con valor agregado	No se adapta la dieta de los animales según la época del año y la calidad de los pastos		
<b>Dimensión administrativa</b>			
Herramientas y materiales siempre disponibles	Algunos de los empleados se atribuyen funciones que no corresponden	Imagen institucional	Gestión de proyectos y administración
Convenios con otras instituciones	Coordinación del trabajo de campo	Mercado creciente	Altos precios de productos (concentrados, minerales)
Se cuenta con presupuesto universitario	Falta de orden y seguimiento		
	Problemas de planificación		
	No se maneja como empresa lo que genera pérdida de eficiencia productiva y económica		
	No se realiza un proceso de verificación en el cumplimiento de labores		
	En época seca hay un faltante de pasto, por lo que se recurre a la compra de pacas de heno		
	Problemas de comunicación y verificación de cumplimiento de labores entre el personal de campo y administración de la finca		

<b>Dimensión social</b>		
Liderar proyectos de enseñanza y extensión debido al expertis generado	Problemas de comunicación interna	
Trabajo en equipo	Falta de compromiso por parte de algunos trabajadores	
Equipo de trabajo solido (proyecto)		
<b>Dimensión ambiental</b>		
Ubicación estratégica	Temperaturas propicias para la producción caprina	Cambio climático y fenómeno del Niño y la Niña
	Fotoperiodo favorable para la producción forrajera	Falta de agua en época seca
	Suelos con buena estructura	

### 5.3. Análisis de objetivos e indicadores

En la tabla 5, se describen los objetivos extraídos del análisis FODA dentro de los componentes nutrición, manejo de forrajes y recurso humano; además de los indicadores propuestos para su seguimiento.

**Tabla 5.** Matriz de objetivos e indicadores de eficiencia. Heredia, 2015

<b>Técnica</b>	<b>Administrativa</b>	<b>Social</b>	<b>Ambiental</b>
<b>Componente Nutrición</b>			
Llenar los requerimientos de proteína de los animales en todas las etapas	Verificar la calidad de la dieta		
<b>Balance proteico (PC dieta-PC requerida)</b>	Escala de 0 a 2		
<b>Optimizar uso de concentrados</b>			
<b>Relación leche:concentrado</b>			
<b>Maximizar la producción lechera</b>			
<b>Producción a 305 días</b>			
<b>Maximizar las GPD en las crías en desarrollo</b>			
<b>GPD/animal</b>			



**Maximizar las GPD en las hembras primerizas**  
**GPD/animal**

**Componente manejo de forrajes**

Maximizar la productividad de los forrajes <b>kg MS forraje/ha/año</b>	Verificar la productividad, calidad y utilización de los forrajes <b>Escala 0 a 3</b>	Reutilización de los residuos para fertilizar los pastos <b>Escala 0 a 2</b>
---	--	---

**Optimizar programa de cortes**  
**Escala 0 a 2**

**Maximizar el uso de biomasa forrajera**  
**% Utilización del forraje/corte**

**Maximizar productividad de la época lluviosa**  
**Escala 0 a 2**

**Componente humano**

Realizar capacitaciones anuales <b>Escala 0a 2</b>	Establecer el perfil laboral de los trabajadores <b>Escala 0 a 2</b>	Mejorar las relaciones laborales <b>Escala 0 a 2</b>
	Evaluar del cumplimiento de labores <b>Escala 0 a 2</b>	Mejorar comunicación entre administración-técnicos-campo <b>Auditorías de Comunicación Interna</b>

### 5.3.1. Componente nutrición

#### Llenar los requerimientos de proteína de los animales en todas las etapas

Con este objetivo se pretende que todas las etapas productivas del hato caprino satisfagan los requerimientos de proteína metabolizable. Para ello se utiliza el indicador de balance proteico, el cual determina si el balance es positivo (g de PM suplementada > g de PM requerida), negativo (g de PM suplementada < g de PM requerida) o si hay balance en la dieta (g de PM suplementada = g de PM requerida).

### **Optimizar uso de concentrados**

El objetivo es que el animal maximice su producción de leche con base en el alimento balanceado ofrecido y genere un retorno económico. Se utiliza como indicador la relación leche:concentrado. La relación existente entre la respuesta de la producción de leche y las cantidades de concentrado ofrecidas es crucial para determinar el uso más efectivo de éste (Kellaway y Porta, 1993).

### **Maximizar la producción lechera**

El objetivo es mejorar la producción láctea del hato, para ello se usa como indicador la producción media a 305 días, es decir la estandarización de la producción durante toda la lactancia del animal.

### **Maximizar las GPD en las crías en desarrollo**

El objetivo es mejorar la ganancia de peso diaria, considerando que los animales deben ser destetados a un peso promedio de 18 kg y llegar a los 35 kg para su primera monta alrededor de los 8 meses de edad. La GPD debe ser suficiente para llegar al peso propicio en el tiempo requerido. El indicador sería la ganancia de peso diario por animal.

### **Maximizar las GPD en las hembras primerizas**

Consiste en mejorar la ganancia de peso diaria en hembras de primer parto, con el objetivo de aumentar la probabilidad de supervivencia de las crías y la viabilidad de la hembra ya que aún se encuentra en desarrollo, esto permitirá una mejor composición corporal de los animales.

### **Verificar la calidad de la dieta**

El objetivo consiste en establecer un procedimiento para verificar la calidad de la dieta ofrecida y tomar medidas para adaptar la dieta a las diferentes situaciones que se presentan. El indicador es una escala de cero a dos donde: 0=no se analiza la calidad de la dieta; 1=se verifica la calidad de la dieta, pero no se toman medidas; 2= se verifica la calidad de la dieta y se toman medidas

### **5.3.2. Componente manejo de forrajes**

#### **Maximizar la productividad de los forrajes**

Propone cuantificar la productividad de los pastos de corta explotados por el PPSRM, utilizando el indicador kg MS forraje/ha/año. Para esto, se debe muestrear la producción en materia verde y materia seca por hectárea por cada ciclo de corta. La maximización se estima sobre la media más alta registrada para la explotación.

#### **Optimizar programa de cortes**

Consiste en programar las cortas para que se realicen a la edad de rebrote adecuada, con el fin de evitar el desperdicio y no ofrecer a los animales pasto excesivamente maduro y poco palatable y así mejorar el consumo. El indicador es una escala de cero a dos donde: 0=no hay programación de cortas; 1= se programan las cortas pero no se sigue la programación; 2= se programa y se sigue la programación de cortas.

#### **Verificar la productividad, calidad y utilización de los forrajes**

La propuesta consiste en realizar revisiones periódicas de la calidad de las pasturas, así como de la cantidad de biomasa disponible y de la distribución y utilización del material forrajero. El indicador es una escala de cero a tres, donde 0= no se verifica; 1=se verifica 1 variable; 2=se verifican 2 variables; 3=se verifican 3 variables.

#### **Maximizar el uso de biomasa forrajera**

La propuesta consiste en determinar el porcentaje de utilización del forraje por corte, dato que será utilizado como indicador con el objetivo de reducir el desperdicio. Este objetivo en conjunto con el anterior permitirá optimizar el uso de los forrajes.

#### **Maximizar productividad de la época lluviosa**

El objetivo es aprovechar la alta productividad de biomasa en época lluviosa y preparar materiales conservados para la época seca, evitando o reduciendo así la compra de pacas de heno. El indicador para este objetivo consiste en una escala de cero a dos en donde: 0=no se

aprovechan los excedentes de forraje en época lluviosa; 1= se aprovechan, pero no se suplementa; 2= se aprovechan y se suplementan.

### **Reutilización de los residuos para fertilizar los pastos**

Se pretende recolectar el alimento de rechazo de los comederos y las excretas para posteriormente, darles un tratamiento adecuado y generar fertilizantes para las pasturas. El indicador es una escala de cero a dos en donde: 0=se recolectan los residuos, pero no se reutilizan; 1= se recolectan los residuos, pero se reutilizan de forma incorrecta; 2= se recolectan los residuos y se reutilizan como abono para fertilizar los forrajes. De forma rutinaria, se recolectan los residuos de las canoas y de la excreta, por lo que no se plantea la opción de “no se recolectan los residuos” en la escala 0.

### **5.3.3. Componente humano**

#### **Realización de capacitaciones anuales**

Se busca mejorar el rendimiento y la calidad del trabajo por parte de los empleados. Para esto se requiere capacitar al personal. Se busca que se realicen algunas capacitaciones al año que no solo mejoren el rendimiento, sino que apoyen la armonía y el compromiso en el lugar de trabajo. Se creó una escala en función de evaluar el avance, la evaluación será de cero a dos en donde: 0=no se realizan capacitaciones para el personal de campo; 1= se realizan, pero no asisten; 2= se realizan y asisten.

#### **Establecer el perfil laboral de los trabajadores**

Este objetivo pretende que se describa clara y detalladamente el perfil laboral de cada empleado, en busca de que se conozca cuáles son sus responsabilidades de forma puntual. De esta forma, se busca evitar sobrecargas de trabajo sobre algunos trabajadores y se procura la igualdad en las cargas laborales. El indicador es una escala de cero a dos en donde 0= no se establece el perfil laboral de los trabajadores; 1= se Establece el perfil laboral de los trabajadores, pero no se cumple; 2 =se establece el perfil laboral de los trabajadores y se cumple.

### **Evaluar el cumplimiento de labores**

Con este objetivo se pretende que las labores definidas en el perfil laboral de cada empleado sean verificadas periódicamente, buscando optimizar la eficiencia de las jornadas laborales, y el adecuado funcionamiento del PPSRM. El indicador es una escala de cero a dos en donde: 0=no existe un plan de verificación de labores, 1= existe un plan de verificación de labores, pero no se ejecuta; 2= existe un plan de verificación de labores y se ejecuta.

### **Mejorar las relaciones laborales**

Este objetivo busca promover mejoras en el ambiente laboral, mediante procesos de retroalimentación, ya sean formales o informales, para conocer el nivel de comodidad de los trabajadores, respecto a su trabajo y a sus compañeros. Los resultados de estos análisis servirán para promover un ambiente laboral más apropiado. El indicador es una tabla de cero a dos, en donde: 0=no se promueven mejoras ni se investiga el ambiente laboral; 1= se investiga el ambiente laboral pero no se toman medidas; 2= se investiga el ambiente laboral desde las perspectivas internas y externas, se toman medidas para mejorar.

### **Mejorar comunicación entre administración-técnicos-trabajadores de campo**

El objetivo pretende agilizar y profundizar la comunicación entre la parte administrativa, los técnicos y los trabajadores de campo, en busca mejorar el ambiente laboral y la eficiencia en el cumplimiento de labores conjuntas. El indicador es una escala de cero a dos en donde: 0= no se investiga sobre el ambiente de comunicación interna: 1= se investiga el ambiente de comunicación interna mediante procesos de retroalimentación informales o auditorías de comunicación interna pero no se realizan mejoras en el proceso; 2=se investiga el proceso de comunicación interna mediante procesos de retroalimentación informales o auditorías de comunicación interna y se realizan mejoras en el proceso.

#### **5.4. Estandarización y rendimiento relativo de cada objetivo.**

En la tabla 6, se muestran los objetivos e indicadores para cada dimensión obtenidos a partir del análisis FODA Para evaluar el estado actual de la explotación en estudio, se realizó un

proceso de estandarización, para esto se definieron los valores óptimos, subóptimos y actuales. Los resultados permiten evaluar todo dentro de la misma escala.

**Tabla 6.** Valor actual, óptimo y sub-óptimo para obtener el rendimiento relativo de cada indicador. Heredia, 2015

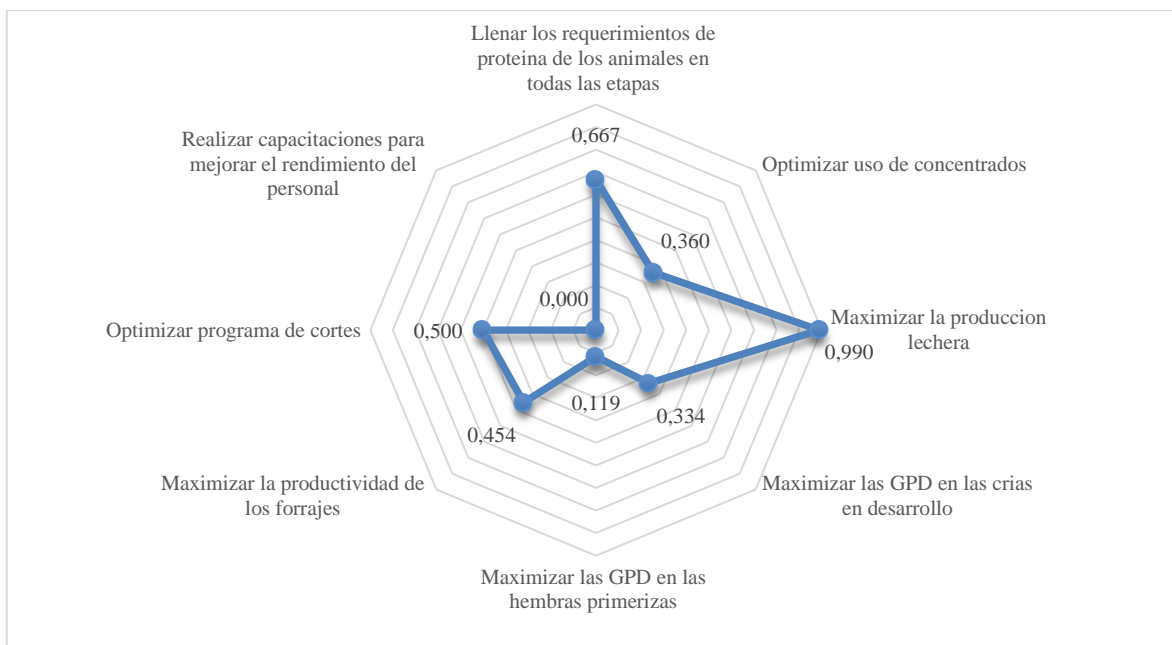
Objetivo / indicador	Valor Actual	Valor Subóptimo	Valor óptimo	Rendimiento relativo
<b>Dimensión técnica</b>				
Llenar los requerimientos de proteína de los animales en todas las etapas Balance proteico (PC dieta-PC requerida)	2	0	3	0.667
Optimizar uso de concentrados Relación leche:concentrado	1.1	0.42	2.31	0.360
Maximizar la producción lechera Producción a 305 días	612	120	617	0.990
Maximizar las GPD en las crías en desarrollo GPD/animal	41.39	0	124	0.334
Maximizar las GPD en las hembras primerizas GPD/animal	15.3	0	129	0.119
Maximizar la productividad de los forrajes kg MS forraje/ha	15400	7350	25087	0.454
Optimizar programa de cortes Programación y seguimiento de cortas (Escala 0-2)	1	0	2	0.500
Realizar capacitaciones para mejorar el rendimiento del personal Realización de capacitaciones en un año (Escala 0-3)	0	0	2	0.000
<b>Dimensión administrativa</b>				
Verificar la calidad de la dieta Escala de 0 a 2	0	0	2	0.000
Verificar la productividad, calidad y utilización de los forrajes Escala 0 a 3	1	0	3	0.333
Establecer el perfil laboral de los trabajadores Escala 0 a 2	1	0	2	0.500
Verificación el cumplimiento de labores por parte del equipo técnico evaluación del cumplimiento de labores (Escala 0-2)	2	0	2	1.000
Verificación el cumplimiento de labores por parte de los trabajadores evaluación del cumplimiento de labores (Escala 0-2)	0	0	2	0.000

<b>Dimensión social</b>				
Mejorar las relaciones laborales Feedbacks en busca de mejorar las relaciones laborales	0	0	2	0.000
Mejorar comunicación entre administración-técnicos-campo auditorías de Comunicación Interna	0	0	2	0.000
<b>Dimensión ambiental</b>				
Reutilizar residuos para fertilizantes Manejo adecuado de los residuos (Escala 0-2)	1	0	2	0.500
Maximizar productividad de la época lluviosa Aprovechamiento de excedentes de forraje	1	0	2	0.500

### **Dimensión técnica**

Dentro de esta dimensión, el indicador de la producción lechera a los 305 días fue el que obtuvo rendimiento relativo más cercano al óptimo con 0.99, en una escala de 0 a 1 (siendo 0 el límite inferior y 1 el límite superior) (ver figura 1). En segundo lugar, el balance proteico de la dieta obtuvo un rendimiento de 0.667, esto debido a que no todos los grupos evaluados están llenando sus requerimientos nutricionales. La optimización de la relación leche:concentrado es uno de los que obtuvo menor rendimiento 0.360, al igual que las capacitaciones realizadas al personal que obtuvieron el rendimiento mínimo.

Mediante el análisis de rendimiento, fue posible identificar los objetivos que deben ser considerados como prioritarios, con vistas a mejorar la eficiencia dentro del sistema productivo. Por ejemplo, maximizar la GPD en las hembras primerizas obtuvo un rendimiento de 0.119, y maximizar la GPD en crías en desarrollo obtuvo 0.334 en la evaluación de su rendimiento. Si estos parámetros se logran acercar al valor óptimo, se acortaría el tiempo a primera monta de las hembras y las crías tendrían mejores pesos al nacimiento y al destete.

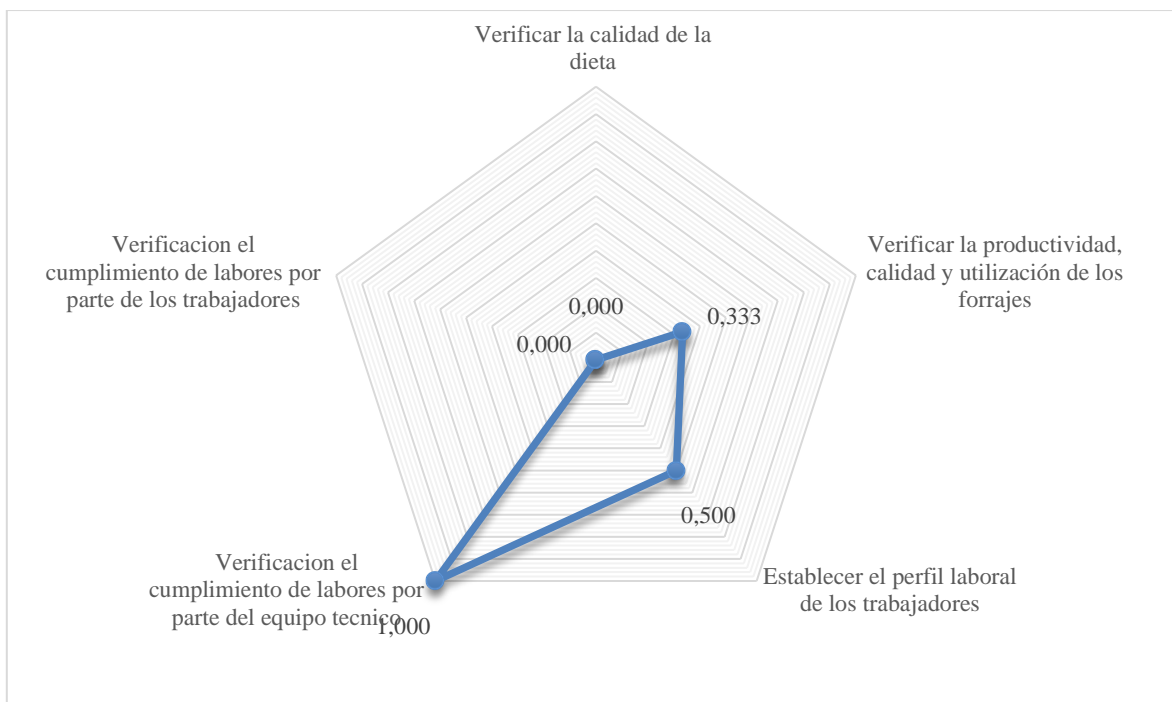


**Figura 1.** Rendimiento relativo para la dimensión técnica. Heredia, Costa Rica.

### Dimensión administrativa

Como es posible observar en la figura 2, dentro de esta dimensión, la verificación de labores por parte del equipo técnico obtuvo el valor óptimo 1.00. La descripción del perfil laboral de los trabajadores obtuvo 0.50, debido a que existe una repartición de ciertas labores, pero algunos encuestados consideran que se realizan labores que recargan a ciertos trabajadores y otros tienen roles en los que invierten poco tiempo. Por su parte, la verificación de la productividad, calidad y utilización de los forrajes obtuvo un rendimiento de 0.333, por lo que es prioritario tomar medidas en este ámbito. La verificación de la calidad de la dieta obtuvo el rendimiento mínimo, esto debido a que el momento del estudio no se realizó ningún tipo de estudio sobre la dieta, al igual que el proceso de verificación de labores por parte de los trabajadores de campo.





**Figura 2.** Rendimiento relativo para la dimensión administrativa. Heredia, Costa Rica.

### **Dimensión social**

El análisis de rendimiento de esta dimensión arroja que es una sección en la que no se ha asignado la atención requerida, debido a que ambos objetivos generados a partir del FODA obtuvieron la calificación más baja. Cuando se analizaron las entrevistas realizadas, fue evidente que existía un descontento por la falta de comunicación entre todas las partes que integran el sistema, por lo que es vital mejorar las relaciones laborales en busca de favorecer un ambiente de trabajo.

### **Dimensión ambiental**

Dentro de la dimensión ambiental los objetivos obtuvieron calificación intermedia, 0.50, ya que se toman algunas medidas en este ámbito, pero que aún no llegan a tener el rendimiento óptimo. Maximizar la producción forrajera de la época lluviosa realizando silos de forraje para la época seca, podría ayudar al cumplimiento del objetivo. De manera similar, aprovechar los desechos de la explotación para abonar los pastos y ahorrar en abonos

químicos, permitiría cumplir con el objetivo. Es importante actuar sobre estos objetivos, ya que pueden convertir el sistema en uno más eficiente.

### **5.5. Ponderación**

En la tabla 7, se muestra la importancia relativa de los indicadores, dentro de cada dimensión, de acuerdo con las opiniones de los evaluadores.

En la dimensión técnica, los objetivos maximizar la producción de forrajes y maximizar la producción lechera, fueron los que obtuvieron el factor de ponderación más alto; indicando que son los de mayor importancia. Mientras, el objetivo de capacitaciones para el rendimiento del personal fue el que obtuvo el factor de ponderación más bajo. La variación en la opinión de los evaluadores dentro de esta dimensión fue de dos puntos (máximo cinco y mínimo tres).

La dimensión administrativa presenta una amplia variación en la opinión de los evaluadores, la cual fue de cuatro puntos siendo máximo cinco y mínimo uno. El objetivo con el factor de ponderación más alto fue verificar la calidad de la dieta, seguido por verificar la productividad, calidad y utilización del forraje, así como la verificación del cumplimiento de labores por parte de los trabajadores de campo. Mejorar la comunicación entre administración-técnicos-trabajadores campo, mediante el uso de auditorías de comunicación interna es el objetivo con mayor factor de ponderación dentro de la dimensión social. Cabe destacar que en esta dimensión solamente se generaron dos objetivos, debido a que los resultados del análisis FODA mostraron que con estos se cubrirían las áreas problemáticas de dicha dimensión.

Los evaluadores consideraron que, dentro de la dimensión ambiental, lo más importante es maximizar la producción forrajera en época lluviosa; es decir, utilizar los excedentes de forrajes de la época lluviosa para preparar material ensilado para la época seca. Es importante destacar que la naturaleza del PPSRM es producir desde un enfoque de sostenibilidad, por lo que debería replantearse la importancia de reutilizar residuos y excretas para la elaboración de abonos.

**Tabla 7.** Cálculo de factor de ponderación. Heredia, 2015

Objetivo/indicador	EV.1	EV.2	EV.3	EV.4	EV.5	EV.6	Calificación absoluta	Factor de ponderación
<b>Dimensión técnica</b>								
Llenar los requerimientos de proteína de los animales en todas las etapas / <a href="#">Balance proteico (PC dieta-PC requerida)</a>	5	5	3	4	5	4	26	0.131
Optimizar uso de concentrados / <a href="#">Relación leche:concentrado</a>	3	3	5	4	3	4	22	0.111
Maximizar la producción lechera / <a href="#">Producción a 305 días</a>	4	4	5	4	5	5	27	0.136
Maximizar las GPD en las crías en desarrollo / <a href="#">GPD/animal</a>	3	5	5	4	4	5	26	0.131
Maximizar las GPD en las hembras primerizas / <a href="#">GPD/animal</a>	3	5	5	4	3	5	25	0.126
Maximizar la productividad de los forrajes / <a href="#">kg MS forraje/ha</a>	5	4	5	4	5	5	28	0.141
Optimizar programa de cortes / <a href="#">Programación y seguimiento de cortas (Escala 0-2)</a>	4	4	3	4	4	4	23	0.116
Realizar capacitaciones para mejorar el rendimiento del personal / <a href="#">Realización de capacitaciones en un año (Escala 0-3)</a>	3	3	3	4	4	4	21	0.106
Total	30	33	34	32	33	36	198	1.0
<b>Dimensión administrativa</b>								
Verificar la calidad de la dieta / <a href="#">Escala de 0 a 2</a>	5	5	5	5	2	5	27	0.220
Verificar la productividad, calidad y utilización de los forrajes/ <a href="#">Escala 0 a 3</a>	4	5	5	5	3	4	26	0.211
Establecer el perfil laboral de los trabajadores / <a href="#">Escala 0 a 2</a>	1	4	5	5	1	5	21	0.171
Verificación el cumplimiento de labores por parte del equipo técnico <a href="#">evaluación del cumplimiento de labores (Escala 0-2)</a>	2	4	5	5	2	5	23	0.187

Verificación el cumplimiento de labores por parte de los trabajadores <i>evaluación del cumplimiento de labores (Escala 0-2)</i>	5	4	5	5	2	5	26	0.211
Total	17	22	25	25	10	24	123	1.0
<b>Dimensión Social</b>								
Mejorar las relaciones laborales <i>Feedbacks en busca de mejorar las relaciones laborales</i>	3	3	5	3	4	5	23	0.479
Mejorar comunicación entre administración-técnicos-campo <i>auditorías de Comunicación Interna</i>	4	3	5	3	5	5	25	0.521
Total	7	6	10	6	9	10	48	1.0
<b>Dimensión Ambiental</b>								
Reutilizar residuos para fertilizantes <i>Manejo adecuado de los residuos (Escala 0-2)</i>	1	2	5	4	1	4	17	0.405
Maximizar productividad de la época lluviosa <i>Aprovechamiento de excedentes de forraje</i>	5	5	5	4	2	4	25	0.595
Total							42	1.0

En general existe coincidencia en las calificaciones adjudicados por los evaluadores. Para el presente, estudio se consideró indispensable la utilización del proceso de ponderación con el fin de incorporar las distintas opiniones de diferentes expertos de la manera más objetiva posible.

Asimismo, en la tabla 8 se presentan las calificaciones dadas por los evaluadores para cada una de las dimensiones bajo análisis. De acuerdo con las opiniones de los evaluadores, las dimensiones técnica y administrativa, son las que tienen factores de ponderación más altos. La dimensión ambiental obtuvo posición intermedia, mientras que la dimensión social obtuvo el factor de ponderación más bajo. De esta forma fue posible determinar cuáles son las dimensiones más prioritarias.

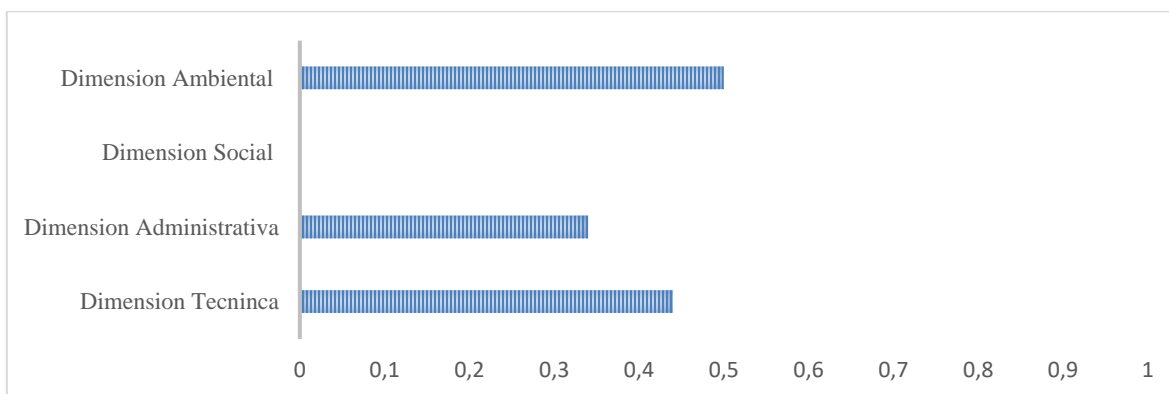
**Tabla 8.** Factor de ponderación para cada una de las dimensiones consideradas para la estimación de eficiencia del sistema caprino en Finca Experimental Santa Lucía; Heredia, Costa Rica.

Dimensión	EV 1	EV 2	EV 3	EV 4	EV 5	EV 6	Absoluto	Factor de Ponderación
Técnica	5	5	5	4	3	5	27	0.273
Administrativa	4	4	5	5	4	5	27	0.273
Social	2	4	4	3	4	4	21	0.212
Ambiental	1	3	5	5	5	5	24	0.242

### 5.6. Índices de eficiencia

A partir de cada uno de los factores de ponderación obtenidos, se calcularon los índices de eficiencia para cada dimensión (ver figura 1) y asimismo, el índice de eficiencia agregado (IEA) para todo el sistema.

Las dimensiones técnica y ambiental poseen los indicadores más altos, 0.44 y 0.50 respectivamente. Estos índices muestran que hay que potenciar las dimensiones en las que se presentaron valores cercanos al óptimo, y es vital trabajar en las áreas donde los valores fueron cercanos al mínimo. Es importante destacar que aun la dimensión que obtuvo el rendimiento relativo más alto, fue solamente de la mitad de la unidad de medición, es decir, aún queda trabajo por hacer en estas áreas para alcanzar los valores óptimos.



**Figura 3.** Comparación de índices de eficiencia de cada dimensión dentro del sistema, para el hato caprino de FESL. Heredia, Costa Rica.

El IEA para el PPSRM es de 0.336, siendo 1 el valor óptimo. Este valor es un indicador del estado situacional de la explotación. Es importante mantener un desarrollo más equilibrado

en las diferentes áreas, para que de esta forma el proceso de mejora sea más estable y duradero; esto, considerando la Ley de Liebig la cual indica que, el crecimiento sólo se produce en la tasa permitida por el factor más limitante (de la Llata, 2003).

El PPSRM tiene potencial para elevar considerablemente su rendimiento, es importante hacer uso de los indicadores generados para evaluar a posteriori el avance en cada dimensión, y por tanto mejorar los índices de eficiencia de cada área, así como del proyecto en general. El objetivo principal del PPSRM abarca el tema de la transferencia de tecnología, y este estudio puede ser parte de dicha tarea, considerando que es posible evaluar no solamente a nivel productivo, sino a nivel social, administrativo y ambiental, todo en vista de optimizar el proceso, mejorar la productividad y el ambiente laboral.

## **6. CONCLUSIONES**

Los grupos de hembras primerizas y secas no cumplen con los requerimientos proteicos necesarios para sus procesos biológicos habituales. El grupo de animales en desarrollo si bien cumple con las necesidades proteicas requeridas, tiene una GPD que podría estar afectando la producción a futuro.

El grupo de hembras en producción cumple con los requerimientos proteicos, la producción reportada para el momento del estudio es ligeramente baja, posiblemente por el momento en la curva de lactancia en la que se encuentra el hato.

Los indicadores identificados en este trabajo son en su mayoría fáciles de medir en la explotación estudiada, ya que es un sistema intensivo con registros productivos actualizados.

Los indicadores encontrados fueron utilizados como medio para evidenciar o estimar el estado actual de la explotación respecto a los objetivos de eficiencia planteados para cada componente dentro de las dimensiones.

Algunos de los objetivos planteados son conflictivos entre sí. Esto es particularmente importante cuando se comparan objetivos sociales o ambientales contra objetivos técnicos. Para encontrar el equilibrio, una opción es la continua implementación de un IEA, tal como se hizo en el presente estudio.

## **7. RECOMENDACIONES**

Es importante aplicar esta metodología periódicamente, con el objetivo de mejorar el índice agregado de eficiencia del sistema como tal, considerando cada objetivo e indicador y evaluando sus valores actuales en el transcurso del tiempo, constituyéndose en medios para respaldar la toma de decisiones sobre qué aspectos mejorar en el sistema para estar más cerca de los objetivos planteados.

Procurar el cumplimiento de los requerimientos nutricionales de los animales es en definitiva de vital importancia para asegurar el bienestar animal, de forma que los animales puedan cumplir los objetivos productivos y satisfacer sus necesidades fisiológicas naturales.

Al aplicar esta metodología en otro tipo de explotaciones, es recomendable modificar los índices de acuerdo a los resultados del FODA, ya que de esta forma se adaptará de una mejor manera a las condiciones particulares de cada caso.

La búsqueda de la eficiencia debe enfocarse a encontrar un punto de equilibrio según las prioridades establecidas por los encargados de la explotación.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. (1980). Official Methods of Analysis. 13th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. 376-384 p.
- Allen, M; Mertens, M. (1988). Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. *Journal Nutrition*.118:261-270
- Amaya, J. (2005). Gerencia: Planeación y estrategia (Fundamentos, Modelo y Software de Planeación). Bucaramanga: Universidad Santo Tomás de Aquino. 395p.
- AOAC. (1980). Official methods of Analysis. Association of Official Agriculture Chemists (12th ed). Washington D.C
- Araque, C. (1995). Evaluación del King grass ensilado con excremento de pollo (Yacija) en el engorde de mautes. *Zootecnia Tropical*. 13(1):3-16.
- Araya, M; Boschini, C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 16, núm. 1, enero-junio, 2005, pp. 37-43.
- Baumont, R; Prache, S; Meuret, M; Morand, P. (2000). How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a re-view. *Livestock Production Science*. 64:15-28
- Bavera, G. y Bocco, O. (1987). Suplementación Mineral del Bovino. Argentina. Editorial Hemisferio Sur.
- Bernal, J. (2003). Pastos y forrajes tropicales: producción y manejo. Bogotá, Colombia. Editorial Ángel agro-Ganadería intensiva-Ideagro.
- Blanco, H; Wautiez, F; Llaveró, A y Riveros, C. (2001). Indicadores regionales de desarrollo sustentable en Chile: ¿Hasta qué punto son útiles y necesarios?. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales (EURE)*, Pontificia Universidad Católica de Chile. 27(81):85-95.



- Buelvas, M. (2009). Evaluación de Tres Tipos de Fertilizantes Sobre la Producción de Biomasa y Calidad Nutricional del Pasto Maralfalfa (*Pennisetum Sp.*) cosechado a cuatro estadíos de crecimiento diferentes. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Zootecnista. Facultad De Ciencias Agropecuarias Programa De Zootecnia Bogota, D.C.
- Bueno, G; Mojica, J; Pardo, B. (2003). Alimentación bovina con base en cultivos forrajeros en fincas de pequeños productores del Piedemonte del Meta. Villavicencio, Colombia. Boletín de investigación No. 3. CORPOICA.
- Bunting, L; Boling, J; Mackown, C. (1989). Effect of dietary protein level on nitrogen metabolism in the growing bovine: I. Nitrogen recycling and intestinal protein supply in calves. *Journal of Animal Science*. 67: 810-819.
- Cannas, A., Tedeschi, L., Fox, D., Pell, A., Van Soest, P. (2004). A mechanistic model for prediction the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *Journal of Animal Science*. (82)149-169.
- Caravaca, F. Castel, J; Guerrero, J; Delgado, M; Alcalde, M; Gonzales, P. (2005). Bases para la producción animal. España. Publicaciones Universidad de Sevilla. España. 511p.
- Castellanos, A. (2012). Importancia de la producción de forrajes en la alimentación animal. Recuperado de <http://www.laselva.edu.mx/acastellanos/?p=15>
- Castrillo, L. (2014). Leche de cabra consolida nuevos mercados. *Revista UTN Informa*. 68:58-60.
- Castro, A. (1989). Producción de leche de cabras alimentadas con (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*), suplementadas con diferentes niveles de poró (*Erythrina poeppigiana*) y de fruto de plátano (*Musa sp.* Cv. „Pelipita“). Tesis para optar por el grado de Mag. Sc. en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- Castro, A. (2003). Historia de la caprinocultura en Costa Rica. Recuperado de [www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_animal/cabra\\_historia.html](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_animal/cabra_historia.html).

- Castro, M. 2002. Promotores del Crecimiento. Tendencias Actuales. ACPA 4/2002. p- 19.
- Chacón, A.; Araya, Y; Gamboa, M. (2008). Percepciones y hábitos de consumo de la leche de cabra y sus derivados en los costarricenses. *Agronomía Mesoamericana*. 19(2): 241-250.
- Chacón, P y Vargas, C. (2009). Digestibilidad y calidad del *Pennisetum purpureum* cv. King grass a tres edades de rebrote. *Agronomía Mesoamericana* 20(2):399-408. 2009.
- Chacón, P. (2008). Estimación del aprovechamiento en ganado caprino del *Pennisetum purpureum* cv. King Grass cosechado a tres diferentes edades de rebrote. Tesis para optar por el título de Licenciado en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Chacón, P., Vargas, C. (2010). Consumo de *Pennisetum purpureum* CV. King Grass a tres edades de cosecha en caprinos. *Agronomía Mesoamericana*. 21(2): 267-274.
- Chávez, M. (1990). Consumo voluntario de forraje, valor nutritivo de la dieta y gasto energético de vacas gestantes y lactantes en pastoreo. Tesis de Maestría. Chihuahua, México. Universidad Autónoma de Chihuahua.125p.
- Cheeke, P. (2005). *Applied animal nutrition*. Wisconsin, USA Pearson Prentice Hall.
- Church, D. (1989). *The Ruminant Animal*. O&B Books. NJ.Clin. Nutr. 25, 926-932.
- Congreso Argentino de Producción Animal; Conferencia 31<sup>a</sup>. (2008). San Luis, Cuba. Ed. Bedotti, F.
- Contexto ganadero. (2013). Informe: Sistemas de estabulación, ¿una apuesta arriesgada para su predio?. Recuperado de <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/informe-sistemas-de-estabulacion-una-apuesta-arriesgada-para-su-predio>
- Corbett, J., Freer, M. (2003). Past and present definitions of the energy and protein requirements of ruminants. *Asian-Aust. Journal of Animal Science*. (16)609-624.
- Cordero, R. (2012). *Especies Menores: Cabras*. San José, Costa Rica. EUNED.

- CORPOICA. (Corporación colombiana de investigación agropecuaria). (1996). Pasturas tropicales. Corpoica memorias del curso. Medellín, Colombia. 86-96 p.
- Crowder, L; Chheda, H. (1982). Tropical grassland husbandry. New York, USA. Longman Group Limited.
- De la Llata, M. (2003). Ecología y medio ambiente. Mexico, DF. El progreso , S.A. de C.V.
- Demey J, Adams M; Freites, H. (1994). Uso del método de análisis de componentes principales para la caracterización de ganaderías agropecuarias. *Agronomía Tropical*. 44(3): 475-497.
- Donker, I. (1989). Improved energy prediction equations for dairy cattle rations. *Journal of Dairy Science*.67 (2):427-436.
- dos Santos, E.; da Silva, D y de Queiroz, L. (2001). Composição química do capim-elefante cv. Roxo cortado em diferentes alturas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 30, no. 1, p. 18-23
- Elizondo, J. (2004<sup>a</sup>). Calidad nutricional y consumo de morera (*Morus alba*), ramio (*Bohemeria nivea* (L) GAUD) y sorgo negro forrajero (*Sorghum almun*) en cabras. *Agronomía Mesoamericana*. 15(2): 209-213.
- Elizondo, J. (2004<sup>b</sup>). Consumo de sorgo negro forrajero (*Sorghum almun*) en cabras. *Agronomía Mesoamericana* 15(1):77- 80.
- Elizondo, J. (2005). Calidad y consumo de sorgo negro forrajero (*Sorghum almun*), ramio (*Bohemeria nivea* (L) Gaud) y mezcla de ambos. *Pastos y Forrajes*. 28(3): 247-252.
- Elizondo, J. (2008<sup>a</sup>). Requerimientos Nutricionales de Cabras Lecheras: I. Energía Metabolizable. *Agronomía Mesoamericana*. 19(1): 115-122.
- Elizondo, J. (2008<sup>b</sup>). Requerimientos Nutricionales de Cabras Lecheras: II. Proteína Metabolizable. *Agronomía Mesoamericana*. 19(1): 123-130.
- Elizondo, J. (2011). ¿Cuánto come una cabra?. *Revista UTN informa* n°.58.-2011. Pág23.

- FAO. (2006). Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0f.htm>
- FAO. (2009). Producción Ganadera Bovina en las Américas. Recuperado de <http://www.rlc.fao.org/es/prioridades/transfron/eeb/pgan.htm>
- FAO. 2011. Hace falta aumentar la eficiencia en los sistemas pecuarios. (en línea). Consultado el 7 de febrero de 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/news/story/es/item/117075/icode/>
- FAOSTAT. (2013). Población de cabras en Costa Rica, Brasil, México y Centroamérica. Recuperado de <http://faostat.fao.org/>
- Faría-Mármol J, González B, Chirinos Z, Álvarez R. (2007). Efecto de la frecuencia de corte sobre la producción forrajera y valor nutritivo de cuatro cultivares de *Pennisetum purpureum*. Cuzco, Perú. En: Memorias XX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA).
- Fedegán. (2006). Plan estratégico de la ganadería colombiana 2019. Bogotá: Colombia.
- Forbes, J. (1996). Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. *Journal of Animal Science*. 74:3029-3035.
- Fulkerson, W; Donaghy, D. (2001). Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 41:261-275.
- Gallardo, M. (2007). Dietas Balanceadas con Forrajes Conservados: La Importancia De Diagnosticar La Calidad Nutricional. Rafaela, Argentina. E.E.A. INTA
- Gioffredo, J; Petryna, A. (2010). Caprinos: generalidades, nutrición, reproducción e instalaciones. Río Cuarto, Argentina. Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Agronomía Y Veterinaria.
- Goering, H., Van Soest, P. (1970). Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Handbook N° 379*. Washington, USA. ARS-USDA

- González, H. (2011). Factores claves para aumentar la eficiencia reproductiva en sistemas pastoriles de producción de leche. Departamento de producción animal Universidad de Chile. Chile. 34p.
- Goodstein, D; Nolan, M y Pfeiffer, W. (1998). Planeación estratégica aplicada. Bernal. Santafé de Bogota, CO. McGRAW-HILL, INC.
- Grant, R. (1991). Evaluating the feeding value of fibrous feeds for dairy cattle. Recuperado de [http : / www. inform.umd. edu / EdRes / Topic / A grEnv / ndd / feeding/EVALUATING FBROUS FEED FORDAIRYCAILE. Html TUFFS.html](http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/EVALUATING_FBROUS_FEED_FORDAIRYCAILE.Html)
- Hall, W; Hoover, W; Jennings, J. (1999). Los conocimientos tradicionales. Un método para detergente neutro partición de carbohidratos solubles. Science Journal Agricultura y Alimentación. V 79. p20-79.
- Harris, C. (1993). Value of high-fiber alternative feed stuffs as extenders of roughagesources. Recuperado de [http://www.inform.umd.edu/EdRes /Topic/ AgrEnv/ndd/feeding/VALuE OF HICH-FIBERALTERNATIVE FEEDS](http://www.inform.umd.edu/EdRes/AgrEnv/ndd/feeding/VALUE_OF_HICH-FIBERALTERNATIVE_FEEDS)
- Hill, G; Wyse, G; Anderson, J. (2006). Fisiología animal. Madrid, España. Editorial Médica Panamericana.
- Holdridge, L. (1979). Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- Hünemeyer, J; Camino, R y Müller, S. (1997). Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: indicadores para la agricultura y los recursos naturales. San José, Costa Rica Ed. M Araya., GTZ.
- II Simposio Nacional de la cabra (2015). Manejo nutricional de la cabra desde la monta hasta el parto. México, DF UNAM- CEIEPO.
- Illius, A; Jessop, N. (1996). Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. Journal of Animal Science. 74:762-768.

Instituto Meteorológico Nacional. (2014). Estación Santa Lucía. Recuperado de [http://www.imn.ac.cr/imn/MainAdmin.aspx?\\_\\_EVENTTARGET=ClimaCiudad&CIUDA D=9](http://www.imn.ac.cr/imn/MainAdmin.aspx?__EVENTTARGET=ClimaCiudad&CIUDA D=9)

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2015). VI Censo Nacional Agropecuario: Resultados Generales. San José, Costa Rica. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

Kellaway, R; S, Porta. (1993). Feeding concentrates: Supplements for dairy cows. Glen Iris, Victoria, Australia. Dairy Research and Development Corporation,

Lanari, C. (2002). Planificación Forrajera. Recuperado de <http://virasoro.usal.edu.ar/en/virasoro/planificacion-forrajera>

Looijen, M. (1997). Environmental impact assessment: Lecture notes. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences.

López, M. (2010). Efecto de la relación forraje concentrado y el tamaño de partícula sobre la eficiencia lechera en cabras en lactancia inicial. Presentado como requisito parcial para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista. Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro.

Mares, V. (1983). Aspectos en la utilización y producción de forrajes en el trópico: compilación de documentos presentados en actividades de capacitación. Turrialba. Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Maynard, L.; Loosli, J.; Hintz, H.; Warner, R. (1981). Nutrición animal. México, DF. McGraw-Hill. México.

Meléndez, J; Ibarra, G; Iglesias, O. (2000). *Pennisetum purpureum* cv. CRA – 265 en condiciones de secano. Parámetros agronómicos y valor nutritivo. Producción animal 12:17-20.

Mertens, D. (2002). Journal of AOAC International. 85: 1217-1240.

- Micó, M. (2014). Métodos de análisis de fibra y determinaciones físico-químicas en cítricos para el módulo de control alimentario del ciclo formativo de dietética. México, DF. Editorial área de innovación y desarrollo, S.L.
- Ministerio de Agricultura y ganadería. (2013). Programa nacional de especies menores, análisis de situación 2009. Recuperado de <file:///F:/PPS/paginas%20de%20internet/situacion%20caprino%20nacional%20MAG>
- Minson, J. (1990). Forage in Ruminant Nutrition. San Diego, CA, USA. Academic Press.
- Mora, I. (2007). Nutrición animal. San José, Costa Rica. EUNED.
- Mufarrege, D. (1999). Los Minerales en la Alimentación de Vacunos para Carne en la Argentina. Recuperado de [http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion\\_mineral/60-minerales\\_en\\_la\\_alimentacion\\_vacunos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/60-minerales_en_la_alimentacion_vacunos.pdf)
- Müller, S. (1996). ¿Cómo medir la sostenibilidad?: una propuesta para el área de la agricultura y de los recursos naturales. San José, Costa Rica. GTZ. (Serie Documentos de Discusión sobre Agricultura Sostenible y Recursos Naturales).
- Municipalidad de Barva. (2014). Generalidades. Recuperado de <http://munibarva.go.cr/>
- Murillo, L; Villalobos, L; Sáenz, F y Vargas, B. (2004). Un acercamiento integrado para determinar la sostenibilidad de granjas lecheras de Costa Rica: cálculo de los índices de sostenibilidad. *Livestock Research for Rural Development* 16 (12) 2004.
- Naghi, M. (2005). Metodología de la investigación. Mexico, DF. Limunsa.
- National Research Council (NRC). (1989). Nutrient requirements of dairy cattle. Washington, D.C. National Academy Press..
- National Research Council (NRC). (1996). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, USA. National Academy Press.

- National Research Council (NRC). (2000). Nutrient requirements of Beef Cattle. Washington, USA. National Academy Press.
- National Research Council (NRC). (2007). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, USA. National Academy Press.
- Osorio, W; Rodríguez, J. (2010). Efecto de fertilización y frecuencia de corte en la digestibilidad y contenido de fibra de *Pennisetum purpureum*. Tierra Tropical (2010) 6 (1): 55-61
- Páez, L; Jiménez, M. (2000). Caracterización estructural y tipologías de ganaderías de ganadería de doble propósito en la microregión Acequia-Socopo del estado Barinas. Zootecnia Tropical. 18(2): 177-196.
- Pasha, T; Prigge, E; Russel, R; Bryan, W. (1994). Influence of moisture content of forage diets on intake and digestion by sheep. Journal of Animal Science. 72:2455-2463.
- Peeler, H. (1972). Biological availability of nutrients in feeds: availability of major mineral ions. Journal of Animal Science. 35:695-712.
- Ramírez, J. (2009). Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas. Revista Ciencia Administrativa 2(2009): 54-61.
- Reeves, M; Fulkerson, W; Kellaway, R; Dove, H. (1996). A comparison of three techniques to determine the herbage intake of dairy cows grazing kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture. 36:23-30.
- Relling, E; Mattioli, G. (2003). Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes. EDULP. La plata, Argentina.
- Robbins, P y Coulter, M. (2000). Administración. México, DF. Pearson Educación.
- Rodrigues, M; Borgatti, O; Gomes, W; Passini, R y Meyer, PM. (2005). Efeito da adição de níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e o valor nutritivo da



silagem de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, julio/agosto, vol. 34, no. 4, p. 1138-1145.

Rodríguez, S. (2002). Diseño de indicadores de sustentabilidad por cuencas hidrográficas. Mexico DF. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Rodríguez, Y; Morin, D; Paredes, L; Capriles, M; Vargas, T; Núñez, R; Hidalgo, V. (2001) Diagnóstico estructural de ganaderías doble propósito en Santa Bárbara, Municipio Colón-Estado Zulia. *Zootecnia Tropical*. 19(1):17-29.

Rojas, A. (1995). Conceptos Básicos en Nutrición de Rumiantes. San José, Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica.

Sallenave, J. (2004). Gerencia y Planeación Estratégica. Bogotá, Colombia. Norma.

Samur, C. (1984). Producción de leche de cabras alimentadas con King grass (*Pennisetum purpureum*) y poró (*Erythrina poeppigiana*), suplementadas con fruto de banano (*Musa sp.* Cv. „Cavendish“). Tesis para optar por el grado de Mag. Sc. en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Santini, F. (2014). Conceptos básicos de la nutrición en rumiantes. Buenos Aires, Argentina. INTA-EEA.

Santini, F; Lu, C; Potchoiba, M; Fernández, J. (1992). Dietary fiber and milk yield, mastication, digestion and rate of passage in goats fed alfalfa hay. *Journal of Dairy Science* 75:209-219.

Sierra, P. (2002). Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. Medellín, Colombia. Editorial Universidad de Antioquia.

Simposio Internacional de Bovinos UFLA-FAEPE; Física Efectiva FNS y su uso en la formulación de raciones para vacas lecheras. (2001). Ed. Mertens, D. Lavras, France. UFLA-FAEPE.

- Smith, R; Moreira, L; Latrille, L. (2002). Caracterización de sistemas productivos lecheros en la Décima región de Chile mediante análisis multivariable. *Agricultura Técnica*. 62(3):375-395.
- Steiner, A. (1996) *Planeación estratégica: Lo que todo director debe saber*. México, DF. Editorial Continental.
- Tedeschi, L; Fox, D; Russell, J. (2000). Accounting for the effects of a ruminal nitrogen deficiency within the structure of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. *Journal of Animal Science*. (78)1648-1658.
- Tomasini, A. (1990). "Planeación Estratégica y Control Total de Calidad". México, DF. Editorial Grijalbo.
- UGRJ. (2016). Guía de alimentación de forrajes y concentrados. Recuperado de [http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=393&Itemid=138](http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=393&Itemid=138)
- Underwood, E; Suttle, N. (1999). *The mineral nutrition of livestock*. New York. USA. CAB international.
- Unión Regional de Jalisco. (2016). Guía de alimentación. Alimentación de forrajes y concentrados. Disponible en: [http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=393&Itemid=138](http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=393&Itemid=138)
- Van Soest, P. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. New York, USA. Cornell University Press. NY. P331.
- Van Soest, J., Robertson, J; Lewis, B. (1991). *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597.
- Vargas, C. (2009). Consumo y calidad del forraje *Trypsacum Laxum* de un año de edad en cabras. *Agronomía Mesoamericana* 20(2):391-398.

Villalobos, L; Sánchez, J. (2010). Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agronomía Costarricense* 34(1): 43-52.

Weihrich, H. (1982). The tows matrix a tool for situational, long rang planning, vol. 15, no. 2, Mexico 1982. p 54

Weiss, W. (1993). Fiber requirements of dairy cattle. Ohio, USA. NDF-Department of Dairy Science.

XIII Curso De Especialización FEDNA. (1997). Madrid, España. Madrid, España. FEDNA, S.