



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Suplementación estratégica para vacas lecheras de pequeños productores en la provincia de Ubaté**

**Juan Carlos Rojas Alvarado**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia  
Bogotá, Colombia

2019



# **Suplementación estratégica para vacas lecheras de pequeños productores en la provincia de Ubaté**

**Juan Carlos Rojas Alvarado**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en producción animal**

Director (a):

PhD. Juan Evangelista Carulla Fornaguera

Codirector (a):

PhD. Martha Lucía Pabón Restrepo

Línea de Investigación:

Nutrición de rumiantes

Grupo de Investigación:

Grupo de Investigación en Nutrición Animal

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia  
Bogotá, Colombia

2019



*Dedicatoria y lema*

*A mis padres Elsa y Carlos, mi hermano Javier, mis profesores, y compañeros, especialmente George, quienes contribuyeron a que este trabajo se hiciera realidad.*

*El ignorante afirma, el sabio duda y reflexiona.*

*Aristóteles*



## **Agradecimientos**

A todas aquellas personas que apoyaron mi formación como persona, como estudiante y profesional. El acompañamiento incondicional de todos ellos permitió la realización de este trabajo de investigación. A mis padres y mi hermano; a las profesoras Martha Pabón y Nhora Martínez y a los profesores Juan Carulla, Álvaro Wills y Aquiles Darghan; a mis amigos y compañeros de estudio Bryan, Camilo y especialmente a George, por su apoyo incondicional; a las personas pertenecientes al grupo de nutrición de rumiantes, así como al equipo profesional del laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional y profesionales de campo pertenecientes al proyecto “Innovación, ciencia y tecnología para productores de leche en la provincia de Ubaté Cundinamarca”. A cada uno de los productores que abrieron las puertas de sus fincas para permitir el desarrollo de la investigación, la señora Migdonia Carrillo y los señores Marco Ramirez, Guillermo Torres, Enrique Buitrago, José Forero y Eladio Cubillos y a sus familias... infinitas gracias.



## Resumen

El consumo de materia seca es una de las principales variables que determinan la producción de bovinos de leche. En Colombia, el sistema de alimentación se desarrolla en condiciones de pastoreo con suplementación con alimento balanceado. En la provincia de Ubaté, la oferta ambiental limitada y el inadecuado manejo de la cuerda eléctrica (restringiendo la oferta y generando variaciones diarias de la misma), no permite que los pequeños productores de leche ofrezcan a sus animales la cantidad de alimento que deberían consumir.

El presente estudio tiene tres objetivos: categorizar a estos pequeños productores de leche de la provincia, basados en el sistema de alimentación; realizar un balance nutricional en algunas de las fincas de pequeños y medianos productores de leche y demostrar que, bajo condiciones de restricción de oferta forrajera (siendo en promedio de 15 kg de MS/vaca/día), la mayor determinante de la producción de leche es el consumo de materia seca y no la calidad nutricional de los suplementos que se ofrezcan a los animales.

Para la categorización de los pequeños productores, fue aplicada una encuesta a 341 ganaderos, conteniendo preguntas de las características del sistema de alimentación utilizado en su finca. Con las respuestas fue realizado un análisis de conglomerados (k – modas), el cual dio como resultado 3 tipologías de productores diferentes: Un primer grupo que no recurre a la suplementación y dos grupos que sí recurren a ella de manera diferencial, los primeros de manera arbitraria y los segundos de manera estratégica. Sin embargo, la productividad de cada uno de los conglomerados no se vio afectada por el sistema de alimentación. Otros aspectos, probablemente la oferta y el consumo de materia seca serían más importantes.

Fue realizado un balance nutricional, a lo largo del tiempo (3 muestreos), de los animales de pequeños productores de leche, tomando como base 40 fincas representativas de la provincia, distribuidas en los 10 municipios que la componen (120 datos en total). Este

balance nutricional dio como resultado un consumo de materia total (promedio) de 10 kg, de los cuales casi el 80% era proveniente de la pastura, siendo ésta la principal fuente de variación sobre el consumo total en cada una de las fincas. Ante esta restricción de flujo de nutrientes, la energía se presenta como el primer limitante en la producción de leche. Por el contrario, la proteína metabolizable, en la mayor parte de los muestreos, fue excedentaria. En cuanto a los minerales, el calcio resultó ser deficiente en la dieta de los animales (si no es tenida en cuenta la sal mineralizada dentro de la misma), el fósforo por el contrario es excedentario y no debería ser suplementado dentro de la sal.

Adicionalmente, fue llevado a cabo un experimento que involucraba 12 animales distribuidos en 6 fincas de pequeños productores de la provincia de Ubaté (2 animales por finca), a los cuales se les ofrecieron, en un diseño de sobre-cambio, 3 suplementos que diferían en calidad en una misma cantidad diaria (4 kg/vaca/día)

- Suplemento 1 – baja concentración de almidón y alta concentración de azúcares, formulado con subproductos industriales
- Suplemento 2 – Alta concentración de almidón y baja concentración de azúcares, formulado con inclusión de granos y subproductos industriales
- Suplemento 3 – Alta concentración de almidón, baja concentración de azúcares e inclusión de aceite vegetal (aceite de palma).

La producción de leche, la concentración de proteína, la producción de proteína diaria y la condición corporal, no fueron modificados por el tipo de suplemento utilizado. Sin embargo, la producción de leche corregida por energía, la concentración de grasa, de sólidos totales y la producción de grasa, fue mayor en el suplemento 3, siendo la inclusión de aceite de palma y el perfil de ácidos grasos que éste le confiere a la dieta, el factor diferencial para la obtención de estos resultados.

Se concluye que el consumo de materia seca es uno de los principales factores que influyen la producción de leche de animales en pastoreo que se encuentran bajo condiciones de restricción de consumo y que la inclusión de aceites vegetales (aceite de palma), tiene la capacidad de incrementar la concentración de la grasa de la leche, sin embargo, esta tecnología tendría restricciones de uso por su costo.

**Palabras clave:** Sistema de alimentación, consumo de materia seca, balance nutricional, suplementación estratégica.

## Abstract

Dry matter intake is one of the main variables that determine the milk production of dairy cattle. In Colombia, the feeding system is developed under grazing conditions with supplementation of concentrates. In Ubaté's province, the limited environmental offer and the inadequate management of electric fence, does not allow small milk producers to offer their animals the amount of food they should consume.

The present study has three objectives, categorize these small milk producers of the province, based on their feeding system; make a nutritional balance in some farms of small and medium milk producers and show that, under low intake conditions, the major determinant of milk production is the dry matter intake and not the nutritional quality of the supplements offered to the animals.

For the categorization of small producers, a survey was applied to 341 farmers, who had questions about their feeding systems. With the answers, a cluster analysis (K-modes) was carried out, which resulted in three different types of producers. A first group that does not use supplementation and two groups that use it in a differential manner, the first ones in an arbitrary way and the others use it strategically. However, the productivity of each cluster were not affected by its feeding system, other aspects, probably the dry matter intake would be more important.

A nutritional balance was made (with the CNCPS v6.5 software), over the time (3 sampling periods) of the animals of small producers based on 40 representative farmers of the province, distributed in the 10 municipalities that compose it (120 data in total). This nutritional balance resulted in a total dry matter intake (average) of approximately 10 kg, of which almost 80% was from pasture, being this, the main source of variation over the total dry matter intake in each one of the farms. This intake restriction of nutrient flow, leads the energy to be the limiting nutrient in milk production. On the contrary, the metabolizable protein, in most of the samples, was surplus. For minerals, calcium was found to be deficient in the diet of the animals (if mineral salt is not taken into account), phosphorus on the contrary is surplus and should not be supplemented in the mineral salt.

To prove that milk production is directly related to the dry matter intake and not to the nutritional quality of the supplements offered, an experiment was carried out involving 12 animals distributed in 6 farms of small producers in the Ubaté's province (2 animals per farm). These animals (homogeneous in age, production, breed and management conditions) were offered, in a crossover design, three supplements that differ in quality:

- Supplement 1 – low concentration of starch and high concentration of sugars, formulated with industrial by-products.
- Supplement 2 – high concentration of starch and low concentration of sugars, formulated including grains and industrial by-products
- Supplement 3 – high concentration of starch, low concentration of sugars and inclusion of vegetable oil (palm oil).

These supplements were offered at the same amount per animal per day (4 kg). The results showed that milk production, body condition score, protein concentration and daily protein production, are not modified by the type of supplement used. However, energy corrected milk, fat concentration, total solids and production of fat was higher in supplement 3, being the fatty acid profile of the diet, the differential factor for obtaining these results.

It is concluded that the dry matter intake is one of the main factors that influence the production of milk in grazing animals that are under restriction conditions and that the inclusion of vegetable oils (palm oil), has the capacity to increase the concentration of milk fat, however, this technology would have restrictions of use because of its cost.

**Keywords:** Feeding system, dry matter intake, nutritional balance, strategic supplementation

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen.....</b>	<b>IX</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>XII</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>XVII</b>
<b>Lista de tablas.....</b>	<b>XIX</b>
<b>Lista de Símbolos y abreviaturas .....</b>	<b>XX</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Suplementación de bovinos de leche en pastoreo .....</b>	<b>5</b>
Resumen .....	5
Abstract .....	6
1.1 Producción de leche en Colombia .....	6
1.1.1 Producción de leche en la provincia de Ubaté .....	8
1.1.2 Producción de leche en pastoreo.....	13
1.2 Suplementación en pastoreo.....	15
1.2.1 Oferta de forraje y tasa de sustitución.....	15
1.2.2 Suplementación estratégica.....	17
1.2.3 Respuesta en leche de la suplementación en sistemas pastoriles .....	21
1.3 Conclusiones.....	23
1.4 Referencias bibliográficas .....	24
<b>2. Caracterización y agrupación de los sistemas de alimentación de las lecherías de pequeños productores de la provincia de Ubaté .....</b>	<b>29</b>
Resumen .....	29
Abstract .....	30
2.1 Introducción.....	30
2.2 Materiales y métodos .....	32
2.3 Resultados .....	34
2.3.1 Características comunes de los sistemas de alimentación .....	34
2.3.2 Análisis de conglomerados .....	35
2.4 Discusión.....	37
2.4.1 Características generales de los sistemas de alimentación .....	37
2.4.2 Análisis de prácticas de alimentación que son diferentes dentro de la región.....	39
2.5 Conclusiones.....	43
2.6 Referencias bibliográficas .....	44
<b>3. Deficiencias nutricionales de vacas lecheras de pequeños productores de la provincia de Ubaté.....</b>	<b>51</b>
Resumen .....	51
Abstract .....	52
3.1 Introducción.....	52
3.2 Materiales y métodos .....	54

3.2.1	Consumo de materia seca .....	54
3.2.2	Composición de nutrientes de la dieta.....	55
3.2.3	Balance nutricional.....	56
3.2.4	Análisis estadístico.....	57
3.3	Resultados.....	58
3.3.1	Composición nutricional de los recursos alimenticios.....	58
3.3.2	Modelos animales .....	61
3.3.3	Consumo.....	62
3.3.4	Balance de nutrientes.....	64
3.4	Discusión .....	69
3.4.1	Características de las dietas .....	69
3.4.2	Consumo de materia seca .....	73
3.4.3	Balance de nutrientes.....	74
3.4.4	Relación entre consumo de materia seca y producción de leche .....	77
3.5	Conclusiones .....	78
3.6	Referencias bibliográficas.....	79
<b>4.</b>	<b>Suplementación estratégica de bovinos de leche, en restricción de consumo, de pequeños productores de la provincia de Ubaté, Cundinamarca.....</b>	<b>87</b>
	Resumen.....	87
	Abstract.....	88
4.1	Introducción .....	89
4.2	Materiales y métodos.....	90
4.2.1	Localización.....	91
4.2.2	Periodo experimental y tratamientos .....	91
4.2.3	Animales y manejo.....	93
4.2.4	Mediciones, toma de muestras y análisis de laboratorio.....	93
4.2.5	Análisis químicos .....	94
4.2.6	Diseño experimental .....	94
4.2.7	Cálculos .....	96
4.3	Resultados.....	97
4.3.1	Pasturas.....	97
4.3.2	Otros suplementos.....	98
4.3.3	Producción y calidad de leche.....	99
4.3.4	Consumo y digestibilidad.....	100
4.3.5	Conversión.....	100
4.4	Discusión .....	101
4.4.1	Sustitución de azúcares por almidones .....	103
4.4.2	Inclusión de grasas saturadas en un suplemento rico en almidones	103
4.4.3	Balance económico de los suplementos.....	104
4.5	Conclusiones .....	105
4.6	Referencias bibliográficas.....	106
<b>5.</b>	<b>Discusión general conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>113</b>
5.1	Discusión general .....	113
5.2	Conclusiones .....	115
5.3	Recomendaciones .....	116
<b>A.</b>	<b>Anexo: Preguntas de caracterización de los sistemas de alimentación de pequeños productores de la provincia de Ubaté .....</b>	<b>119</b>
<b>B.</b>	<b>Anexo: Orden de las fincas para análisis de conglomerado en R Studio .</b>	<b>120</b>

<b>C.</b>	<b>Anexo: Vector de conglomerados – análisis en R Studio .....</b>	<b>120</b>
<b>D.</b>	<b>Anexo: Ubicación de las fincas visitadas para la caracterización de los sistemas de alimentación en la provincia de Ubaté .....</b>	<b>133</b>
<b>E.</b>	<b>Anexo: Producción de heces, consumo de forraje, consumo total, producción de leche, relación leche concentrado y relación leche suplemento....</b>	<b>133</b>
<b>F.</b>	<b>Anexo: SAS.....</b>	<b>135</b>

## Lista de figuras

	Pág.
<b>Figura 1.1</b> Producción mundial de leche (leche y equivalentes de leche), promedio años 2012 a 2014. (Fuente: Adaptado de FAO, 2016).....	7
<b>Figura 1.2.</b> Distribución del inventario bovino en la provincia de Ubaté, según destino productivo. (Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá, 2013.).....	8
<b>Figura 1.3.</b> Ubicación y división política de la provincia de Ubaté.....	10
<b>Figura 1.4.</b> Precipitación promedio mensual en tres estaciones meteorológicas ubicadas en la provincia de Ubaté, Línea verde, estación de Carmen de Carupa de 1985 al 2010; línea roja, estación de Cucunubá de 1999 a 2015; línea azul, estación de Ubaté de 1987 a 2010 (Fuente: IDEAM, 2015).....	11
<b>Figura 1.5.</b> Relación entre la carga animal y la producción por animal por hectárea.....	14
<b>Figura 1.6.</b> Relación entre la oferta de forraje y la tasa de sustitución.....	16
<b>Figura 2 1</b> Diferencias en producción individual (L/vaca/d) y producción por hectárea (L/ha) entre los conglomerados respecto al promedio general.....	40
<b>Figura 2 2</b> Distribución espacial de las fincas pertenecientes a cada conglomerado dentro de la provincia.....	41
<b>Figura 3.1</b> Distribución del alimento (kg MS/vaca/día) en las fincas modelo de la provincia de Ubaté.....	62
<b>Figura 3 2</b> Relación entre oferta forrajera y consumo de pastura.....	63
<b>Figura 3.3</b> Relación entre consumo de materia seca observado y la producción de leche.....	64
<b>Figura 3.4</b> Relación entre el rango consumo de materia seca de predicha del modelo (CNCPS v6.5, esperado inferior y superior) y el consumo de materia seca observado (puntos azules).....	64
<b>Figura 3.6</b> Consumo de energía metabolizable observado (puntos azules) vs consumo de energía metabolizable esperado, sin tener en cuenta ganancia diaria de peso. Línea de azul, es la regresión lineal entre consumo energía esperado vs observado. La línea roja representa la relación $Y=X$ entre lo esperado y lo calculado.....	65

<b>Figura 3.7</b> Balance de energía metabolizable en los 120 muestreos (40 fincas en 3 meses diferentes).....	66
<b>Figura 3.8</b> Consumo estimado de proteína metabolizable Vs consumo de proteína metabolizable esperado (requerimiento), sin tener en cuenta la ganancia diaria de peso.....	67
<b>Figura 3.9</b> Balance (g/vaca/d) de proteína metabolizable en los 120 muestreos (40 fincas en 3 meses diferentes).....	68
<b>Figura 3.10</b> Consumo de calcio observado (g) vs requerimiento (consumo esperado) de calcio (g).....	69
<b>Figura 3.11</b> Consumo de fósforo observado (g) vs requerimiento (consumo esperado) de fósforo (g).....	69
<b>Figura 3.12</b> Consumo de energía metabolizable observado (puntos azules) vs consumo de energía metabolizable esperado, ajustado por ganancia diaria de peso. ....	75
<b>Figura 3.13</b> Consumo de proteína metabolizable observado (puntos azules) vs consumo de proteína metabolizable esperado, ajustado por ganancia diaria de peso. ....	76

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 2.1</b> Uso de recursos alimenticios diferentes a la pastura, manejo de la pastura, productividad animal y por hectárea en 341 explotaciones de pequeños y medianos productores de leche de la provincia de Ubaté.....	35
<b>Tabla 2.2</b> Frecuencia (%) de uso de diferentes alimentos en cada uno de los conglomerados.....	36
<b>Tabla 3.1</b> Fórmula típica del alimento estándar utilizado para establecer el balance nutricional.....	55
<b>Tabla 3.2</b> Calidad composicional (macronutrientes) de pasturas, forrajes conservados y suplementos utilizados en 40 fincas de pequeños productores de leche.....	58
<b>Tabla 3.3</b> Calidad composicional (macrominerales) de pasturas, forrajes conservados y suplementos utilizados en 40 fincas de pequeños productores de leche.....	59
<b>Tabla 3.4</b> Calidad composicional (microminerales) de pasturas, forrajes conservados y suplementos utilizados en 40 fincas de pequeños productores de leche.....	60
<b>Tabla 4.1</b> Localización de las fincas experimentales.....	91
<b>Tabla 4.2</b> Composición de ingredientes y composición química de los suplementos experimentales.....	92
<b>Tabla 4.3</b> Modelo experimental aplicado.....	95
<b>Tabla 4.4</b> Composición química de los forrajes de las fincas experimentales.....	97
<b>Tabla 4.5</b> Consumo As Fed (AF) y en materia seca (MS) de suplementos adicionales en la dieta en las fincas experimentales.....	98
<b>Tabla 4.6</b> Composición química de otros suplementos utilizados en las fincas experimentales.....	98
<b>Tabla 4.7</b> Producción y composición de la leche de vacas suplementadas con un suplemento rico en azúcares (1), un suplemento rico en almidones (2) y un suplemento rico en almidones y grasa saturada (3).....	99
<b>Tabla 4.8</b> Consumo, digestibilidad y relación leche:consumo de materia seca de los tratamientos.....	100
<b>Tabla 4.9</b> Balance económico de los suplementos experimentales.....	105

## Lista de Símbolos y abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Término</b>
<i>MS</i>	Materia seca
<i>PC</i>	Proteína cruda
<i>EE</i>	Extracto etéreo
<i>Cz</i>	Cenizas
<i>FDN</i>	Fibra detergente neutro
<i>FDA</i>	Fibra detergente ácida
<i>LIG</i>	Lignina
<i>DIVMS</i>	Digestibilidad <i>In vitro</i> de la material seca
<i>TDN</i>	Nutrientes digestibles totales
<i>FV</i>	Forraje verde
<i>Kg</i>	Kilogramo
<i>d</i>	Día
<i>ESM</i>	Error estándar de la media
<i>BEN</i>	Balance energético negativo
<i>MUN</i>	Nitrógeno ureico en leche
<i>BUN</i>	Nitrógeno ureico en sangre
<i>LCE</i>	Leche corregida por energía
<i>LLDS</i>	Litros libres después de suplementación
<i>Mcal</i>	Megacaloría
<i>msnm</i>	Metros sobre el nivel del mar
<i>mm</i>	Milímetros
<i>m<sup>2</sup></i>	Metros cuadrados
<i>ml</i>	Mililitro
<i>Cr</i>	Cromo
<i>C.C.</i>	Condición corporal
<i>°C</i>	Grados centígrados
<i>R<sup>2</sup></i>	Coeficiente de determinación

# Introducción

En Colombia, la lechería intensiva y específicamente en la provincia de Ubaté, predominan los sistemas de producción de leche en pastoreo de kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (anteriormente *Pennisetum clandestinum*), utilizando de manera mayoritaria las razas holstein y normando. Este forraje no es suficiente para lograr la expresión del potencial genético del animal, las producciones que alcanza, cuando la dieta se compone únicamente de él, se encuentran entre los 8 a los 12 litros de leche si no hay limitación en la oferta (Fedegan, 2017; Carulla *et al*, 2004). Esto ocurre debido a que el kikuyo tiene una serie de restricciones nutricionales (bajo potencial de consumo, baja concentración de energía, bajos niveles de proteína pasante y su perfil de minerales) (Carulla *et al*, 2004)

La provincia de Ubaté es considerada como una de las principales cuencas lecheras del departamento de Cundinamarca y de Colombia. Produce cerca de 667.000 litros de leche al día y representa el 20% de la producción total de leche del departamento y el 4% de la producción nacional (Gobernación de Cundinamarca, Cámara de Comercio, 2013).

Es una región que depende en gran medida de la producción de leche, que es realizada en una alta proporción (92%) por pequeños y medianos productores de leche (menos de 50 vacas). La actividad lechera de esta región está amenazada por la entrada en vigencia de los tratados de libre comercio que han desnudado la baja competitividad de este sector. En el 2012, Colombia importó leche en polvo y otros productos lácteos de países como Uruguay, Argentina y Chile (Unidad de seguimiento de precios, MADR, 2013) que producen leches a costos muy inferiores a los del mercado nacional (IFCN, 2011) lo cual ha generado incrementos en los inventarios de producto terminado y una reducción en los precios al productor (Unidad de seguimiento de precios, MADR 2013) y por lo tanto una reducción en su ingreso. El documento CONPES 3765 (2010) sugiere que para reducir la pérdida del mercado interno con la entrada en vigencia de los tratados de libre comercio

el sector lácteo debería incrementar la productividad, disminuir los costos de producción. Complementariamente, debería consolidar el estatus sanitario para consolidar el ingreso real a nuevos mercados.

La provincia de Ubaté tiene un régimen de lluvias bimodal y éstas oscilan entre los 600 y los 1300 mm anuales, con altos índices de evaporación (750 a 1000 mm anuales) (Corporación Autónoma Regional, 2006). Debido a esto, en la provincia, el crecimiento de las pasturas se presenta de manera estacional y, por tanto, existe déficit forrajero a lo largo del año. Adicionalmente, el manejo del pastoreo, restringe el consumo animal. La pastura, entonces, no logra suplir los requerimientos de nutrientes de animales con alto potencial genético para la producción de leche (Mella Fuentes, 2003), pues el consumo de materia seca y como consecuencia de esto, el flujo de energía es insuficiente (Bargo *et al.*, 2003; Macdonald *et al.*, 2002).

La producción lechera en estos sistemas de producción campesina, han sido caracterizados (Garzón, 2018; Castañeda, 2012) pero las limitaciones de orden productivo no han sido identificadas. La producción de leche en estos sistemas (10 – 11 L/vaca/día) no reflejan el alto potencial para la producción de leche teniendo en cuenta las razas utilizadas, lo cual sugiere serias limitaciones en el consumo de nutrientes por las vacas. Los sistemas de producción lechera en la provincia de Ubaté son principalmente pastoriles, manejados en franjas con cuerda eléctrica. Muchos productores usan algún tipo de suplemento para sus vacas, pero la eficiencia económica y productiva del uso de estos no ha sido validada. El propósito de este trabajo fue el de caracterizar los sistemas de alimentación de estos sistemas productivos, identificar las limitantes de orden nutricional y evaluar tres estrategias de suplementación bajo la hipótesis de que la principal limitante de la producción en los mismos era el consumo de materia seca.

El presente trabajo fue desarrollado en 3 fases, en la primera fase, fueron aplicadas encuestas con preguntas respecto al sistema de alimentación a pequeños productores y luego fueron sometidas a un análisis de conglomerados k-modas para conocer si existen diferencias entre los sistemas de alimentación de los campesinos dentro de la misma provincia.

---

Posteriormente, se realizaron visitas a 40 fincas con el fin evaluar el estatus nutricional de los animales de estos pequeños y medianos productores de la provincia, conociendo las características nutricionales de sus pasturas y sus suplementos.

Finalmente, teniendo en cuenta la información recolectada durante las fases anteriores, fue diseñado un experimento en donde fueron probados 3 tipos de suplementos diferenciados en calidad nutricional, para evaluar la respuesta en producción de leche, calidad nutricional de la leche y la condición corporal de animales de pequeños productores de la provincia de Ubaté.



# 1. Suplementación de bovinos de leche en pastoreo

## Resumen

Colombia es el cuarto país productor de leche en Latinoamérica. El sector atraviesa por algunos desafíos y es una prioridad aumentar la productividad y la competitividad. La provincia de Ubaté, es una provincia con experiencia agropecuaria, específicamente en la producción de leche, basa su producción en sistemas de pastoreo y se ha demostrado que en estos sistemas si no hay restricción alguna (oferta forrajera, carga animal, calidad nutricional de la pastura), las producciones de leche pueden alcanzar valores de hasta 20 litros de leche por día. Sin embargo, las características ambientales no permiten mantener una oferta de forraje constante, por lo que es necesario recurrir a la suplementación.

La suplementación en sistemas pastoriles, debe ser una suplementación estratégica que permita mantener la tasa de sustitución en valores mínimos y aportar los nutrientes que el forraje no aporta. Es necesario entonces conocer los tipos de suplementación para ofrecer la que es ideal para el ganado, logrando tasas de sustitución mínimas y obteniendo un balance de nutrientes positivo. La suplementación con forrajes conservados, suplementación proteica, suplementación energética y suplementación mineral deben ser cuidadosamente utilizadas para que la respuesta en leche sea la mejor con el menor costo posible.

En la provincia de Ubaté, debido a la oferta ambiental y el manejo de la pastura, los animales se encuentran bajo restricción de consumo, esto implica que la suplementación para este grupo de animales, debe centrarse en aumentar el consumo de materia seca y así el flujo total de nutrientes.

**Palabras clave:** Producción de leche, oferta forrajera, suplementación estratégica, tasa de sustitución, provincia de Ubaté.

## Abstract

Colombia is the fourth milk producing country in Latin America. The sector faces some challenges and to increase productivity and competitiveness is a priority. The Ubaté's province is a province with agricultural experience, specifically in milk production; the production is based on grazing systems and it has been shown that if these systems do not have any restrictions (forage allowance, stocking rate and nutritional quality of the pasture) milk productions can reach up to 20 liters of milk. However, in Ubaté's province environmental characteristics do not permit to maintain the forage allowance constant, so it is necessary to use supplementation.

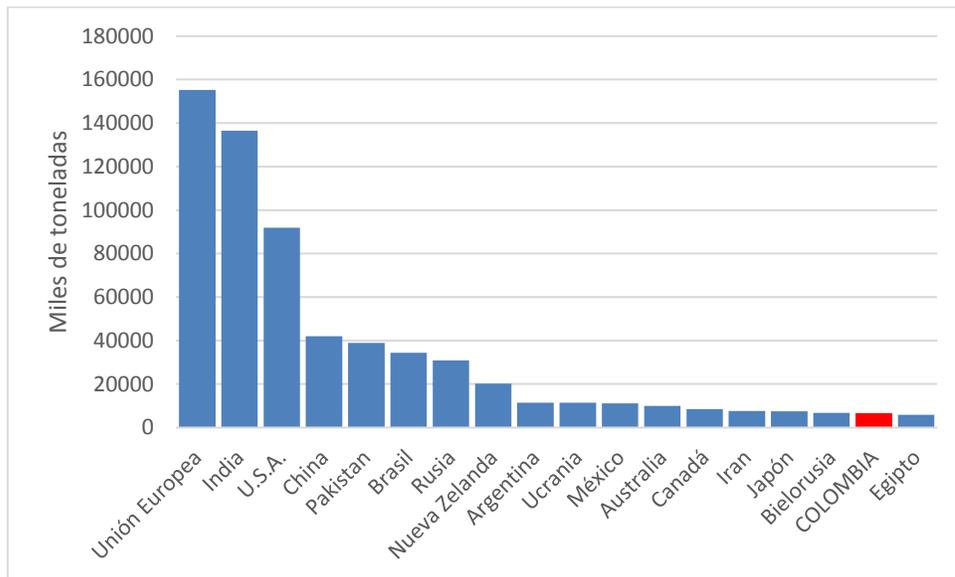
The supplementation in grazing systems should be a supplementation that allows maintaining the substitution rate in minimum values and providing the nutrients that the forage does not provide. Then, it is necessary to know the types of supplementation to offer the ideal one for livestock, with low substitution rates to achieve a positive nutritional balance. Supplementation with conserved forages, protein supplementation, energy supplementation and mineral supplementation should be used to obtain the best milk response at the lowest possible cost.

In the Ubaté's province, due to the environmental offer and the management of the pasture, the animals are under intake restriction; this implies that the supplementation for these animals should focus on increasing the dry matter intake and thus the total flow of nutrients.

**Key words:** Milk production, forage allowance, strategic supplementation, substitution rate, Ubaté's province.

## 1.1 Producción de leche en Colombia

Colombia es el diecisieteavo país productor de leche en el mundo y cuarto en Latinoamérica (Figura 1.1) con una producción aproximada de 6.500 millones de litros por año, sólo superada por Brasil, México y Argentina (Proexport, 2011; FAO, 2016). En la actualidad, la industria colombiana presenta un crecimiento constante en producción de leche, por lo que se estima que al finalizar el año 2018, se habrán producido más de 7000 millones de litros (Fedegán, 2018).



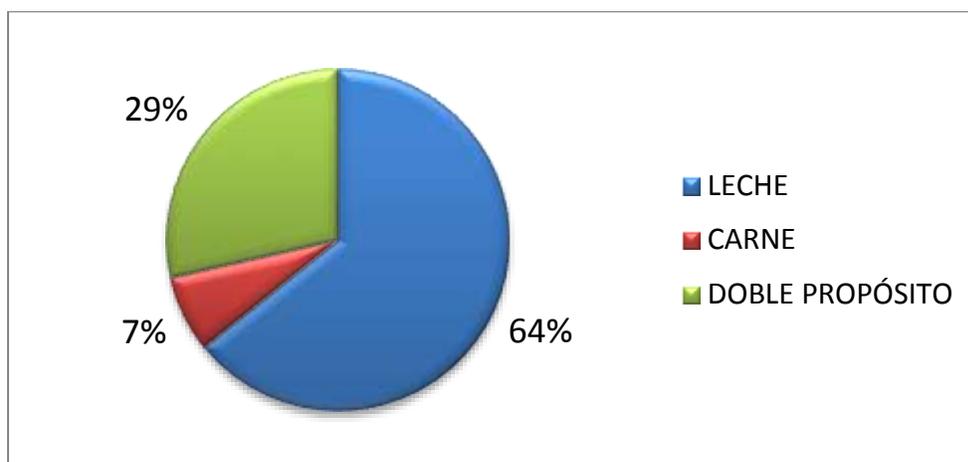
**Figura 1.1** Producción mundial de leche (leche y equivalentes de leche), promedio años 2012 a 2014. (Fuente: Adaptado de FAO, 2016).

El inventario de cabezas de ganado bovino aproximado en Colombia es de 23.5 millones, distribuidas en aproximadamente 515 mil predios. Los departamentos con mayor hato bovino son Antioquia (11,5%), Córdoba (8,74%), Casanare (7,93%), Meta (7,38%), Caquetá (6,33%), Santander (6,14%), Cesar (5,56%), Magdalena (5,13%) y Cundinamarca (4,88%). Entre los cuales suman el 63,84% del total de la población (Fedegán, 2018). La mayor parte de cabezas de ganado del país son destinadas a la producción de carne (DANE, 2016) y entre lechería especializada y ganado doble propósito abarcan aproximadamente un 41,3% del total del inventario bovino (Santana, 2014).

Los sistemas de producción de leche en Colombia se han dividido en lechería doble propósito, en donde se produce leche y se crían los terneros para la producción de carne; y en lechería especializada, en donde el objetivo productivo es comercializar únicamente leche. Éste último sistema se desarrolla ampliamente en 3 cuencas lecheras del territorio: Antioquía, Boyacá-Cundinamarca y Nariño (Castrillón, 2014). En Colombia, los sistemas de lechería especializada aportan 2.977 millones de litros al año (Santana, 2014) y en ellos predomina el pastoreo con kikuyo (*Cenchrus clandestinus*, anteriormente *Pennisetum clandestinum*), utilizando principalmente la raza Holstein.

### 1.1.1 Producción de leche en la provincia de Ubaté

La explotación bovina es la actividad pecuaria más importante de la provincia de Ubaté. Esta provincia cuenta con una población bovina total cercana a los 117.822 animales (de los cuales el 89% corresponden a hembras) (Gobernación de Cundinamarca - Evaluaciones agropecuarias EVA, 2016). La mayor parte del inventario bovino está dedicado a la producción de leche mientras que la producción de ganado doble propósito y ganado de carne es secundaria (figura 1.2).



**Figura 1.2.** Distribución del inventario bovino en la provincia de Ubaté, según destino productivo. (Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá, 2013.)

La provincia de Ubaté aporta la mayor cantidad de leche al departamento de Cundinamarca (21%) con una producción mayor a 667.000 litros diarios. Los municipios de la provincia con mayor participación en la producción de leche son Ubaté (21,4%), Simijaca (21,42%) y Guachetá (15,8%) (Cámara de Comercio de Bogotá, 2013; Gobernación de Cundinamarca -Evaluaciones agropecuarias EVA, 2016). Esta provincia aporta el 5,7% del PIB de Cundinamarca, siendo la actividad agropecuaria la de mayor importancia (Cámara de Comercio, 2013).

La producción de leche en la región se hace principalmente por pequeños y medianos productores (menos de 50 vacas). El ICA (2013) basado en los registros de vacunación se estima que existen por lo menos 8.303 predios con cerca de 110.000 bovinos en la provincia de Ubaté. De los predios el 96% tenían menos de 50 bovinos y el 75% menos de 10 bovinos. Se estima que los productores con menos de 25 bovinos representan el 92,6%

de los productores de la región. Estos poseen el 54,7% del inventario ganadero. Se estima que de este inventario un poco más del 50% son vacas adultas.

La productividad por vaca y por hectárea es variable dependiendo del nivel tecnológico adoptado por el productor y de la oferta medioambiental muy diferente entre las zonas localizadas en la zona plana o de montaña. La Gobernación de Cundinamarca (2011) estimó productividades por vaca entre 8 y 28 L/vaca/día asociados al nivel tecnológico presente en las explotaciones. Algunas de estas explotaciones con alta tecnología alcanzarían producciones de más 20.000 L/ha/año (Mayorga, 2012). Sin embargo, la productividad de la provincia es baja; basados en la población de vacas en ordeño y la producción de leche en la región, la productividad por vaca estaría en cerca de 11 L/Vaca/d, 3355 L/lactancia, 5 L/ha/d, o 1852 L/ha/año (Los parámetros de producción por Ha han sido estimados teniendo en cuenta todas las hectáreas dedicadas a la producción bovina en la provincia y no únicamente aquellas con vacas en ordeño, es decir que incluye las áreas dedicadas a la cría, el levante y el horro). Estos parámetros productivos por animal son superiores a la media nacional pero inferiores a los países competidores con sistemas en pastoreo como Nueva Zelanda 15,5 L/d en lactancias de 245 d o cerca 12.000 L/ha/año (Holmes, 2007).

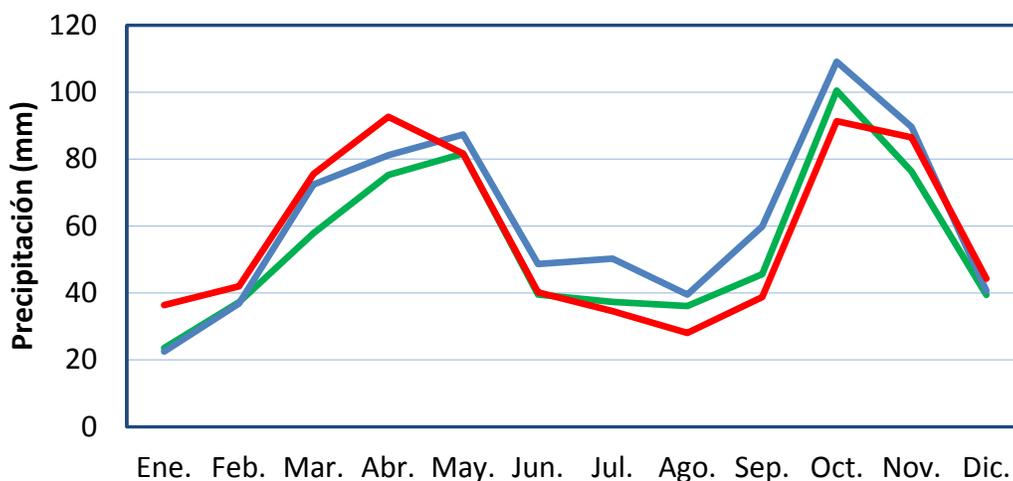
#### 1.1.1.1. Oferta ambiental de la provincia de Ubaté

La Provincia de Ubaté está ubicada al norte del departamento de Cundinamarca, limita por el norte y oriente con el departamento de Boyacá, por el sur con las provincias de Almeidas y Sabana Centro y por el occidente con la provincia de Rionegro (Cámara de Comercio de Bogotá, 2013). Representa el 6,2% del departamento y es la séptima provincia en extensión total y en población con un total de 1.408 km<sup>2</sup> y aproximadamente 118.000 habitantes, respectivamente (Cámara de Comercio de Bogotá, 2008).



**Figura 1.3.** Ubicación y división política de la provincia de Ubaté (Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá, 2008)

La provincia de Ubaté tiene un régimen bimodal de lluvias (figura 1.4). El primer periodo se presenta durante los meses de Abril a Junio (30% de la precipitación anual); y el segundo durante los meses de octubre y noviembre (45% de la precipitación anual) (Corporación Autónoma Regional, 2005). En la provincia, las lluvias oscilan entre los 600 y los 1300 mm anuales y presentan altos índices de evaporación con valores entre 750 a 1000 mm anuales (Coporación Autónoma Regional, 2006). La provincia se encuentra en la cordillera oriental de Colombia y presenta altitudes entre los 2500 y los 3600 msnm. La temperatura media varía con la altura y está entre los 10°C y los 14°C (Cámara de Comercio, 2008).



**Figura 1.4.** Precipitación promedio mensual en tres estaciones meteorológicas ubicadas en la provincia de Ubaté, Línea verde, estación de Carmen de Carupa de 1985 al 2010; línea roja, estación de Cucunubá de 1999 a 2015; línea azul, estación de Ubaté de 1987 a 2010 (Fuente: IDEAM, 2015).

En la provincia se encuentran suelos con potencial pecuario y agrícola. Sin embargo, también se encuentran suelos erosionados, pendientes superiores al 25%, pedregosidad superficial, compactación, presencia de heladas en los meses más secos del año (diciembre y enero) y en algunas zonas planas niveles freáticos superficiales, que se inundan fácilmente (Corporación Autónoma Regional, 2006; Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1965). En los páramos de la provincia se encuentran suelos en recuperación, zonas de conservación y reforestación donde la explotación de la tierra no es permitida (Corporación Autónoma Regional, 2006, 2005; Daniel *et al.*, 2009).

#### 1.1.1.2 Sistemas de producción de leche de pequeños campesinos de la provincia de Ubaté

Las economías campesinas son esenciales para un país como Colombia, generan dinámicas culturales, sociales, políticas y tecnológicas que se extienden desde lo rural hasta lo urbano, pues permiten expresar la soberanía alimentaria del país e influyen en la calidad de vida de sus habitantes, además de determinar el uso de los recursos naturales (Santacolma, 2015).

A pesar de la importancia de la producción familiar rural y el crecimiento de la misma, históricamente ha estado sometida a condiciones adversas que los mantienen con altos índices de pobreza y bajos niveles de tecnificación, pues se impone el pensamiento que

defiende la agricultura empresarial como la única capaz de enfrentarse a los retos de competitividad y calidad propias de la globalización (Corrales y Forero, 1992; Santacolma, 2015).

Debido al régimen de precipitación bimodal, con valores entre los 700 y los 850 mm/año y altas tasas de evaporación, el crecimiento de las pasturas se presenta de manera estacional y, por tanto, existe un déficit forrajero a lo largo del año (Corporación autónoma Regional, 2006). Adicionalmente, existen fenómenos naturales particulares que se presentan de manera cíclica como los fenómenos de El Niño y La Niña que también restringen la producción de forraje.

Esta situación hace que el consumo de forraje sea variable e insuficiente para que las vacas puedan expresar su potencial genético, pues en su mayoría corresponden a animales con genética proveniente de Estados Unidos o Canadá, de gran tamaño y alto potencial de consumo (Asociación Holstein de Colombia, 2017).

Ante la restricción de oferta forrajera, los pequeños productores no tienen más alternativa que restringir la pastura y, por tanto, el consumo de materia seca a los animales, lo que conlleva a una limitada producción de leche. En la provincia de Ubaté, la producción de leche promedio estimada para bovinos de pequeños productores a finales del año 2015 fue de 8.8 litros/vaca/día (Carulla, 2016).

Para solventar la escasez de forraje, se deben establecer estrategias de corto y largo plazo que permitan a los animales satisfacer sus requerimientos de consumo y de nutrientes.

El manejo adecuado de las pasturas y la elaboración de un presupuesto forrajero es una estrategia que requiere de tiempo y capacitación (estrategias de largo plazo), por otro lado, la instalación de sistemas de riego que permitan solventar la escasez de lluvias en ciertos meses del año, requiere de alta inversión y planificación. Los pequeños productores de leche de la provincia de Ubaté, necesitan ejecutar medidas en el corto plazo de fácil realización para poder mantener su actividad productiva. La suplementación, es una estrategia de corto plazo que permite aumentar el consumo de materia seca y así mismo, incrementar el aporte de los nutrientes necesarios para los animales y de esta manera, potenciar la producción de leche y aumentar la eficiencia económica de los ganaderos.

Teniendo en cuenta la base genética de los animales de la provincia y la producción de leche promedio obtenida para el año 2015, se podría sospechar de una restricción severa del consumo de materia seca en vacas de pequeños productores.

Para el presente estudio se plantea la hipótesis que, bajo condiciones de restricción forrajera, la producción de leche está relacionada con el consumo de materia seca y no con la calidad de la dieta que consuma el animal; por lo que incluir suplementos de diferente calidad nutricional en la dieta, tendría la misma respuesta en leche si son ofrecidos en una misma cantidad al día.

### **1.1.2 Producción de leche en pastoreo**

En la mayoría de las ganaderías de leche de Colombia se utiliza el pastoreo por franjas, catalogado como el más eficiente para manejar y mantener el máximo rendimiento de la pastura (Reinoso y Soto, 2006; Mendoza, 2011). Sin embargo, en éste es necesario el manejo de la cuerda eléctrica, que tradicionalmente se ha utilizado sin criterios técnicos y genera grandes variaciones en la oferta de forraje, restringiendo el desempeño animal (Mendoza, 2011).

La producción de leche en sistemas pastoriles está determinada por: la oferta forrajera, la carga animal, la calidad de la pastura y la suplementación.

Tanto la producción de leche, como su composición, dependen de la oferta forrajera. Si la oferta no es restrictiva, una vaca Holstein (la raza especializada en producción de leche) en pastoreo puede producir más de 20 litros de leche únicamente con forraje, agua y suplementación mineral (Kolver y Müller., 1998), sin embargo, como se describió anteriormente, para el 2015 la producción promedio de los pequeños productores de la provincia de Ubaté alcanzaba valores cercanos a los 9 litros por vaca al día, reflejando un problema en la oferta de nutrientes de los animales (consumo de materia seca restringido).

La disponibilidad de área por animal (carga animal) y la oferta de forraje, determinan mayoritariamente la producción de leche individual y del hato. Se ha sugerido que el aumento de la carga animal disminuye la producción de leche individual (Macdonald *et al.*, 2008), pero aumenta la productividad por hectárea, si se maneja correctamente (figura

1.5) (Macdonald *et al.*, 2008; Vibart *et al.*, 2012) . Adicionalmente, puede tener efectos positivos sobre la calidad de la pastura (disminuyendo el contenido de fibra y aumentando su digestibilidad) y como consecuencia, aumentar el consumo de materia seca y el flujo de nutrientes al animal (Macdonald *et al.*, 2008). En la provincia, se observan cargas animales altas, hay muchos animales en un área reducida (+4 animales / ha), esta sobrecarga animal, sumado a un déficit en la producción forrajera hace que la oferta de forraje por animal al día (menores a 15 kg de MS por animal por día), y por tanto, la producción de leche sea reducida. Se presentan bajas producciones por animal y por hectárea.

No existe una carga animal ideal, ésta depende del tipo de sistema y de las condiciones de cada una de las fincas. El objetivo es maximizar la productividad por animal y la productividad por hectárea (CIAT, 1978). El productor debe determinar la carga animal óptima para su finca y así aumentar el ingreso sobre costo de alimentación (ISCA) y la rentabilidad de ésta (Vibart *et al.*, 2012).



**Figura 1.5.** Relación entre la carga animal y la producción por animal por hectárea (Fuente: Mott, 1973 citado por Mississippi State University, Cattle Grazing Managment)

La calidad nutricional del forraje juega un papel vital en el desempeño del animal, ya que una pastura con calidad superior (con baja concentración de fibras, <58% de FDN, y alta concentración energética, >1,2 Mcal/kg MS de EN<sub>L</sub>), aumenta el consumo y la producción de leche (Mendoza, 2011).

Los sistemas de producción de leche tienen bases forrajeras limitadas (cantidad de leche que se produce cuando los animales consumen únicamente forraje), entre los 8 a los 12 litros de leche según el tipo de sistema (Fedegán, 2015; Carulla *et al.*, 2004). Debido a la oferta forrajera no es suficiente (a causa de factores ambientales adversos o al precario manejo de la cuerda eléctrica), en la mayor parte de las fincas, se incluye un suplemento para aumentar la oferta de nutrientes (Mendoza, 2011; Espinal *et al.*, 2005). Adicionalmente, en la provincia, las rotaciones son elevadas (ver capítulo 2), cosechando pasturas maduras, con baja calidad nutricional. Esto, sumado a la mezcla de materiales forrajeros con diferente edad óptima de cosecha, hacen que se presenten forrajes altamente lignificados y con baja digestibilidad (Ver capítulo 3).

## 1.2 Suplementación en pastoreo

Para alcanzar los requerimientos de nutrientes de vacas lecheras, con alto potencial genético y aumentar el consumo de materia seca, es necesario usar suplementos adicionales a la pastura (Kolver and Muller, 1998; Bargo *et al.*, 2003; Mella Fuentes, 2003; Macdonald *et al.*, 2002).

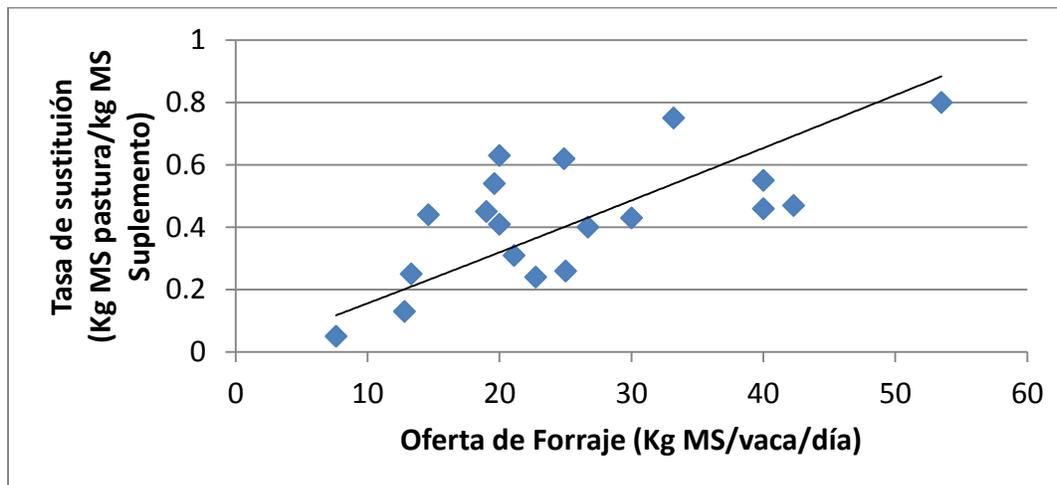
Se han utilizado diferentes tipos de suplementación en sistemas de pastoreo: forrajes conservados, suplementación energética, proteica, mineral y vitamínica, aumentando el flujo de nutrientes y la producción de leche (Bargo *et al.*, 2003).

El tipo y la cantidad de suplemento en sistemas pastoriles, depende de la disponibilidad de forraje por animal, la tasa de sustitución del suplemento utilizado, el nivel de producción del animal, las características propias del sistema y el ingreso económico adicional para el ganadero (Bargo, 2012; Mella Fuentes, 2003) .

### 1.2.1 Oferta de forraje y tasa de sustitución

La tasa de sustitución es la cantidad de forraje que se deja de consumir (expresado en materia seca) por cada kilogramo de materia seca del suplemento que se ofrece al animal, es decir, resulta de la interacción entre el consumo de un suplemento y el de la pastura y determina el consumo de materia seca total (Bargo, 2012). Para que un programa de suplementación tenga éxito, es necesario considerar la tasa de sustitución (Mella Fuentes, 2003; Baudracco *et al.*, 2010).

La mayoría de los estudios en sistemas de pastoreo sugieren que la tasa de sustitución tiene una correlación positiva con la disponibilidad de forraje (a mayor disponibilidad de forraje, mayor tasa de sustitución) (Bargo, 2012).



**Figura 1.6.** Relación entre la oferta de forraje y la tasa de sustitución (Fuente: Adaptado de Bargo *et al*, 2003; Baudracco *et al*, 2012).

Cuando hay alta disponibilidad forrajera, los suplementos ofrecidos deben ser cuidadosamente escogidos para obtener un adecuado retorno económico del suplemento. Cuando el forraje es restrictivo, un incremento en el consumo de la materia seca, debido a una reducida tasa de sustitución, consigue beneficios en la productividad del animal, incrementando la producción de leche, la condición corporal, la eficiencia reproductiva y la salud (aunque el retorno económico será mayor si se utiliza de manera estratégica) (Mella Fuentes, 2003). En el presente documento, basados en lo antes descrito, se sospecharía que la suplementación con cualquier tipo de recurso alimenticio, va a tener una nula o muy baja tasa de sustitución, pues la oferta de forraje se encuentra restringida, por una escasa producción de forraje, una alta carga animal, una reducida calidad de la pastura y un inadecuado manejo de la cuerda eléctrica.

Si la oferta de forraje no es restrictiva y dependiendo del tipo de suplemento, el valor de la tasa de sustitución es diferente. Para suplementos forrajeros como heno y/o henolajes y/o ensilajes, la tasa de sustitución es cercana a 1, indicando, que por cada kilogramo de

materia seca del suplemento, el consumo de materia seca de la pastura se reduce aproximadamente en un kilogramo (Bargo *et al.*, 2003).

La hora del día en la que se ofrece el suplemento puede tener un efecto sobre el consumo total de materia seca (y por lo tanto en la tasa de sustitución). Algunos investigadores recomiendan ofrecer el suplemento en horas de la mañana logrando maximizar el consumo de materia seca y aprovechar el forraje en horas de la tarde, cuando las plantas tienen una mayor calidad nutricional (Sheahan *et al.*, 2013),

### **1.2.2 Suplementación estratégica**

La suplementación en sistemas de producción de leche pastoriles, debe suplir los nutrientes que no aporta la pastura (la cual dependiendo de la especie, de las condiciones ambientales, el manejo y la genética de los animales que la consuman, será insuficiente para llenar la totalidad de los requerimientos nutricionales de los mismos) y así lograr un balance nutricional, que permita soportar la producción de leche, el crecimiento, la gestación y la actividad voluntaria de los animales (Mella Fuentes, 2003).

Este tipo de suplementación, que busca aportar únicamente los nutrientes limitantes, es llamada suplementación estratégica (Garmendia, 2005). En la mayor parte del país, se establece la suplementación teniendo en cuenta el contenido nutricional del suplemento y no el aporte de la pastura y el requerimiento del animal resultando en desbalances nutricionales, menor eficiencia ruminal y por lo tanto, un menor retorno económico (Danes *et al.*, 2013).

Para aplicar el concepto de suplementación estratégica, es necesario conocer la clasificación de los diferentes tipos de suplementos que pueden ser ofrecidos al ganado lechero para suplir sus requerimientos nutricionales, cuando la pastura no lo hace en su totalidad.

#### **1.4.2.1 Suplementación con forrajes conservados**

Los forrajes conservados (ensilaje, henolaje y heno) son una alternativa económica en épocas de escasez forrajera, cuando existe una tasa de sustitución reducida, aumentando

la productividad por animal y el retorno económico (Schoonhoven *et al.*, 2005; FAO, 2004; Pérez *et al.*, 2011).

La respuesta de la suplementación con forrajes conservados está relacionada con la disponibilidad de forraje, pues a mayor disponibilidad existe una mayor tasa de sustitución y viceversa. En condiciones de alta oferta forrajera, la suplementación es inútil si no se aumenta la carga animal, para aprovechar la pastura residual (Bargo, 2012; Mella Fuentes, 2003; Morales *et al.*, 2014), en éste caso, la suplementación debe estar encaminada a aumentar el flujo de energía del animal, lo cual no se logra con la suplementación con forrajes conservados (Mella Fuentes, 2003; Bargo, 2012).

Cuando se pasa de una época de alta disponibilidad a una de baja disponibilidad forrajera, la suplementación con forrajes conservados, permite mantener el consumo de materia seca y niveles de producción de leche constantes (Mella Fuentes, 2003). En condiciones de restricción forrajera, la suplementación permite aumentar el consumo y la producción de leche (Mella Fuentes, 2003; Bargo, 2012).

Cuando existe un alto contenido de nitrógeno en la dieta (ya sea por su concentración en el forraje o en los suplementos), los ensilajes de cereales, son una buena alternativa alimenticia ya que mejoran el balance de energía/proteína en el rumen (la mayoría de los forrajes conservados tienen baja concentración de nitrógeno) (Morales *et al.*, 2014; Danes *et al.*, 2013).

#### 1.2.2.2 Suplementación proteica

La suplementación con recursos proteicos debe ser utilizada según las características del sistema productivo, del animal y su estado de lactancia. Cuando la concentración de proteína de la pastura es menor al 7%, la suplementación proteica puede aumentar el consumo de materia seca y la producción de leche (Villarreal and González, 2013). Sin embargo, cuando las pasturas tienen concentraciones de proteína superiores al 13%, la suplementación proteica no tiene efectos benéficos sobre la producción, al contrario puede resultar en un balance energético negativo del animal, ya que el exceso de proteína en la dieta es excretado con un alto costo energético (Danes *et al.*, 2013; Voltolini *et al.*, 2008).

La mayoría de los forrajes utilizados en los sistemas tropicales de producción de leche, fertilizados con nitrógeno, tienen niveles de proteína cruda que varían entre 15 y 21%. Los modelos nutricionales indican que este contenido de proteína es suficiente y la suplementación debe ser energética (Danes *et al.*, 2013).

Concentraciones de proteína de más del 25%, reducen la eficiencia de utilización del nitrógeno, incrementando el costo de la alimentación y aumentando la contaminación (debido a una mayor excreción de nitrógeno al ambiente) (Danes *et al.*, 2013; Bargo *et al.*, 2003; Voltolini *et al.*, 2008).

Para suplir el requerimiento proteico del animal, los niveles de proteína cruda en la dieta deben estar entre el 15 y el 17%. Se ha sugerido que al aumentar este porcentaje no hay respuesta positiva sobre los parámetros productivos del hato, aunque, puede existir un beneficio, cuando las producciones de leche superan los 30 litros por vaca/día. En este caso, algunos aminoácidos como lisina o metionina pueden ser deficientes y restringir la producción de leche (Voltolini *et al.*, 2008; Danes *et al.*, 2013; Pereira *et al.*, 2009). En condiciones tropicales este factor no es importante, debido a que la energía es limitante (Danes *et al.*, 2013)

#### 1.2.2.3 Suplementación energética

Para satisfacer los requerimientos energéticos del animal existen tres diferentes opciones: aumentar el consumo de materia seca, aumentar la proporción de suplementos concentrados en energía en la dieta (disminuyendo el consumo de forraje o incrementar la densidad energética de los suplementos (Fernández, 2000).

Cuando hay restricción alimenticia, aumentar el consumo de materia seca es una solución factible, ya que un mayor consumo permite un mayor flujo de nutrientes y energía. Sin embargo, cuando no hay restricción alimenticia, es una opción difícil de lograr. Los animales con mayor déficit energético son los que se encuentran en sus primeros días en lactancia, momento fisiológico en el cual el sistema digestivo del animal se encuentra reducido por el espacio que ocupaba el ternero. Adicionalmente, los cambios hormonales que se presentan en el animal disminuyen el apetito y se requiere de una adaptación de la población microbiana a la dieta de una vaca en gestación a una vaca en producción (Fernández, 2000).

El aumento de la proporción de suplementos concentrados ricos en almidones y azúcares en la dieta, puede servir cuando no hay más capacidad de consumo; ya que son rápidamente fermentables en el rumen, contribuyendo al rápido desarrollo de los microorganismos y a la producción de una mayor cantidad de ácidos grasos volátiles (AGV) que son la fuente de energía para el rumiante (Mella Fuentes, 2003).

El aumento de suplementos ricos en almidones y azúcares en la dieta no puede exceder del 50% del consumo de materia seca del animal. Inclusiones superiores, incrementan la producción de ácidos grasos volátiles y de ácido láctico, resultando en un descenso del pH ruminal (acidosis ruminal), desaparición de la población celulolítica, disminución el consumo de materia seca, laminitis e incluso la muerte del animal (Fernández, 2000).

Por último, al aumentar la densidad energética del suplemento, se logra un mayor contenido energético en la dieta sin modificar el consumo total de materia seca y permite un consumo constante de fibra efectiva, evitando problemas digestivos como la acidosis ruminal. A pesar de esto, aumentar el contenido energético del suplemento conlleva a un mayor costo del mismo, por lo que debe evaluarse la respuesta productiva, antes de establecerse como estrategia de suplementación (Fernández, 2000)

#### 1.2.2.4 Suplementación mineral

Las pasturas no contienen un nivel suficiente de algunos macro y microminerales para satisfacer los requerimientos del animal (Corah, 1996; McDowell, 1996). Cuando hay restricción de forraje, la suplementación mineral es necesaria para mantener el funcionamiento metabólico, la producción de leche, la salud de ubre y pezuñas y el estatus sanitario general del animal (Griffiths *et al.*, 2007; McDowell, 1996).

La suplementación mineral puede realizarse a través de sales mineralizadas o bloques multinutricionales, formuladas teniendo en cuenta el aporte de minerales de la dieta; estas prácticas son las más comunes y prácticas en campo si se comparan con otras como la inyección de minerales u ofrecer minerales en el agua de bebida (McDowell, 1996)

Para realizar una suplementación mineral estratégica se debe conocer: tipo y calidad de forraje (directamente relacionado con las propiedades del suelo y su programa de

fertilización), temporada del año, requerimientos individuales del animal, contenido de minerales en el agua de bebida y tipo de suplemento (consumo, forma física y composición). Como en el caso de la suplementación con proteína, bajo condiciones de producción inferiores a 30 litros de leche, suplir los requerimientos minerales no representa un reto y se puede mantener con facilidad el estatus productivo y reproductivo del animal (McDowell, 1996)

#### 1.2.2.5 Suplementación estratégica en la provincia de Ubaté

En el caso de la provincia de Ubaté, se puede sospechar que tanto la proteína, como la energía como los minerales, que ofrece la pastura al día son insuficientes (principalmente por un consumo insuficiente de la misma).

Un consumo inadecuado de materia seca conlleva a que todos los nutrientes sean deficitarios, en estos casos, es posible que sea necesario ofrecer todos los nutrientes al mismo tiempo, por eso en la provincia es recomendable incluir forrajes conservados, recursos energéticos, proteicos y minerales en las fincas.

En el presente trabajo, se parte de la idea que, bajo condiciones de restricción de consumo, tal como la que se sospecha en la provincia de Ubaté, la suplementación debe estar encaminada a aumentar el consumo de materia seca como primera medida, pues en este caso la calidad nutricional del suplemento pasaría a segundo plano.

### 1.2.3 Respuesta en leche de la suplementación en sistemas pastoriles

La respuesta en leche de la suplementación, se define como el aumento o disminución de la cantidad de leche por animal, por cada kilogramo de materia seca de suplemento ofrecido. Ésta es variable y multifactorial, pues es afectada por: la tasa de sustitución, factores propios del animal (por ejemplo estatus sanitario, estado fisiológico), el tipo de suplemento ofrecido y el tipo de manejo (Baudracco *et al.*, 2010).

Algunos autores han sugerido que la respuesta en leche a suplementación es de 1 kilogramo por cada kilogramo de materia seca del suplemento (Bargo *et al.*, 2003). Otros reportan respuestas en entre 0,4 y 0,6 kilogramos de leche por cada kilogramo de suplemento consumido (Kellaway & Porta, 1993, citado por Baudracco *et al.*, 2010).

Cuando la oferta de forraje es restrictiva, se encuentran tasas de sustitución cercanas a 0,2 kilogramos de pastura por cada kilogramo de suplemento. Por su parte, cuando la oferta es abundante, las tasas de sustitución son mayores a 0,62 kilogramos de forraje por cada kilogramo de materia seca del suplemento, indicando que cuando hay restricción de forraje la respuesta en leche aumenta (Bargo *et al*, 2003). Algunos estudios sugieren una suplementación máxima de 4 a 5 kilogramos de MS/vaca/día (de alimentos concentrados basados en granos de cereales) antes de que la respuesta en leche disminuya (Kellaway and Porta, 1993; Robaina *et al*, 1998; Walker *et al.*, 2001 citados por Badracco *et al*, 2010).

El tipo de suplemento también tiene un efecto sobre la respuesta en leche. En una revisión de 39 experimentos, la tasa de sustitución de la suplementación con forrajes conservados, fue superior en 0,08 por cada kilogramo de materia seca consumido, respecto a suplementos concentrados, disminuyendo la respuesta en leche (Stockdale, 2000).

El déficit energético de la dieta tiene efectos sobre la respuesta en leche. Cuando existe un déficit marcado, un suplemento con alta concentración energética tiene una respuesta superior en leche si se compara con el mismo suplemento utilizado en animales con un balance energético adecuado. Algunos investigadores sugieren que el estado de la lactancia tiene efectos sobre la respuesta en leche. En la lactancia temprana, el incremento de energía aumenta la producción de leche, mientras que al final de la lactancia, la respuesta en leche es menor, se favorece el aumento de la condición corporal sobre la producción de leche (Broster & Broster, 1984 citado por Baudracco *et al*, 2010). Algunos autores, sugieren que no existe una relación entre el estado en la lactancia y las diferencias en respuesta en leche y que éstas pueden deberse a variaciones en la calidad nutricional de la pastura a lo largo de la lactancia (Penno *et al*, 2006).

La genética de los animales también tiene influencia sobre la respuesta en leche. La genética desarrollada en Estados Unidos, tiene una mayor respuesta en leche que la genética proveniente de Europa y Oceanía (Linnane *et al.*, 2004, citado por Baudracco *et al.*, 2010). Un aspecto importante, si se considera que en Colombia la mayor parte de la genética importada de la raza Holstein proviene de los Estados Unidos (Asociación Holstein de Colombia, 2017).

En una revisión de 14 experimentos en bovinos, bajo condiciones de pastoreo y diferentes tipos de suplementación, con diferentes condiciones ambientales, la tasa de sustitución promedio fue de 0,5 Kg de materia seca por cada kg de suplemento consumido y la respuesta en leche fue de 0,65 kg de por cada kg de suplemento. La respuesta en leche aumentó cuando se utilizaron suplementos concentrados en lugar de forrajes conservados. En el primer caso, la respuesta en leche fue de 0,8 kg por cada kg de suplemento, mientras que en el segundo, la respuesta en leche fue de 0,46 kilogramos por cada kilogramo de suplemento (incluso encontrando respuesta en leche negativa en uno de estos estudios) (Bargo *et al.*, 2003; Sheahan *et al.*, 2013; Pérez *et al.*, 2011; Morales *et al.*, 2014; Baudracco *et al.*, 2010).

Teniendo en cuenta que, en la provincia de Ubaté probablemente los animales se encuentran en condiciones de restricción de nutrientes, se espera que la tasa de sustitución de los suplementos sea baja o nula, y por tanto que la respuesta en leche de estos sea cercana o superior a 1 kilogramo de leche por cada kilogramo de materia seca consumida de suplemento.

El presente estudio no tiene como objetivo medir la respuesta en leche de la suplementación ya que, por motivos metodológicos, se dificulta incluir fincas en el mismo que no ofrecen ningún tipo de suplemento, con suficientes animales, para calcular este parámetro.

### **1.3 Conclusiones**

En Colombia, y específicamente en la provincia de Ubaté, la producción de leche es llevada a cabo en condiciones mayoritariamente de pastoreo, sin embargo, debido a factores adversos (tales como los medioambientales o la falta de capacitación para la adopción de algunas prácticas rutinarias como el uso de la cuerda eléctrica) la producción y la oferta forrajera no se mantiene constante a lo largo del año. Bajo estas condiciones, el potencial productivo del animal no es alcanzado, pues hay restricción en el consumo de materia seca. Para suplir los nutrientes necesarios y potenciar la productividad animal, es necesario recurrir a un programa de suplementación que suministre los nutrientes que el animal necesita para llenar sus requerimientos, de la manera más eficiente y económica

posible (manteniendo la tasa de sustitución al mínimo, potenciando la respuesta en leche e incluyendo únicamente aquellos nutrientes que el animal necesita y no otros que pueden ser excedentarios).

## 1.4 Referencias bibliográficas

Asociación Holstein de Colombia. 2017. Disponible en <http://www.holstein.com.co/>

Bargo, F., Muller, L. Kolver, E and Delahoy, J. 2003. Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.* 86:1–42. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73581-4.

Bargo, F. 2012. Suplementación en pastoreo: conclusiones sobre las últimas experiencias en el mundo. *Saudi Med J.* 33:3–8. doi:10.1073/pnas.0703993104.

Baudracco, J. Lopez, V. Holmes, C and Macdonald, K. 2010. Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems: a review. *New Zeal. J. Agric. Res.* 53:109–133. doi:10.1080/00288231003777665.

Bogotá, Cámara de Comercio. 2008. Caracterización económica y empresarial de las provincias de cobertura de la CCB, Ubaté..

Bogotá, Cámara de Comercio; Gobernación de Cundinamarca 2013. Plan de competitividad para la Provincia de Ubaté.

Bogotá, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 2005. Elaboración de los estudios de diagnóstico prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suárez (departamento de Cundinamarca).

Bogotá, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 2006. Diagnóstico prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suárez.

Bogotá, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2016. Encuesta Nacional Agropecuaria ENA. Boletín técnico.

Bogotá, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2014. Encuesta Nacional Agropecuaria ENA. Boletín técnico.

Bogotá. Fedegán. 2015. En 2018, Una vaca de 500 kilos necesita 70 kilos de pasto para producir 15 litros de leche. *Revista contexto ganadero.* Disponible en <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/una-vaca-de-500-kilos-necesita-70-kilos-de-pasto-para-producir-15-litros-de>

Bogotá. Fedegán. 2018. En 2018, Colombia superaría los 7 mil millones en producción de leche. *Revista contexto ganadero.* Disponible en

- <http://www.contextoganadero.com/economia/fedegan-senala-que-en-2018-colombia-superaria-los-7-mil-millones-en-produccion-de-leche>.
- Bogotá, Fedegán, 2018. Conozca el censo agropecuario nacional del ICA 2017. Disponible en <https://www.fedegan.org.co/noticias/conozca-el-censo-pecuario-nacional-del-ica-2017>
- Bogotá, IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2015. información solicitada en la página web: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/pqrs>.
- Bogotá, Proexport Colombia. 2011. Sector lácteo en Colombia.
- Castañeda, Y. 2012. Familias campesinas y rurales en el contexto de la nueva ruralidad. Estudio de caso en la vereda del Hato municipio de La Calera. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Castillo, Y. 2014. Evaluación del comportamiento productivo de vacas bajo tres escenarios distintos de alimentación incluyendo ensilaje de avena en La Sabana de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de pregrado.
- Castrillón, D. 2014 Informe: Cuencas lecheras, motores de la producción nacional. Contexto ganadero. Disponible en <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/informe-cuencas-lecheras-motores-de-la-produccion-nacional>.
- Carulla, J. Cárdenas, E. Sánchez, N. Riveros, C. 2004. Valor nutritivo de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana. Seminario Nacional de lechería especializada: “Bases Nutricionales y su impacto en la Productividad” Eventos y Asesorías Agropecuarias EU (ed). Medellín, Septiembre 1 y 2. p.21 – 38.
- Carulla, J. Gobernación de Cundinamarca. 2016. Innovación ciencia y tecnología para productores de leche de la provincia de Ubaté,. Establecimiento de la línea base.
- Corah, L. 1996. Trace mineral requirements of grazing cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 59:61–70. doi:10.1016/0377-8401(95)00887-X.
- Corrales, E y Forero J. 1992. Cuadernos de agroindustria y economía rural. La economía campesina y la sociedad rural en el modelo neoliberal de desarrollo. Pontificia Universidad Javeriana.
- Daniel, C. Iztcovitz, V. and Korsunsky, L. 2009. Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Victoria.
- Danes, M. Chagas, L. Pedroso, M and Santos, F. 2013. Effect of protein supplementation on milk production and metabolism of dairy cows grazing tropical grass. *J. Dairy Sci.* 96:407–19. doi:10.3168/jds.2012-5607

- Espinal G. Martínez, H and Peña, Y. 2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia Documento de Trabajo No . 61. *Min. Agric. y Desarro. Rural. Obs. Agrocadenas Colomb.* 40.
- Fernández, J. 2000. Grasa sobrepasante del rumen para dietas de vacas lecheras: cuándo emplear cuál tipo. *Alimentos balanceados para animales*, Julio-Agosto p:18-21
- Garmendia, J. 2005. Suplementacion Estrategica De Vacas De Doble Proposito Alrededor Del Parto. *Semin. Pastos Y Forrajes.* 1 – 18.
- Garzón, L. 2018. Caracterización y tipificación de los sistemas de producción de leche de pequeños y medianos productores de la provincia de Ubaté, Cundinamarca. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Gobernación de Cundinamarca, 2017. Evaluaciones agropecuarias EVAS 2016 - Cundinamarca.
- Griffiths, L. Loeffler, S. Socha, M. Tomlinson, D and Johnson, A. 2007. Effects of supplementing complexed zinc, manganese, copper and cobalt on lactation and reproductive performance of intensively grazed lactating dairy cattle on the South Island of New Zealand. *Anim. Feed Sci. Technol.* 137:69–83. doi:10.1016/j.anifeedsci.2006.10.006.
- Italia, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. Milk and milk products. Disponible en: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM\\_MARKETS\\_MONITORING/Dairy/Documents/FO\\_Dairy\\_June\\_2016.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Dairy/Documents/FO_Dairy_June_2016.pdf)
- Kolver, E. and Muller, L. 1998. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 81:1403–1411. doi:10.3168/jds.S0022-0302(98)75704-2.
- Macdonald, K. Nicholas, P. Kidd, J. Penno, J and Napper, A. The effect of pasture silage quality on milk production and liveweight gain of dairy cows. *Proc. of the NZ Society of An. Prod.* 60:253 – 255 ISSN 0370-2731/2000.
- Macdonald, K. Penno, J. Lancaster, J Roche, J. White, S. Benson, G. Washburn, S. Green, J. Hart, R. Bissio, J. Samuel, M and Waggoner, J. 2002. Milk production and economic measures in confinement or pasture systems using seasonally calved Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 46:81–87. doi:10.2307/4002452.
- MacDonald, K. Penno, J. Lancaster, S and Roche, J. 2008. Effect of stocking rate on pasture production, milk production, and reproduction of dairy cows in pasture-based systems. *J. Dairy Sci.* 91:2151–2163. doi:10.3168/jds.2007-0630.
- McDowell, L.R. 1996. Feeding minerals to cattle on pasture. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60:247–271. doi:10.1016/0377-8401(96)00983-2.

- Martínez, D. 2012. Suplementación de las raciones para vacas lecheras de alta producción con aceites de origen vegetal: rendimientos productivos y reproductivos. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Mella Fuentes, C. 2003. Suplementación de vacas lecheras de alta producción a pastoreo ii. Disponible en <file:///D:/Downloads/suplementacion%20de%20vacas%20lecheras%20de%20alta%20produccion%20a%20pastoreo%20ii.pdf>
- Mendoza, C.A. 2011. Efecto de la variación diaria en la oferta de forraje sobre el desempeño productivo de vacas lecheras en pastoreo. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia.
- Morales, Á., Grob, D. Balocchi, O and Pulido, R. 2014. Productive and metabolic response to two levels of corn silage supplementation in grazing dairy cows in early lactation during autumn. *Chil. J. Agric. Res.* 74:205–212. doi:10.4067/S0718-58392014000200012.
- Penno, J. Macdonald, K. Holmes, C. Davis, S. Wilson, G. Brookes, I and Thom, E. 2006. Responses to supplementation by dairy cows given low pasture allowances in different seasons 2. Milk production. *Animal Science* 82: 671 – 681 doi: 10.1079/ASC200675.
- Pereira, F, Saturnino, H, Saliba, E. Gonçalves, L. Reis, R. Miranda, P. Mourão, R. Silvetre, D and Caldeira, P. 2009. Teores de proteína para vacas lactantes em pastejo de capim-elefante. *Arq. Bras. Med. Veterinária e Zootec.* 61:1139–1147. doi:10.1590/S0102-09352009000500017
- Pérez, L. Peyraud, J and Delagarde, R. 2011. Substitution rate and milk yield response to corn silage supplementation of late-lactation dairy cows grazing low-mass pastures at 2 daily allowances in autumn. *J. Dairy Sci.* 94:3592–3604. doi:10.3168/jds.2011-4216.
- Reinoso, V y Soto, C. 2006. Cálculo y manejo en pastoreo controlado. II) Pastoreo rotativo y en franjas. *Revista Veterinaria, Montevideo* 41(161-162): 15-24. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/52-art\\_pastoreo2\\_completo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/52-art_pastoreo2_completo.pdf)
- Santacolma, L. 2015. Importancia de la economía campesina en los contextos contemporáneos: una mirada al caso colombiano. *Revista Entramado* col 11 N2 p38 – 50.
- Santana, A. Costos modales en la ganadería Colombiana. 2014. Fedegán.
- Sheahan, J., Gibbs, S and Roche, J. 2013. Timing of supplementation alters grazing behavior and milk production response in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96:477–83. doi:10.3168/jds.2012-5781.
- Schoonhoven, D. Holmann, F. Argel, P. Pérez, E and Chaves, J. 2005. Costos y Beneficios de Suministrar Heno y Ensilaje durante la Época Seca en Honduras y Costa Rica Resumen. *Cent. Int. Agric. Trop.*

- Stockdale, C. 2008. Levels of pasture substitution when concentrats are fed to grazing dairy cows in northern Victoria. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 40(7) 913-921.
- Vibart, R. Washburn, S. Green, J. Benson, G. Williams, C. Pacheco, D and Lopez, N. 2012. Effects of feeding strategy on milk production, reproduction, pasture utilization, and economics of autumn-calving dairy cows in eastern North Carolina. *J. Dairy Sci.* 95:997–1010. doi:10.3168/jds.2011-4755.
- Voltolini, T. Santos, F. Martinez, J. Imaizumi, H. Pires, A and Penati, M. 2008. Metabolizable protein supply according to the nrc (2001) for dairy cows grazing elephant grass. *Sci. Agric.* 65:130–138. doi:10.1590/S0103-90162008000200004

## **2. Caracterización y agrupación de los sistemas de alimentación de las lecherías de pequeños productores de la provincia de Ubaté**

### **Resumen**

El reconocimiento de los sistemas de alimentación es clave para poder adoptar y ejecutar estrategias de corto, mediano y largo plazo y así incrementar, la producción de leche. En la provincia de Ubaté, el sistema de alimentación representativo es el de pastoreo rotacional (46 a 60 días en su mayoría) con cuerda eléctrica, con suplementación con sales mineralizadas y con alimento balanceado comercial y/o materias primas. El forraje característico es el kikuyo, el cual se encuentra en más del 85% de las fincas, aunque también se encuentran especies como raigrás y trébol rojo y mezclas de éstos. Los forrajes conservados, específicamente el ensilaje, se compran durante las épocas de escasez forrajera al igual que el alquiler de pastadas. Basados en una encuesta de caracterización que involucró a 341 productores y con ayuda del análisis de conglomerados K modas, se pueden encontrar 3 tipologías (conglomerados) de productores, unos que recurren en menor cuantía a los suplementos (tanto forrajes conservados como materias primas y alimentos concentrados); otros que recurren a suplementos, ofreciéndolos en cantidades iguales a lo largo de la lactancia; y otros que recurren a la suplementación, ofreciéndola teniendo en cuenta la curva de lactancia (producción de leche); Los niveles de productividad tuvieron alta dispersión dentro de cada conglomerado, sin embargo, el conglomerado 3 mostró mayor productividad por animal y por hectárea. El conglomerado 1 (baja suplementación) presentó una productividad ligeramente inferior a la del conglomerado 3 sin embargo, siendo probablemente más eficiente debido a su menor inclusión de suplementos en la dieta. El conglomerado 2 parecería ser el conglomerado menos eficiente en el uso de los recursos.

**Palabras clave:** Sistema de alimentación, manejo del pastoreo, suplementación de vacas de pequeños productores, análisis de conglomerados.

## Abstract

The identification of feeding systems is the key to adopt and execute short, medium and long-term strategies to increase milk production. In Ubaté's province, the representative feeding system is rotational grazing (46 to 60 days mostly) with electric fence, with mineralized salts and commercial balanced feed and/or feedstuffs supplementation. The characteristic forage is Kikuyu, which is found in more than 85% of the farms, although there are also species such as ryegrass and red clover and mixtures of these. Conserved forages, specifically silage, are bought during times of forage shortage as well as rental of pastures. Based on a characterization survey involving 341 farmers and using a k modes, three typologies of producers can be characterized: some that use little amounts of supplements (preserved forages, raw material and concentrates); others that use supplements, offering them in equal amounts throughout the lactation period; and others that use supplementation, offering in a strategic way; Productivity levels had high dispersion within each cluster, however, cluster 3 showed higher productivity per animal and per hectare; on the other hand, cluster 1 (the one that uses low supplementation) have a slightly lower productivity than cluster 3, however, probably being more efficient due to its lower inclusion of supplements in the diet. Cluster 2 would appear to be the least efficient cluster in the use of resources.

**Keywords:** Feeding system, grazing management, supplementation of dairy cows of small producers, cluster analysis.

## 2.1 Introducción

La producción lechera realizada por pequeños y medianos predios contribuye de manera de manera relevante (37% y 29% respectivamente) a la producción de leche del país y a su vez, representa una proporción mayoritaria (80,7%) de los productores de leche (MADR, 2015). Las limitantes técnicas a la producción lechera en estos sistemas no han sido estudiadas de manera sistemática, aunque existen algunas caracterizaciones de éstos (Garzón, 2018).

En Colombia, tradicionalmente se han descrito dos tipos de sistemas de producción de leche: la lechería especializada y lechería doble propósito, ambas desarrollados bajo un esquema de pastoreo. La primera se desarrolla principalmente en el trópico alto (por encima de los 2000 msnm y temperaturas entre los 10 y los 20 °C) con pasturas de mejor calidad y ubicadas cerca a los centros urbanos, en donde se explotan las razas *Bos taurus*; la segunda, predomina en zonas tropicales bajas y medias (inferiores a 2000 msnm) apartados de centros de consumo, en pasturas de menor calidad y explotando cruces de *Bos indicus* y *Bos taurus* (Holmann *et al*, 2004; Carulla y Ortega, 2016).

La lechería especializada se desarrolla en 3 cuencas lecheras principalmente: la cuenca Antioqueña, la cuenca Cundiboyacense y la cuenca de Nariño. En la cuenca Cundiboyacense, se encuentra la provincia de Ubaté, donde predominan las lecherías de pequeños productores (inferiores a 20 animales en ordeño). Estas lecherías cuentan con una baja tecnificación (ordeño manual, sin uso de fertilizantes) y bajos niveles de productividad por hectárea y por animal a pesar de que la mayoría suplementan sus vacas (Garzón, 2018)

Dentro de estos estudios se han encontrado diferencias grandes en los niveles de productividad tanto por animal como por hectárea (Evaluaciones agropecuarias EVAS, 2016; Valdivieso *et al*, 2011, Cámara de comercio, 2013, Carulla, 2016). Las causas de estas diferencias dentro de un mismo agroecosistema no han sido estudiadas, pero es muy posible que algunos aspectos puedan ser explicados por diferencias en la oferta ambiental (suelo, pluviosidad, temperatura) o de manejo (fertilización) que dentro de un mismo ecosistema condicionan la productividad de una pastura (Rodríguez *et al*, 2011; Larratea, F y Soutto, J, 2013), mientras otros podrían explicarse por el manejo de la alimentación (uso de suplementos, forrajes conservados, otros) que condicionarían la productividad animal.

Debido a que, en la provincia de Ubaté, la precipitación es altamente estacional con un régimen bimodal (Corporación autónoma Regional, 2006) se esperaría que aquellos productores que hacen uso de forrajes conservados y suplementos podrían tener mayores productividades animales (L/vaca/d) o por hectárea (L/ha/d) que aquellos que no lo hacen.

En sistemas de producción de leche de pequeños y medianos productores aparecen otras estrategias de alimentación para acomodarse a las restricciones en el crecimiento de la pastura en épocas de baja precipitación como son la compra de pasturas (pastadas) a predios vecinos o la siembra de arbustos o arbóreas que ha sido ampliamente recomendada pero aun poco implementadas (Lobo, 2006; Milera, 2006; Ramírez *et al*, 2007).

Por último, la estrategia del uso de los recursos alimenticios dentro del hato y en particular de cómo son usados en las vacas lactantes podrían explicar diferencias en el rendimiento animal ya que se ha demostrado que la productividad de las vacas en pastoreo está estrechamente ligada al consumo de alimento (Bargo, 2003; Kellaway & Porta, 1993, citado por Baudracco *et al*, 2010) y a la eficiencia con que la vaca los usa, que a su vez depende del tercio de lactancia (Broster & Broster, 1984 citado por Baudracco *et al*, 2010) y el potencial genético de las vacas (Linnane *et al.*, 2004, citado por Baudracco *et al.*, 2010)

El objetivo de este estudio fue caracterizar los sistemas de alimentación de pequeños productores y medianos productores de la provincia de Ubaté y determinar, usando análisis de agrupamientos, si las practicas asociadas al uso o no de forrajes conservados, el uso de pastadas compradas, el manejo de los suplementos a las vacas lactante podía ayudar a explicar las diferencias en la productividad de estos sistemas de producción lechera.

## **2.2 Materiales y métodos**

La caracterización de los sistemas de alimentación de los pequeños y medianos productores de leche de la provincia de Ubaté se desarrolló a través de una encuesta aplicada a 414 ganaderos de la región, pertenecientes a 19 diferentes grupos asociativos de productores.

Esta encuesta se llevó a cabo a partir del segundo semestre del año 2015 e incluyó preguntas sobre las características del sistema de alimentación (manejo y tipo de pasturas, uso, forma y frecuencia de utilización de forrajes conservados; uso y tipo de suplementos, entre otras) (Anexo A).

Se eliminaron algunas encuestas (73 en total), que presentaban incongruencias o que no fueron diligenciadas en su totalidad, por lo que los resultados reportados a continuación corresponden a las respuestas de 341 productores en total.

El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de conglomerados de K-modas (Kanungo *et al*, 2002), un análisis multivariado que permite realizar el análisis de datos obtenidos a través de encuestas (Quintero *et al*, 2010). Este método permite la categorización de datos categóricos (no cuantitativos) utilizando el principio de disimilaridad, para esto no recurre a las medias (pues al ser datos cualitativos los promedios no tienen sentido) si no al análisis de frecuencias (modas). El algoritmo utilizado para tipo de análisis de conglomerado utiliza el mismo proceso que el análisis de k medias (análisis cuantitativo) (Somba *et al*, 2004; Zengyou He, 2006).

La técnica de k modas consiste en ubicar cada observación en cada uno de los K grupos de tal forma que se minimice la diferencia dentro del conglomerado y se maximice la diferencia entre conglomerado, para esto, la medida de disimilaridad entre dos objetos categóricos (pequeños productores) descritos por m atributos categóricos (respuestas de la encuesta), se define por el total de las no coincidencias de los atributos entre los objetivos

$$d(X, Y) = \sum_{j=1}^m \delta(X_j, Y_i)$$

Donde:

$$\delta(X_j, Y_i) = \begin{cases} 0 & (x_j = y_i) \\ 1 & (x_j \neq y_i) \end{cases}$$

Como la técnica permite realizar k agrupamientos, fueron evaluados diferentes análisis realizando 2, 3, 4 o 5 agrupamientos, y se escogió el que mayor explicación lógica de los datos obtuvo, usando el software R Studio (Kassambara, 2017).

Se realizó una georreferenciación de los productores, para lo cual se usaron navegadores de tipo espacial, proporcionando varios archivos tipo Waypoints. Los Waypoints,

proveyeron metadatos incorporados al dato del navegador, estos indicaban la fecha de toma de información, el geoposicionamiento, la cantidad de satélites y la triangulación del dato. Esto se realizó con dos navegadores GARMIN Oregon 600, la información se entregó en formato GPX, el cual es el formato de intercambio y almacenamiento de información de dispositivos GPS. Los datos son proporcionados en el sistema de coordenadas geográficas mundial WGS84, el cual permite localizar cualquier punto sobre la superficie terrestre. Una vez obtenidos los conglomerados y con la georeferenciación de los productores, se realizó un mapeo de los conglomerados obtenidos.

## 2.3 Resultados

### 2.3.1 Características comunes de los sistemas de alimentación

Se encontró que la mayoría de los productores (>97%) tienen sistemas de alimentación basados en pastoreo y suplementación. El uso de forrajes conservados se hace principalmente en épocas de escasez de biomasa forrajera (periodos de baja precipitación) y solamente unos pocos (13,7%) productores lo usan durante todo el año.

El 70% de los ganaderos tienen pasturas permanentes en su explotación, el 30% restante rotan el área con cultivos como la papa, la avena y el maíz. Aproximadamente el 50% de ellos renuevan sus pasturas y la mayoría no realiza análisis de suelos (63.3%). No se realiza el encalado como práctica rutinaria en la finca (únicamente lo realizan el 43.7% de los productores), pero la mayoría aplican fertilizantes químicos al suelo (85.6%).

El manejo del pastoreo se hace en sistemas de rotación con cuerda eléctrica (98%) y el periodo de recuperación de las pasturas tiene un amplio rango (entre los 45 a los 90 días de edad, con un promedio de 77 días), La mayoría de los productores utilizan más de una especie forrajera en su finca (79,9%), el 38.8% de ellos utilizan al menos 3 especies forrajeras y sólo un bajo porcentaje (20,1%) manejan pastos en monocultivo.

El kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) es la principal gramínea (92.7%.) presente en las pasturas ya sea sola en asociación con otras especies. Únicamente en el 7,3% de las explotaciones no se posiciona como la gramínea dominante, pero está presente en la explotación ya sea como especie secundaria o terciaria. Otras gramíneas como el raigrás (*Lolium spp*), falsa poa (*Holcus lanatus*) y azul orchoro (*Dactylis glomerata*), se usan con

menor frecuencia (<4,5%) y normalmente en pasturas mixtas. De éstas, el raigrás es el más relevante, ya que se presenta como especie secundaria y como especie terciaria. Las leguminosas más relevantes en las pasturas son los tréboles (*Trifolium spp*) que se usa principalmente en asociación con las gramíneas. Ya sea como especie secundaria o terciaria. Algunos productores, los utilizan como especie principal (2.2%)

### 2.3.2 Análisis de conglomerados

**Tabla 2.1** Uso de recursos alimenticios diferentes a la pastura, manejo de la pastura, productividad animal y por hectárea en 341 explotaciones de pequeños y medianos productores de leche de la provincia de Ubaté.

	Conglomerado			Total	
	1	2	3	Usa	No usa
<b>Número de productores</b>	109	127	105		341
<b>Uso de Pastadas (compra), %</b>					
Nunca	53.3	37.0	26.7		
En escasez	37.6	52.0	59.0	61,3	38,7
Siempre	10.1	11.0	14.3		
<b>Uso de Forrajes conservados, %</b>					
Nunca	96.3	7.1	0.0		
En escasez	2.8	74.8	79.0	66,6	43,4
Siempre	0.9	18.1	21.0		
<b>Uso de suplementos (vacas en producción), %</b>					
Nunca	11.0	4.7	1.0		
En escasez	7.3	6.3	5.7		
Siempre y a todas por igual	32.1	66.1	17.1	94,4	5,6
Siempre y de acuerdo al vol. de leche	49.5	22.8	76.2		
<b>Uso de concentrado en los terneros, %</b>	45,9	37,8	89,5	56,3	43,7
<b>Suplementa las vacas secas, %</b>	51,4	43,3	78,1	56,6	43,4
<b>Uso de suplementación mineral, %</b>					
Sal blanca	1,8	3,9	1,0	2,3	97,7
Sal mineral	98,2	96,1	99,0	97,7	2,3
Bloques multinutricionales*	7,3	7,1	8,6	7,6	92,4
<b>Producción (L/vaca/d)**</b>	8,8	7,8	9,1		8,5
<b>Producción (L/ha/d)**</b>	18,5	18,0	25,4		20,5
<b>Carga (Vacas Lactante/ha)</b>	2,1	2,1	2,5		2,2
<b>Manejo de praderas, %**</b>					
Fertilización	79,8	81,9	86,7	82,7	17,3
Enmiendas	37,6	43,3	48,6	43,1	56,9

\* Mezclas agregadas y compactadas de sal, minerales y nitrógeno no proteico.

\*\* Variables no tenidas en cuenta para la elaboración de los conglomerados

El análisis de conglomerados arrojó un mejor ajuste para tres agrupamientos, teniendo en cuenta las prácticas del manejo de la alimentación. El conglomerado 1, se distinguió por

ser el que usa en menor proporción de forrajes conservados y una menor proporción de ellos recurría a la compra de pastadas. Adicionalmente, sus niveles de productividad animal (L/vaca/día) fueron superiores a los del conglomerado 2 y similares a los del 3 mientras que la productividad por hectárea fue similar a la del conglomerado 2 e inferior a la del 3 (Tabla 2.2).

El segundo grupo o conglomerado se caracterizó por tener una mayor proporción de productores que usan forrajes conservados y pastadas compradas para alimentar sus animales que el primero. Este grupo se distingue sobre el tercero en la manera de asignar los suplementos a sus animales en producción y por la frecuencia de uso de otros alimentos diferentes al concentrado comercial. En este conglomerado, hay una mayor proporción de productores que ofrecen el suplemento a sus vacas sin tener en cuenta el nivel de producción de leche y una mayor proporción de productores usa recursos como la papa y la melaza para suplementar los animales. Este conglomerado fue el que tuvo una menor productividad por animal (Tabla 2.1 y 2.2).

El tercer grupo o conglomerado es muy similar al segundo en la frecuencia de uso de forrajes conservados y pasturas compradas, pero se diferencia de este por la manera de asignar el suplemento a los animales en producción, terneros y vacas secas (Tabla 2.1). Este conglomerado, hace un uso generalizado de los concentrados comerciales para alimentar sus animales y presenta una menor frecuencia de uso de recursos alimenticios diferentes a estos. Por último, es el conglomerado que tiene una mayor productividad por animal y por hectárea (Tabla 2.2).

**Tabla 2.2** Frecuencia (%) de uso de diferentes alimentos en cada uno de los conglomerados

	Conglomerado			Total	
	1 ----- Frecuencia de uso %	2 Frecuencia de uso %	3 ----- Frecuencia de uso %	Usa %	No usa %
Arbóreas	13,8	16,5	21,9	17,3	82,7
Concentrado	77,1	85,8	94,3	85,6	14,4
Melaza	23,9	58,3	34,3	39,9	60,1
Glicerol	23,9	31,5	44,8	33,1	66,9
Papa	40,4	66,9	33,3	48,1	51,9
Subproductos	11,0	13,4	17,1	13,8	86,2
Residuos de Cosecha	19,3	19,7	11,4	17	83
Otro	8,3	13,4	10,5	10,8	89,2

Entre los conglomerados existen similitudes en el manejo de la alimentación. La mayoría de los productores suplementa los minerales a través de sales minerales (Tabla 2.1), el uso de residuos de cosecha o arbóreas en la alimentación es bajo (Tabla 2.2) y no usan lacto reemplazadores para la alimentación de sus terneros(as). En todos los conglomerados, el forraje conservado preferencialmente utilizado es el ensilaje (>80% de los ganaderos que usan forrajes conservados), el cual en la mayor parte de los casos es comprado (88% de los que los utilizan forrajes conservados) y no elaborado por los propios ganaderos (se encuentran ensilajes de pasturas, de cereales, de caña de azúcar y de caña de maíz).

## **2.4 Discusión**

### **2.4.1 Características generales de los sistemas de alimentación**

En este trabajo, se exploraron las estrategias de alimentación que usan los pequeños y medianos productores de leche de la provincia de Ubaté, una de las principales cuencas lecheras del país (Castrillón, 2014). Aunque algunos autores sugieren que estos sistemas son principalmente de características extractivas (Duarte, 2006) los resultados de este trabajo señalan que el uso de insumos (fertilizantes, suplementos y sales minerales) es frecuente y solamente una baja proporción de los productores no hace uso de ellos (Tabla 2). Estos productores basan la alimentación de su ganado en pasturas, concentrados comerciales y sales minerales. Una menor proporción hacen uso de otros recursos alimenticios dentro de los cuales se destaca la papa y subproductos de la industria (glicerol y melaza).

Los concentrados o suplementos comerciales son usados de manera permanente independientemente de la abundancia o no de recurso forrajero por la mayoría de productores en las vacas en producción. Bargo *et al* (2003) ha sugerido que la eficiencia del uso de concentrados en vacas lecheras en pastoreo estaría muy cercana a 1 (Un kilo de concentrado produciría un litro adicional de leche) cuando el consumo de concentrado no reduce el consumo de la pastura. En este escenario (sin sustitución), los concentrados no podrían costar más que el precio pagado por cada litro de leche, para su costo sea cubierto por la venta del mismo. Si adicionalmente se considera que la producción de leche debe cubrir los costos de la alimentación de las demás categorías animales en el hato

(terneras, novillas vacas secas) y generar un beneficio económico, el costo de este recurso debería ser muy inferior al valor del litro de leche y su uso debería limitarse en épocas de abundancia forrajera donde la suplementación de concentrado sustituye parcialmente el consumo de la pastura y su eficiencia disminuye (Penno *et al*, 2006). Algunos estudios reportan eficiencias de uso del alimento superiores a uno (Más de un litro de leche por cada kilogramo consumido), pero normalmente estas se dan cuando la vaca alcanza altos consumos de alimento que se presentan en sistemas estabulados, pero no en sistemas pastoriles (Kolver and Muller, 1998; Bargo *et al*, 2003). El uso de concentrados de manera permanente en los sistemas de producción lechera en pastoreo no es exclusivo de Colombia, se encuentran en otros países como Chile (Pulido *et al*, 2009; Navarro *et al*, 2006; González, 2012), Australia (Fariña, 2010) y Argentina (Álvarez, 2007). Sin embargo, en Nueva Zelanda uno de los más competitivos en la producción lechera, la mayoría de productores no hacen uso de concentrados y se utilizan los silos de maíz y de pastura como principal recurso que se usa cuando el crecimiento de la pastura es limitado (Holmes *et al*, 2007).

Los hallazgos sobre los sistemas de alimentación en los pequeños y medianos productores de la provincia indican que su sistema es altamente dependiente en la pastura por lo que se puede colegir que es altamente estacional ya que la zona se caracteriza por dos periodos de lluvias cortos (2 a 3 meses) y muy marcados (Corporación Autónoma Regional, 2006). En los periodos de restricción forrajera, la compra de ensilaje y de pastadas son las principales herramientas para proveer forrajes en las épocas de escasez, aunque hay productores (16,1%) que no hacen uso de ninguna de estas dos estrategias, hay un alto porcentaje que recurren a ambas (44%). A pesar de ser el método de conservación menos dependiente de maquinaria (Villa, 2008), muy pocos (19%) productores producen sus propios ensilajes y se ha sugerido que esto ocurre debido al desconocimiento del proceso, limitado acceso a dicha maquinaria y a restricciones en los tamaños de los predios (Fedegan, 2015; Fedegan, 2017). El que dependan de la compra de ensilajes o pastadas hace que el sistema sea más vulnerable a las condiciones del mercado que normalmente aumenta los precios en los momentos de escasez. La conservación de pastura en épocas de abundancia o producción de ensilajes debería ser una de las prioridades para modificar la realidad productiva de estos productores. Sin embargo, existen limitaciones de orden tecnológico (conocimiento y acceso a maquinaria) y económico (restricciones en el flujo de

caja) que limitan la adopción de estas tecnologías. Otras estrategias, asociadas al manejo de la pastura, como el mejoramiento de la retención de agua en el suelo (Uso de materia orgánica, sombra) (Domingo *et al*, 2006; Moreno, 2002; Anaya *et al*, 2016; Villarreyna, 2016) y/o el uso de especies forrajeras tolerantes a bajas precipitaciones (raíz profunda) pueden disminuir la estacionalidad en la oferta de nutrientes (Faría, 1994; Torres, 2012). La estrategia del uso de forrajes conservados puede aplicarse de manera inmediata mientras que la modificación de la capacidad de retención de agua del suelo, el uso de arbóreas para generar sombra y retener humedad son estrategias de mediano y largo plazo.

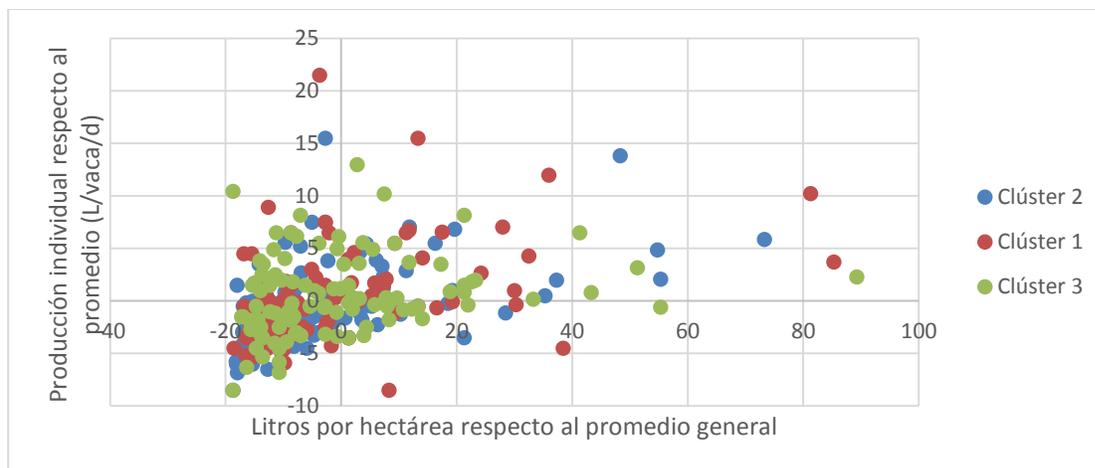
Otras estrategias usadas para ajustarse a una menor oferta de pastura (venta de animales, heno en pie) que han sido reportadas en otros estudios (Carbonel, 2009; Barrantes, 2007) no fueron valoradas en esta encuesta. Sin embargo, un seguimiento por dos años a los productores de este estudio mostró que el inventario animal es bastante constante (Carulla comunicación personal) y que esta estrategia solo es usada cuando la oferta forrajera es muy crítica.

Por último, el heno en pie o “stockpiling” que se entiende como el mantenimiento de forraje sobrante en las pasturas sin cosecharlo para ser usado en las épocas de escasez (Hitz and Russel, 1998; Riesterer *et al*, 2000) parecería ser una alternativa para algunos productores de la región. Se ha demostrado que el Kikuyo principal especie forrajera de la región, crece mucho más rápidamente en épocas de lluvias que en épocas de menor precipitación y que se producen excedentes durante estos periodos (Escobar, 2018). Conservar estos excedentes en pie (sin cosechar) parecería ser una de las alternativas relevantes, máxime que esta especie madura lentamente y conserva su calidad dentro de un rango amplio de edades (Carpenter, 1999).

#### **2.4.2 Análisis de prácticas de alimentación que son diferentes dentro de la región**

Un análisis de los agrupamientos en relación a los promedios generales de la producción de leche por vaca o por hectárea, sugeriría que estas estrategias no se reflejan en una mayor producción de leche en aquellos conglomerados (2 y 3) que si hacen un mayor uso de compra de pasturas o forrajes conservados (Figura 2.1). Sin embargo, la información

de la producción de leche refleja el momento en que se hizo la encuesta, que fue en los meses de lluvias y por lo tanto, no puede inferirse que estas estrategias no tienen ventajas desde el punto de vista productivo en los meses de menor precipitación y hay suficiente evidencia en la literatura que estas estrategias disminuyen el impacto negativo que tiene la menor oferta forrajera en épocas de sequía (Villa, 2008; Valencia, 2016)

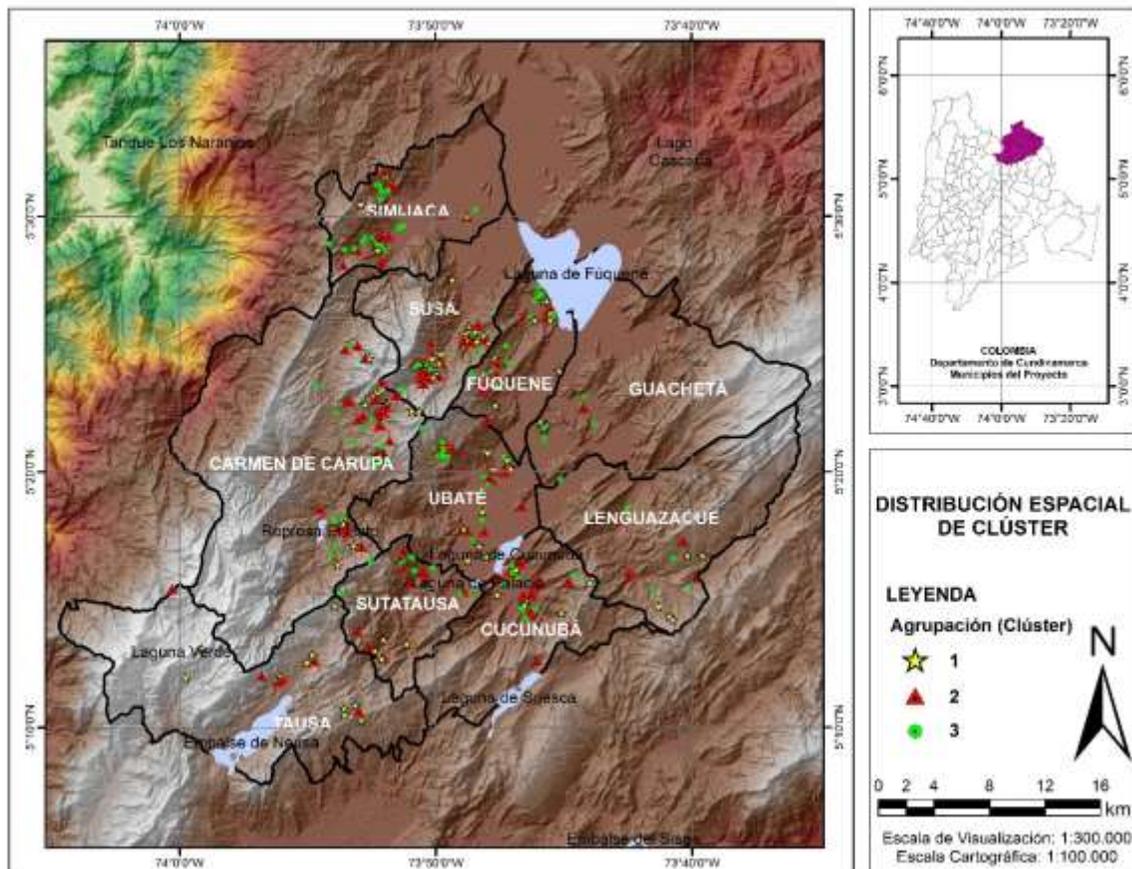


**Figura 2 1** Diferencias en producción individual (L/vaca/d) y producción por hectárea (L/ha) entre los conglomerados respecto al promedio general

Otra posible explicación es que estos productores se encuentren en nichos donde hay una mayor precipitación y por lo tanto dispongan de una mayor oferta forrajera en épocas de sequía. Sin embargo, un análisis especial no encontró diferencias en la ubicación geográfica de estos conglomerados (Figura 2.2) por lo cual se podría asumir que la producción de leche en este agrupamiento tendrá variaciones mayores debido a los cambios en la precipitación que es de carácter bimodal en la zona (Corporación Autónoma Regional, 2006). En cualquier caso, este sistema de alimentación sería el más vulnerable a fenómenos extremos como la niña o el niño. Sin embargo, podría ser el más competitivo en la producción lechera pues, aparentemente, producen una misma cantidad de leche, sin la necesidad de recurrir a compra de alimentos más costosos en la dieta.

Los agrupamientos 2 y 3 tuvieron estrategias para asumir las épocas de menor oferta forrajera similares (uso de forrajes conservados y compra de pastadas), pero se diferencian en la manera como usan los suplementos. El agrupamiento 3 asigna el concentrado a las vacas en producción de acuerdo a la producción de leche. Adicionalmente, una mayor proporción de los productores hace uso de suplementos en terneros y vacas secas. La

asignación del concentrado de acuerdo al volumen de leche, podría sugerir que estos productores hacen un mejor uso de este recurso, ya que se sabe que las mayores producciones de las vacas se llevan a cabo durante el primer tercio de lactancia (Cañas *et al.*, 2011) y la pastura normalmente es insuficiente para cubrir los requerimientos de una vaca lechera en esta etapa de lactancia (Kolver and Muller, 1998; Bargo *et al.*, 2003; Mella Fuentes, 2003; Macdonald *et al.*, 2002) Adicionalmente, también se ha demostrado que la eficiencia en el uso del alimento en esta etapa es mayor (Stockdale, 1995). Este conglomerado fue en el que se encontró un mayor promedio en la producción de leche por vaca y por hectárea, aunque como se mostró anteriormente los conglomerados no parecerían estar asociados a ninguno de estos dos parámetros (Figura 1)



**Figura 2 2** Distribución espacial de las fincas pertenecientes a cada conglomerado dentro de la provincia

El conglomerado 2, además de ser el segundo en mayor consumo de alimentos concentrados, es el que utiliza con mayor frecuencia subproductos de cosecha, melaza y

la papa (tabla 2.2). Aunque en la encuesta no se pueden determinar las cantidades de cada uno de estos recursos, es importante mencionar que todos estos suplementos, deben ser tratados con cuidado a la hora de ser utilizados en la alimentación animal. Los residuos de cosecha y la papa tienen una oferta estacional debido a la dinámica productiva de los cultivos (Alonso, 2014; Barrientos *et al*, 2014), adicionalmente, la melaza y la papa, proveen de energía la dieta a partir de una concentración alta de azúcares (Leng y Preston, 1976) y almidones (Schroeder, 2012) (respectivamente), sin embargo, deben ser manejados sus desbalances minerales, la melaza con un exceso de potasio (Olbrich, 1963) y la papa con una deficiencia importante de calcio (Schroeder, 2012).

El conglomerado 3 es en el que mayor proporción de alimentos concentrados se utilizan, esto a costa de una menor inclusión de otro tipo de materias primas como la papa o los residuos de cosecha, sin embargo, utilizan las especies arbóreas con mayor frecuencia que los otros conglomerados, esto con el fin de brindar mayor concentración de proteína en las dietas.

Otro aspecto diferencial entre conglomerados, es la forma en la que se utiliza la suplementación en animales secos y en terneras. En el conglomerado 3, se utiliza de manera frecuente la suplementación con concentrados en las terneras de reemplazo, así mismo, el 78,1% de ellos suplementa las vacas secas. Estas prácticas les brindan ventajas productivas, pues en el caso de los terneros(as), la suplementación con alimento concentrado permite una rápida transición de pre-rumiante a rumiante (Elizondo, 2006) y en el caso de las vacas secas, permite mantener y recuperar la condición corporal deseada al parto (Rendel, 2000).

En el conglomerado donde menor suplementación con concentrado se suplementan los terneros y donde con menor frecuencia se suplementan las vacas secas, fue el conglomerado 2. Esto puede influenciar la producción de leche, pues tanto el levante de terneras (Berends, 2015; Drackley, 2008) como el manejo de la vaca seca (Beever, 2006; Grum *et al*, 1996) puede tener influencia sobre la lactancia de los animales.

Por último, la productividad promedio por animal y por hectárea son bajas comparadas con la de otros como Nueva Zelanda que tiene producciones de más de 4.000 litros por lactancia por vaca (con lactancias más cortas) y más de 7.500 kilogramos de leche por hectárea (LIC, 2018). Como se sabe, la producción por vaca está estrechamente asociada

al consumo de nutrientes cuando el potencial genético es alto (Johnson *et al*, 2003; National Research Council, 2001). En los sistemas de producción lechera de la provincia de Ubaté las principales razas productoras son la holstein y la normando con potenciales de producción de leche muy superiores a los encontrados como promedios de estos agrupamientos, sugiriendo que en estos sistemas de alimentación las vacas reciben cantidades de alimento insuficientes, para desarrollar su potencial genético.

Las variables del manejo de la pastura, no difieren entre los conglomerados, aproximadamente el 80% de los ganaderos utilizan fertilización en sus pasturas (ya sea química u orgánica) y cerca de un 40% de ellos en todos los conglomerados utilizan el encalado como enmienda para la corrección del pH del suelo.

## 2.5 Conclusiones

Con la información recolectada se puede concluir que, a pesar de encontrarse diferentes tipos de sistemas de alimentación para la producción de leche en pequeños predios de la provincia de Ubaté, la productividad no estuvo influenciada por el tipo de sistema al momento de realizarse la encuesta. Se podría sospechar que, más allá del tipo de sistema de alimentación el que influencia y determina de manera mayoritaria la productividad de las fincas, es el consumo de materia seca (el consumo de forraje y la cantidad total de suplementos utilizados).

A pesar de encontrar diferencias entre los sistemas de alimentación de la provincia, se vuelve relevante mejorar la productividad de los mismos, por lo que tener esta descripción de los sistemas se convierte en una herramienta para la toma de decisiones en el ámbito nutricional. El objetivo final es incrementar el consumo total de materia seca, pero la estrategia según el tipo de sistema de alimentación tendrá que ser diferente, en algunos casos se debe tener especial énfasis en el manejo y aprovechamiento de las praderas y en otros casos se deberá trabajar mayoritariamente desde el ámbito de la suplementación.

Finalmente, se debe tener en cuenta que el presente estudio refleja las diferencias de los sistemas de alimentación al momento de realizar las encuestas de caracterización, por lo que las características ambientales que se presentaban al momento de aplicarla, influenciaron los parámetros de productividad entre sistemas. Realizar un seguimiento de

estos parámetros a través del tiempo, podría identificar diferencias entre los sistemas caracterizados.

## 2.6 Referencias bibliográficas

- Agriculture Victoria, 2017. Dairy research. Productive dairy feeding systems. Australia. Disponible en <http://agriculture.vic.gov.au/agriculture/dairy/dairy-science-and-research/productive-dairy-feeding-systems2>.
- Alonso, J. 2014. Consumo y mercadeo de la papa en Colombia. Disponible en <https://consumoymercadodepapa.wordpress.com/2014/11/28/consumo-y-mercadeo-de-la-papa-en-colombia/>.
- Álvarez, H. Dichio, L y Larripa, M. Suplementación energética en vacas de distintos niveles de producción de leche y asignación de pastura. *Reviista Argentina de Producción Animal* 27(3), pg 151 – 157.
- Anaya, C. Mendoza, M. Rivera, M. Páez, R y Olivares, D. 2016 Contenido de carbono orgánico y retención de agua en suelos de un bosque de niebla en Michoacán, México. *Agrociencia* Vol 50 No 1. ISSN 2521-9766.
- Bargo, F., L.D. Muller, E.S. Kolver, and J.E. Delahoy. 2003. Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.* 86:1–42. doi:10.3168/jds. S0022-0302(03)73581-4.
- Barrantes, J. Recomendaciones para ganadería. Ministerio de Agricultura y Ganadería Región Pacífico Central.
- Barrientos, J. Rondón, C. y Melo, S. 2014. Comportamiento de precios de las variedades de papa parda pastusa y diacol capiro en Colombia (1995-2011). *Revista colombiana de ciencias hortícolas* 8(2): 272 -286. <https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i2.3220>
- Baudracco, J., N. Lopez-Villalobos, C. Holmes, and K. Macdonald. 2010. Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems: a review. *New Zeal. J. Agric. Res.* 53:109–133. doi:10.1080/00288231003777665.
- Beever, D. 2006. The impact of controlled nutrition during the dry period on dairy cow health, fertility and performance. *Animal reproduction science* 96: 212 – 226. doi: 10.1016/j.anireprosci.2006.08002
- Berends, H. 2015. Calf nutrition to optimise lifetime performance of dairy cows. Society of feed technologist disponible en [https://www.trouwnutrition.com/siteassets/events\\_opening-cb-rc/berends-2015-sft-symposium-calf-nutrition-lifetime-production.pdf](https://www.trouwnutrition.com/siteassets/events_opening-cb-rc/berends-2015-sft-symposium-calf-nutrition-lifetime-production.pdf)

Bogotá, Cámara de Comercio; Gobernación de Cundinamarca 2013. Plan de competitividad para la Provincia de Ubaté.

Bogotá, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 2006. Diagnóstico prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suárez.

Bogotá, Fedegán. 2015. El ensilaje es la nueva tecnología a implementar en la ganadería. Revista Contexto ganadero. Disponible en <https://www.contextoganadero.com/reportaje/el-ensilaje-es-la-nueva-tecnologia-implementar-en-la-ganaderia>.

Bogotá, Fedegán. 2017. ¿Por qué se perdió 40% de la producción de silo de maíz en 2016?. Revista Contexto ganadero. Disponible en <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/por-que-se-perdio-40-de-la-produccion-de-silo-de-maiz-en-2016>.

Bogotá, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), 2015. Información Cadena láctea

Breschneider, G. y Salado, E. 2010. Sistemas confinados vs. Pastoriles, ventajas y desventajas. INTA, Ficha técnica N° 8. Argentina.

Cañas, J. Cerón, M. y Corrales, J. 2011. Modelación de curvas de lactancia para producción de leche, grasa y proteína en bovinos Holstein en Antioquia Colombia. Revista MVZ Córdoba 16(2) pg 2514 - 2520

Carbonell, C. 2009. El ajuste de carga animal pre invernal. INTA Apunte técnico de reunión. Argentina.

Carpenter, J. 1999. Efecto de la edad (madurez) del pasto kikuyo en la digestibilidad. Segundo seminario internacional sobre la calidad de leche competitividad y proteína. Medellín.

Carulla, J. Gobernación de Cundinamarca. 2016. Innovación ciencia y tecnología para productores de leche de la provincia de Ubaté,. Establecimiento de la línea base.

Carulla, J y Orteja, E. 2016. Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, Vol 24 (2) p 83 – 87.

Castrillón, D. 2014 Informe: Cuencas lecheras, motores de la producción nacional. Contexto ganadero. Disponible en <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/informe-cuencas-lecheras-motores-de-la-produccion-nacional>.

Domingo, J. Fernández, R. Corral, E. Rapp, I. 2006. Estimación de la capacidad de retención de agua en el suelo: revisión del parámetro CRA. España. Invest Agrar. 15(1), 14 -23.

- Drackley, J. 2008. Calf nutrition from birth to breed. *Vet Clin Food Anim* 24: Pp 55 -86
- Duarte, V. Sistemas intensivos de producción de leche basados en recursos alimenticios tropicales. Memorias del II simposium en Recursos y tecnologías alimentarias para la producción bovina a pastoreo en condiciones tropicales PASTCA. Sam Cristobal, Venezuela.
- Escobar, M. 2018. Efecto de la madurez del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus* Holchst. Ex Chiov.) sobre la producción de biomasa y la composición nutricional en diferentes altitudes de la provincia de Ubaté. Tesis de maestría Universidad Nacional de Colombia.
- Elizondo, J. 2006. Desarrollo del rumen en terneras de leche. *Revista ECAG* N38. Pg 29-32.
- Faría, J. 2004. Consideraciones para la selección y manejo de especies tolerantes a la sequía. *Revista de Agronomía (LUZ)* Vol 11, No 2. Venezuela.
- Fariña, R. 2010. Intensification of australian pasture based dairy farm system: biophysical economic and environment analysis. A Thesis Submitted in Fulfilment of the Requirements of a Degree of Doctor of Philosophy. Faculty of Veterinary Science: The University of Sydney. Australia.
- Garzón, L. 2018. Caracterización y tipificación de los sistemas de producción de leche de pequeños y medianos productores de la provincia de Ubaté, Cundinamarca. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Gobernación de Cundinamarca, 2017. Evaluaciones agropecuarias EVAS 2016 - Cundinamarca.
- González I 2012. Caracterización de predios lecheros con alto contenido de sólidos lácteos en la Zona Sur de Chile. Estudio de casos. Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile. Valdivia Chile. 2012.
- Grum, E. Drackley, J. Younker, R. Lacount, D and Veenhuizen, J. 1996. Nutrition during the dry period and hepatic lipid metabolism of periparturient dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 79:1850 – 1864. Doi:10.3168/jds.S00222-0302(96)76553-0
- Hitz, A and Russel, R. 1998. Potential of stockpiled perennial forages in winter grazing systems for pregnant beef cows. *Journal of Animal Science*, Volume 76 (2), pg 404 – 415. Doi:10.2527/1998.762404x
- Holmanm, F. Rivas, L. Carulla, J, Rivera, B, Giraldo, L, Guzmán, S. Martínez, M. Medina, A y Farrow, A. 2004. Producción de leche y su relación con los mercados: Caso colombiano. CIAT.

- Holmes, C. and Roche, J. 2007 Pastures and supplements in dairy production systems In: Rattray P. V., Brookes I. M. and Nicol A. M. (eds.) Pasture and supplements for grazing animals, pp. 221-242. Hamilton, New Zealand: New Zealand Society of Animal Production.
- Johnson, C. Lalman, D. Brown, M. Appeddu, L. Buchanan, D. and Wettermann, R . 2003. Influence of milk production potential on forage dry matter intake by multiparous and primiparous Brangus females. *Jornal of animal science* 81 (7) p 1837-46. doi:10.2527/2003.8171837x
- Kanungo, T., Mount, D., Netanyahu, N., Piatko, C. y Wu, A. 2002. An efficient k-means conglomeradoing algoritm analysis and implementation. *IEEE transactions on paattern analysis and machine intelligence* Vol 24. N°7.
- Kassambara, A. 2017. Multivariate analysis I, practical guide to cluster analisys in R Unsupervised machine learning. Edition 1. STHDA.
- Kolver, E.S., and L.D. Muller. 1998. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 81:1403–1411. doi:10.3168/jds.S0022-0302(98)75704-2.
- Larratea, F. y Soutto J. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad invierno primaveral de un campo natural del litoral. Tesis de pregrado. Universidad de la República, Uruguay.
- Leng, R and Preston, T. 1976. Sugar cane for cattle production: present constraints, perspectives and research priorities. *Trop. Anim. Prod.* 1: 1 - 22.
- LIC, DairyNZ 2018. New Zealand dairy statistics 2017-18.
- Lobo, M. 2006. Leguminosas forrajeras arbustivas en sistemas de producción bovina. INTA – Ministerio de agricultura y Ganadería de Costa Rica.
- Macdonald, K. a, J.W. Penno, J. a S. Lancaster, J.R. Roche, S.L. White, G. a Benson, S.P. Washburn, J.T. Green, R.H. Hart, J. Bissio, M.J. Samuel, and J.W. Waggoner. 2002. Milk production and economic measures in confinement or pasture systems using seasonally calved Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 46:81–87. doi:10.2307/4002452.
- Mella Fuentes, C. 2003. Suplementacion de vacas lecheras de alta produccion a pastoreo ii. Disponible en [http://www.uchile.cl/documentos/suplementacion-de-vacas-lecheras-de-alta-produccion-a-pastoreo-ii\\_58311\\_9.pdf](http://www.uchile.cl/documentos/suplementacion-de-vacas-lecheras-de-alta-produccion-a-pastoreo-ii_58311_9.pdf)
- Milera, M. 2006. Sistemas de producción lechera a partir de recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. *Pastos y forrajes*, vol 29 N2 p.109

- Moreno, J. 2002. La materia orgánica y la capacidad de retención de humedad en sustratos. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt". Cuba.
- National Research Council (NRC). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition. National Academy Press. Washington, D.C., USA. Págs 1-408
- Navarro, H. Siebald, E. Celis, S. 2006. Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores. Boletín Inia N° 148. Ministerio de Agricultura, Osorno, Chile.
- Olbrich, H. 1963. The Molasses. Biotechnologie-Kempe GmbH, 2006
- Penno, J. Macdonald, K. Holmes, C. and Davis, S. 2006. Responses to supplementation by dairy cows given low pastures allowances in different seasons 1. Pasture intake and substitution. *Animal Science* 82: Pp661-670. doi: <https://doi.org/10.1079/ASC200674>.
- Pulido, R. Escobar, A. Follert, S. Leiva, M. Orellana, P. Witttwer, F. Balocchi, O. 2009. Efecto del nivel de suplementación con concentrado sobre la respuesta productiva en vacas lecheras a pastoreo primaveral con alta disponibilidad de pradera. *Arch. Med. Vet.* 41 n43. Valdivia, Chile. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2009000300003>.
- Quintero, A., Guerra, C., Fernández, L y Calzadilla, J. 2010 Diagnóstico del sistema de producción-comercialización del ganado caprino-ovino en el departamento de La Guajira, Colombia. Aplicación del escalamiento óptimo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 19, num 2. Pp 57-64. La Habana, Cuba. ISSN 2071-0054
- Ramírez, L Ku, J. Alayón, J. 2007. Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito. *Archivo Latinoamericano de producción animal* VOL. 15 Supl. 1 pp 251- 264.
- Rendel, P. 2000. Suplementación a pastoreo de vacas secas y efecto de la condición corporal preparto sobre la producción de leche. XVI Reunión latinoamericana de producción animal Montevideo. Sitio argentino de producción animal.
- Riesterer, J. Undersander, D. Casler, M and Coms, D. Forage yield of stockpiled perennial grasses in the upper midwest USA. *Agronomy*. *Agronomy Journal* 92(4), pg 740 -747.
- Rodríguez, G. Patiño, R. Altahona, L y Gil, J. 2011. Dinámica de crecimiento de pasturas con manejo rotacional en diferente topografía en un sistema de producción de carne vacuna en Córdoba, Colombia. *Revista Colombiana Ciencias animales* 3 (1) p 47 – 61.
- Schroeder, K. 2012. Feeding cull potatoes to dairy cattle and beef cattle. UW Extension Agriculture Agent, Portage Country.
- Somda, J. Kamuanga, M and Tollens, E. 2004. Characteristics and economic viability of milk production in the smallholder farming systems in The Gambia. *Agricultural Systems* 85, pg 42 – 58. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2004.07.011>.

- Stockdale, C. 1995. Maize silage as a supplement for pasture-fed dairy cows in early and late lactation. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 35(1) pg: 19 -26. <https://doi.org/10.1071/EA9950019>.
- Torres, C. 2012. Impacto de estrategias de extensión en implantación de especies forrajeras tolerantes a sequía con productores agropecuarios del Sudeste Bonaerense Semiárido .Argentina, Ciclos 2010 y 2011. Estación Experimental Agropecuaria Bordenave. INTA. Argentina.
- University of Minnesota 2017: Dairy extensión. Feeding the dairy herd. USA Disponible en <http://www.extension.umn.edu/agriculture/dairy/feed-and-nutrition/feeding-the-dairy-herd/feeding-systems.html>.
- Valdivieso, C. Uribe, M, Antinio, J. 2011. Estudio prospectivo de hatos ganaderos del Valle de Ubaté, condiciones actuales, limitantes y necesidades de desarrollo para entrear a competir en el mercado internacional. Tesis de pregrado. Universidad Nuestra Señora del Rosario.
- Valencia, A. 2016. Los ensilajes: una mirada estrategia de conservación para la alimentación animal en el contexto colombiano. Monografía de pregrado. Universidad de la Salle.
- Villa, A. 2008. Estudio microbiológico y calidad nutricional de ensilaje de maíz cosechado en dos ecoregiones de Colombia. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Villarreyna, R. 2016. Efecto de los árboles de sombra sobre el suelo, en sistemas agroforestales con café.
- Zengyou He. 2006. Approximation algorithms for K-Modes clustering. Cornell University, disponible en <https://arxiv.org/abs/cs/0603120>



### **3. Deficiencias nutricionales de vacas lecheras de pequeños productores de la provincia de Ubaté.**

#### **Resumen**

Con el objetivo de determinar los nutrientes que limitan la producción de leche en explotaciones de pequeños y medianos productores lecheros de la provincia de Ubaté, se muestrearon los recursos alimenticios (forrajes y suplementos) y se midió la producción de leche en 40 explotaciones de la región. Los muestreos se realizaron por tres días en tres meses distintos para un total de nueve observaciones por explotación. Se cuantificó el consumo de: a) pastura por diferencia agronómica y b) suplementos (total consumido día / número de vacas). La producción de leche del hato fue anotada en cada muestreo. La producción promedio en las 40 explotaciones fue de 10,7 litros, pero varió entre 2,3 y 23 litros por vaca por día. La producción de leche se relacionó de manera directa con el consumo de materia seca ( $R^2=0,4704$ ,  $p<0,0001$ ). Se encontró que en la mayoría de los muestreos realizados la concentración proteína y energía en las pasturas (15,7% y 1,5 Mcal/kg MS EN<sub>L</sub>) y los suplementos (16,5% y 2,0 Mcal/kg MS EN<sub>L</sub>), eran suficientes para soportar mayores producciones de leche a las encontradas y que la principal limitante era el consumo de MS (64,67% de los desbalances se explicaron por este motivo). Sin embargo, en algunas explotaciones se presentaron deficiencias de energía (35% de las fincas con desbalances) y en otras de proteína (42% de las fincas con desbalances) en la dieta, indicando que las vacas estaban haciendo uso de sus reservas corporales. La principal deficiencia de orden mineral fue el calcio ya que este se encontró bajo en la mayoría de recursos analizados (el 96,7% de las muestras tenían concentración de calcio inferior al 1,0%). Los forrajes conservados (ensilajes, henos) en general fueron bajos en energía (1,34 Mcal/kg MS EN<sub>L</sub>) y proteína (7,4%)

**Palabras clave:** Consumo de pastura, consumo de materia seca total, balance nutricional, Producción de leche

## Abstract

In order to determine the nutrients that limit the milk production in farms of small and medium dairy producers in the Ubaté's province, feeds (forages, supplements, others) were sampled and milk production was measured in 40 farms of the region. Samples were taken for three days in three different months for a total of nine observations per farm. The a) pasture intake by agronomic difference and b) supplements intake (total intake per day / number of cows) was quantified. The average production of the herd was recorded in each sampling. The average milk production in the 40 farms was 10.7 liters, but varied between 2.3 and 23 liters per cow per day. Milk production was directly related to milk production ( $R^2 = 0.4704$ ,  $p < 0.000$ ). It was found that in most of the samplings the protein and energy concentration in pastures (15.7% and 1.5 Mcal / kg DM ME) and supplements (16.5% and 2.0 Mcal / kg DM ME), were sufficient to have higher milk yields than those found and that the main limitation was DM intake (64.67% of the imbalances were explained for this reason). However, in some farms there were energy deficiencies (35% of the farms with imbalances) and in others of protein (42% of the farms with imbalances) in the resources. The main mineral deficiency was calcium, since calcium was found to be low in most of the resources analyzed (96.7% of the samples had a calcium concentration lower than 1.0%). The conserved forages (silage, hay) in general were low in energy (1.34 Mcal / kg DM ME) and protein (7.4%).

**Keywords:** Pasture intake, total dry matter intake, Nutritional balance, milk production.

## 3.1 Introducción

Las plantas forrajeras constituyen la base alimenticia del ganado bovino, siendo el material más económico y el que permite el correcto funcionamiento digestivo de los animales. Es fundamental que este alimento esté disponible en cantidad y calidad suficiente para que el rumiante pueda expresar su capacidad productiva (González, 2017).

En la provincia de Ubaté el forraje predominante es el kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), aunque se pueden evidenciar otras especies tanto de gramíneas como de leguminosas. El valor nutricional de las pasturas, entendido como la capacidad de generar o producir leche de estos forrajes, dependerá en primera medida de la especie, y luego de factores como

su estado de madurez, la altura sobre el nivel del mar (y las condiciones agroclimatológicas) y su manejo en general (manejo de suelos, fertilización, riego, control de plagas) (Fedegan, 2017; Carulla *et al*, 2004)

Las pasturas y específicamente el kikuyo, tienen limitantes nutricionales asociadas al potencial de consumo (si su estado de madurez es avanzado), su nivel energético (1.2 a 1.4 Mcal de EN<sub>L</sub>/kg de MS), sus niveles de proteína pasante y su perfil de minerales (Carulla *et al*, 2004).

En los sistemas pastoriles especializados, lograr un balance nutricional adecuado que permita la expresión productiva y reproductiva de los animales es difícil (Sierra *et al*, 2017), pues si no se logran los volúmenes de forraje requeridos, no se logra el consumo de materia seca potencial y así, el aporte de nutrientes es insuficiente (Lauric *et al*, 2009).

En la provincia de Ubaté, el forraje es producido bajo condiciones de estrés ambiental como reducida precipitación y estrategias de manejo poco técnicas; esto conlleva a una oferta forrajera insuficiente, por lo que se debe recurrir a la suplementación estratégica, que, a diferencia de la suplementación sistemática, se utiliza en los momentos precisos, en cantidades controladas y con calidades específicas, con el fin de corregir la escasez de algún nutriente que no aporte el forraje (Lauric *et al*, 2009).

La estimación de requerimientos (mantenimiento, gestación, crecimiento, lactancia) y el establecimiento del balance nutricional (energía, proteína y minerales), es una buena práctica que sirve como herramienta, para mejorar y potenciar los parámetros productivos y reproductivos de los animales (Sierra *et al*, 2017).

El objetivo del presente estudio fue realizar un balance nutricional (proteico, energético, calcio y fósforo) de 40 fincas de pequeños productores de leche en la provincia de Ubaté, para conocer los nutrientes limitantes y los excedentarios en las dietas de animales en producción de pequeños productores.

## **3.2 Materiales y métodos**

Para realizar el balance nutricional de las 40 fincas de pequeños productores de la provincia de Ubaté (las cuales estaban distribuidas en los 10 municipios de la provincia), se realizaron tres muestreos en un periodo de seis meses. Cada muestreo consistió en el promedio de tres días de mediciones en donde se determinó el consumo de forraje, suplementos y concentrados comerciales. Se tomaron muestras de forrajes y suplementos para el análisis de calidad composicional. Adicionalmente se midió la producción de leche de cada vaca (durante los 4 días) y se estimó la condición corporal (1-5) el primer día. En el primer muestreo, las vacas fueron pesadas (se realizó una regresión utilizando datos de peso de báscula y peso de cinta bovinométrica en una de las fincas y luego la cinta fue utilizada en las 39 fincas restantes, obteniendo el peso, utilizando la ecuación obtenida) y se tomaron muestras de leche de cada hato (al inicio de los muestreos) para determinar la calidad composicional.

### **3.2.1 Consumo de materia seca**

El consumo de forraje se determinó por diferencia agronómica, haciendo un aforo de praderas, antes y después del pastoreo del día. La oferta forrajera se estimó lanzando al azar 10 cuadrantes de 25x25 cm (0.0625 m<sup>2</sup>), delante de la franja de pastoreo, pesando el forraje fresco y dentro de cada muestreo determinando la materia seca para calcular la oferta en base seca (este procedimiento se repitió por 3 días consecutivos). El remanente de la pradera se estimó de la misma forma, después de que ésta había sido pastoreada. El área de la pradera se midió para conocer la cantidad de forraje ofrecido en cada franja de pastoreo. En cada ocasión, la misma persona que realizó el aforo de oferta, también hizo el aforo residual.

La materia seca de la pastura se estimó con micro hondas (Dairy One, 2014) y muestras empacadas al vacío fueron enviadas al laboratorio para confirmar la materia seca. El consumo promedio de pastura se estimó dividiendo la materia seca cosechada en la franja dividida por el número de vacas en la pastura. La estimación del consumo de suplementos (forrajes conservados, papa, melaza, otros) y concentrados (balanceados comerciales) se realizó, pesando la oferta y el rechazo del mismo. El consumo se determinó de manera individual (vaca por vaca) cuando los suplementos eran ofrecidos durante el ordeño.

Cuando éstos se ofrecían en comederos en la pastura, se pesó la cantidad total ofrecida menos la rechazada y se dividió por el número de animales en la pastura. Para el consumo promedio de pastura, suplementos y concentrado se promedió lo consumido en los 3 días de muestreo, por cada fecha de mediciones. De esta manera se obtuvo el consumo total de cada explotación en cada muestreo (tres por ható).

### 3.2.2 Composición de nutrientes de la dieta

**Tabla 3.1** Fórmula típica del alimento estándar utilizado para establecer el balance nutricional

<b>Composición de ingredientes</b>	<b>%</b>
Salvado de arroz	25,31
Mogolla de trigo	11,56
Maíz	13,13
DDGS	1,13
Salvado de maíz	13,04
Torta de soya	5,25
Torta de palmiste expeller	15
Melaza	10
Mezcla de microelementos	0,18
Urea	1,5
Soya extruida	2
Carbonato de calcio	1,9
<b>Composición de nutrientes utilizada para el balance</b>	<b>%MS</b>
Proteína cruda	18
Fibra detergente neutro	27
Fibra detergente ácida	14
CNE	40
Cenizas	8,5
Ca	1
P	1

Las muestras de las pasturas (recolectadas a través de la técnica de hand plucking descrita por Cook en 1964) y los suplementos fueron secadas a 60°C durante 48 horas y se molieron en un molino Romer® con una criba de 2mm. Los forrajes y suplementos fueron analizados para MS (materia seca), cenizas, PC-Kjeldahl (Proteína cruda) (AOAC, 2006b), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA) (Van Soest *et al.* 1991),

digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) (Tilley y Terry (1963) y minerales (Ca, K, Na, Mg, Cu, Mn y Zn por espectroscopia de absorción atómica (AOAC, 2006a; AOAC, 2006b) y el P por colorimetría (AOAC, 2006b). La estimación de la energía en los forrajes se realizó utilizando las ecuaciones de Adams, 1980 (citado por Weiss, 1993) las cuales utilizan el contenido de fibra en detergente ácido para su cálculo.

Debido a la amplia variedad de alimentos comerciales (Y la imposibilidad de realizar análisis químico a cada uno de ellos), la composición de éstos (Concentrados) se asumió como constante entre las fincas, utilizando un promedio de la composición garantizada. La composición de ingredientes de estos concentrados se hizo teniendo en cuenta los ingredientes más frecuentes encontrados en las etiquetas de los mismos. La composición de nutrientes e ingredientes de este concentrado estándar se presenta en la tabla 3.1.

### **3.2.3 Balance nutricional**

Para establecer el balance nutricional se utilizó el software CNCPS v6.5. Este software realiza valoración de una dieta (balance) a partir de la estimación de los requerimientos del animal, el consumo de recursos alimenticios y el aporte de nutrientes de estos (Fox *et al*, 2004). La valoración fue realizada en cada una de las 40 fincas modelo en 3 muestreos diferentes (120 datos en total).

Como modelo animal para cada explotación, se consideró el peso promedio de las vacas, el volumen promedio de leche por vaca, la composición de la leche, la condición corporal promedio del hato y se asumió para un primer balance que no ganaban peso. Este procedimiento se repitió para cada muestreo (120 balances). Para establecer los requerimientos de estos animales se consideró la opción del software en pastoreo intensivo y los aspectos ambientales (como la temperatura y la velocidad del viento) promedio del municipio donde se encontraba la explotación (IDEAM, 2015). Se consideraron los desplazamientos asociados al pastoreo, pero no para el ordeño ya que la mayoría de estos se hacen manualmente o con ordeño mecánico portátil en la pastura donde se encuentran.

Los consumos de pastura, concentrados comerciales y otros suplementos se registraron de acuerdo a lo estimado en cada muestreo para cada explotación, así como la composición nutricional de los mismos. En caso de ausencia de algún nutriente o fracción de nutrientes que se requiriera para los cálculos y no se hubiera medido se consultó la

librería de composición de alimentos del software (utilizando la misma materia prima evaluada).

Los aportes de nutrientes de la dieta estimados por el programa, fueron comparados con los requerimientos de cada modelo animal estimados por el mismo software y de esta manera se estableció el balance nutricional (exceso de energía +0.5 Mcal EM/vaca/d, deficiencia de energía -0,5 Mcal/vaca/d; exceso de proteína 35 g PM/vaca/día; deficiencia de energía -35g PM/vaca/día, las deficiencias equivalentes al 95% del requerimiento y los excesos equivalentes al 105% del requerimiento). El único recurso alimenticio no considerado en este balance fue la sal mineralizada, por lo que el balance nutricional de calcio y fósforo solo tienen en cuenta el consumo de forraje y otro tipo de suplementos. En caso de balances de energía positivos se estimó la ganancia diaria de peso adicional esperada para este excedente (siempre y cuando no hubiera restricciones de proteína metabolizable). De manera similar, cuando hubo balances positivos de proteína se estimó la ganancia adicional siempre y cuando no hubiera restricciones de energía. En el presente trabajo se muestran tanto los balances antes de ajustar las ganancias diarias de peso, tanto los balances después de ajustarlas.

Se aclara que el presente estudio no tiene como objetivo validar las ecuaciones del software CNCPS, sino utilizarlo como una herramienta de diagnóstico para obtener los requerimientos de los modelos animales de cada finca y realizar el balance nutricional de cada una de las fincas. Esto debido a su practicidad y aplicación, basados en los ajustes en pastoreo que se han realizado en la última versión de este software, por ejemplo, incluyendo en su librería el pasto kikuyo, pasto característico de la zona de estudio (v6.5) (Higgs *et al*, 2015; Van Amburgh *et al*, 2015)

### **3.2.4 Análisis estadístico**

Con los datos obtenidos se realizaron regresiones lineales para las variables evaluadas: consumo de materia seca, consumo de energía, consumo de proteína metabolizable, consumo de calcio y consumo de fósforo comparando los valores estimados por el software (consumos esperados, basados en los parámetros involucrados del modelo animal en cada una de las 40 fincas) contra los valores encontrados en campo (consumos observados).

### 3.3 Resultados

#### 3.3.1 Composición nutricional de los recursos alimenticios

Durante los tres muestreos, se enviaron 168 muestras de recursos alimenticios para análisis. De éstas, 132 muestras correspondían a forrajes frescos, 23 muestras a forrajes conservados (siendo los más importantes el ensilaje de caña y el ensilaje de maíz) y 13 muestras de otros suplementos (papa y germen de malta) (tabla 3.2). Otros recursos, (zanahoria, torta de palmiste, tamo de arveja, mezclas de materias primas, entre otros) fueron muestreados y caracterizados otros recursos, pero debido a su poca ocurrencia e inclusión en la dieta no fueron incluidos en la tabla. La especie más frecuente (81%) presente en las pasturas sola o en mezcla fue el kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), seguida por el raigrás (6,9%).

##### 3.3.1.1 Calidad nutricional de las pasturas

**Tabla 3.2** Calidad composicional (macronutrientes) de pasturas, forrajes conservados y suplementos utilizados en 40 fincas de pequeños productores de leche

Alimento	n	MS*	PC	FDN	FDA	Lig	DIVMS	CZ
<b>Forraje de pastoreo</b>								
Raigrás	6	14,2 +/- 1,4	19,2 +/- 4,2	47,8 +/- 3,9	29 +/- 4,1	2,7 +/- 0,9	76,6 +/- 4,9	11,5 +/- 2,4
Raigrás mezcla	3	21,9 +/- 7,4	13,8 +/- 1,7	53,9 +/- 5,9	32,6 +/- 3,5	4,3 +/- 2,1	66,5 +/- 7,1	8 +/- 1,7
Kikuyo	65	18,9 +/- 4,8	17,6 +/- 4,9	57,5 +/- 6,2	29,8 +/- 3	3,5 +/- 1,1	62,5 +/- 7,2	10,6 +/- 1,3
Kikuyo mezcla	43	21,6 +/- 6,7	13,7 +/- 3,7	57,8 +/- 5,3	31,6 +/- 3	4,3 +/- 1,5	60,8 +/- 7,2	9,4 +/- 1,5
Falsa Poa	2	15,6 +/- 0,2	12,8 +/- 3,9	62,1 +/- 6,4	37,6 +/- 1,7	4,9 +/- 0,9	65 +/- 7,2	7,8 +/- 0,1
Falsa Poa mezcla	2	14,7 +/- 3,6	14,8 +/- 6,5	57,1 +/- 1	35,3 +/- 2,1	5,7 +/- 1,6	55,5 +/- 4	9,6 +/- 1,8
Leguminosas	4	21,4 +/- 3,9	19,6 +/- 2,2	46,7 +/- 8,5	28,5 +/- 1	6,1 +/- 1,6	63,8 +/- 6,5	8 +/- 2,3
Avena	4	25,6 +/- 10,8	10,2 +/- 6,9	54,1 +/- 8,6	32,9 +/- 7,5	4,4 +/- 1,9	64,1 +/- 12,8	6,6 +/- 3,9
Avena mezcla	4	25,9 +/- 4,8	8,5 +/- 4,6	55 +/- 5,2	31,5 +/- 4,4	4,1 +/- 0,9	69,6 +/- 2,2	6,1 +/- 2
<b>Forrajes conservados</b>								
Ensilaje de avena	3	24,3 +/- 8,1	9,1 +/- 4,8	59,3 +/- 4,8	39,5 +/- 2,1	7,6 +/- 1,4	52,8 +/- 7,9	7,8 +/- 1,4
Ensilaje de caña	9	21,7 +/- 2,8	5,8 +/- 3,2	63,9 +/- 11,2	39 +/- 8,4	6,8 +/- 2,2	51,8 +/- 11,7	4,4 +/- 2,3
Ensilaje de kikuyo	3	14,7 +/- 0,4	12,7 +/- 2,3	58,6 +/- 2,3	35,1 +/- 0,6	5,4 +/- 1,8	53,6 +/- 16,3	13 +/- 1,8
Ensilaje de maíz	5	24,8 +/- 5,6	7,7 +/- 2,1	61,3 +/- 7,1	33,2 +/- 5,6	4,9 +/- 2,2	60,1 +/- 3,1	5,6 +/- 1,4
Heno	3	77,1 +/- 17,8	4,8 +/- 1,1	67 +/- 8,3	40 +/- 10,7	7 +/- 2,7	51,1 +/- 10,4	7,8 +/- 3,2
<b>Suplementos</b>								
Papa	9	23 +/- 2,3	11,2 +/- 1,9	20,6 +/- 4,3	9,4 +/- 11,6	0,86 +/- 0,3	89,9 +/- 4,7	4,6 +/- 0,9
Germen de malta	4	90,5 +/- 1,5	28,3 +/- 2,3	43 +/- 2,2	14,6 +/- 1,7	1,3 +/- 0,1	76,8 +/- 2,5	5,4 +/- 0

\*MS: Materia seca; PC: Proteína cruda; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácida; Lig: Lignina; DIVMS: Digestibilidad de la materia seca; CZ: Cenizas

El nivel de proteína en las pasturas varió entre 8,5 y 19,6%. Los mayores niveles de proteína se presentaron en las pasturas de leguminosas, seguidas por el raigrás. Los menores valores se presentaron en las pasturas que contenían avena. Tanto para el raigrás como para el kikuyo la presencia de otras especies disminuyó el nivel de proteína (tabla 3.2).

**Tabla 3.3** Calidad composicional (macrominerales) de pasturas, forrajes conservados y suplementos utilizados en 40 fincas de pequeños productores de leche

Alimento	n	Ca	P	Mg	Na	K
		%				
<b>Forraje de pastoreo</b>						
Ryegrass	6	0,2+/-0,0	0,4+/-0,1	0,23+/-0,09	0,13 +/- 0,11	4,9 +/- 1,5
Ryegrass mezcla	3	0,4 +/-0,15	0,3+/-0,07	0,31+/-0,07	0,04+/-0,0	2,8 +/-0,8
Kikuyo	65	0,3 +/- 0,09	0,3 +/- 0,09	0,38+/-0,1	0,05+/- 0,022	4,1 +/- 1,4
Kikuyo mezcla	43	0,37 +/- 0,17	0,32 +/- 0,09	0,36+/-0,09	0,05 +/- 0,03	3,76 +/-1,4
Falsa Poa	2	0,3+/-0,1	0,3+/-0,0	0,23+/-0,08	0,07+/-0,03	2,9 +/-0,0
Falsa Poa mezcla	2	0,3 +/-0,0	0,3+/- 0,0	0,27+/-0,05	0,07 +/-0,01	4,9+/-4,0
Leguminosas	4	1,0 +/-0,3	0,3+/-0,1	0,4+/-0,12	0,04 +/- 0,02	2,3 +/-0,8
Avena	4	0,2 +/-0,1	0,2 +/-0,1	0,14+/-0,06	0,05+/-0,02	3,6 +/-3,7
Avena mezcla	4	0,2 +/-0,1	0,2+/-0,1	0,28+/-0,2	0,08+/- 0,09	2,5 +/-1,3
<b>Forrajes conservados</b>						
Ensilaje de avena	3	0,7+/-0,3	0,2+/-0,1	0,23+/-0,12	0,12 +/-0,06	2,1 +/- 0,1
Ensilaje de caña	9	0,3 +/-0,1	0,1 +/-0,1	0,16+/-0,11	0,03 +/-0,02	1,0 +/-0,6
Ensilaje de kikuyo	3	0,3+/-0,0	0,4+/-0,1	0,4+/-0,1	0,05+/-0,01	3,4+/-0,2
Ensilaje de maíz	5	0,3+/-0,0	0,4+/-0,1	0,25+/-0,09	0,05 +/-0,01	3,4 +/-0,2
Heno	3	0,2+/-0,0	0,2+/-0,1	0,15+/-0,04	0,03+/-0,02	1,4+/-0,8
<b>Suplementos</b>						
Germen de malta	4	0,1+/-0,0	0,7+/-0,1	0,21+/-0,04	0,07+/-0,01	1,8+/-0,2
Papa	9	0,04 +/-0,01	0,2+/-0,0	0,14+/-0,02	0,02+/-0,01	2,5+/-1,4

Los niveles de fibra en detergente neutro (FDN) variaron entre 46,7% y 62,1% y fueron menores para pasturas de leguminosas y raigrás. Los mayores niveles de FDN se presentaron en pasturas de Falsa Poa y de Kikuyo solo o con mezcla. Las concentraciones de FDA en las pasturas variaron entre 28,5% y 37,6% y fueron menores para las pasturas de leguminosas, raigrás y kikuyo. La presencia de otras especies en las pasturas de estas gramíneas aumentó el nivel de FDA. Las concentraciones de lignina en las pasturas variaron entre 2,7% y 6,1% y fueron menores para las pasturas de raigrás y mayores para

las de leguminosas (Tabla 3.2). La DIVMS vario entre 55,5% y 76,6% y fue mayor para las pasturas de raigrás y menor para las pasturas de falsa Poa en mezclas (Tabla 3.2).

Por último, la concentración de minerales varió poco entre las especies con excepción del Ca, donde las concentraciones fueron mucho más altas para las leguminosas y el K que fue alto para pasturas de raigrás, kikuyo y falsa poa en mezcla (Tabla 3.3)

### 3.3.1.2 Calidad nutricional de los forrajes conservados

**Tabla 3 4** Calidad composicional (microminerales) de pasturas, forrajes conservados y suplementos utilizados en 40 fincas de pequeños productores de leche

Alimento	n	Cu	Zn	Mn	Fe
		mg/kg			
Ryegrass	6	12 +/-6	33 +/-13,7	95,1+/-28,5	130+/-76
Ryegrass mezcla	3	16 +/-3,5	30,6 +/-6,7	120+/-17	132+/-13,5
Kikuyo	65	14,9 +/-11,4	49,7 +/- 17	192+/-91,5	185+/-247
Kikuyo mezcla	43	14,5 +/-10	46,8 +/- 18,5	187+/-96	175,1+/-104
Falsa Poa	2	10,6 +/- 0,4	26,4+/-10,1	277+/-30	85.+/-11
Falsa Poa mezcla	2	11,3 +/-5,4	29,2 +/- 6,3	340 +/-33	155+/-84
Leguminosas	4	17,3 +/- 5,8	47,7+/-25	120 +/-67	217+/-140
Avena	4	10,5 +/-10	25,9 +/-11,3	259+/-195	91,9+/-22,4
Avena mezcla	4	13,4 +/-10,8	21,8 +/-14,6	147+/- 40	113,9+/-94,8
Ensilaje de avena	3	15,5 +/- 5,7	35,8 +/-13	83,9 +/-5,5	231,8+/-189
Ensilaje de caña	9	10,9+/-7,1	40+/-24	110 +/-69	197+/-164
Ensilaje de kikuyo	3	13,8+/-4	36,6+/-1,2	139+/-66,9	209+/-144
Ensilaje de maíz	5	13,8 +/-4	36,6 +/-1,2	139+/-67	208+/-88
Heno	3	6,9+/-3,4	31,7+/-9,1	51,3+/-8,8	196+/-123,6
Germen de malta	4	11,2 +/-1	79+/-15	65,4+/-13	240+/-29
Papa	9	7,4+/-4,5	21+/-5,5	19,3+/-13,7	267+/-156

De las 23 muestras de forrajes conservados que fueron enviadas al laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional, el 87% correspondían a ensilajes (no fueron enviadas muestras de henolajes) y solamente el 13% correspondieron a muestras de heno. Los ensilajes se caracterizaron por tener bajas concentraciones de materia seca (14,7% a 24,8%), de proteína (5,8% a 12,7%) y digestibilidades moderadas (51,8% a 60,1%) (Tabla

3.2). El nivel de minerales varió entre los recursos donde las concentraciones de Ca fueron altas y las de K bajas para el silo de caña (Tabla 3.3). Los henos se caracterizaron por tener bajas concentraciones de proteína, altas de fibra y lignina, aunque presentaron variaciones entre las muestras analizadas (Tabla 3.2)

### 3.3.1.3 Calidad nutricional de los suplementos

El 84,25% de las fincas modelo utilizan alimentos balanceados de origen comercial. Las marcas comerciales, la calidad y la cantidad suplementada variaron entre las fincas. Adicional al concentrado comercial, a los ensilajes y a las sales mineralizadas, algunos de los productores de las 40 fincas modelo utilizan otro tipo de recursos alimenticios tales como los subproductos industriales y agrícolas. Los subproductos más comunes fueron la papa “*richie*” (sobras de la cosecha normalmente papa muy pequeña para el mercado) y el germen de malta. La papa es un recurso bajo en materia seca y fibras, un nivel moderado de proteína y una alta digestibilidad (Tabla 3,2). El germen de malta es un recurso moderadamente fibroso, rico en proteína y de alta digestibilidad (Tabla 3.2).

### 3.3.2 Modelos animales

Cada explotación representó un modelo animal distinto debido a las grandes variaciones en las características de los animales, la producción de leche y la condición corporal. Las vacas de las explotaciones pesaron entre (333 kg y 496 kg), la raza predominante fue la Holstein y sus cruces (87,5%) pero algunas explotaciones tenían vacas normando y sus cruces (12,5%), los volúmenes promedio de producción por vaca variaron entre 2,3 y 23 L/vaca/d, la grasa en la leche entre 2,52% y 5%, la proteína entre 2,88% y 3,56% y la condición corporal promedio entre 1,95 y 4,0. Ésta varió a través del tiempo de un promedio de 2,84 al inicio de las evaluaciones a 3,04 al final de las mismas.

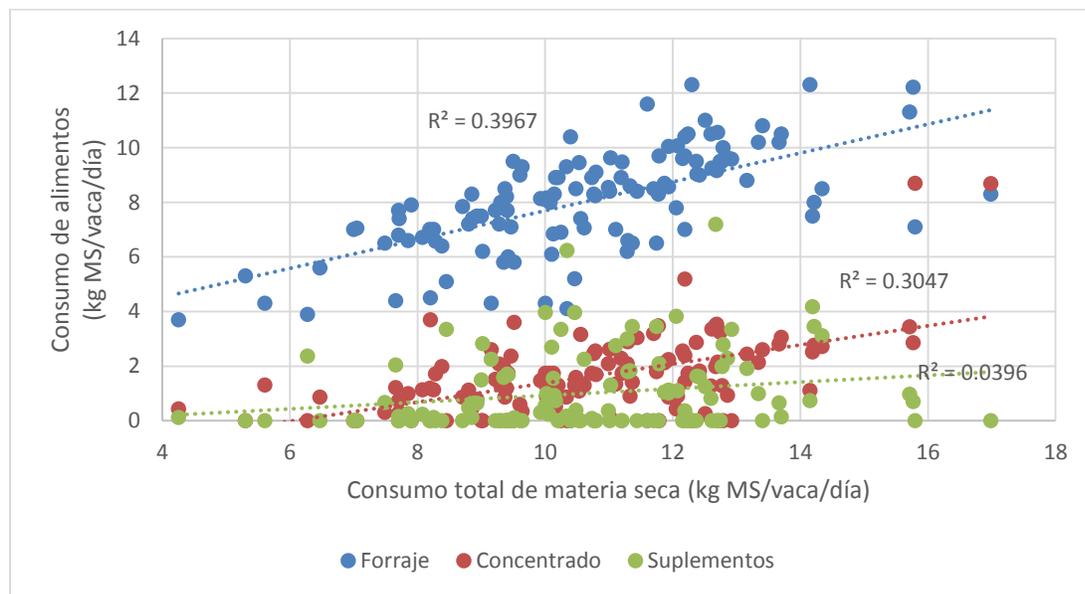
En promedio, la producción fue de 10,7 litros de leche por vaca al día, pero la desviación estándar fue alta (+/- 3,93L). La mayor parte de los hatos evaluados, tuvo producciones de leche entre los 6 y los 12 litros de leche y solamente una pequeña proporción tuvo producciones superiores a los 18 litros de leche por animal al día (Tabla 3.4).

**Tabla 3.4** Distribución de la producción de leche en 40 fincas modelo en la provincia de Ubaté (promedio de los 3 muestreos)

<b>Producción de leche (litros/vaca/día)</b>	<b>Porcentaje de fincas</b>
<6	14,17%
6,1 - 12	48,33%
12,1 - 18	33,33%
>18	4,17%

### 3.3.3 Consumo

El consumo de materia seca varió entre 5,6 y 17 kg/d. La pastura representó la mayor porción de la dieta en casi todas las explotaciones y varió entre 3,7 y 12,3 kg MS/d. El consumo de concentrado comercial varió entre 0 y 8,7 kg MS/d, aunque la mayoría de explotaciones no ofrecían más de 4 kilos y un 15,8% no lo usaban. El consumo de otros recursos alimenticios (forrajes conservados, papa, germen de malta, otros) varió entre 0 y 7,2 kg/d, pero un porcentaje importante de ellas (66,8%) no usaron estos recursos (figura 3.1).

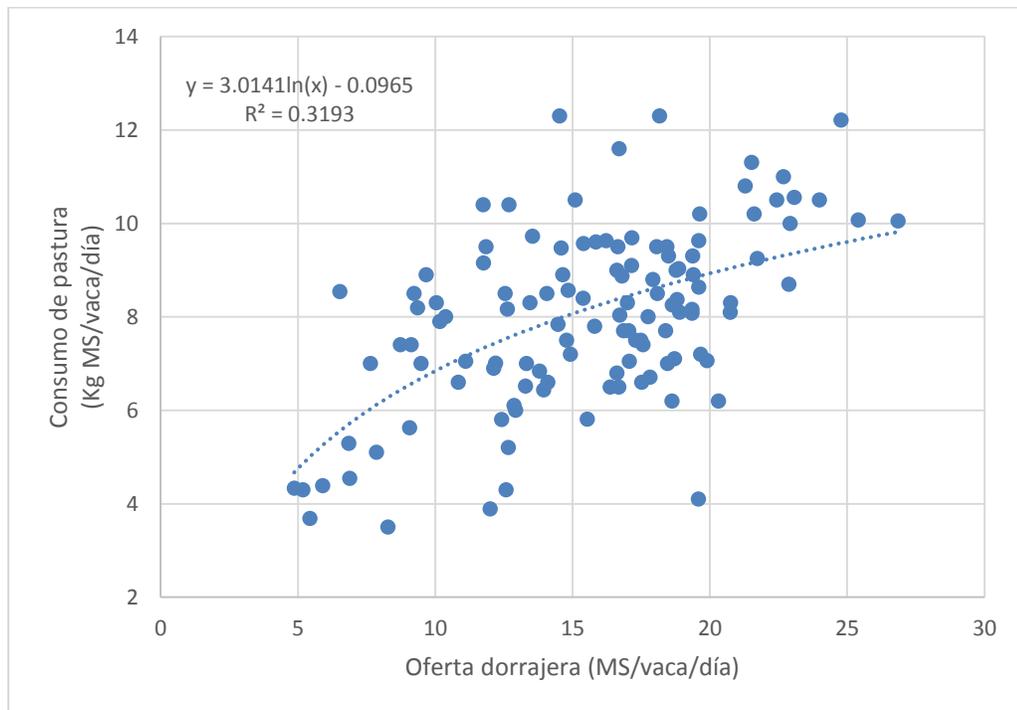


**Figura 3.1** Distribución del alimento (kg MS/vaca/día) en las fincas modelo de la provincia de Ubaté

El consumo de materia seca estuvo asociado a la producción de leche (figura 3.2), en el 64,7% de las observaciones los valores se ajustaron a lo predicho por el software y en el

35,3% restante, los valores fueron inferiores, sugiriendo un consumo de materia seca insuficiente (figura 3.4)..

El consumo de pastura estuvo asociado a la oferta forrajera (15 +/- 4,7 kg MS/vaca/día), a medida que se incrementó la oferta forrajera, aumentó el consumo total de pastura por parte del animal, resultados comparables con los de Taweel, 2006. En promedio en este estudio el material cosechado por los animales correspondió al 55,4% (+/-17%) de la oferta de forraje total, mostrando una baja eficiencia de cosecha por parte de los mismos (Figura 3,2).



**Figura 3 2** Relación entre oferta forrajera y consumo de pastura

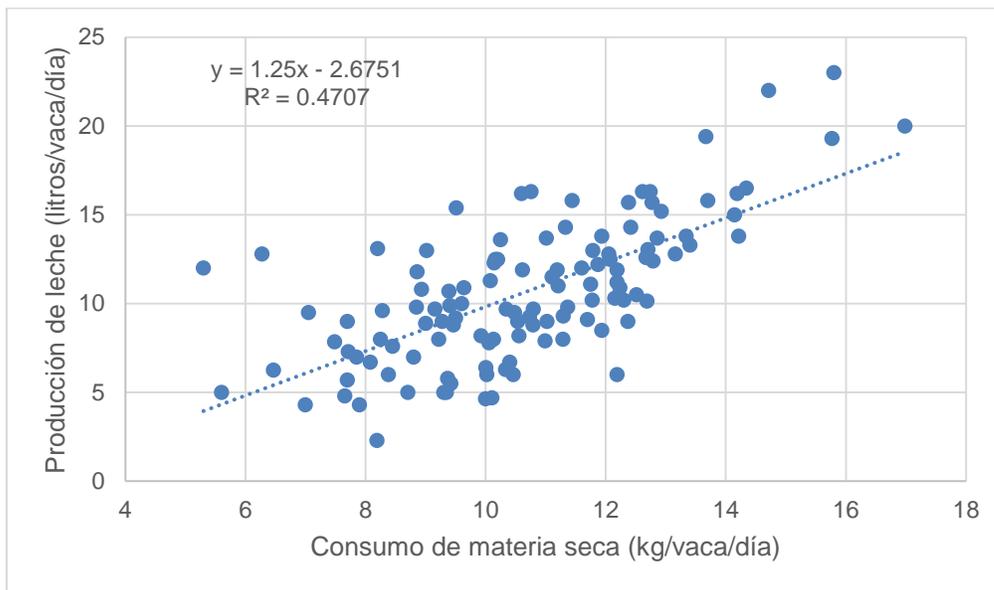


Figura 3.3 Relación entre consumo de materia seca observado y la producción de leche.

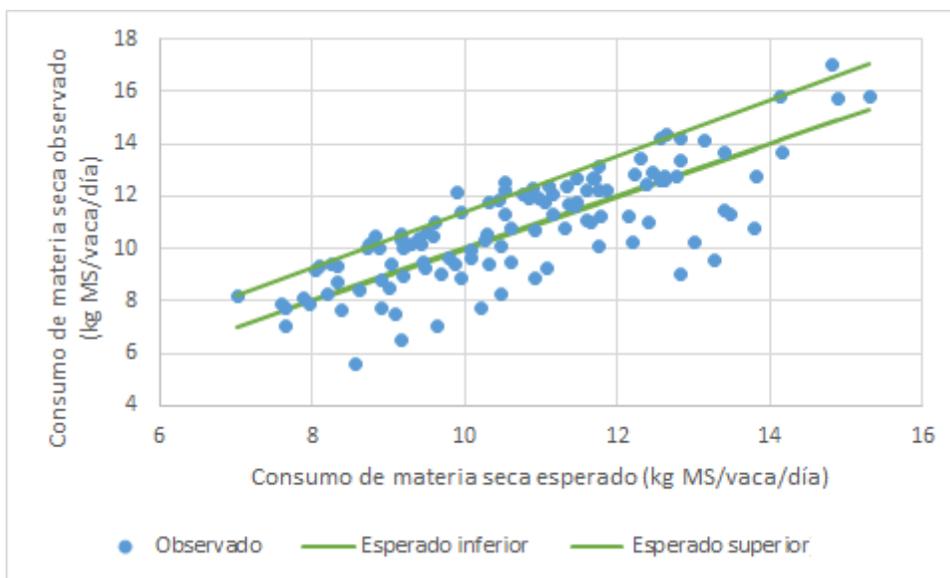


Figura 3.4 Relación entre el rango consumo de materia seca de predicha del modelo (CNCPS v6.5, esperado inferior y superior) y el consumo de materia seca observado (puntos azules).

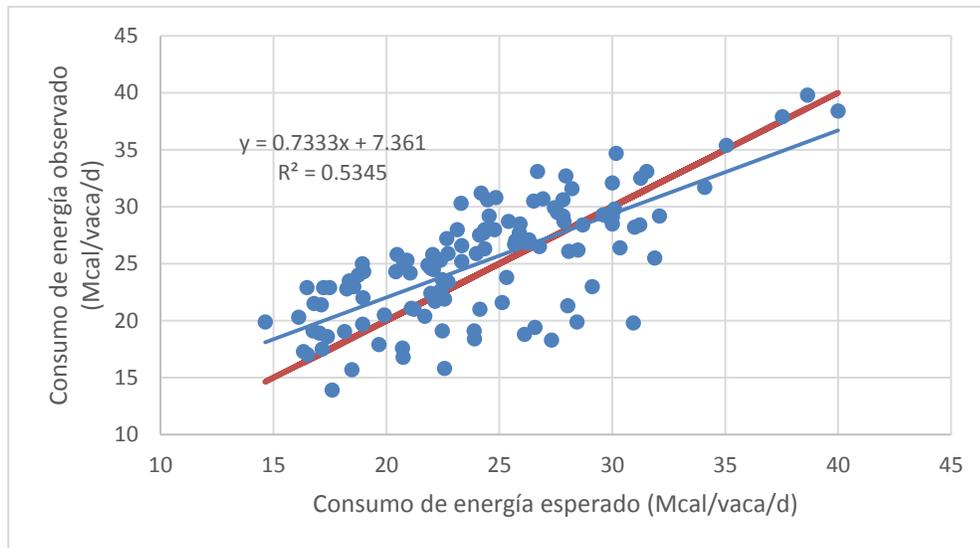
### 3.3.4 Balance de nutrientes

#### 3.3.4.1 Energía

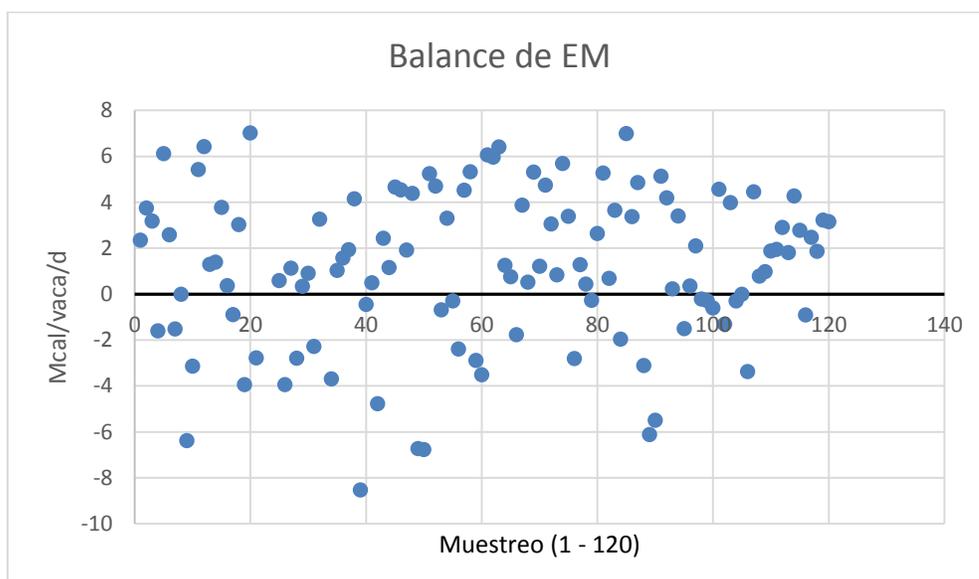
La diferencia entre el consumo de energía observado (a partir de los consumos de materia seca de cada uno de los ingredientes y la composición química de cada uno de ellos) y el

consumo de energía esperado (según los requerimientos de los animales evaluados a través del software) mostró que en el 27,5 % de los casos no se estaban cubriendo los requerimientos de energía, en el 15% había un balance neutro y en el 57,5% de ellos un balance energético positivo (Figura 3.5 – Tabla 3.5).

Las deficiencias en el consumo de energía metabolizable variaron entre -0,6 y -11.0 Mcal/día. Los menores consumos de energía se explicaron en un 64,67% por un consumo de materia seca inferior a lo esperado y en un 35,43% de los casos por una densidad energética de la dieta inferior a lo requerido (en este caso, el consumo de materia seca era suficiente, pero los requerimientos no se satisfacían). Los excedentes en el consumo de energía variaron entre 0,5 y 7 Mcal/día, la mayoría de los cuales se explicaron por un consumo de MS por encima de lo predicho (64%) y en menor grado (36) a una mayor densidad energética de la dieta respecto a lo esperado.



**Figura 3.5** Consumo de energía metabolizable observado (puntos azules) vs consumo de energía metabolizable esperado, sin tener en cuenta ganancia diaria de peso. Línea de azul, es la regresión lineal entre consumo energía esperado vs observado. La línea roja representa la relación Y=X entre lo esperado y lo calculado.



**Figura 3.6** Balance de energía metabolizable en los 120 muestreos (40 fincas en 3 meses diferentes).

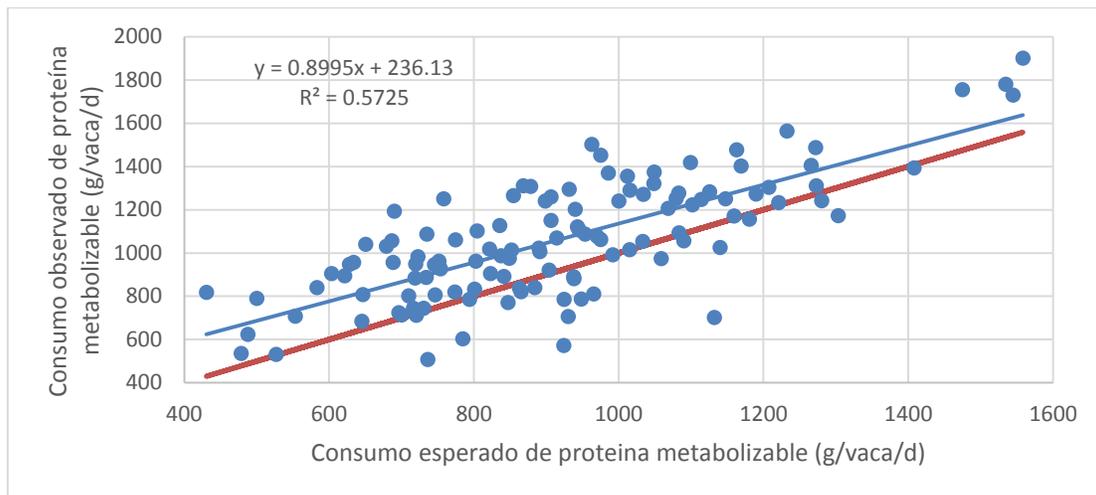
### 3.3.4.2 Proteína

En el 70% de los casos, el consumo de proteína metabolizable estimado a partir de la composición de la dieta y el consumo calculado, fue superior a lo esperado (requerimientos), y en el 15% de los casos la cantidad ingerida fue suficiente para soportar los niveles de producción de leche observados. Solamente se presentaron algunos casos (15%), donde el consumo de proteína metabolizable fue inferior a lo requerido (Figura 3.8).

**Tabla 3 5** Balance energético y proteico en la provincia de Ubaté en diferentes meses de muestreo

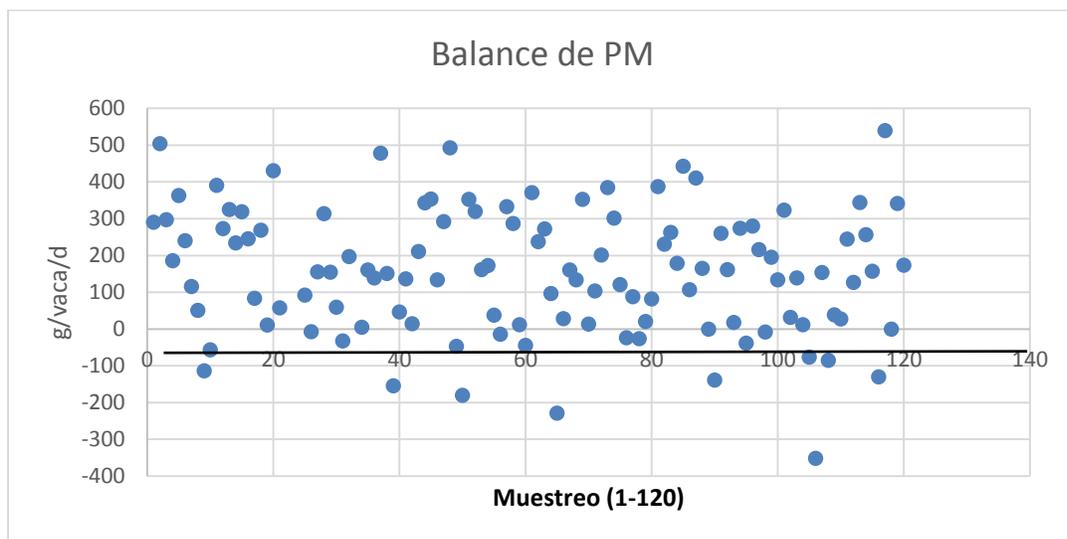
	Muestreo			Promedio
	1	2	3	
Energía (%)				
Balance Positivo	50,0	62,5	60,0	57,5
Balance Neutro	7,5	15,0	22,5	15,0
Balance Negativo	42,5	22,5	17,5	27,5
Proteína (%)				
Exceso	72,5	72,5	65,0	70,0
Balance Neutro	7,5	17,5	20,0	15,0
Deficiencia	20,0	10,0	15,0	15,0

El menor flujo de proteína metabolizable con relación al flujo esperado se explicó en un 58% de los casos por un menor consumo de materia seca a lo esperado y debido a una menor concentración de proteína en la dieta en el 42% restante. Estos últimos casos se presentaron en aquellas explotaciones donde se pastoreaban avenas cuyos niveles de proteína estaban por debajo del 10% y las deficiencias fueron en su mayoría inferiores a 200 g/vaca/d (Figura 3.9).



**Figura 3 7** Consumo estimado de proteína metabolizable Vs consumo de proteína metabolizable esperado (requerimiento), sin tener en cuenta la ganancia diaria de peso.

Los excedentes en los consumos de proteína metabolizable se explicaron en un 55% de los casos por un mayor consumo de materia seca de lo esperado para ese nivel de producción de leche y en un 45% debido a una mayor concentración de proteína en la dieta a la requerida.



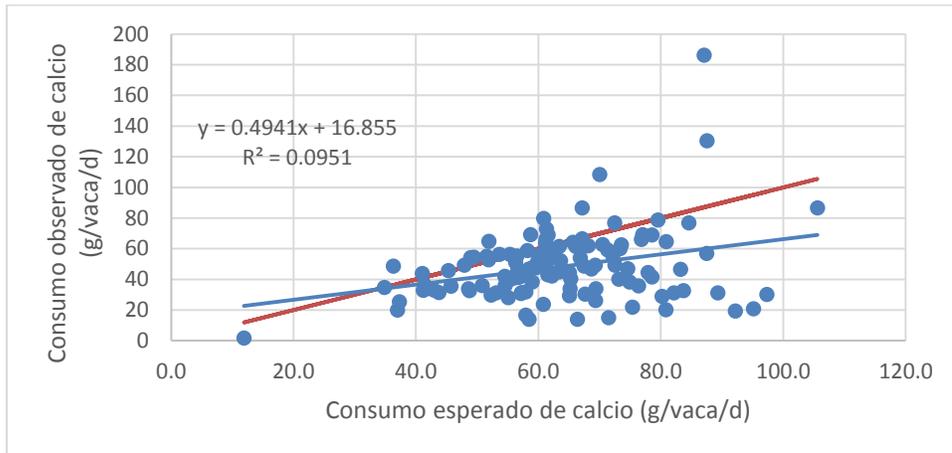
**Figura 3 8** Balance (g/vaca/d) de proteína metabolizable en los 120 muestreos (40 fincas en 3 meses diferentes).

#### 3.3.4.3 Calcio

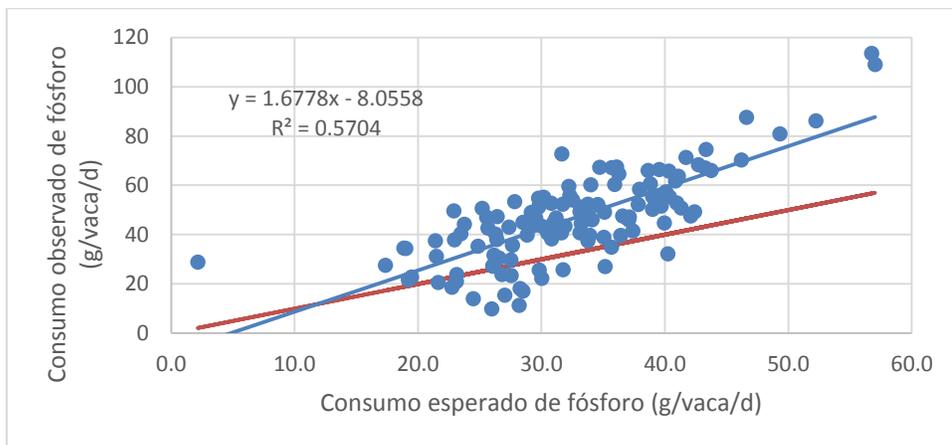
Los consumos de calcio estimados basados en la composición de las dietas y el consumo fueron inferiores a lo requerido en la mayoría de los casos evaluados (Figura 3.10). Los balances positivos de calcio se presentaron en las vacas de que pastoreaban leguminosas o mezclas de gramíneas y leguminosas. En estos balances no se tuvo en cuenta la suplementación mineral frecuentemente realizada con sales minerales comerciales.

#### 3.3.4.4 Fósforo

Los consumos estimados de fosforo basados en la composición de la dieta y los consumos de esta fueron para la mayoría de los casos superiores a los consumos esperados (para satisfacer el requerimiento) (Figura 3.11). Los pocos casos de deficiencias en los consumos de fosforo se explicaron por un menor consumo de materia seca a lo esperado y no por bajas concentraciones de fosforo en la dieta.



**Figura 3.9** Consumo de calcio observado (g) vs requerimiento (consumo esperado) de calcio (g). La línea roja indica el consumo esperado a través del software para suplir los requerimientos



**Figura 3.10** Consumo de fósforo observado (g) vs requerimiento (consumo esperado) de fósforo (g). La línea roja indica el consumo esperado a través del software para suplir los requerimientos

## 3.4 Discusión

### 3.4.1 Características de las dietas

#### 3.4.1.1 Pasturas

El pasto kikuyo es la gramínea más utilizada en la zona Andina colombiana para la producción de leche especializada (Correa *et al*, 2008). En este estudio la mayor proporción de muestras forrajeras provenían de esta especie (más del 85%) y las pasturas

constituyeron la mayor proporción de la dieta. El promedio de digestibilidad de estas pasturas (kikuyo) fue de los menores evaluados y su nivel de FDN de los mayores, comparado con otras especies forrajeras (Tabla 3.2). Sin embargo, se encontró una amplia variación en la calidad de esta especie en las muestras analizadas lo cual sugiere que hay aspectos ambientales o de manejo que modifican la calidad nutricional de la misma. Se ha sugerido que esta especie madura lentamente y mantiene una calidad nutricional con diferentes periodos de rotación y edad (Carpenter, 1999; Escobar 2019) y se sabe que algunos aspectos del manejo de la pastura pueden modificar la calidad de la misma (Carulla *et al*, 2004). Por ejemplo, algunos autores muestran que una mayor tasa de fertilización nitrogenada, aumenta la concentración de proteína y reduce el contenido de FDN de la pastura (Rodríguez, 1999; Mejía *et al*, 2014). Otros autores, muestran similares calidades composicionales con tasas de fertilización diferenciales (Soto *et al*, 2005; Silva, 2010). Aunque la calidad de las pasturas de Kikuyo fue variable, para la mayoría de casos la calidad de la dieta que principalmente se originaba en la pastura no fue limitante para alcanzar los niveles de producción encontrados, sugiriendo que, aunque hay oportunidad para mejorar su manejo en varios hatos, este no es el principal limitante a la producción de leche en estos sistemas de lechería familiar (la primera limitante se relacionaría con el consumo de materia seca total).

De los nutrientes evaluados, la mayor parte de los forrajes utilizados en las pasturas tuvieron un porcentaje de proteína cruda suficiente (15%) para suplir los requerimientos de proteína de las vacas lecheras (Danes *et al*, 2013; Voltolini *et al*, 2008), únicamente las avenas y la falsa poa (pura) tienen concentraciones de proteína, promedio, inferiores al 13.5%. Los niveles de proteína en la dieta y las pasturas fueron más bien excedentarios lo que normalmente conlleva a un aumento en los gastos energéticos asociados a la excreción de N (Canfield *et al*, 1990; Oldham, 1984; Ferguson y Chalupa, 1989) y tiene implicaciones indeseables para el medio ambiente (Castillo *et al*, 2000; McGhchan y Topp, 2004; Kebreab *et al*, 2001). Las concentraciones de energía en las pasturas fueron suficientes para soportar las producciones encontradas, aunque en algunos casos (35,4%) las dietas tuvieron menores densidades energéticas a las esperadas

El promedio de energía neta de lactancia encontrada (1,55 Mcal/kg MS de ENL) en la región para el pasto Kikuyo estimada a partir de las ecuaciones de Adams, 1980 (citado por Weiss, 1993) sugeriría que esta especie tendría densidades energéticas similares a

las del raigrás. Sin embargo, estas estimaciones son superiores a la de otros estudios en Colombia como las de Carulla *et al*, (2004) quienes reportan valores promedios inferiores pero variables entre 1,0 y 1,55 Mcal/kg de MS, o las de Correa *et al* (2008) quienes para la zona antioqueña encontraron valores promedios cercanos a 1,15 Mcal/kg de MS.

En la zona, la gramínea que se encontró con menor concentración de energía fue la falsa poa (1,41 Mcal/kg MS) a que en la región esta especie se pastorea una vez ha ocurrido la floración de la misma. Se ha demostrado que la calidad nutricional de los forrajes disminuye drásticamente una vez ocurre la floración, aumenta la concentración de fibras y disminuye la concentración de proteína, energía y digestibilidad (Utrilla y Jaurena, 2017; Fernández *et al* 2009; Instituto Nacional Tecnológico, 2016).

Las especies leguminosas son las especies con mayor concentración energética con 1,58 Mcal/kg de MS, siendo la especie predominante el trébol rojo. Con estas especies, ocurre lo mismo que lo descrito con la falsa poa, normalmente son especies que se pastorean posterior a la floración, por lo que su calidad disminuye (incrementando las fibras, la lignina y disminuyendo la proteína, la digestibilidad y la energía). En este aspecto, hay una ventana de oportunidad para aprovechar el mejor momento de las plantas para ser pastoreadas.

#### 3.4.1.2 Forrajes conservados

El uso de forrajes conservados en el periodo evaluado fue bajo y la calidad de los mismos fue menor a la de las pasturas (Tabla 3.2). Adicionalmente, la mayoría de ellos no tenían un nivel adecuado de materia seca (30 al 35%) necesaria para una adecuada fermentación (Jones *et al*, 2004). Sólo dos muestras de la provincia se encontraban en este rango. Los ensilajes de kikuyo fueron los más húmedos (86%) que propicia una fermentación butírica, y pérdida de materia seca durante el proceso de fermentación (Seglar, 2003; Noguera *et al*, 2014). Adicionalmente, el contenido de cenizas es del 13%, lo cual sugiere contaminación con tierra durante el proceso de ensilado, pues en promedio los forrajes frescos analizados tienen entre el 9 al 10% de cenizas. Esta contaminación no sólo disminuye la palatabilidad del material, sino que también va en contra del proceso ideal de fermentación (fermentación láctica), pues el exceso de minerales impide la eficiente reducción del pH (obteniendo fermentaciones butíricas) (Villa, 2008; Mier, 2009)

Estos factores, sumados al forraje que da origen al ensilaje (caña de azúcar y maíz), hacen que el valor nutricional de los ensilajes sea pobre, con valores de proteína muy bajos, fibras muy altas, y valores energéticos (ENL de 1.21 Mcal/kg de MS) reducidos (teniendo en cuenta las ecuaciones de Adams, 1980, citado por Weiss, 1993).

Por último, los henos evaluados demuestran que provienen de forrajes cosechados de manera tardía, favoreciendo la producción de materia seca, pero disminuyendo la calidad nutricional. Por este motivo, la concentración de proteína es inferior al 5% y la de lignina es superior al 7%, con digestibilidades cercanas al 50%

#### 3.4.1.3 Suplementos

Los suplementos utilizados en la provincia de Ubaté (papa y germen de malta) son alimentos de alta calidad, con digestibilidades entre el 75% y el 96% (Nicholson y Curtis, 1960; Brigs *et al*, 1947; Sidagis *et al*, 2014; FEDNA, 2010). Sin embargo, ambos tienen que ser utilizados con cuidado. La papa contiene un factor anti-nutricional conocido como solanina (un alcaloide) aunque el riesgo de intoxicación es muy bajo para rumiantes (Moyano, 2014; Montoya, *et al*, 2004). Además, se debe tener cuidado su administración ya que papas de tamaño medio que no sean picadas pueden provocar obstrucción del esófago, con el consecuente timpanismo, que ocasiona asfixia y muerte en los animales. Se recomienda picarla, para evitar problemas (Siebald *et al*, 1999). Otro limitante, es su baja concentración de calcio (0,04%), por lo que el uso de este alimento debe ir acompañado de una suplementación agresiva en este mineral si se suplementa en grandes cantidades (Siebald *et al*, 1999). Adicionalmente sus niveles de proteína son moderados (11%), por lo que dependiendo del forraje que consuma el animal, debe ser suplementado este nutriente. El germen de malta, es una materia prima con alta concentración de proteína (>28%) y baja concentración de humedad (10%), por lo que la utilización de este alimento debe acompañarse con una dieta balanceada y así evitar desbalances nutricionales y depresiones en la producción de leche (Cragolino, 2007). Adicionalmente, se recomienda mezclarla con alimentos ya que es de baja palatabilidad (Sidagis *et al*, 2014)

### 3.4.2 Consumo de materia seca

El consumo de materia seca varió de manera considerable entre hatos y periodos. Las variaciones en el consumo podrían estar explicadas por el tamaño corporal, los días en lactancia, la producción de leche y la temperatura ambiental (Fox *et al*, 2004; NRC, 2001). Sin embargo, en estos sistemas pastoriles es más probable que fuera determinado por la oferta forrajera que se sabe determina en gran medida el consumo de forraje en estos sistemas (Mendoza, 2011; Dalley *et al*, 1999) el cual fue el componente que explicó en mayor proporción el consumo de materia seca total (Figura 3.1). En el estudio se pudo observar una alta dispersión de la oferta, siendo la desviación estándar superior al 30% del promedio, esta dispersión se encontró entre fincas y entre muestreos en una misma finca, lo que implica la alta variabilidad en el consumo de materia seca.

Varios estudios han señalado que la oferta forrajera también determina en gran medida las variaciones en la producción de leche en estos sistemas (Moate *et al*, 1999; Pérez *et al*, 2011; Mendoza, 2011). A una mayor oferta forrajera se logra un mayor consumo de la pastura que va acompañado de una mayor producción de leche (Peyraud *et al*, 1996; Vázquez y Smith, 2000; Mendoza, 2011).

Al observar los resultados obtenidos, se puede concluir que hay dos ventanas de oportunidad para las fincas de pequeños y medianos productores en la provincia de Ubaté para aumentar el consumo. En primer lugar, incrementar la producción de la pastura a través de prácticas del manejo del suelo (fertilización, riego, renovación, entre otros) que se han demostrado aumentan la productividad de la pastura (Rodríguez *et al*, 2011; Larratea, F y Soutto, J, 2013; Formoso y Norbis, 2013) y el uso adecuado de la cuerda eléctrica para asignar los volúmenes de forraje que permitan asegurar un adecuado uso de la pastura (bajo desperdicio y adecuado remanente); y en segundo lugar, en caso de bajas ofertas de forraje se podrían aprovechar al máximo la suplementación. Se ha demostrado que cuando la disponibilidad de pastura es baja, la respuesta en leche de los suplementos es mayor debido a una menor sustitución de pastura por concentrado, que resulta en un aumento en el consumo voluntario (Bargo *et al*, 2002).

### 3.4.3 Balance de nutrientes

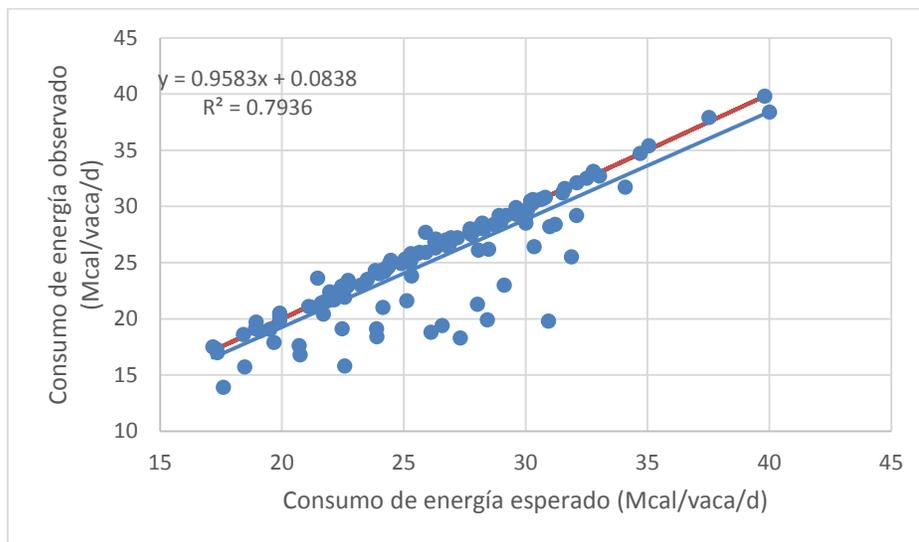
Si bien el software de formulación CNCPS ha sido desarrollado para las condiciones de confinamiento de explotaciones de Norteamérica, se ha demostrado que su ajuste permite trabajar en sistemas de pastoreo, obteniendo buenas predicciones de consumo y balance de nutrientes (Kolver y Barry, 1998; Chaves *et al*, 2006).

El balance de nutrientes muestra que, con las producciones de leche observadas, las dietas fueron suficientes para suplir los requerimientos de los animales. En la mayoría de los casos, tanto la energía como la proteína fueron excedentarios. Los resultados obtenidos de esta manera fueron comparables con los de Garg *et al*, 2012, quienes en condiciones en pastoreo en India encontraron que el 71% de los animales evaluados presentaban un balance positivo en ambos nutrientes, un 12% presentaban deficiencias en ambos nutrientes y el 17% restante presentaba deficiencias en proteína o en energía.

Mayores consumos de energía a lo requerido sin aumento en la producción de leche, sugeriría que el software subestima los requerimientos en pastoreo o que habría energía y proteína excedentaria para que otras funciones que no fueron contabilizadas. Por último, podría también sugerir una sobre estimación en el consumo de MS o en la digestibilidad de la dieta.

En las mediciones hechas en la provincia de Ubaté, se observó que en la mayoría de las explotaciones (75%) los animales mejoraron su condición corporal entre el primer mes de muestreo y el último; sugiriendo que parte de la energía y proteína excedentaria habrían ido a ganancias de peso no contabilizadas. Los cálculos basados en el nutriente limitante arrojaron ganancias de peso entre 0 y 0,6 kg/d, valores razonables para la zona. Ajustando los requerimientos por estas posibles ganancias de peso, se encontró un mejor ajuste del modelo tanto para energía (figura 3.11) como para proteína (figura 3.12). Algunos autores sugieren que las vacas lecheras sacrificarían las ganancias de peso para producir más leche en condiciones de energía excedentaria particularmente el primer tercio de lactancia (Gallo *et al*, 1996) y si hay un alto mérito genérico (Westwood *et al*, 2000; Berry *et al*, 2003). La observación de que un porcentaje importante de los hatos (75%) mejoró su condición corporal a pesar de su limitada producción de leche en condiciones de nutrientes excedentarios podría interpretarse como un bajo mérito genético para la leche en estas explotaciones (Westwood *et al*, 2000). Sin embargo, fue evidente que en los hatos con un

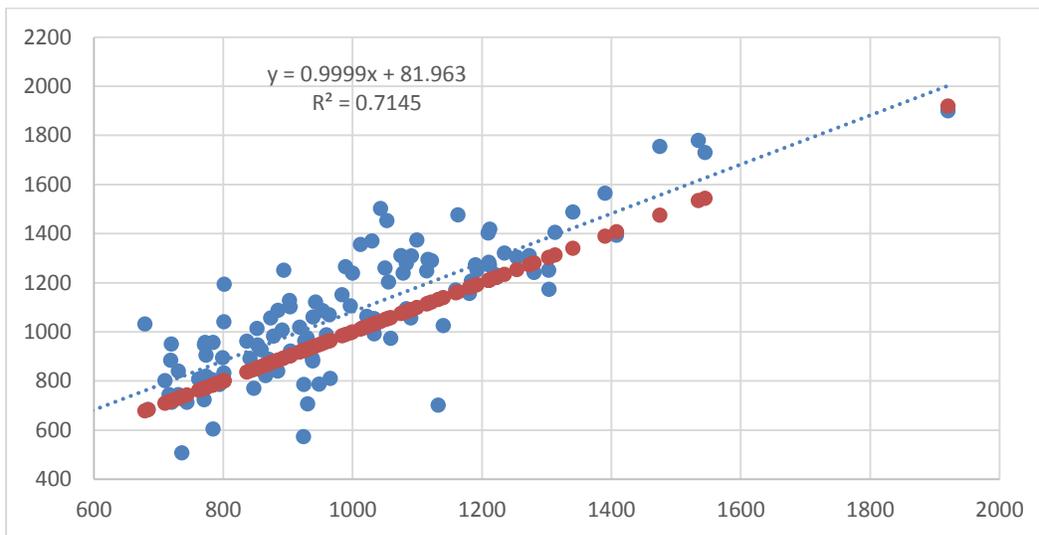
mayor consumo de materia seca las producciones fueron mayores. Estas observaciones estarían de acuerdo con lo sugerido por Soder y Rotz, 2001 y Kolver, 2003, quienes postulan que en sistemas de pastoreo el consumo de energía es el principal limitante para la producción de leche



**Figura 3 11** Consumo de energía metabolizable observado (puntos azules) vs consumo de energía metabolizable esperado, ajustado por ganancia diaria de peso.

En el caso de la proteína metabolizable se encontró que esta fue excedentaria en la mayoría de los hatos. Aun teniendo en cuenta la ganancia diaria de peso (Figura 3.12). Estos resultados concuerdan con lo descrito por St-Pierre y Thraen, 1999 y Kolver, 2003, que sugieren que, en este tipo de producciones pastoriles basadas en forraje de alta calidad, la proteína metabolizable sería en la mayoría de los casos excedentaria. Estos excesos tienen costos energéticos para el animal (Canfield *et al*, 1990; Oldham, 1984; Ferguson y Chalupa, 1989) y representan un costo ambiental poco deseable pues aumentan la excreción de N al ambiente (Castillo *et al*, 2000; McGhchan y Topp, 2004; Kebreab *et al*, 2001)

Por último, se encontró que las dietas de las vacas lecheras en la provincia tienen deficiencias de Ca y son excedentarias en P, esto son tener en cuenta la suplementación de sales minerales, la cual es frecuente en la zona.



**Figura 3 12** Consumo de proteína metabolizable observado (puntos azules) vs consumo de proteína metabolizable esperado, ajustado por ganancia diaria de peso.

Las deficiencias de Ca son comunes en dietas para vacas lecheras debido a la alta demanda de este mineral en la lactancia (NRC, 2001), la baja disponibilidad de este en los alimentos (NRC, 2001) y la limitada concentración de este mineral en recursos alimenticios como los granos de cereales y sub productos (Suttle, 2010, FEDNA, 2010). En el caso particular de la provincia, se encontró que las pasturas tenían concentraciones muy por debajo de lo recomendado para vacas lecheras (0,5%) (Macky, 2011) con excepción en aquellas en las que predominaban las leguminosas. Las concentraciones de este mineral son similares a las encontradas en otras regiones del mundo. Por ejemplo, Mufarrege, 2000 en la Argentina encontró que las gramíneas de la región templada tenían concentraciones de calcio entre 0,37% y 0,38%, valores similares a los obtenidos en las muestras de la provincia de Ubaté y que la concentración incrementaba en especies de leguminosas (1,01% a 1,42%). Una suficiente proporción de leguminosas en la pastura podría asegurar el cubrimiento de los requerimientos de las vacas lecheras en pastoreo. Sin embargo, aún en las pasturas mixtas de la provincia las concentraciones de este mineral, aunque mayores a las de la gramínea pura, fueron inferiores al requerimiento. Esta situación se vio agravada con el uso de suplementos como la papa que estimulan la producción de leche (Seath, 1947; Mahesh *et al*, 2017), pero que son deficientes en este mineral (Siebald, 1999).

El balance positivo en fósforo para casi todas las dietas en la región sugeriría que es posible alcanzar las producciones observadas sin suplementar P adicional como normalmente se hace con el uso de sales minerales ricas en P. En Colombia, se comercializan las sales mineralizadas por el contenido de fósforo bajo la presunción que las dietas pastoriles son deficientes en este mineral. Sin embargo, otros estudios en otras regiones de Colombia también muestran excesos en las lecherías especializadas. Por ejemplo, Ceballos *et al*, 2004, también encontró excesos de fósforo en la dieta de vacas lecheras y concluyó que impacta negativamente la rentabilidad en las fincas. Además, los excesos de este mineral en las dietas de vacas lecheras han sido considerados como indeseables debido al impacto ambiental que este mineral tiene sobre los cuerpos de agua (Elizondo, 2005) y además los excesos de este mineral pueden exacerbar las deficiencias de otros (NRC, 2001). Adicionalmente, el P es un nutriente costoso (Chase, 1998; Wang *et al*, 2014; Amaral, 2011) y finito (Sholz *et al*, 2013; Dawson and Hilton, 2010), por lo cual debería limitarse su inclusión cuando no es necesario. Por último, la disponibilidad de este mineral en los forrajes es del 64% (NRC, 2001). Los requerimientos fueron ajustados por el NRC, 2001, recomendando una menor concentración en las dietas. De acuerdo a los trabajos de Wu y Satter, 2000 y Valk y Ebek, 1999, reducir la concentración de fósforo en las dietas no tenía efectos negativos sobre los parámetros productivos de los animales

#### **3.4.4 Relación entre consumo de materia seca y producción de leche**

El análisis del consumo estimado de materia seca y la producción de leche permitió calcular una relación positiva de 1,25 litros de leche por cada kilogramo de materia seca consumida. Similares resultados han sido descritos por diferentes autores, quienes postulan que, por cada kilogramo de materia seca adicional, se alcanzan producciones adicionales de leche entre 1,03 y 1,97 kilogramos (Donker *et al*, 1983, Bargo *et al*, 2003, Butler *et al*, 2003, Lucy *et al*, 1992).

Un aspecto importante, es que en este estudio los animales evaluados se encontraban recuperando condición corporal y probablemente ganando peso, pues el fenómeno de El Niño presentado previamente (finales del año 2015 y comienzos del año 2016) resultó en un déficit nutricional general, que solo pudo ser compensado con una menor carga animal y un sacrificio de la condición corporal de los animales en producción.

Esta recuperación de la condición corporal hace que los nutrientes que consume el animal sean desviados para el almacenamiento de tejido adiposo y no para la producción de leche (Gallo *et al*, 1996).

Otro de los aspectos que puede estar explicando un  $R^2$  del 47%, es el tipo de muestreo utilizado para realizar los aforos de la pradera (cuadros de 25x25 cm) y calcular el consumo por diferencia agronómica.

### 3.5 Conclusiones

El balance nutricional realizado en las 40 fincas de leche de pequeños y medianos productores en la provincia, en tres meses de muestreo diferentes (120 datos), permite concluir que, en la mayoría de ellas debido a sus limitadas producciones de leche, no existen deficiencias nutricionales. Tanto la energía como la proteína (que incluso es excedentaria en la mayor parte de los muestreos) son suficientes para soportar las producciones de leche que se presentan. Sin embargo, en algunas de ellas, existen deficiencias de orden nutricional, siendo la energía el nutriente limitante, aunque en algunos casos específicos (dietas basadas en cereales como fuente forrajera) la proteína metabolizable era insuficiente.

A pesar de encontrar que en la mayor parte de los casos el consumo de nutrientes es suficiente para soportar las producciones de leche de la zona, se debe resaltar el hecho de que son niveles de producción muy bajos y que, basados en la genética, las pasturas y los suplementos, estos animales deberían tener un potencial de producción superior, sin embargo debido a las condiciones ambientales previas al muestreo se evidenció que hubo una recuperación en la condición corporal y probablemente en el peso de los animales evaluados.

Algunas ecuaciones relacionan el consumo de materia seca con la producción de leche, bajo este punto de vista, estos animales podrían incrementar su consumo y de esta forma incrementar sus productividades individuales. Se convierte en una prioridad manejar la oferta de nutrientes en los hatos a través de un mayor consumo de materia seca.

Al evaluar las dietas de las vacas lecheras de pequeños productores de la provincia de Ubaté, sin tener en cuenta la suplementación mineral, se concluye que la mayor parte de

ellas son deficientes en calcio y excedentarias en fósforo, por lo que la suplementación con sales mineralizadas denominadas cálcicas (alta concentración de calcio y baja concentración de fósforo) es una estrategia adecuada para esta zona.

### 3.6 Referencias bibliográficas

- Amaral, D. 2011. Phosphorus important for optimum milk production and reproduction in dairy cattle. Disponible en [https://afs.ca.uky.edu/files/phosphorus\\_important\\_for\\_optimum\\_milk\\_production\\_and\\_reproduciton\\_in\\_dairy\\_cattle.pdf](https://afs.ca.uky.edu/files/phosphorus_important_for_optimum_milk_production_and_reproduciton_in_dairy_cattle.pdf)
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 2006a. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18 ed. Chapter 4: Animal Feed. USA:WENDT THIEX NJ.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 2006b. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18 ed. Chapter 4: Animal Feed. USA:WENDT THIEX NJ.
- Bargo F. Muller, L. Delahoy, J and Cassidy, T. 2002. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowance. *J. Dairy Sci* 85.1777-1792. Doi: 10.3169/jds.S0022-0302(02)74252-5.
- Bargo, F., Muller, L Kolver, E., and Delahoy, J. 2003. Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.* 86:1-42. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73581-4.
- Berry, D. Buckley, F. Dillon, P. Evans, R. Rath, M. and Veerkamp, R. 2003. Genetic relationships among body condition score, body weight, milk yield, and fertility in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86 (6): 2193 – 2204. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73809-0
- Bogotá. Fedegán. 2017. 5 factores que modifican el valor nutritivo de los forrajes.. Revista contexto ganadero. Disponible en <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/5-factores-que-modifican-el-valor-nutritivo-de-los-forrajes>.
- Bogotá, IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2016. Fenómeno El Niño análisis comparativo 1997-1998 // 2014 – 2016.
- Bogotá, IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2017. información solicitada en la página web: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/pqrs>
- Briggs, H. Gallup, W. Heller, V. Darlow, A and Cross, F. 1947. The digestibility of dried sweet potatoes by steers and lambs. Oklahoma agricultural experiment station. Technical Bulletin N° T-28.

- Butler, S., Stakelum, G., Murphy, J., Delaby, L., Rath, M y Mara, O. (2003). The relationship between milk production potential and herbage intake of grazing dairy cows. USA. *Animal Science* 77: p343-354. doi: <https://doi.org/10.1017/S1357729800059087>.
- Canfield, R. Sniffen, C and Butler, W. 1990. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. *J. Dairy. Sci* 73: 2342 – 2349. doi:10.3168/jds.S0022-0302(90)78916-3
- Carulla, J. Cárdenas, E. Sánchez, N. Riveros, C. 2004. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana. Seminario Nacional de lechería especializada: “Bases Nutricionales y su impacto en la Productividad” Eventos y Asesorías Agropecuarias EU (ed). Medellín, Septiembre 1 y 2. p.21 – 38.
- Castillo, A. Kebreab, E. Beever, D. and France, J. 2000. A review of efficiency of nitrogen utilisation in lactating dairy cows and its relationship with environmental pollution. *Journal of animal and feed sciences* 9: 1 – 32. doi: <https://doi.org/10.22358/jafs/68025/2000>
- Ceballos, A. Villa, N. Betancourth, T. y Roncancio, D. 2004. Determinación de la concentración de calcio, fósforo y magnesio en el periparto de vacas lecheras en Manizales, Colombia.
- Chase, L. 1998. Phosphorus nutrition of dairy cattle. Department of animal science, Cornell University.
- Cook, C. W. 1964. Symposium on nutrition forages and pastures. Collecting forage samples representative of ingested material of grazing animals for nutritional studies. *J Anim Sci.* 23(1): 265-270. <https://doi.org/10.2527/jas1964.231265x>
- Correa, H. Carulla, J. y Pabón M. 2008. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)
- Cragolino, C. 2007. Malta para la alimentación. Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/malta-alimentacion-t27028.htm>
- Dairy One. 2014. Determining dry matter with a microwave oven. Disponible en <https://dairyone.com/wp-content/uploads/2014/01/Determining-Dry-Matter-with-a-Microwave-Oven1.pdf>.
- Danes, M. a C., L.J. Chagas, a M. Pedroso, and F. a P. Santos. 2013. Effect of protein supplementation on milk production and metabolism of dairy cows grazing tropical grass. *J. Dairy Sci.* 96:407–19. doi:10.3168/jds.2012-5607.
- Dalley, D. Roche, J. Grainger, C and Moate, P. 1999. Dry matter intake, nutrient selection and milk production of dairy cows grazing rainfed perennial pastures at different herbage allowances. Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* Vol 39, 923 – 931. Doi: 10.1071/EA99022.

- Dawson, C. and Hilton, J. 2010. Fertiliser availability in a resource-limited world: production and recycling of nitrogen and phosphorus. *Food policy* 36(1): S14 – S22.
- Donker, J., Marx, G. y Young, C. (1983). Feed intake and milk production from three rates of concentrate for cows bred to differ in size. USA. *Journal of dairy sciences* 66: p1337-1348. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(83)81943-2
- Elizondo, J. 2005. El fósforo en los sistemas ganaderos de leche. *Agronomía mesoamericana* 16: 213 -238.
- FEDNA, Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal. 2010. Ingredientes para piensos, Tablas FEDNA 2010. Disponible en <http://www.fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>.
- Ferguson, J. and Chalupa, W. 1989. Symposium: Interactions of nutrition and reproduction. Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 72: 746 – 766. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79168-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79168-2)
- Fernández, A. Lagrange, S. Bolleta, A. y Tulesi M. 2009. Calidad nutricional en diferentes estados de madurez de moha y mijo para heno o silaje de planta entera. INTA, Argentina.
- Formoso, D y norbis, H. 2013. Uso del riego en pasturas con destino al engorde de corderos. Instituto nacional de investigación agropecuaria INIA. Seminario de actualización técnica: producción de carne ovina de calidad.
- Fox, D. Tedeschi, L Tylutki, T. Russel, J. Van Amburgh, M. Chase, L. Pell, A and Overton, T. 2004. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science and Technology* 112 29 – 78. Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.10.006>
- Gallo, L. Carnier, P. Cassandro, M. Mantovani, R. Bailoni, L. Contiero, B and Bittante, G. 1996. Change in body condition score of holstein cows as affected by parity and mature equivalent milk yield. *J. Dairy Sci* 79:1009 – 1015. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76452-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76452-4)
- Garg, M. Sherasia, P. Bhandari, B. Phondba, B. Shelke, S. Makkar, H. 2013. Effects of feeding nutritionally balanced rations on animal productivity, feed conversion efficiency, feed nitrogen use efficiency, rumen microbial protein supply, parasitic load, immunity and enteric methane emissions of milking animals under field conditions. *Animal Feed Science and Technology* 179:24-35. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.11.005>
- González, K. 2007. Valor Nutricional de los forrajes. *Zootecnia y Veterinaria es mi pasión*. México. Disponible en <https://zoovetespasion.com/pastos-y-forrajes/valor-nutricional-los-pastos/>

- Higgs, R. Chase, L. Ross, D and, Van Amburgh, M. 2015. Updating the Cornell Net Carbohydrate and Protein System feed library and analyzing model sensitivity to feed inputs. *J. Dairy Sci.* 98:6340-6360 doi: 10.3168/jds.2015-9379
- Instituto Nacional Tecnológico, 2016. Manual del protagonista, pastos y forrajes. Nicaragua.
- Jones, C., Heinrichs, A., Roth, G. and Ishler, V. 2004. From harvest to feed: Understanding silage management. College of Agricultural Sciences, Pennsylvania State University. Pennsylvania, USA. 40p.
- Kebreab, E. France, J. Beever, D and Castillo, A. 2001. Nitrogen pollutions by dairy cows and its mitigations by dietary manipulation. *Nutrient cycling in agroecosystems* 60: 275 – 285.
- Kolver, E. 2003. Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proceedings of the Nutrition Society* 62: 291-300. doi: 10.1079/PNS2002200
- Larratea, F. y Soutto J. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad invierno primaveral de un campo natural del litoral. Tesis de pregrado. Universidad de la República, Uruguay.
- Lauric, A. Marinissen, A. Torres, C y Coria, M. 2009. Suplementación estratégica. Talleres de suplementación estratégica para vacunos. INTA.
- Lucy, M., Staples, C., Thatcher, W., Erickson, P., Cleale, R., Firkins, J., Clark, J., Murphy, M. y Brodie, B. (1992). Influence of diet composition, dry-matter intake, milk production and energy balance on time of postpartum ovulation and fertility in dairy cows. *USA. Animal production* 54: p323-331. doi: <https://doi.org/10.1017/S0003356100020778>
- Mackey, S. 2011. Calcium and the dairy cow. Disponible en [http://onlime.co.nz/media/17176/mcd8910\\_calcium\\_dairy\\_cow.pdf](http://onlime.co.nz/media/17176/mcd8910_calcium_dairy_cow.pdf)
- Mahesh, M. Singh, A. Sharma, S. and Chip, S. 2017. Cull potatoes boost milk performance of dairy cows : A brief on-farm report from Moga, Punjab, India. *Practical dairy nutrition: Paper 1.*
- McGechan, M and Topp, C. 2004. Modeling environmental impacts of deposition of excreted nitrogen by grazing dairy cows. *Agriculture, ecosystems and environment* 103: 149 – 164. DOI: 10.1016/j.agee.2003.10.004
- Mejía, A. Ochoa, R y Medina, M. 2014. Efecto de diferentes dosis de fertilizante compuesto en la calidad del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Holchst. Ex Chiov.)
- Mier, M. 2009. Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. Tesis de maestría. Universidad de Córdoba.

- Moate, P. Dalley, D. Roche, J. and Grainger, C. 1999. Dry matter intake, nutrient selection and milk production of dairy cows grazing rainfed perennial pastures at different herbage allowances in spring. *Australian journal of experimental agriculture* 39(8): 923 - 931. doi: 10.1071/EA99022
- Montoya, N. Pino, Z. and Correa, H. 2004. *Rev. Col. Cien. Pec.* 17(3): 241 – 249.
- Moyano, M. 2014. Fermentación en estado sólido (fes) de la papa (*Solanum tuberosum*), como alternativa tecnológica para la alimentación animal. Tesis de especialización. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Mufarrege, D. 2002. El calcio en la alimentación del ganado bovino para carne. INTA, Noticias y comentarios N°359.
- National Research Council (NRC). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition*. National Academy Press. Washington, D.C., USA. Págs 1-408
- Nicholson, J. and Curtis, R. 1960. The value of potatoes for feeding dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 40: 44 – 50. <https://doi.org/10.4141/cjas60-009>
- Noguera, R. Valencia, S y Posada, S. 2014. Efecto de diferentes aditivos sobre la composición y el perfil de la fermentación del ensilaje de cáscaras de maracuyá (*Passiflora edulis*). *Livestock research for rural development* 26(9), article #168.
- Oldham, J. 1984. Protein – energy interrelationships in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67: 1090 - 1114. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(84)81410-1
- Pérez, L- Peyraud, J and Delagarde, R. 2011. Pasture intake, milk production and grazing behaviour of dairy cows grazing low-mass pastures at three daily allowances in winter. *Livestock Science Vol 137- Issues 1-43. Pp 151 -160.* <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.10.013>
- Pérez, P. 2014. Estrategias para la renovación de praderas degradadas en la hacienda Los Pulpitos. Tesis de pregrado Corporación universitaria Lasallista.
- Peyraud, J. Comeron, E. Wade, M. Lemaire, G. 1996. The effect of dairy herbage allowance, herbage mass and animal factors upon herbage intake by grazing dairy cows. *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences* 45: 201 -217.
- Rodríguez, D. 1999. Caracterización de la Respuesta a la Fertilización y Calidad Forrajera en los Valles de Chiquinquirá y Simijaca. (Estudio de caso). Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Seath, D. 1947. Utilizing sweet potatoes as feed for dairy cattle. *LSU Agricultural experiment station reports*, 710.

- Seglar, B. 2003. Fermentation analysis and silage quality testing. Retrieved from the University of Minnesota Digital Conservancy, <http://hdl.handle.net/11299/108997>.
- Sholz, R. Ulrich, A. Eilitta, M and Roy, A. 2013. Sustainable use of phosphorus: a finite resource. *Science of the total environment* . 461-462: pp 799 - 803. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.043>
- Sidagis, D. Uchokis, V. Bliznikas, S. Effect of malt sprouts on nutrient fermentation in the rumen of cows and their productivity. *Veterinarija ir zootechnika (Vet Med Zoot) T. 65(87) 97:101*. ISSN 1392-2130
- Siebold, E. Goic, L. Matzner M. 1999. Alimentación de ruminantes con papas de desecho. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro regional de investigación Remehue, boletín N°88.
- Silva, A. Menijvar, J. Alava, C. y Gómez, H. 2010. Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre sobre la recuperación de una pradera degradada de kikiyo (*Pennisetum clandestinum* Hoecht en Nariño, Colombia. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.
- Soder, K. and Rotz, C. 2001. Economic and environmental impact of four levels of concentrate supplementation in grazing dairy herds. *J. dairy Sci* 84: 2560-2572. doi 10.3168/jds.S0022-0302(01)74709-1
- Soto, C. Valencia, A. Galvis, R. y Correa H. 2005. Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). *Revista colombiana de ciencias pecuarias*, Vol 18:1 pg 17- 26.
- St-Pierre, N and Thraen, C. 1999. Animal grouping strategies, sources of variation, and economic factors affecting nutrient balance on dairy farms. Joint Symposium: Ruminant Nutrition 1/pastures and forages 1/production and management 1: Nutritional factors impacting the nutrient balance of beef an dairy operations.
- Suttle, N. 2010. Mineral Nutrition of livestock. 4<sup>th</sup> edition. CAB international. ISBN 978-184593-472-9. Página 78.
- Taweel, HZ. 2006. Improving Dry-Matter Intake of Perennial-Ryegrass Pasture by Dairy Cows. En: Elgersma, A; Dijkstra, J y Tamminga, S (Eds.). *Fresh Herbage for Dairy Cattle*. Wageningen Press. Holanda
- Tilley, J., y Terry, R. (1963). A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Grass and Forage Science* (Vol. 18). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>
- Utrilla, V. y Jaurena, G. 2017. Productividad y calidad nutricional de especies forrajeras típicas en mallines de la Patagonia Austral (Argentina). *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol 37 #2.

- Valk, H.; Ebek, L. 1999. Influence of prolonged feeding of limited amounts of phosphorus on dry matter intake, milk production, reproduction and body weight of dairy cows. *Journal of Dairy Science* (82): 2157-2163. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75459-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75459-7)
- Van Amburgh, M. Collao-Saenz, E. Higgs, R. Recktenwald, E. Raffrenato, E. Chase, L. Overton, T. Mills, J and Foskolos, A. 2015 The Cornell Net Carbohydrate and Protein System: Updates to the model and evaluation of version 6.5. *Journal of Dairy Sciences* 98: 6361-6380. Ithaca, NY, USA. doi: 10.3168/jds.2015-9378
- Vazquez, O. and Smith T. 2000. Factors affecting pasture intake and total dry matter intake in grazing dairy cows. *J. dairy Sci*83: 2301-2309. doi 10.3168/jds.S0022-0302(00)75117-4
- Villa, A. 2008. Estudio microbiológico y calidad nutricional de ensilaje de maíz cosechado en dos ecoregiones de Colombia. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Voltolini, T.V., F.A.P. Santos, J.C. Martinez, H. Imaizumi, A.V. Pires, and M.A. Penati. 2008. Metabolizable protein supply according to the nrc (2001) for dairy cows grazing elephant grass. *Sci. Agric.* 65:130–138. doi:10.1590/S0103-90162008000200004
- Wang, C. Liu, Z. Wang, D. Liu, J. Liu, H. Wu, Z. 2014. Effect of dietary phosphorus content on milk production and phosphorus excretion in dairy cows. *J. Anim. Sci. Biotechnol* 5(1): 23 doi: 10.1186/2049-1891-5-23
- Westwood, C. Lean, I. Garvin, K. and Wynn, P. 2000. Effects of genetic merit and varying dietary protein degradability on lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83: 2926 – 2940. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75193-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75193-9)
- Wu, Z.; Satter, L. 2000. Milk production and reproductive performance of dairy cows fed two concentrations of phosphorus for two years. *Journal of Dairy Science* (83): 1052-1063. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74969-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74969-1)



## 4. Suplementación estratégica de bovinos de leche, en restricción de consumo, de pequeños productores de la provincia de Ubaté, Cundinamarca.

### Resumen

Con el objetivo de evaluar la respuesta del tipo de carbohidratos (almidones vs azúcares) y la suplementación con lípidos (saturados) sobre la producción de leche y la calidad de la leche fueron valorados tres suplementos diferenciales entre sí. Éstos fueron suministrados a razón de 4 kg por vaca al día, a 12 vacas (ubicadas en 6 fincas diferentes) (con genética Holstein multíparas 3+/- 1 partos, 70 +/- 48 días en lactancia y una producción láctea de 15,1 +/- 2,2 litros de leche), que fueron asignadas a un diseño cruzado (con 3 tratamientos, 3 periodos y 6 secuencias de tratamientos (a cada finca le correspondía una secuencia experimental, por lo que fue necesario tomar la finca (secuencia) como factor de bloqueo). Los tratamientos consistieron en un suplemento rico en azúcares (14,4%) y aporte bajo de almidones (25,6%); un suplemento rico en almidones (44,46%) y bajo en azúcares (6,35%) y un suplemento rico en almidones (40,46%) y con adición de grasa saturada (inclusión de aceite de palma). El consumo de materia seca fue estimado durante el experimento usando óxido de cromo (marcador externo) y fibra ácida indigerible (marcador interno). Cada periodo experimental tuvo una duración de 30 días. Las vacas pastorearon praderas de kikuyo y mezclas (*Cenchrus clandestinus*) con ryegrass (*Lolium perenne*) y falsa poa (*Holcus lanatus*). Los suplementos fueron ofrecidos en dos raciones diarias al momento del ordeño (am y pm). El tipo de suplemento no influyó sobre el volumen de leche ( $p=0,99$ ), pero sí sobre la concentración de sólidos en la leche. El tipo de carbohidrato (almidones vs azúcares) no modificó la respuesta de las vacas en composición o volumen de leche. Sin embargo, el consumo de materia seca y forraje fue menor ( $p<0,01$ ) con el suplemento rico en almidones y bajo en azúcares, lo que resultó en una mayor eficiencia en la

conversión del consumo en leche ( $p < 0,01$ ). El suplemento rico en lípidos aumentó la concentración de grasa ( $p < 0,01$ ) y la de sólidos totales, pero no de proteína ( $p = 0,39$ ) y la producción de leche corregida por energía con este suplemento fue mayor ( $p < 0,06$ ). La suplementación con lípidos saturados mejorará la concentración de grasa en la leche y su producción. Sin embargo, el uso de esta tecnología podría estar limitado por el costo de la misma.

**Palabras Clave:** Suplementación, producción de leche, composición de la leche, consumo de materia seca, condición corporal.

## Abstract

With the objective of evaluate the response of the type of carbohydrate (starch vs sugar) and the inclusion of lipids (saturated) on the milk production and milk quality (crude protein, fat, total solid) three different supplements were compared to each other. These supplements were offered at a rate of 4 kg per cow per day, 12 cows (located in 6 different farms) (multiparous  $3 \pm 1$ , holstein breeds, days in milk  $70 \pm 48$ , milk production  $15.1 \pm 2$ ) which were assigned to a cross over design with 3 treatments, 3 periods and 6 treatment sequences (each farm had an experimental sequence, so it was necessary to take the farm (sequence) as a blocking factor). The treatments consisted of a supplement rich in sugars (14,4%) and low in starch (25,6%); a supplement rich in starch (44,46%) and low in sugars (6,35%) and a supplement rich in starch (40,46%) and with the addition of saturated fat (inclusion of palm oil). Dry matter intake was estimated during the experiment using chromium oxide (external marker) and acid detergent fiber indigestible (internal marker). Each experimental period lasted 30 days. The cows grazed kikuyu (*Cenchrus clandestinus*) grasslands and mixtures with ryegrass (*Lolium perenne*) and falsa poa (*Holcus lanatus*). The supplements were offer in two daily rations at the time of milking (am and pm). The type of supplement did not influence the milk production ( $p = 0,99$ ), but it did influence the milk solids concentration. The type of carbohydrate (starch Vs sugar) did not modify the response in milk production. However, dry matter intake and forage intake was lower ( $p < 0,01$ ) with the supplement rich in starch and low in sugar, which resulted in a greater efficiency in the milk conversion per each kilogram consumed ( $p < 0,01$ ). The rich lipid supplement increased the fat concentration ( $p < 0,01$ ) and total milk solids, but not protein concentration ( $p = 0,39$ ) and the energy corrected milk (ECM) production with this

supplement was higher ( $p < 0,06$ ). Supplementation with saturated lipids will improve the milk fat concentration and its production (ECM). However, the use of this technology may be limited by its cost.

## 4.1 Introducción

La provincia de Ubaté es considerada como una de las principales cuencas lecheras del departamento de Cundinamarca y de Colombia. Produce cerca de 667.000 litros de leche al día y representa el 20% de la producción total de leche del departamento y el 4% de la producción nacional (Cámara de Comercio, 2013). La Provincia cuenta con cerca de 53.500 vacas en ordeño distribuidas en más de 8000 predios; La mayor parte de éstos, son predios con un área menor a 25 fanegadas y son explotados por pequeños productores (menos de 25 vacas - 96% de los predios) (Zoilo, 2014; Evaluaciones agropecuarias EVA, 2016).

El uso de suplementos comerciales es una práctica usual en los sistemas de producción lechera altoandina en Colombia (Carulla y Ortega, 2016). En estos sistemas se ha encontrado que el consumo de forraje es muy restrictivo y que este se asocia estrechamente al volumen de leche (Wales *et al*, 1999). En estos sistemas la oferta de forraje está restringida por aspectos ambientales (lluvias) y de manejo (uso de la cuerda eléctrica). Algunos autores han sugerido que en los sistemas pastoriles el consumo de materia seca normalmente limita la producción lechera y la suplementación puede mejorarlo (Bargo *et al*, 2003; Bargo, 2012). Sin embargo, el aumento en el consumo de materia seca y en la producción de leche de la suplementación depende de la cantidad de pastura en oferta, donde a mayores restricciones de oferta, mayor respuesta a la suplementación (Bargo *et al*, 2002). En estos casos, se ha encontrado que por un kilo de suplemento se obtiene un litro de leche (Bargo *et al*, 2003, Butler *et al*, 2003; Delaby *et al*, 2003) Por lo tanto, la suplementación se justificaría en aquellas situaciones donde la oferta de forraje es baja y el suplemento tiene un costo menor al precio del litro de leche o donde la eficiencia del suplemento sea mayor a uno.

La asociación entre consumo y producción de leche ha sido ampliamente referenciada en la literatura (Donker *et al*, 1983; Bargo *et al*, 2003; Lucy *et al*, 1992). Sin embargo, otros

factores dietarios distintos al consumo también pueden tener impactos sobre la producción de leche. Se sabe que los almidones en la dieta de los rumiantes se fermentan produciendo una mayor cantidad de propionato que de acetato mientras que los azúcares producen una mayor cantidad de butirato (Orskov, 1986; Gómez *et al*, 2016, Chamberlain *et al*, 1993; Moloney *et al*, 1994) La fermentación hacia propionato implica una menor pérdida energética en la fermentación de los almidones y por tanto una mayor producción de leche (Huhtanen *et al*, 1998; Pabón, 2004) Por otro lado, se ha demostrado que la suplementación lipídica en pastoreo puede aumentar tanto la producción de leche como la concentración de grasa en la leche (Parales *et al*, 2016) con respuestas muy superiores a lo que se alcanza con suplementos ricos en carbohidratos. Sin embargo, la respuesta depende de la composición de ácidos grasos de la misma (Gagliostro y Schroeder, 2007) y se ha sugerido que los recursos lipídicos ricos en palmitato aumentan tanto la concentración de grasa en la leche como la producción de leche (Piantoni *et al*, 2013) los suplementos ricos en AG insaturados tendrían efectos menos claros normalmente aumentan la producción de leche pero disminuyen la concentración de sólidos en la misma (Gagliostro y Schroeder, 2007).

La formulación de suplementos comerciales para las vacas lecheras se hace usando programas de mínimo costo que privilegian los recursos alimenticios (materias primas) de menor costo que generalmente incluyen los subproductos de la industria alimenticia (melaza, glicerol, salvados, gérmenes de malta, tortas, otros). El uso de maíz y otras fuentes no procesadas normalmente es más costosa lo cual limita su inclusión en las formulas. El objetivo de este proyecto fue el de evaluar diferentes fórmulas para elaborar un suplemento para vacas lecheras donde se aumentaron los niveles de almidón (reduciendo los niveles de otros azúcares) y las grasas ricas en ácido palmítico a través de la sustitución de subproductos por maíz y aceite de palma.

## **4.2 Materiales y métodos**

Todos los procedimientos fueron avalados por el Comité de Bioética de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá (Acta 06 del año 2016).

### 4.2.1 Localización

El experimento se realizó en 6 fincas de pequeños productores en la provincia de Ubaté ubicadas en los municipios de Cucunubá (2 fincas), Fúquene (2 fincas), Guachetá (1 finca) y Lenguazaque (1 finca), en el departamento de Cundinamarca, Colombia. El experimento tuvo lugar entre los meses de octubre y enero de los años 2017 y 2018.

Las fincas seleccionadas, aunque en diferentes municipios, presentaban características similares entre sí. Pastoreos rotacionales (inferiores a 45 días) con cuerda eléctrica (se corre la cuerda después de cada ordeño), niveles de producción promedio inferiores a 11 litros de leche, (promediando todas las vacas en producción) animales de la raza holstein (y sus cruces), ordeños dos veces por día y utilización de suplementación durante la hora del ordeño. En total, 1 de las 6 fincas utilizaban ordeño mecánico, y las 5 restantes, ordeñaban sus animales a mano.

**Tabla 4.1** Localización de las fincas experimentales

Finca	Municipio	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
1	Guachetá	5°23'42.43" N	73°40'43.59" O	2670
2	Lenguazaque	5°18'35.07" N	73°42'31.23" O	2570
3	Cucunubá	5°14'15.18" N	73°46'27.85" O	2565
4	Fúquene	5°27'08.12" N	73°45'71.17" O	2540
5	Cucunubá	5°16'06.41" N	76°46'54.42" O	2540
6	Fúquene	5°26'24.63" N	72°45'30.06" O	2540

### 4.2.2 Periodo experimental y tratamientos

El experimento tuvo una duración total de 90 días, divididos en 3 periodos de 30 días cada uno (18 días de acostumbramiento y 12 días de muestreo). El forraje base fue mayoritariamente Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en las 6 fincas, aunque en algunas de las fincas se encontraba en mezcla con otras especies como raigrás (*Lolium perenne*), trébol rojo (*Trifolium pratense*) y falsa poa (*Holcus lanatus*). Los tratamientos fueron suplemento 1 (rico en azúcares, bajo en almidones), suplemento 2 (rico en almidones, bajo en azúcares) y suplemento 3 (rico en almidones y ácido palmítico), con una suplementación de 4 kg por vaca al día.

Para la formulación de los suplementos, se tuvo en cuenta la información recolectada de las 40 fincas de la provincia de Ubaté (fincas modelo, ver capítulo 3), siendo formulados suplementos específicos para las necesidades de los animales de pequeños productores. Fueron considerados el consumo de materia seca y las deficiencias de nutrientes de las pasturas recolectados en campo (los cuales incluían cuantificación de PC, FDN, FDA cenizas y lignina). Los suplementos fueron formulados con ayuda del software CNCPS v6.5.

**Tabla 4.2** Composición de ingredientes y composición química de los suplementos experimentales

Tratamiento	Suplemento 1	Suplemento 2	Suplemento 3
Composición de ingredientes (%)			
Germen de malta	21.1	0.0	10.2
Melaza	16.9	6.3	2.8
Maíz molido	0.0	31.5	51.0
Torta de soya	0.0	0.0	7.2
DDGS	0.0	12.5	13.0
Corn Gluten	0.0	0.0	7.3
Aceite de palma	0.0	0.0	5.8
Harina de arroz	29.6	18.4	0.0
Salvado de maíz	29.6	28.4	0.05
CaCO <sub>3</sub>	2.3	2.3	2.2
Premezcla	0.2	0.2	0.2
Antimicótico	0.1	0.1	0.1
Óxido de cromo	0.3	0.3	0.3
Composición nutricional (%)			
MS <sup>a</sup>	86.8	88.5	88.0
PC <sup>b</sup>	14.5	13.9	16.7
EE <sup>c</sup>	6.9	7.1	8.1
C16:0 (%EE) <sup>g</sup>	14,2	13,7	29,2
Almidón	25,6	44,5	40,5
Azucares	14,4	6,4	5,2
FDN <sup>d</sup>	23.0	19,7	21.6
FDA <sup>e</sup>	5.8	4.4	6.0
DIVMS <sup>f</sup>	81.9	84.0	84.7

a: Materia seca; b: Proteína cruda; c: Extracto etéreo; d: Fibra detergente neutro; e: Fibra detergente ácida; f: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; g: Ácido palmítico (como porcentaje del extracto etéreo) estimado.

Los ingredientes y la calidad nutricional de los suplementos fueron diferenciales entre sí, para responder al objetivo de este trabajo.

Las materias primas utilizadas fueron materias primas que en su mayoría vienen incluidas en la librería del software, por lo que fueron modificados los parámetros conocidos y se dejaron estáticos los valores que venían predeterminados en la librería los que no se conocían. En el caso del aceite de palma, que no se incluye en la librería del software, se tomó como base el aceite de maíz y fue modificado su perfil de nutrientes teniendo en cuenta los análisis típicos de este recurso.

### **4.2.3 Animales y manejo**

En total, fueron incluidas en el experimento 12 vacas (con genética Holstein, 3+/- 1 partos, 70 +/- 48 días en lactancia y una producción láctea de 15,1 +/- 2,2 litros de leche) distribuidas en 6 fincas (2 vacas por finca). Las vacas se ordeñaron con ordeño manual (cinco de las seis fincas) y mecánico (una finca) dos veces al día. Se encontraban en un sistema de pastoreo en franjas con cerca eléctrica. Fueron ofrecidos 4 kg del suplemento experimental por día distribuidos en los dos ordeños, por lo que en cada ordeño eran ofrecidos 2 kg en total (este fue formulado para lograr un consumo de 10 gramos de óxido de cromo, como marcador externo, al día).

### **4.2.4 Mediciones, toma de muestras y análisis de laboratorio**

**Leche:** Para cada periodo y en cada una de las fincas se registró la producción de leche en cada ordeño (AM y PM) en el día 29 y 30 de cada mes. Se recolectaron muestras individuales de leche (AM y PM) (aproximadamente 70 ml en cada ordeño) el día 29 del periodo, posteriormente fueron mezcladas las submuestras y analizadas a través del Milkoscope® para determinar su calidad composicional.

**Forraje y suplementos:** Se recolectó una muestra de forraje los días 19, 22 y 25 de cada periodo previa al pastoreo. Las muestras tomadas, fueron mezcladas para obtener una

muestra de cada periodo en cada finca. Fueron secadas a 60°C durante 48 horas y se molieron en un molino Romer® con una criba de 2mm. Los suplementos diferentes al alimento balanceado fueron muestreados el día 29 de cada periodo durante los ordeños en las fincas y los suplementos balanceados se muestrearon al momento de ser elaborados en la planta de producción. Todos los suplementos se procesaron de igual forma a los forrajes.

**Heces:** Se recolectó una muestra diaria de heces (50 g aproximadamente) los días 21, 24 y 27 de cada periodo. En cada finca se esperaba a que los animales hicieran su deposición y la muestra se tomaba. Fue tomada fresca con el fin de evitar cualquier contaminación o fermentación. Posteriormente fueron refrigeradas para su conservación hasta su posterior envío al laboratorio. En el laboratorio fueron secadas a 60°C durante 48 horas y molidas en un molino Romer® con una criba de 2 mm y mezcladas (en cantidades iguales para cada animal) para obtener una muestra de heces por cada animal en cada periodo.

#### 4.2.5 Análisis químicos

**Forraje y suplementos:** Los forrajes y suplementos fueron analizados para MS (materia seca), cenizas, PC-Kjeldahl (Proteína cruda) (AOAC, 2006b), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA) (Van Soest *et al.* 1991), fibra en detergente ácido indigerible (FDAi) (Sunvold y Cochran, 1991), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y cromo (Cr) por espectroscopia fluorescente de rayos X (S2 PICFOX® de BRUKER®).

**Leche:** La calidad composicional de la leche fue evaluada por ultrasonografía (prieu y Barenholz, 2010) con un equipo Milkoscope®.

**Heces:** Se determinó FDAi mediante la metodología de Sunvold y Cochran (1991) y Cr por espectroscopia fluorescente de rayos X (S2 PICFOX® de BRUKER®).

#### 4.2.6 Diseño experimental

Para comparar los efectos de la suplementación sobre las variables de producción animal (producción de leche, calidad composicional de la leche y condición corporal). Se empleó

un diseño cruzado (crossover design) con 3 periodos y 3 tratamientos (suplemento 1, 2 y 3) (Khuel, 2001), teniendo en cuenta las fincas como factor de bloqueo. El análisis estadístico se realizó utilizando el procedimiento PROC GLM del sistema estadístico SAS (1998).

El modelo lineal para un diseño cruzado es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \tau_{d(i,k)} + \lambda_{c(i, k-1)} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde  $\mu$  es la media general,  $\alpha_i$  es el efecto de la finca donde se prueba la secuencia de tratamiento  $i$ ,  $\beta_{ij}$  es el efecto aleatorio con varianza  $\sigma^2$  para el  $j$ -ésimo sujeto en la  $i$ -ésima secuencia de tratamiento,  $\gamma_k$  es el efecto del periodo y  $\varepsilon_{ijk}$  es el error aleatorio con varianza  $\sigma^2$  para el sujeto en el periodo  $k$ . El efecto directo del tratamiento administrado en el periodo  $k$  del grupo de secuencias  $i$  es  $\tau_{d(i,k)}$  y  $\lambda_{c(i, k-1)}$  es el efecto residual (acarreado) del tratamiento administrado en el periodo  $k-1$  del grupo de secuencias  $i$  (valor que es equivalente a 0 en el periodo 1, ya que en este no existe acarreo).

Este modelo permite que todos los animales pasen por todos los tratamientos y adicionalmente que en un mismo periodo se pruebe en dos fincas diferentes el mismo tratamiento. De esta manera se tiene control sobre las fuentes de variación de la finca (secuencia), la vaca dentro de la finca y el periodo, además del tratamiento propiamente

Se realizaron comparaciones de medias no planeadas (Tukey) con un nivel de significancia del 5%.

**Tabla 4 3** Modelo experimental aplicado

	Secuencia (finca)											
	1		2		3		4		5		6	
Vacas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Periodo I	T1	T1	T2	T2	T3	T3	T1	T1	T2	T2	T3	T3
Periodo II	T2	T2	T3	T3	T1	T1	T3	T3	T1	T1	T2	T2
Periodo III	T3	T3	T1	T1	T2	T2	T2	T2	T3	T3	T1	T1

Nota: Cada periodo tuvo una duración de 30 días, T1: Tratamiento rico en azúcares; T2: Tratamiento rico en almidones; T3: Tratamiento rico en almidones y grasa saturada

### 4.2.7 Cálculos

- **Leche corregida por energía (LCE):** Se calculó mediante la ecuación 4-1 (Hutjens, 2010)

$$\text{LCE (kg/d)} = (12,82 * \text{Producción de grasa (kg/d)}) + (7,13 * \text{Producción de proteína (kg/d)}) + (0,323 * \text{Producción de leche (kg/d)})$$

(4-1)

- **Litros libres después de suplementación (LLDS):** Se calculó mediante la ecuación 4-2 (INTA, 2015)

$$\text{LLDS: Litros producidos } \left(\frac{L}{d}\right) = \left(\frac{\text{Costo MS del suplemento } \left(\frac{kg}{d}\right) * \text{cantidad de MS ingerida } \left(\frac{kg}{d}\right)}{\text{Precio de litro de leche pagado al productor}}\right)$$

(4-2)

- **Consumo de forraje:** Se determinó el consumo de forraje a través del uso de marcador externo (óxido de cromo) para determinar la producción de heces (Holden *et al*, 1994) y marcador interno (FDAi) como marcador indigerible (Sunvold y Cochran, 1991). La producción de heces se estimó con la ecuación 4-3.

$$PH = \frac{CME}{MEH} * 1000^{-1}$$

(4-3)

Donde PH es la producción de heces (kg MS/d); CME es el consumo del marcador externo (g de cromo/d); MEH es la concentración del marcador externo en las heces (g de cromo/g de MS de heces)

El consumo de forraje se determinó por la ecuación 4-4 (Aguilar *et al*, 2009)

$$CF = \frac{PH * FDAih - CS * FDAis}{FDAif}$$

(4-4)

Donde CF es el consumo de forraje (Kg MS/d); PH es la producción de heces (Kg MS/d); FDAih es la concentración de FDAi en las heces (%); CS es el consumo de suplemento

(Kg MS/d) FDAis es la concentración de FDAi en el suplemento (%); FDAif es la concentración de FDAi en el forraje (%).

Para la estimación de la producción de heces y el consumo de forraje fue tomado como valor de recuperación el 80% del óxido de cromo y el 80% del FDA indigerible tal y como lo describen Gómez *et al*, 2013 y Correa, 2011.

Con los datos obtenidos del análisis de laboratorio fue calculada la calidad composicional de la dieta de cada animal. Obteniendo el consumo de materia seca total, y las calidades composicionales de la dieta (PC, FDN, FDA y Digestibilidad *in vitro*).

## 4.3 Resultados

### 4.3.1 Pasturas

La calidad de las pasturas varió entre las fincas y entre los periodos experimentales.

**Tabla 4.4** Composición química de los forrajes de las fincas experimentales

Periodo	Finca	MS	PC	FDN	FDA	DIVMS
1	1	23	7,4	69,2	36,5	51,7
	2	26	12,6	65,3	32,0	72,9
	3	23	10,2	68,2	31,7	58,3
	4	17	14,9	65,4	31,8	56,3
	5	19	12,3	62,6	30,0	62,4
	6	15	16,4	67,1	31,8	51,7
2	1	15	15,2	54,5	28,2	73,5
	2	19	18,4	55,6	27,8	72,8
	3	23	13,0	64,1	30,1	63,8
	4	23	14,6	63,7	28,6	73,6
	5	19	14,3	60,2	30,3	68,2
	6	23	14,2	65,9	30,1	68,1
3	1	18	13,5	62,9	28,8	71,6
	2	22	13,8	52,7	25,0	72,4
	3	20	14,4	62,5	27,2	70,7
	4	23	14,4	60,0	27,0	64,6
	5	15	14,2	60,6	26,5	69,2
	6	21	15,9	61,0	28,7	69,0

En el primer periodo, las pasturas presentaron menores concentraciones de PC, mayores de FDN y menores valores de DIVMS que en los periodos subsiguientes en la mayoría de las explotaciones, debido a que en la zona se presentó una época de sequía. Un caso particular fue la explotación lechera de Guachetá (Finca 1), que en su primer periodo los animales consumieron una pastura espigada que podría ser considerada heno en pie. Esta pastura contenía kikuyo en mezcla con trébol y falsa poa con baja concentración de proteína y altas concentraciones de fibra (tabla 4.4). Sin embargo, a partir del segundo periodo (mes 2 del experimento), la calidad nutricional mejoró debido a un cambio de potrero y al inicio de las lluvias en la provincia.

### 4.3.2 Otros suplementos

De las seis fincas experimentales, cuatro usaron algún tipo de suplemento adicional a los tratamientos experimentales y variaron dentro de los periodos (tablas 4.5 y 4.6)

**Tabla 4.5** Consumo As Fed (AF) y en materia seca (MS) de suplementos adicionales en la dieta en las fincas experimentales

<b>Periodo</b>	<b>Finca</b>	<b>Producto</b>	<b>Consumo (MS)</b>	<b>Consumo (AF)</b>
1	1	Papa	1,07	5
	2	Mezcla	1,18	1,5
2	1	Papa	1,08	5
	2	Ensilaje avena	1,18	5,3
	2	Mezcla	1,19	1,5
	4	Mezcla	1,4	1,6
3	2	Mezcla	1,18	1,5
	2	Ensilaje kikuyo	1,14	4,5
	3	Ensilaje kikuyo	0,53	2
	3	Henolaje kikuyo	0,81	2,5
	4	Mezcla	1,36	1,6

**Tabla 4.6** Composición química de otros suplementos utilizados en las fincas experimentales

Periodo	Finca	Producto	MS	PC	FDN	FDA	DIVMS
1	1	Papa	22,3	10,1	23,6	5,8	91,4
	2	Mezcla	78,5	18,6	30,2	10,4	81,8
2	1	Papa	21,5	11,6	25,4	3,4	95
	2	Ensilaje avena	22,3	10,4	60,3	37,3	57,6
	2	Mezcla	79,2	20,2	41,2	12,5	81,3
	4	Mezcla	85,7	19,8	29,7	9,5	77
3	2	Ensilaje kikuyo	25,4	15	54,6	28,7	69,4
	3	Ensilaje kikuyo	26,3	10,4	64	33,9	68,9
	3	Henolaje kikuyo	32,2	8,8	67	32,8	65,8
	4	Mezcla	85,5	20,7	30,6	10,9	81,1

### 4.3.3 Producción y calidad de leche

**Tabla 4.7** Producción y composición de la leche de vacas suplementadas con un suplemento rico en azúcares (1), un suplemento rico en almidones (2) y un suplemento rico en almidones y grasa saturada (3).

Variable	Inicial	Suplemento			ESM <sup>1</sup>	p <sup>2</sup>
		1	2	3		
<b>Leche</b>						
Producción (kg/d)	15,1	17,2	17,1	17,1	2.22	0.993
Producción LCE* (kg/d)	10,8	11,8 <sup>b</sup>	11,8 <sup>b</sup>	13.0	2.71	0.063
<b>Sólidos totales</b>						
Concentración (%)	12,2	11,9 <sup>b</sup>	12 <sup>b</sup>	12.5 <sup>a</sup>	0.11	0.001
Producción (kg/d)	1,8	2,02	2,05	2,14	0.03	0.340
<b>Proteína</b>						
Concentración (%)	2,9	2,9	3,0	3.0	0.01	0.392
Producción (kg/d)	0,44	0,5	0,51	0,51	0.00	0.889
<b>Grasa</b>						
Concentración (%)	3,7	3,5 <sup>b</sup>	3,4 <sup>b</sup>	4.0 <sup>a</sup>	0.17	0.005
Producción(kg/d)	0,56	0,59 <sup>b</sup>	0,59 <sup>b</sup>	0,68 <sup>a</sup>	0.00	0.003
<b>Condición corporal</b>						
C.C.	3,23	3,23	3,24	3,24	0.03	0.946

Letras diferentes entre columnas, indican diferencias estadísticas

1: Error estándar de la media; 2: Valor p; \* Diferencias detectadas a un nivel de confianza del 10%

La producción de leche (litros/vaca/día), la concentración de proteína de la leche (%), la producción de proteína diaria (kg de proteína(vaca/día) y la condición corporal fueron

similares para los suplementos evaluados. Sin embargo, el tratamiento con inclusión de aceite de palma (suplemento 3) incremento la concentración de grasa de la leche (%) y de sólidos totales (%), incrementando la producción de grasa diaria y de leche corregida por energía (litros/vaca/día) (tabla 4.6). Esta diferencia representó cerca de 1.2 kg/d de LCE

#### 4.3.4 Consumo y digestibilidad

El consumo de materia seca fue mayor en las vacas que consumían el suplemento rico en azúcares (suplemento 1) explicado principalmente por un mayor consumo de forraje en este tratamiento. Este tratamiento fue rechazado por algunas vacas (anexo D) por lo cual el consumo del suplemento fue menor (tabla 4.7). En conjunto las vacas consumieron una cantidad de materia seca digerible similar entre los diferentes tratamientos ya que a pesar de un mayor consumo de MS por las vacas en el suplemento 1, su digestibilidad fue menor (basado en la digestibilidad *in vitro* de la materia seca) (tabla 4.6).

#### 4.3.5 Conversión

La conversión de materia seca consumida a leche fue mayor para las vacas consumiendo el suplemento rico en almidones (2) o rico en almidones con grasa proveniente del aceite de palma (3)

**Tabla 4.8** Consumo, digestibilidad y relación leche:consumo de materia seca de los tratamientos

Variable	Suplemento			ESM	p
	1	2	3		
<b>Consumo</b>					
Forraje (kg/vaca/d)	11,5 <sup>a</sup>	8.7 <sup>b</sup>	9,5 <sup>b</sup>	1,64	<0.000
Suplementos (kg/vaca/d)	3,7 <sup>b</sup>	4,5 <sup>a</sup>	3,9 <sup>ab</sup>	1,13	<0,01
Total (kg/vaca/d)	15,1 <sup>a</sup>	13.2 <sup>b</sup>	13,4 <sup>b</sup>	1,47	0,002
<b>MS digerible*</b>	9,5	8.9	8,7	1,22	0,193
<b>Digestibilidad</b>					
<b>Producción de heces (kgMS/vaca/d)</b>	5,5 <sup>a</sup>	4.1 <sup>c</sup>	4,6 <sup>b</sup>	0,22	<0,000
<b>Digestibilidad de la dieta (%)*</b>	63,5 <sup>b</sup>	67.5 <sup>a</sup>	64,7 <sup>ab</sup>	14,96	0,057
<b>Leche:Consumo (L/kg MS)</b>	1,16 <sup>b</sup>	1.38 <sup>a</sup>	1.33 <sup>a</sup>	0,02	0,001

\* Consumo de materia seca total x digestibilidad *in vitro* de la materia seca de la dieta.

## 4.4 Discusión

En los sistemas de producción lechera pastoriles, el consumo de forraje por la vaca lechera limita la producción de leche (Peyraud *et al* 1996; Vázquez y Smith, 2000). En estos sistemas, la suplementación puede incrementar el consumo de materia seca de manera lineal si no se presenta sustitución del consumo de concentrado por pastura, situación que se da cuando la oferta de pastura es abundante (Bargo *et al*, 2003). El uso de suplementos es una práctica usual en los sistemas de producción lechera altoandina en Colombia tanto por pequeños como grandes productores de leche (Garzón, 2018) y tanto la cantidad a suplementar como su composición nutricional podrían tener impactos sobre el volumen y la calidad de leche producida (Delaby *et al*, 2003; Stockdale *et al*, 1990). En este experimento, bajo un mismo nivel de suplementación (4 kg/vaca/d) se estudió el impacto de sustituir azúcares por almidones e incluir grasas saturadas ricas en palmitato sobre el volumen y la composición de la leche.

### 4.4.1 Sustitución de azúcares por almidones

La sustitución de azúcares por almidones (tratamiento 1 vs 2) en el suplemento no se reflejó en una mayor producción de leche en las vacas recibiendo este suplemento o una mejor condición corporal. En estos sistemas pastoriles, cambios en la formulación de los suplementos no se reflejan necesariamente en una mayor respuesta en producción de leche, aunque la respuesta si era superior a un control sin suplementación (Arriaga *et al*, 1999). En vacas estabuladas, Broderick *et al*, 2008 encontraron que aquellas alimentadas con dietas ricas en almidones producían mayores volúmenes de leche que aquellas donde éste se reemplazaba por azúcares. La importancia de los almidones en el volumen de leche también fue observada por Leiva *et al*, 2000 quienes al reemplazar maíz (almidón) por pulpa de cítricos (fibras de alta digestibilidad – pectinas) observaron que se reducía la producción de leche.

Se sabe que la fermentación de carbohidratos hacia ácido propiónico es más eficiente energéticamente pues disminuye la producción de metano en el rumen. Adicionalmente, el ácido propiónico es glucogénico y por tanto lactogénico (Pabón, 2004). Los almidones favorecen este tipo de fermentación (Orskov, 1986; Gómez *et al*, 2016) mientras los azúcares favorecen la producción de ácido butírico (Martel *et al*, 2011; Hall, 2005; Frinkins,

2011). Se esperaría entonces que la sustitución de azúcares por almidones resultara en una mayor producción de leche o en una mayor eficiencia en el uso de los suplementos debido a menores pérdidas energéticas. En el caso del estudio no hubo una mayor producción de leche, pero si una mejor eficiencia en el uso del alimento. Sin embargo, no es claro si la mejor eficiencia en el uso del suplemento rico en almidones se debió a una disminución en las pérdidas energéticas asociadas a la ruta metabólica de fermentación o a una menor digestibilidad de la dieta 1 (tabla 4.7). Por último, el suplemento rico en azúcares no fue consumido en su totalidad por las vacas en el experimento, pero este menor consumo fue compensado por un mayor consumo de pastura, resultando en un consumo similar de nutrientes digestibles.

Se ha sugerido que el tipo de carbohidratos no tiene importancia en la concentración de proteína en la leche. Por ejemplo, Broderick *et al*, 2000, citado por Hall, 2002, no encontraron diferencias en la concentración de proteína en la leche cuando se sustituyó el almidón por sacarosa en la dieta, aunque si encontraron diferencias en la concentración de grasa (siendo mayor en la dieta con mayor concentración de azúcares), así como una tendencia a aumentar la leche corregida por grasa. Sin embargo, otro estudio realizado por Nombekela y Murphy, 1995, concluye que sustituir almidones de la dieta (1.5% de la materia seca de la dieta) por sacarosa, disminuye la concentración de proteína de la leche de 3,51% a 3,28%, manteniendo los niveles de grasa, En el presente estudio, la sustitución de azúcares por almidones tampoco tuvo influencia sobre la concentración de proteína o grasa en la leche y por lo tanto la producción de leche corregida por grasa fue similar entre estos dos tratamientos. Se ha sugerido que la concentración de proteína en la leche y su producción está asociada mayoritariamente a factores no nutricionales (Ramos *et al*, 1998) y dentro de los factores nutricionales es el consumo de energía, el elemento más importante para modificarla positivamente (Carulla y Pabón, 2006). En el experimento, el consumo de energía digestible fue similar entre los tratamientos.

La concentración de grasa si puede estar influenciada por el tipo de carbohidratos, se ha encontrado que hay un descenso en la concentración de grasa en la leche en la medida que aumenta la proporción de almidones en la dieta (Gómez *et al*, 2016; Bougouin *et al*, 2018; Ramos *et al*, 1998), lo cual no ocurre con los azúcares (Ramos *et al*, 1998). Sin embargo, estos cambios no fueron evidentes en este estudio como si han sido reportados por otros (Hall, 2005; Oba, 2011; Penner y Oba, 2008; Firkins, 2011).

#### **4.4.2 Inclusión de grasas saturadas en un suplemento rico en almidones**

La inclusión de grasas saturadas en un suplemento rico en almidones (tratamiento 2 vs 3) no se reflejó en una mayor producción de leche por las vacas recibiendo este suplemento. Sin embargo, éste aumentó la concentración de grasa en la leche y por tanto se logró una mayor producción de leche corregida por grasa.

Parales *et al* 2016, sugiere que la suplementación de vacas en pastoreo con grasa aumenta la producción de leche y Schroeder *et al*, 2004 sugieren que dependiendo del tipo de grasa (saturada o no) la concentración de esta en la leche puede aumentar o disminuir. Varios autores han demostrado que la suplementación de vacas lecheras con grasas saturadas, no solo aumentan la producción de leche, sino la concentración de grasa en la leche y pueden disminuir la proteína (Mathews *et al*, 2016; Piantoni *et al*, 2013; Lock *et al*, 2013; Chamberlain y DePeters, 2016). En el presente estudio, el suplemento con aceite de palma sólo aumentó 1% la concentración de grasa en su composición (8,1%) comparativamente con el suplemento rico en almidones (7,1%) pero duplicó la concentración de ácido palmítico (13,7% vs 29,2%). Por lo tanto, se podría argumentar que los principales cambios observados en este estudio se explicarían por modificaciones en la composición de ácidos grasos y no por la concentración de grasa en el suplemento.

El aceite de palma es rico en ácido palmítico (Mancini *et al*, 2015) y se ha demostrado que la suplementación con este ácido graso aumenta las concentraciones de grasa en la leche cuando es suplementado a vacas lecheras (Rico *et al*, 2014). Los resultados de este estudio confirmarían lo observado por otros autores que sugieren que suplementar fuentes ricas en ácido palmítico aumenta la concentración en la grasa láctea (Piantoni *et al*, 2013; Lock *et al*, 2013; Mathews *et al*, 2016; Chamberlain y Depeters, 2016; Loften *et al*, 2017).

La proteína en la leche no se modificó al cambiar el perfil de la grasa en los suplementos. Algunos autores sugieren que la suplementación de grasa puede reducir la concentración de proteína en la leche debido principalmente a un efecto de dilución por un mayor aumento en la producción de leche (Wu, 1993; Martínez *et al*, 2012) que no se presentó en este estudio y no existen evidencias que el tipo de grasa pueda tener influencia sobre la síntesis proteica por la glándula mamaria, como si las hay con ciertos ácidos grasos,

como el isómero *cis* 10 *trans* 12 del ácido linoleico, sobre la supresión de la síntesis de grasa (Granados y Hernández, 2018).

Otros aspectos que menciona la literatura sobre el uso de grasas en la suplementación de vacas lecheras es una reducción en la digestibilidad de la dieta y el consumo voluntario (Martínez *et al*, 2012; Doreau *et al*, 1991) aunque estos efectos dependerán del tipo de grasa y la cantidad suplementada (Schroeder *et al*, 2004). En este estudio, el aumento en 1% en la concentración de grasa y modificar su perfil a partir de aceite de palma, no tuvo efectos sobre la digestibilidad *in vitro* del suplemento (Tabla 4.7) ni sobre el consumo de materia seca. En este estudio, el consumo de grasa suplementaria no sobrepasó los 500g/vaca/d que sugiere Schroeder *et al*, 2004, como límite superior antes de que empiecen a presentarse las disminuciones en estos parámetros.

#### **4.4.3 Balance económico de los suplementos**

La eficiencia económica de la suplementación de vacas lecheras en pastoreo depende del costo del suplemento, de la eficiencia con que la vaca usa el suplemento para transformarlo en leche y del precio de la leche (Soares de Lima *et al*, 2014).

En el presente estudio, el costo del suplemento aumentó al incrementar la concentración de almidones y/o aceite de palma en la ración (\$981, \$1.069 y \$1.208, para los suplementos 1, 2 y 3 respectivamente). Considerando en Colombia se paga la leche de acuerdo a la calidad (Resolución 000017 de 2012, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural), fue simulado un esquema de pago por calidad basados en los análisis composicionales de la leche de las vacas experimentales y se tuvieron en cuenta los consumos reales de cada tratamiento (recordando que el suplemento 1 tuvo un menor consumo respecto a los suplementos 2 y 3)

Bajo este escenario, los suplementos 1 y 2 dejan igual cantidad de litros libres estadísticamente hablando mientras que el suplemento 3 se comporta diferente al suplemento 1 pero igual al 2 (Tabla 4.9). Estos resultados indicarían que la suplementación con grasas saturadas, si bien tiene un efecto sobre la concentración de la grasa láctea, tiene una restricción por el costo de adquisición.

**Tabla 4.9** Balance económico de los suplementos experimentales

Suplemento	Litros libres
Rico en azúcares	13,66 <sup>a</sup>
Rico en almidones	12,67 <sup>ab</sup>
Rico en almidones y grasas saturadas	12,17 <sup>b</sup>

El uso de aceites ricos en ácido palmítico sería una opción viable si y solo sí el costo de la materia prima se reduce comparativamente, logrando menores costos de suplementación y mayores ingresos por la calidad de leche obtenida.

## 4.5 Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que, bajo condiciones de restricción forrajera (consumo inferior a 15 kg de materia seca), la producción de leche (litros/vaca/d) se encuentra condicionada al consumo total de materia seca (y nutrientes digestibles).

La respuesta en leche por cada kilogramo de materia seca consumido fue de 1,29+/-0,3 litros de leche, pero la producción no se vio influenciada por la concentración de azúcares, almidones y la adición de grasa (aceite de palma) en los suplementos experimentales.

Utilizar una mezcla de materias primas de bajo costo como la melaza, el salvado de maíz, el salvado de arroz, el germen de malta son una estrategia de bajo costo que pueden ayudar a incrementar la producción de leche debido a un mayor consumo de materia seca total.

El uso de suplementos vegetales ricos en ácido palmítico, como el aceite de palma, podrían ser útiles con los esquemas de pago por calidad de leche, ya que incrementan la concentración de grasa láctea. Sin embargo, bajo un esquema de pago por volumen la suplementación con grasas vegetales no sería una buena opción debido a que en el presente estudio no se incrementó el volumen de leche.

En cualquier caso, la suplementación debe tener en cuenta el costo final del suplemento y el ingreso por litro de leche. Evaluar la respuesta en leche de cada uno de los suplementos de la finca será una herramienta para evaluar el beneficio económico obtenido por cada kilogramo de materia seca ofrecido al animal.

## 4.6 Referencias bibliográficas

- Aguilar, R, O. X.; Moreno, B. M.; Pabón N, M. L. y Carulla, J. E. 2009. Efecto del consumo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) o raigrás (*Lolium hybridum*) sobre la concentración de ácido linoléico conjugado y el perfil de ácidos grasos de la grasa láctea. *Livest Res Rural Dev.* 21(49).
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 2006b. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18 ed. Chapter 4: Animal Feed. USA:WENDT THIEX NJ.
- Arriaga, C. Espinoza, A. Albarrán, B. y Castellán, O. 1999. Producción de leche en pastoreo de praderas cultivadas : Una alternativa para el altiplano central. *Ciencias naturales y agropecuarias.* Vol 6: 290 - 300. ISSN: 1405-0269
- Bargo F. Muller, L. Delahoy, J and Cassidy, T. 2002. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowance. *J. Dairy Sci* 85.1777-1792. doi 10.3168/jds.S0022-0302(02)74252-5
- Bargo, F., L.D. Muller, E.S. Kolver, and J.E. Delahoy. 2003. Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.* 86:1–42. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73581-4.
- Bargo, F. 2012. Suplementación en pastoreo: conclusiones sobre las últimas experiencias en el mundo. *Saudi Med J.* 33:3–8. doi:10.1073/pnas.0703993104.
- Bogotá, Cámara de Comercio; Gobernación de Cundinamarca 2013. Plan de competitividad para la Provincia de Ubaté.
- Bougouin, A. Martin, C. Doreau, M and Ferlay, A. 2018. Effects of starch-rich or lipid-supplemented diets that induce milk fat depression on rumen biohydrogenation of fatty acids and methanogenesis in lactating dairy cows. *Animal*, 1 – 11. doi: 10.1017/S1751731118003154
- Broderick, G. Luchini, N. Reynal, S. Varga, G and Ishler, V. 2008. Effect on production of replacing dietary starch with sucrose in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci* 91: 4801 – 4810. doi: 10.3168/jds.2008-1480.
- Butler, S., Stakelum, G., Murphy, J., Delaby, L., Rath, M y Mara, O. 2003. The relationship between milk production potential and herbage intake of grazing dairy cows. *USA. Animal Science* 77: p343-354. doi: <https://doi.org/10.1017/S1357729800059087>
- Carulla, J y Orteja, E. 2016. Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, Vol 24 (2) p 83 – 87.

- Carulla, J. y Pabón, M. 2006. Cómo aumentar la proteína y la grasa áctea desde las fincas. Estrategias de manejo del pastoreo y de la suplementación para mejorar la calidad composicional de la leche. V Seminario internacional, competitividad en carne y leche.
- Chamberlain, D. Robertson, S and Choung, J. 1993. Sugars versus starch as supplements to grass silage: effects on ruminal fermentation and the supply of microbial protein to the small intestine, estimated from urinary excretion of purine derivatives, in sheep. *J Sci Food Agric* 63: 189-194 <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740630204>
- Chamberlain, M and DePeters, E. 2016. Impacts of feeding lipid supplements high in palmitic acid or stearic acid o performance of lactating dairy cows. *Journal of applied animal research* DOI: 10.1080/09712119.2015.1124327
- Correa, H. 2011. Efecto del manejo del pastoreo y la suplementación alimenticia en vacas lactantes de sistemas especializados sobre su metabolismo energético y proteico y e contenido de proteína de la leche. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia.
- Delaby, L. Peyraud, J. Foucher, N. and Michel, G. 2003. The effect of two contrasting grazing managements and level of concentrate supplementation on the performance of grazing dairy cows. *Animal Research, EDP Sciences*, 52 (5): 437-460. doi: 10.1051/animres:2003030
- Donker, J., Marx, G. y Young, C. (1983). Feed intake and milk production from three rates of concentrate for cows bred to differ in size. USA. *Journal of dairy sciences* 66: p1337-1348. doi:10.3168/jds.S0022-0302(83)81943-2
- Doreau, M. Chilliard, Y. Bauhart, D. Michalet-Doreau, B, Flechet, J. Lefaiivre, R. Legay, C. Meyer, M and Ollier, A. 1991. Influence of different fat supplements on digestibility and ruminal digestion in cows. *Ann Zootech* (1991) 40, 19 – 30. doi:10.1051/animres:19910103
- Firkins, J. 2011. Liquid feeds and sugars in diets for dairy cattle. Department of animal sciences, The Ohio State University.
- Gagliostro, G. y Schroeder, G. 2007. Efectos de la suplementación con sales cálcicas de ácidos grasos insaturados sobre la digestión ruminal en vacas lecheras en pastoreo. Argentina. *Asociación Latinoamericana de producción animal* Vol 15 (3): 85 – 97. ISSN 1022-1301
- Garzón, L. 2018. Caracterización y tipificación de los sistemas de producción de leche de pequeños y medianos productores de la provincia de Ubaté, Cundinamarca. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Gobernación de Cundinamarca, 2017. Evaluaciones agropecuarias EVAS 2016 - Cundinamarca.

- Gómez, L. Posada, S. y Olivera, M. 2016. Starch in ruminant diets: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 29: 77-90. <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rccp.v29n2a01>
- Gómez, U. Correa, G y Barahona, R. 2013. Evaluación del residuo del cultivo *Agaricus bisporus* como alimento de vacas lecheras en lactancia media. Colombia. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín* 67 (2): 7321 – 7333. ISSN 0304-2847
- Granados, L. y Hernández, O. 2018. Síndrome de depresión de grasa láctea provocado por el isómero *trans* 10, *cis* 12 del ácido linoleico conjugado en vacas lactantes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* Vol 9(3): 536 – 554. doi:10.22319/rmcp.v9i3.4337
- Hall, M. 2002. Working with sugars (and molasses) 13<sup>th</sup> Annual Florida ruminant nutrition symposium.
- Hall, M. 2005. Sugars in dairy cattle: Sweetening the pot or not?. USDA, ARS. US. Dairy forage research center.
- Holden, L. A.; Müller, L. D. y Fales, S. L. 1994. Estimation of intake in high producing Holstein cows grazing grass pasture. *J Dairy Sci.* 77(8):2332-2340. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77176-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77176-9)
- Huhtanen, P. Blauwiel, R and Saastamoinen, I. 1998. Effects of intraruminal infusions of propionate and butyrate with two different protein supplements on milk production and blood metabolites in dairy cows receiving grass silage diet. *J Sci Food agric*, 77: 213-222. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199806\)77:2<213::AID-JSFA28<3.0.CO](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199806)77:2<213::AID-JSFA28<3.0.CO)
- Hutjens, M. 2010. Benchmarking your feed efficiency, feed cost, and income over feed cost. *WCDS Advances in dairy technology* V22: 3-10. Illinois, USA.
- INTA, equipo técnico del INTA Rafaela. 2015. Bajar costor, mantener la producción, litros libres: un indicador para prestarle atención. Hoja informativa para productores. Rafaela, Argentina. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_hoja\\_informativa\\_2\\_litros\\_libres\\_3-11-2015.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_hoja_informativa_2_litros_libres_3-11-2015.pdf)
- Kuehl, R. 2001. *Diseño de experimentos: principios estadísticos de diseño y análisis de investigación* Ediciones Parainfo ISBN 9706860487, 9789706860484.
- Leiva, E. Hall, M. and Van Horn, H. 2000. Performance of dairy cattle fed citrus pulp or corn products as sources of neutral detergent soluble carbohydrates. *J. Dairy Sci.* 83 (12): 2866 – 2875. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75187-3
- Lock, A. Preseault, C. Rico, J. DeLand, K. and Allen, M. 2013. Feeding a C16:0-enriched fat supplement increased the yield of milk fat and improved conversion of feed to milk. *J. Dairy Sci.* 96: 6650 – 6659. doi: 10.3168/jds.2013-6892

- Loften, J. Sellers, M. Linn, J. 2017. Cows need both C16 and C18 fatty acids. Milk specialities global. Disponible en <http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/2017/Loften.pdf>
- Lucy, M., Staples, C., Thatcher, W., Erickson, P., Cleale, R., Firkins, J., Clark, J., Murphy, M. y Brodie, B. 1992. Influence of diet composition, dry-matter intake, milk production and energy balance on time of postpartum ovulation and fertility in dairy cows. USA. *Animal production* 54: p323-331. 10.1017/S0003356100020778
- Mancini, A. Imperlini, E. Nigro, E. Montagnese, C. Daniele, A. Orru, S. and Buono, P. 2015. Biological and nutritional properties of palm oil and palmitic acid: effect on health. *Molecules*, 20: 17339 – 17361. Doi: 10.3390/molecules200917339.
- Martel, C Titgemeyer, E. Kamedova, L. and Bradford, B. 2011. Dietary molasses increases ruminal pH enhances ruminal biodegradation during milk fat depression. *J Dairy Sci.* 94(8): 3995- 4004. doi: 10.3168/jds.2011-4178.
- Martínez, A. Pérez, M. Pérez, L. Carrión, D. Garzón, A. Gómez y G. 2012. Fat Addition in the diet of ruminants and its effects on productive parameters. Colombia. *Revista colombiana de ciencias pecuarias.* 26:69-78. ISSN 0120-0690
- Mathews, A. Rico, J. Sprenkle, N. Lock, A. and McFadden, J. 2016. Increasing palmitic acid intake enhances milk production and prevents glucose-stimulated fatty acid disappearance without modifying systemic glucose tolerance in mid-lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 99: 1 – 15. doi: 10.3168/jds.2016-11295
- Moloney, A. Almiladi, A. Drennan, M. and Caffrey, P. 1994. Rumen and blood variables in steers fed grass silage and rolled barley or sugar cane molasses-based supplements. *Animal Feed Science and technology* V° 50 37 -54. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90008-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90008-6)
- Nombekela , S and Murphy, M. 1995. Sucrose supplementation and feed intake of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 78: 880 – 885. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76701-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76701-7)
- Oba, M. 2011. Review: Effects of feeding sugars on productivity of lactating dairy cows. *Can J. Anim. Sci.* 91: 37 – 46. <https://doi.org/10.4141/CJAS10069>
- Orskov, E. 1986. Starch digestion and utilization in ruminants. *J. Anim. Sci* 63:1624-1633. doi 10.2527/jas1986.6351624x
- Pabón, ML. 2004. *Bioquímica ruminal.* Unibiblios. Bogotá, Colombia.
- Parales J Pabón, M. Carulla, J. 2016. Supplementation with corn oil and palm kernel oil to grazing cows: ruminal fermentation, milk yield, and fatty acid profile. *R. Bras. Zootec.*45(11):693-703. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902016001100008>

- Penner, G and Oba, M. 2008. Increasing dietary sugar concentration may improve dry matter intake, ruminal fermentation, and productivity of dairy cows in the postpartum phase of transition period. *J. Dairy Sci* 91: 3341 - 3353. doi: 10.3168/jds.2008-1977
- Peyraud, J. Comeron, E. Wade, M. Lemaire, G. 1996. The effect of dairy herbage allowance, herbage mass and animal factors upon herbage intake by grazing dairy cows. *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences* 45: 201 -217.
- Piantoni, P. Lock, L. and Allen, M. 2013. Palmitic acid increased yields of milk and milk fat and nutrient digestibility across production level of lactating cows. *J Dairy ySci.* 96: 1 -12 doi: 10.3168/jds.2013-6680
- Priev, A. y Barenholz Y. 2010. Ultrasonic food quality analyzer based on cylindrical standing waves. En: *Proceedings of 20th International Congress on Acoustics.* Sydney, Australia, Págs 173-176
- Ramos, R. Pabón, M. y Carulla, J. 1998. Factores nutricionales y no nutricionales que determina la composición de la leche. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia.*
- Rico, D. Ying, Y. Harvatine, K. 2014. Effect of a high-palmitic acid fat supplement on milk production apparent total tract digestibility in high – and low – milk yield dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97: 3739 - 3751. doi: 10.3168/jds.2013-7341.
- SAS, 1998. *SAS user's guide: Statistics (version());* Cary NC; The Institute.
- Schroeder, G. Gagliostro, G. Bargo, F. Delahoy, J.Muller, L. 2004. Effects of fat supplementation on milk production and composition by dairy cows on pasture: a review. *Livestock Production Science* 86 1- 18. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00118-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00118-0)
- Soares de Lima, J. Rovina, P. Lagomarsino, X. Montossi, F y Luzardo, S. 2014. Evaluación económica de estrategias de suplementación invernal en vacunos. Seminario de Actualización técnica: Estrategia de intensificación ganadera.
- Stockdale, C. Currie, R and Trigg, T. 1990. Effects of pasture and supplement quality on the responses of lactating dairy cows to high energy supplements. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 30(1) pg 43 -50.<https://doi.org/10.1071/EA9900043>
- Sunvold, G. D. y Cochran, R. C. 1991. Technical note: evaluation of acid detergent lignin, alkaline peroxide lignin, acid insoluble ash, and indigestible acid detergent fiber as internal markers for prediction of alfalfa, bromegrass, and prairie hay digestibility by beef steers. *J Anim Sci.* 69(12):4951-4955. doi: 10.2527/1991.69124951x
- Vazquez, O. and Smith T. 2000. Factors affecting pasture intake and total dry matter intake in grazing dairy cows. *J. dairy Sci*83: 2301-2309.doi:10.3168/jds.S0022-0302(00)75117-4

Van Soest, P. Robertson, J. y Lewis, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral fiber and no starch polysaccharides in relation to nutrition. *J Dairy Sci.* 74(10): 3583-3597. Doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

Wales, W. Doyle, P. Stockdale, C and Dellow, D. 1999. Effects of variations in herbage mass, allowance, and level of supplement on nutrient intake and milk production of dairy cows in spring and summer. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 39: 119 -130. doi: 10.1071/EA98151

Wu, Z. 1993 Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows: A review. USA. *Livestock Production Science* 39 141-155. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(94\)90180-5](https://doi.org/10.1016/0301-6226(94)90180-5)

Zoilo, P. 2014. Caracterización integral de la cadena de valor del sector lácteo en el Valle de Ubaté y Chiquinquirá y departamento del Caquetá.



## **5. Discusión general conclusiones y recomendaciones**

### **5.1 Discusión general**

Los resultados de la caracterización, categorización, balance nutricional y el experimento realizado en predios de pequeños productores de leche de la provincia de Ubaté, permiten apreciar que en éstos existe un déficit nutricional, debido a una oferta nutricional restringida, específicamente por la oferta forrajera.

La oferta ambiental (precipitación, temperatura, evaporación) no es constante, lo que genera periodos de estacionalidad. Dicha estacionalidad no permite que a lo largo del año la oferta de forraje y de alimento a los animales sea constante. Esto, sumado al manejo de la cuerda eléctrica, genera restricción alimenticia en los animales.

Tanto en las 40 fincas intervenidas, como en las 6 fincas experimentales el consumo de forraje se encuentra en valores inferiores a 15 kg de materia seca por vaca al día. Esta ingesta de alimento es insuficiente para suplir los requerimientos de energía del animal (y en algunos casos específicos los de proteína), por lo que en la mayoría de los casos la producción de leche y/o la condición corporal y/o los parámetros reproductivos se empiezan a ver comprometidos.

Los resultados de los análisis de forrajes y suplementos de la provincia, en general, muestran que las concentraciones de proteína cruda, fibras (FDN y FDA) y lignina (y por tanto la de energía) de la mayor parte de los forrajes y de suplementos es adecuada y que el problema de las deficiencias se expresa por un problema de cantidad, pero no de calidad.

El concepto de suplementación estratégica (brindar los nutrientes que la dieta no ofrece al animal en su totalidad por medio de la suplementación) para este caso específico, debe basarse en lograr una mayor cantidad de materia seca al animal y no brindar un suplemento con una calidad nutricional específica.

El experimento realizado demuestra que, bajo la restricción de consumo a la que se ven sometidos los animales de los pequeños productores de la provincia de Ubaté, suplementos con diferente calidad (diferente tipo de azúcar y concentración de grasa), tienen igual respuesta en producción de leche (litros/vaca/día), condición corporal y concentración de proteína de la leche no cambian.

Bajo estas condiciones un suplemento que sea más económico tendrá un mayor retorno de la inversión que uno más costoso. Este concepto adquiere importancia, porque en la actualidad los ganaderos de la provincia compran sus suplementos teniendo en cuenta la concentración proteica del alimento. Este nutriente (la proteína) es muy costoso, por lo que el uso de suplementos con mayor concentración de ésta, resultaran en una dieta más costosa y un menor retorno a la inversión.

Los resultados también muestran que ciertos ingredientes específicos de la dieta pueden modificar los parámetros de la calidad de la leche. En este caso, la inclusión de aceite vegetal (aceite de palma) en el suplemento 3, logró incrementar la concentración de grasa, la producción de grasa diaria y la producción de leche corregida por energía.

En este caso, el análisis económico se debe realizar con cuidado, ya que con un esquema de pago por volumen de leche no se compensa la inversión realizada en el suplemento (el aceite es una materia prima de alto costo); sin embargo, bajo un esquema de pago por litro de leche por calidad composicional, permite que la suplementación con aceite, logre mayores ingresos y un mayor poder de negociación con la industria (pues la leche con mayor cantidad de sólidos totales permite mayores rendimientos en la transformación a cualquier derivado lácteo).

## 5.2 Conclusiones

Los sistemas de alimentación de pequeños productores de la provincia de Ubaté, son sistemas que no ofrecen la cantidad de nutrientes (especialmente energía) suficiente para que los animales expresen su potencial genético de producción.

Se pueden tipificar tres tipos de pequeños productores en la provincia de Ubaté, un grupo que no recurre a recursos diferentes al forraje para alimentación de sus animales y dos grupos adicionales que utilizan suplementos, uno que los usa de manera indiscriminada y otro que los usa teniendo en cuenta la producción de leche del animal o la temporada del año (periodos de escasez forrajera). Sin embargo, el sistema de alimentación per sé, no condicionó la productividad de la finca en el momento en que fueron tomados los datos en la provincia.

El grupo más eficiente, aparentemente es el grupo que no recurre a la suplementación (y seguramente es un grupo de productores que se encuentran en zonas de mayor productividad e las pasturas y con un microclima más benévolo), ya que producen mayor cantidad de leche sin tener que comprar alimentos de mayor costo (la pastura es el alimento más económico); seguido del grupo que utiliza los suplementos de manera estratégica que logran una producción de leche similar, pero recurriendo a la compra de otro tipo de alimentos. Por último, el grupo menos eficiente sería aquel que utiliza los suplementos de manera indiscriminada, ya que su producción es inferior aun recurriendo a suplementos dentro de la dieta de los animales. Sin embargo, sin tener las cantidades de suplementos utilizados esto es una simple asunción.

El reconocimiento de las 40 fincas de pequeños productores, permitió conocer el balance de nutrientes. En general, para los niveles de producción de la zona, la oferta de nutrientes fue suficiente para los animales, sin embargo, en algunos predios se identificaron dos problemas: un insuficiente consumo de materia seca y un insuficiente consumo de energía por parte del animal (lo cual, en la mayor parte de los casos, es consecuencia de lo primero).

La proteína metabolizable en la mayor parte de las fincas evaluadas fue excedentaria, lo que incrementaría el desbalance energético, pues la eliminación del exceso de proteína

conlleva a un desgaste energético adicional. En muy pocas dietas la proteína fue deficitaria, y en donde ocurrió esta eventualidad, la causa fue el pastoreo de especies como la avena forrajera, especies vegetales con muy bajas concentraciones de proteína cruda.

Basados en los balances de nutrientes obtenidos, la suplementación en estos sistemas de pequeños productores de leche debe ser una suplementación energética con sales mineralizadas cálcicas. Actualmente en la provincia, se privilegian los suplementos balanceados según su concentración de proteína cruda y las sales mineralizadas por su concentración de fósforo. Los resultados del presente estudio mostrarían que los suplementos deben tener baja concentración de ambos nutrientes, mejorando la rentabilidad de los productores que los utilizan, ya que tanto la proteína como el fósforo son los nutrientes más costosos en la formulación de alimentos balanceados y sales mineralizadas, respectivamente.

Bajo estas condiciones de restricción de consumo, aumentar el consumo de materia seca total se convierte en una prioridad para aumentar la productividad. Aumentar el costo del suplemento, y por tanto la calidad nutricional del mismo, no tendrá beneficios económicos de retorno al productor, por lo que escoger un suplemento de bajo costo que sea palatable puede ser la mejor opción.

### **5.3 Recomendaciones**

Una futura caracterización de sistemas de alimentación de productores de leche, debe incluir en sus preguntas la cantidad de suplementación utilizada en sus animales, para de esta manera dar conclusiones con la producción y el consumo de suplementos, pues en el presente estudio dados los resultados, se pueden asumir, pero no aseverar, algunas de las conclusiones respecto al análisis de conglomerados

Para un futuro experimento que busque objetivos similares a los del presente estudio, se recomienda realizar un aforo de praderas con cuadros de un área no menor de 0.25 metros cuadrados, ya que cuadros de menor tamaño (como el utilizado en el estudio) tienden a sobre estimar la producción de forraje y por tanto el consumo de materia seca proveniente de la pastura.

En este aspecto, podría pensarse en la calibración de metodologías de estimación de biomasa forrajera con mayor fiabilidad, como los pasturómetros e incluso la tecnología infrarroja. Su uso debe ser cuidadoso, y realizar una buena calibración del instrumento y la metodología de medición antes de su aplicación.

En este estudio, habría sido de gran utilidad tener dos tratamientos adicionales que, debido al tamaño de los hatos, productividad del ganadero y a los tiempos establecidos, no fueron posibles de evaluar. El primero sería un control absoluto, un tratamiento en el que los animales consuman únicamente la pastura, esto con el fin de evaluar la base forrajera en este tipo de sistemas y estimar la tasa de sustitución de la suplementación, en el caso en el que la suplementación no tenga un efecto aditivo. Un segundo tratamiento no evaluado, sería un control relativo, en donde los animales serían suplementados no con alimentos concentrados sino con forrajes (ensilajes, heno, henolajes) esto con el fin de evaluar la productividad de los animales cuando éstos consumen 100% forrajes en la dieta.

En el estudio fue necesario recurrir a animales que se encontraban en 6 fincas diferentes. Aunque los resultados no fueron afectados ya que se tuvo en cuenta este factor dentro del diseño experimental (debido a que en cada una de las fincas se probaba una secuencia de tratamientos diferentes, actuando como factor de bloqueo) podría haber causado problemas experimentales debido a que cada finca tiene sistemas de manejo diferentes (aun siendo similares entre sí). Se demostró que es posible realizar experimentos en condiciones reales de campo obteniendo parámetros estadísticos aceptables dentro del modelo (coeficiente de determinación, coeficiente de variación, cuadrados medios del error pequeños), lo cual se convierte en una herramienta valiosa para probar nuevos desarrollos científicos en el ámbito real.

Si se quiere replicar el experimento bajo condiciones de mayor control, se recomienda utilizar un grupo de animales homogéneo que se encuentren ubicados espacialmente en el mismo sitio. Esto además facilitaría las labores logísticas de toma de muestras garantizaría que los animales consumieran un mismo forraje con una misma calidad y permitiría realizar muestreos de heces am y pm, pues como se ha demostrado la excreción de cromo puede cambiar a lo largo del día. En el presente estudio el muestreo sólo pudo ser realizado durante una de las jornadas (am o pm) dependiendo de la finca, pues espacialmente se encontraban distanciadas entre sí.



## A. Anexo: Preguntas de caracterización de los sistemas de alimentación de pequeños productores de la provincia de Ubaté

1. ¿Usa forrajes conservados en su finca? No \_\_\_\_ Sí \_\_\_\_  
 Comprado \_\_\_\_ Producido \_\_\_\_  
 Ensilaje\_\_ Henolaje\_\_ Heno\_\_\_\_
2. ¿Con que frecuencia usa forrajes conservados? Siempre \_\_\_\_ En época de escasez \_\_\_\_
3. ¿Compra pastadas adicionales? Nunca \_\_\_\_ Ocasionalmente \_\_\_\_ Siempre \_\_\_\_
4. ¿Usa especies forrajeras arbustivas o arbóreo?: Sauco\_\_\_\_, Acacia\_\_\_\_, Aliso\_\_\_\_, Tilo\_\_\_\_
5. ¿En su finca se utilizan algunos de los siguientes tipos de suplementación?

Tipo de suplemento	Si	No
Sal común		
Sal mineralizada		
Balanceado (concentrado)		
Melaza		
Glicerol		
Papa		
Otro subproducto agrícola o industrial		
Bloques Multinutricionales		
Residuos de cosecha:		
Otros		

6. ¿Qué tipo de suplementación suministrada a los terneros?  
 Leche \_\_\_\_ Concentrado\_\_\_\_ Pasto/heno\_\_ Lacto - reemplazador \_\_\_\_ otro\_\_\_\_
7. ¿Suplementa a las vacas lactantes?: Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
8. La cantidad de suplemento a las vacas lactantes se hace:
  - a) Siempre y de acuerdo al nivel de producción de leche \_\_\_\_
  - b) Siempre y a todas por igual \_\_\_\_
  - c) Solamente cuando no hay suficiente pastura \_\_\_\_
9. ¿Suplementa las vacas secas? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_

## B. Orden de las fincas para análisis de conglomerados en R Studio

Finca	Nombre_Provincia	Nombre_Municipio	Nombre_Vereda	Nombre_Finca
1	Ubaté	Carmen de Carupa	Apartadero	San Francisco
2	Ubaté	Carmen de Carupa	Apartadero	El Eucalipto
3	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	La Isla
4	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	Las Manitas
5	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	Primavera 2
6	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	El Porvenir
7	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	El Regalo
8	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	El Rincon
9	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	Pantanitos
10	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	El triunfo 1
11	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	El Triunfo
12	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	El Porvenir
13	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	La Esperanza
14	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	Vista Hermosa
15	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	Cristales
16	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	Monserrate
17	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	Manito
18	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	Mexico 2
19	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	La Esmeralda
20	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	Los Pinos
21	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	El Triunfo
22	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	Pozo Hondo
23	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	Honduras
24	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	La Primavera
25	Ubaté	Carmen de Carupa	Charquirá	La Pradera
26	Ubaté	Carmen de Carupa	Corralejas	La Reforma

---

27	Ubaté	Carmen de Carupa	Corralejas	Las Casas
28	Ubaté	Carmen de Carupa	Corralejas	San Carlos
29	Ubaté	Carmen de Carupa	Corralejas	San Antonio
30	Ubaté	Carmen de Carupa	Corralejas	San Isidro
31	Ubaté	Carmen de Carupa	Corralejas	Santa Rosa
32	Ubaté	Carmen de Carupa	El Hato	La Cabrera
33	Ubaté	Carmen de Carupa	El Hato	Santa Teresa
34	Ubaté	Carmen de Carupa	El Hato	La Capilla
35	Ubaté	Carmen de Carupa	El Hato	Ojo de Agua
36	Ubaté	Carmen de Carupa	Hatico y Eneas	Santa Rosa
37	Ubaté	Carmen de Carupa	Hatico y Eneas	La Vega
38	Ubaté	Carmen de Carupa	Hatico y Eneas	La Esperanza
39	Ubaté	Carmen de Carupa	Hatico y Eneas	El Triunfo
40	Ubaté	Carmen de Carupa	Hatico y Eneas	El Relajito
41	Ubaté	Carmen de Carupa	Hatico y Eneas	El Progreso
42	Ubaté	Carmen de Carupa	Hatico y Eneas	Villa Flor
43	Ubaté	Carmen de Carupa	Hatico y Eneas	Recuerdo
44	Ubaté	Carmen de Carupa	Hatico y Eneas	La Primavera
45	Ubaté	Carmen de Carupa	Hatico y Eneas	El Carrizo
46	Ubaté	Carmen de Carupa	Hatico y Eneas	Guzman 1
47	Ubaté	Carmen de Carupa	El Salitre	San Antonio
48	Ubaté	Carmen de Carupa	El Salitre	El Recuerdo
49	Ubaté	Carmen de Carupa	El Salitre	San Antonio El Delirio
50	Ubaté	Carmen de Carupa	El Salitre	El Delirio
51	Ubaté	Carmen de Carupa	Nazaret	La Meseta
52	Ubaté	Carmen de Carupa	Santa Dora	Buenos Aires
53	Ubaté	Carmen de Carupa	Santa Dora	La Cantera
54	Ubaté	Carmen de Carupa	Santa Dora	El Caracol
55	Ubaté	Carmen de Carupa	Santa Dora	El Regalo
56	Ubaté	Carmen de Carupa	El Santuario	Monte Azul
57	Ubaté	Cucunubá	Atraviesas	El Tejar
58	Ubaté	Cucunubá	Atraviesas	Casa de Teja
59	Ubaté	Cucunubá	Atraviesas	La Casita
60	Ubaté	Cucunubá	Buita	La Esperanza
61	Ubaté	Cucunubá	Buita	La Loma de la Cruz
62	Ubaté	Cucunubá	Buita	El Descanso
63	Ubaté	Cucunubá	Buita	Las Carabelas
64	Ubaté	Cucunubá	Buita	San Jose
65	Ubaté	Cucunubá	Buita	La Puntica
66	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	San Isidro
67	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	El Cascajal

---

68	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	La Susana
69	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	El Cerro
70	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	El Diamante
71	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	El Clavel
72	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	Boca de Monte
73	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	Guepy
74	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	El Cerro
75	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	El Cerrito
76	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	El Triangulo
77	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	La Isla Puente
78	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	El llano- El Pino
79	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	La Balsa
80	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	Sin Nombre
81	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	La Quinta
82	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	Las Tunas
83	Ubaté	Cucunubá	Carrizal	Buena Vista
84	Ubaté	Cucunubá	Chapala	Villa Maria
85	Ubaté	Cucunubá	Chapala	San Jose
86	Ubaté	Cucunubá	Chapala	La Puntica
87	Ubaté	Cucunubá	El Tablón	El Cedro
88	Ubaté	Cucunubá	Jaitoque	Casa Vieja
89	Ubaté	Cucunubá	Jaitoque	Peña Grande
90	Ubaté	Cucunubá	La Florida	El Arenal
91	Ubaté	Cucunubá	La Florida	La Laguneta
92	Ubaté	Cucunubá	La Florida	El remanso
93	Ubaté	Cucunubá	La Florida	La Vega
94	Ubaté	Cucunubá	La Florida	San Alfonso
95	Ubaté	Cucunubá	La Florida	Maria Luisa
96	Ubaté	Cucunubá	La Florida	La Garantia
97	Ubaté	Cucunubá	La Toma	El Bosque
98	Ubaté	Cucunubá	La Toma	Esperanza
99	Ubaté	Cucunubá	La Toma	El Triunfo
100	Ubaté	Cucunubá	La Toma	Sibita

Finca	Nombre_Provincia	Nombre_Municipio	Nombre_Vereda	Nombre_Finca
101	Ubaté	Cucunubá	Media Luna	San Antonio
102	Ubaté	Cucunubá	Peñas de Falacio	Lagunitas
103	Ubaté	Cucunubá	Peñas de Falacio	El Perico
104	Ubaté	Cucunubá	Pueblo Viejo	El Alumbre
105	Ubaté	Cucunubá	Pueblo Viejo	La Promesa
106	Ubaté	Cucunubá	Aposentos	Hacienda Monterrey
107	Ubaté	Cucunubá	Aposentos	Maracai
108	Ubaté	Fúquene	Centro	San Pedro
109	Ubaté	Fúquene	Centro	Sin Nombre
110	Ubaté	Fúquene	Centro	El Recuerdo El Rancho de Mancho
111	Ubaté	Fúquene	Centro	Mancho
112	Ubaté	Fúquene	Centro	Santa Barbara
113	Ubaté	Fúquene	Centro	Los Alisos
114	Ubaté	Fúquene	Centro	San Martin
115	Ubaté	Fúquene	Centro	Salto Largo
116	Ubaté	Fúquene	Centro	La Casita
117	Ubaté	Fúquene	Centro	San Isidro
118	Ubaté	Fúquene	Centro	Las Delicias
119	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	El Recuerdo
120	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	Las Margaritas
121	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	La Azucena
122	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	Sauce
123	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	Lote #10
124	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	Quince
125	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	Santa Isabel
126	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	Los Sauces
127	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	Las Cañadas
128	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	Lote 31
129	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	Villa Cecilia
130	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	Lote # 6
131	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	Villa Sheilla
132	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	La Esperanza
133	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	Lote # 16
134	Ubaté	Fúquene	Chinzaque	Las Delicias

---

135	Ubaté	Fúquene	Fuquene Nuevo	El Eucalipto
136	Ubaté	Fúquene	Fuquene Nuevo	Parcela # 8
137	Ubaté	Fúquene	Nemoga	Miraflores
138	Ubaté	Fúquene	Nemoga	La Pradera
139	Ubaté	Fúquene	Nemoga	La Esperanza
140	Ubaté	Fúquene	Nemoga	El Pino
141	Ubaté	Fúquene	Tarabita	Arca
142	Ubaté	Fúquene	Tarabita	Parcela Doce
143	Ubaté	Fúquene	Tarabita	Parcela # 4
144	Ubaté	Fúquene	Tarabita	Parcela Numero 5
145	Ubaté	Fúquene	Tarabita	El Recuerdo
146	Ubaté	Guachetá	La Isla	San Gregorio
147	Ubaté	Guachetá	La Puntica	San Andres
148	Ubaté	Guachetá	La Puntica	Betel- San Cristobal Chiquina-San Cristobal
149	Ubaté	Guachetá	La Puntica	Los Sauces
150	Ubaté	Guachetá	La Puntica	Ganadera Hathor
151	Ubaté	Guachetá	La Puntica	Puerto Lopez
152	Ubaté	Guachetá	La Puntica	Paraiso
153	Ubaté	Guachetá	La Puntica	Lote # 1
154	Ubaté	Guachetá	La Puntica	El Recuerdo
155	Ubaté	Guachetá	La Puntica	El Recreo
156	Ubaté	Guachetá	Punta Grande	Las Mercedes
157	Ubaté	Guachetá	Punta Grande	Las Juntas
158	Ubaté	Lenguazaque	Espinal Alisal	El Rincon
159	Ubaté	Lenguazaque	Espinal Alisal	La Libertad
160	Ubaté	Lenguazaque	Espinal Carrizal	El Mortiño
161	Ubaté	Lenguazaque	Faracia	San Luis
162	Ubaté	Lenguazaque	Pantinitos	Faracia
163	Ubaté	Lenguazaque	Pantinitos	Las Brisas
164	Ubaté	Lenguazaque	Faracia	Santa Maria
165	Ubaté	Lenguazaque	Pantinitos	La Meseta
166	Ubaté	Lenguazaque	Faracia Retamo	La Esperanza
167	Ubaté	Lenguazaque	Faracia Retamo	Javier Hurtado
168	Ubaté	Lenguazaque	Faracia Retamo	San Francisco
169	Ubaté	Lenguazaque	Resguardo	Santa Monica
170	Ubaté	Lenguazaque	Resguardo	La Portada
171	Ubaté	Lenguazaque	Resguardo	La Estancia

172	Ubaté	Lenguazaque	Chirvaneque	El Pino
173	Ubaté	Lenguazaque	Chirvaneque	Casablanca
174	Ubaté	Simijaca	Aposentos	la esperanza
175	Ubaté	Simijaca	Aposentos	El tesoro
176	Ubaté	Simijaca	Aposentos	Ruchical Varela
177	Ubaté	Simijaca	Aposentos	El Triangulo
178	Ubaté	Simijaca	Aposentos	El molino
179	Ubaté	Simijaca	Aposentos	LOTE #10
180	Ubaté	Simijaca	Aposentos	La ezperanza
181	Ubaté	Simijaca	Aposentos	La colina
182	Ubaté	Simijaca	Aposentos	sausalito
183	Ubaté	Simijaca	Aposentos	LA DESPENSA
184	Ubaté	Simijaca	Aposentos	parcela N°1 y N°2
185	Ubaté	Simijaca	Aposentos	porvenir
186	Ubaté	Simijaca	Centro	Las mercedes
187	Ubaté	Simijaca	Centro	Centauro
188	Ubaté	Simijaca	Centro	sta barbara
189	Ubaté	Simijaca	Centro	Santa Barbara
190	Ubaté	Simijaca	Don Lope	Quincharal
191	Ubaté	Simijaca	Don Lope	El vergel
192	Ubaté	Simijaca	Don Lope	Bellavista
193	Ubaté	Simijaca	Don Lope	La meseta
194	Ubaté	Simijaca	El pantano	Recuerdo
195	Ubaté	Simijaca	El pantano	Cedro 1
196	Ubaté	Simijaca	El pantano	El recuerdo
197	Ubaté	Simijaca	El pantano	Cerezo
198	Ubaté	Simijaca	El pantano	la esperanza
199	Ubaté	Simijaca	El pantano	Llano florida
200	Ubaté	Simijaca	Taquira	Panamá

Finca	Nombre_Provincia	Nombre_Municipio	Nombre_Vereda	Nombre_Finca
201	Ubaté	Simijaca	Salitre	Curubo
202	Ubaté	Simijaca	Salitre	El boqueron
203	Ubaté	Simijaca	Salitre	El Oasis
204	Ubaté	Simijaca	Salitre	La Cañada
205	Ubaté	Simijaca	Salitre	El santuario
206	Ubaté	Simijaca	Salitre	Recodo
207	Ubaté	Simijaca	Salitre	Salitrealto
208	Ubaté	Simijaca	Salitre	salitre alto
209	Ubaté	Simijaca	Salitre	Cedro Grande

---

210	Ubaté	Simijaca	Salitre	El Bosque
211	Ubaté	Simijaca	Salitre	El consuelo
212	Ubaté	Simijaca	Salitre	El cerrito
213	Ubaté	Simijaca	Salitre	San Antonio
214	Ubaté	Simijaca	Churnica	La Esperanza Tablon
215	Ubaté	Susa	Fragua	laureles
216	Ubaté	Susa	Fragua	Diamante
217	Ubaté	Susa	Fragua	Esperanza
218	Ubaté	Susa	Fragua	Villa Rica
219	Ubaté	Susa	Fragua	Cardas 12
220	Ubaté	Susa	Fragua	Corona
221	Ubaté	Susa	Fragua	Costa Rica
222	Ubaté	Susa	Fragua	san isidro
223	Ubaté	Susa	Fragua	Ciprez
224	Ubaté	Susa	Fragua	Pie de Loma
225	Ubaté	Susa	Fragua	Buenos Aires
226	Ubaté	Susa	Fragua	La tormenta
227	Ubaté	Susa	Fragua	El recuerdo Meseta
228	Ubaté	Susa	Fragua	Cucharo
229	Ubaté	Susa	Fragua	Tres Esquinas
230	Ubaté	Susa	Fragua	El Recuerdo
231	Ubaté	Susa	Matarredonda	El Recreo
232	Ubaté	Susa	Matarredonda	Los Andes
233	Ubaté	Susa	Matarredonda	Piedra Blanca
234	Ubaté	Susa	Matarredonda	Lamedero
235	Ubaté	Susa	Matarredonda	lamedero2
236	Ubaté	Susa	Matarredonda	El Campano
237	Ubaté	Susa	Matarredonda	El Rincon
238	Ubaté	Susa	Matarredonda	Aposentos
239	Ubaté	Susa	Matarredonda	Los Andes 1
240	Ubaté	Susa	Matarredonda	lamedero 3
241	Ubaté	Susa	Matarredonda	Esperanza
242	Ubaté	Susa	Matarredonda	La Olinda
243	Ubaté	Susa	Matarredonda	El Mirador
244	Ubaté	Susa	Matarredonda	El Prado.
245	Ubaté	Susa	Matarredonda	Los Canelos
246	Ubaté	Susa	Matarredonda	el espino
247	Ubaté	Susa	Matarredonda	El Sangregao
248	Ubaté	Susa	Matarredonda	Canelo

249	Ubaté	Susa	Matarredonda	Providencia
250	Ubaté	Susa	Paunita	miraflores
251	Ubaté	Susa	Paunita	La Union
252	Ubaté	Susa	Paunita	El Arrayan
253	Ubaté	Susa	Paunita	Esperanza 1
254	Ubaté	Susa	Paunita	Santa Barbara
255	Ubaté	Susa	Paunita	La meseta
256	Ubaté	Susa	Paunita	Los Laureles
257	Ubaté	Susa	Paunita	El Canelo
258	Ubaté	Susa	Paunita	La Esperanza
259	Ubaté	Susa	Paunita	San José
260	Ubaté	Susa	La Fragua	La Regadera
261	Ubaté	Susa	Mata Redonda	Lambedero
262	Ubaté	Susa	Mata Redonda	El Cerezo Susa
263	Ubaté	Sutatausa	chipaquin	El Volador
264	Ubaté	Sutatausa	chipaquin	La Amapola
265	Ubaté	Sutatausa	chipaquin	Campias
266	Ubaté	Sutatausa	chipaquin	La Laguna
267	Ubaté	Sutatausa	chipaquin	Pie de Peña
268	Ubaté	Sutatausa	chipaquin	Santa isabel #4
269	Ubaté	Sutatausa	Hato Viejo	El Paramo
270	Ubaté	Sutatausa	Novoa.	El Potrero
271	Ubaté	Sutatausa	Ojo de Agua.	Sotara
272	Ubaté	Sutatausa	Ojo de Agua.	La Llanada
273	Ubaté	Sutatausa	Ojo de Agua.	La Higuera
274	Ubaté	Sutatausa	Ojo de Agua.	La Hinca
275	Ubaté	Sutatausa	Ojo de Agua.	La Huerta
276	Ubaté	Sutatausa	Palacio.	La Ramada
277	Ubaté	Sutatausa	Palacio.	El Juncal
278	Ubaté	Sutatausa	Palacio.	Samarcanela
279	Ubaté	Sutatausa	Concuvita	La Floresta
280	Ubaté	Sutatausa	Concuvita	Casanueva
281	Ubaté	Sutatausa	Salitre	El Porvenir
282	Ubaté	Sutatausa	Salitre	El Tablon
283	Ubaté	Sutatausa	Salitre	La Esperanza
284	Ubaté	Sutatausa	Salitre	El Aliso
285	Ubaté	Tausa	Lagunitas.	Lote N 1
286	Ubaté	Tausa	Lagunitas.	Las Juntas
287	Ubaté	Tausa	Pajarito	La Fortuna
288	Ubaté	Tausa	Paramo Bajo	La Fortuna
289	Ubaté	Tausa	Paramo Bajo	El Clavel

290	Ubaté	Tausa	Paramo Bajo	El Paraiso
291	Ubaté	Tausa	Paramo Bajo	El Romero
292	Ubaté	Tausa	Paramo Bajo	Carrizo 1
293	Ubaté	Tausa	Paramo Bajo	El Carrizo
294	Ubaté	Tausa	Paramo Bajo	VillaMaria
295	Ubaté	Tausa	RasgataAlto	El Encanto
296	Ubaté	Tausa	RasgataAlto	La Esperanza
297	Ubaté	Tausa	RasgataAlto	La Casita
298	Ubaté	Tausa	RasgataAlto	El Manzano
299	Ubaté	Tausa	La Florida	La Reserva
300	Ubaté	Ubaté	Patera	San Ignacio

Finca	Nombre_Provincia	Nombre_Municipio	Nombre_Vereda	Nombre_Finca
301	Ubaté	Ubaté	Patera	El Mogotal
302	Ubaté	Ubaté	Patera	Villa Luisita
303	Ubaté	Ubaté	Patera	Las Goticas
304	Ubaté	Ubaté	Patera	Casa de Lata
305	Ubaté	Ubaté	Patera	Casa Blanca
306	Ubaté	Ubaté	Palo Gordo	El Recuerdo
307	Ubaté	Ubaté	Palo Gordo	lote 10 (novilleros)
308	Ubaté	Ubaté	Palo Gordo	Granja Novilleros
309	Ubaté	Ubaté	Palo Gordo	la sausa
310	Ubaté	Ubaté	Palo Gordo	la esperanza
311	Ubaté	Ubaté	Palo Gordo	El Regalo
312	Ubaté	Ubaté	Palo Gordo	Novilleros lote 3
313	Ubaté	Ubaté	Palo Gordo	Novilleros lote 19-20
314	Ubaté	Ubaté	Palo Gordo	La Providencia
315	Ubaté	Ubaté	Palo Gordo	El Trebol
316	Ubaté	Ubaté	Palo Gordo	El Kinder
317	Ubaté	Ubaté	Soaga Alto	El Cajon
318	Ubaté	Ubaté	Soaga Alto	El Zanjon
319	Ubaté	Ubaté	Tausavita	San Ignacio
320	Ubaté	Ubaté	Tausavita	El Desierto
321	Ubaté	Ubaté	Tausavita	Matecaña
322	Ubaté	Ubaté	Tausavita	El Establo
323	Ubaté	Ubaté	Tausavita	La Corraleja
324	Ubaté	Ubaté	Tausavita	Guala
325	Ubaté	Ubaté	Tausavita	Las aguilas

---

326	Ubaté	Ubaté	Volcan 2	San Gil
327	Ubaté	Ubaté	Volcan 2	El Rosal
328	Ubaté	Ubaté	Volcan 2	El Troncal
329	Ubaté	Ubaté	Volcan 2	Nieves Carrion
330	Ubaté	Ubaté	Volcan 2	Hernando Ladino
331	Ubaté	Ubaté	Volcan 2	El Higueron
332	Ubaté	Ubaté	Volcan 2	El Porvenir
333	Ubaté	Ubaté	Volcan 2	Jose Antonio C.
334	Ubaté	Ubaté	Volcan 2	El Recuerdo
335	Ubaté	Ubaté	Volcan 2	La Zarza
336	Ubaté	Ubaté	Volcan 2	La Playa
337	Ubaté	Ubaté	Volcan 2	Las Lajas
338	Ubaté	Ubaté	Volcan 2	La Fortuna
339	Ubaté	Ubaté	Volcan 2	El Manantial
340	Ubaté	Ubaté	Guatancui	El Rubi
341	Ubaté	Ubaté	Guatancui	La Esperanza

## C. Vector de conglomerados - análisis en R Studio

```

1  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
2  2  1  2  2  2  2  2  2  2  2  1  2  1  1  2  2  3  3  1  3  2  1  3
3 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46
4  1  1  1  3  3  3  3  1  3  3  3  3  1  3  1  1  1  1  1  1  1  3  1
5 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69
6  1  1  1  1  1  3  1  1  3  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2
7 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92
8  2  2  2  2  2  1  1  1  3  3  1  1  3  1  1  1  3  3  3  1  3  1  1
9 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115
10 1  1  3  1  1  1  1  1  1  1  3  1  3  1  3  2  2  2  2  2  2  2  2
11 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138
12  2  2  1  1  3  3  3  1  3  3  3  3  3  3  3  3  3  3  1  3  1  1  1
13 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161
14  1  1  3  1  1  1  2  2  2  2  2  2  3  3  3  3  3  3  1  3  2  2  2
15 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184
16  2  2  1  3  3  3  3  3  1  3  1  1  2  2  2  2  2  2  1  1  3  3  3
17 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207
18  3  1  3  2  1  3  1  1  3  3  3  3  3  3  3  3  3  3  3  1  3  1  1
19 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230
20  1  1  1  1  1  1  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2  2
21 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253
22  2  2  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  3  3  3  1  1
23 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276
24  3  1  3  3  1  1  2  3  1  2  2  2  2  1  2  1  1  3  3  1  3  3  1
25 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299
26  3  1  1  1  3  1  1  3  2  2  2  2  1  2  2  2  2  2  1  1  1  1  1
27 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322
28  2  2  2  2  2  2  2  2  1  2  2  2  3  3  3  3  3  3  3  3  3  3  3
29 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341
30  3  3  1  1  1  3  1  1  1  3  1  1  1  1  3  3  1  3  3

```

Nota: en las filas impares es el número de la finca según el archivo de Excel, las filas pares corresponde al conglomerado obtenido.

## D. Anexo: Ubicación de las fincas visitadas para la caracterización de los sistemas de alimentación en la provincia de Ubaté

#	MUNICIPIO	ORGANIZACIÓN	GEOREFERENCIACION		ALTIMETRIA
			N	W	m.s.n.m
1	CARUPA	ASOAGROPROLECHE	05°20'35,5	073°52'13,7	2995
2	CARUPA	ASOGCORAP			
3	CARUPA	ASOCHARQUIRA	05°21'51,3	073°51'56,2	3006
4	CARUPA	ASOCHARQUIRA	05°22'33,5	073°51'54,4	3030
5	CARUPA	ASOCHARQUIRA	05°24'17,2	073°53'27,3	3066
6	CARUPA	ASOCHARQUIRA			
7	CUCUNUBA	ASOGRANCU	05°14'22,0	073°46'24,6	2566
8	CUCUNUBA	ASOGRANCU	05°14,46,6	073°46'32,4	2558
9	CUCUNUBA	GANALAC	05°15'18,9	073°46'23,2	2573
10	CUCUNUBA	GANALAC	05°16'06,3	073°46'55,8	2545
11	FUQUENE	COLFE	05°23'47,8	073°48'38,8	3080
12	FUQUENE	COLFE	05°24'56,5	073°47'09,6	2723
13	FUQUENE	APAF	05°26'00,4	073°45'39,8	2578
14	FUQUENE	APAF	05°26'48,8	073°45'48,5	2540
15	FUQUENE	APAF	05°26'44,6	073°45'52,4	2540
16	GUACHETA	ASGANAPUG	05°21'42,2	073°45'57,0	2563
17	GUACHETA	ASGANAPUG	05°21'57,1	073°46'06,4	2544
18	LENGUAZAQUE	COOPALAC	05°18'35,2	073°42'29,4	2501
19	LENGUAZAQUE	COOPALAC	05°16'43,2	073°40'10,9	2880
20	LENGUAZAQUE	COOPALAC	05°14'12,8	073°40'44,4	3041

Continuación...

#	MUNICIPIO	ORGANIZACIÓN	GEOREFERENCIACION		ALTIMETRIA
21	SIMIJACA	ASPAS	05°31'49,5	073°52'08,0	2885
22	SIMIJACA	ASPAS	05°31'17,3	073°52'18,4	2751
23	SIMIJACA	DONALECHE	05°29'08,1	073°52'03,4	2599
24	SIMIJACA	DONALECHE			
25	SIMIJACA	DONALECHE	05°29'09,9	073°52'27,8	2617
26	SUSA	ASOFRAPA	05°25'24,8	073°48'01,3	2805
27	SUSA	ASOFRAPA	05°14'46,6	073°46'32,4	2816
28	SUSA	APAMAP	05°24'02,2	073°50'13,4	2962
29	SUSA	APAMAP	05°23'04,5	073°51'08,8	3128
30	SUSA	APAMAP	05°24'27,4	073°50'08,2	2939
31	SUTATAUSA	ASOGANASUTA	05°16'00,7	073°50'25,4	2538
32	SUTATAUSA	ASOGANASUTA	05°13'16,1	073°51'06,8	2573
33	TAUSA	CORPROTAUSA	05°10'35,2	073°53'34,1	3161
34	TAUSA	ASOPROCAMPO	05°12'04,2	073°55'52,1	3080
35	UBATE	ASOLAPO	05°17'07,8	073°48'18,7	2567
36	UBATE	AGROCALLA	05°20'59,2	073°49'51,8	2989
37	UBATE	AGROCALLA	05°20'39,0	073°49'45,2	2918
38	UBATE	ASGUNPU	05°19'46,8	073°48'07,8	2502
39	UBATE	ASGUNPU	05°19'47,7	073°47'57,4	2570
40	UBATE	ASOALTAMIRA			

## E. Anexo: Producción de heces, consumo de forraje, consumo total, producción de leche, relación leche concentrado y relación leche suplemento

### Periodo 1

Finca	Vaca	[ ] <sup>a</sup>	PH <sup>b</sup>	CF <sup>c</sup>	CT <sup>d</sup>	PL <sup>e</sup>	L:C <sup>f</sup>	L:S <sup>g</sup>
Forero	Cachitos	Sup1	6,3	13,8	17,0	18,1	1,06	5,53
Forero	Milufer	Sup1	6,1	13,9	17,2	20,3	1,18	6,22
Cubillos	Chiquita	Sup3	5,4	8,0	11,5	18,5	1,61	5,26
Cubillos	Consuelo	Sup3	6,0	8,3	11,8	16,0	1,36	4,58
Carrillo	Tormenta	Sup1	6,1	11,5	14,8	15,4	1,04	4,72
Carrillo	Muñeca	Sup1	6,2	12,7	15,9	20,1	1,26	6,14
Ramírez	BellaDonna	Sup2	2,9	6,6	10,1	14,3	1,41	4,05
Ramírez	Golosa	Sup2	3,4	6,2	9,8	18,5	1,90	5,21
Torres	Topacio	Sup3	3,7	6,4	10,9	20,0	1,83	4,43
Torres	Cleopatra	Sup3	5,4	10,5	15,0	15,5	1,03	3,44
Buitrago	Cachos	Sup2	4,7	5,0	9,6	19,4	2,03	4,27
Buitrago	Sombra	Sup2	4,2	4,3	8,9	15,8	1,78	3,49

a: tipo de concentrado; b: producción de heces (kg MS/vaca/d); c: consumo de forraje (kg MS/vaca/d); d: Consumo total (kg MS/vaca/d); e: Producción de leche (L/vaca/d); f: Relación leche:consumo (kg de leche por cada kg de materia seca ingerida); g: Relación leche:suplemento.(kilogramos de leche por cada kilogramo de suplemento consumido)

**Periodo 2**

Finca	Vaca	[ ] <sup>a</sup>	PH <sup>b</sup>	CF <sup>c</sup>	CT <sup>d</sup>	PL <sup>e</sup>	L:C <sup>f</sup>	L:S <sup>g</sup>
Forero	Cachitos	Sup1	6,3	13,8	17,0	18,1	1,06	5,53
Forero	Milufer	Sup1	6,1	13,9	17,2	20,3	1,18	6,22
Cubillos	Chiquita	Sup3	5,4	8,0	11,5	18,5	1,61	5,26
Cubillos	Consuelo	Sup3	6,0	8,3	11,8	16,0	1,36	4,58
Carrillo	Tormenta	Sup1	6,1	11,5	14,8	15,4	1,04	4,72
Carrillo	Muñeca	Sup1	6,2	12,7	15,9	20,1	1,26	6,14
Ramírez	BellaDonna	Sup2	2,9	6,6	10,1	14,3	1,41	4,05
Ramírez	Golosa	Sup2	3,4	6,2	9,8	18,5	1,90	5,21
Torres	Topacio	Sup3	3,7	6,4	10,9	20,0	1,83	4,43
Torres	Cleopatra	Sup3	5,4	10,5	15,0	15,5	1,03	3,44
Buitrago	Cachos	Sup2	4,7	5,0	9,6	19,4	2,03	4,27
Buitrago	Sombra	Sup2	4,2	4,3	8,9	15,8	1,78	3,49

a: tipo de concentrado; b: producción de heces (kg MS/vaca/d); c: consumo de forraje (kg MS/vaca/d); d: Consumo total (kg MS/vaca/d); e: Producción de leche (L/vaca/d); f: Relación leche:consumo (kg de leche por cada kg de materia seca ingerida); g: Relación leche:suplemento.(kilogramos de leche por cada kilogramo de suplemento consumido)

**Periodo 3**

Finca	Vaca	[ ] <sup>a</sup>	PH <sup>b</sup>	CF <sup>c</sup>	CT <sup>d</sup>	PL <sup>e</sup>	L:C <sup>f</sup>	L:S <sup>g</sup>
Forero	Cachitos	Sup2	4,0	11,1	14,6	17,2	1,17	4,84
Forero	Milufer	Sup2	4,2	10,3	13,8	19,2	1,38	5,40
Cubillos	Chiquita	Sup1	4,7	9,5	14,2	14,8	1,04	3,16
Cubillos	Consuelo	Sup1	5,5	11,8	16,5	18,5	1,12	3,96
Carrillo	Tormenta	Sup3	4,6	11,8	15,6	16,0	1,03	4,22
Carrillo	Muñeca	Sup3	6,2	16,2	20,0	20,2	1,01	5,32
Ramírez	BellaDonna	Sup1	3,7	8,4	11,7	15,5	1,33	4,74
Ramírez	Golosa	Sup1	4,3	12,6	13,7	16,0	1,17	14,76
Torres	Topacio	Sup2	3,6	7,4	13,0	18,5	1,43	3,33
Torres	Cleopatra	Sup2	6,3	13,2	18,8	19,5	1,04	3,51
Buitrago	Cachos	Sup3	3,5	6,2	10,3	19,4	1,89	4,74
Buitrago	Sombra	Sup3	3,6	6,0	10,8	16,9	1,57	3,55

a: tipo de concentrado; b: producción de heces (kg MS/vaca/d); c: consumo de forraje (kg MS/vaca/d); d: Consumo total (kg MS/vaca/d); e: Producción de leche (L/vaca/d); f: Relación leche:consumo (kg de leche por cada kg de materia seca ingerida); g: Relación leche:suplemento.(kilogramos de leche por cada kilogramo de suplemento consumido)

## F. Anexo: SAS

Procedimiento GLM

### Información de nivel de clase

<b>Clase</b>	<b>Niveles</b>	<b>Valores</b>
<b>Periodo</b>	3	1 2 3
<b>Finca</b>	6	A B C D E F
<b>Vaca</b>	2	1 2
<b>Tratamiento</b>	3	Alta Baja Medio
<b>Residual</b>	4	0 1 2 3
<b>Número de observaciones leídas</b>	36	
<b>Número de observaciones usadas</b>	36	

## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: Producción

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	109.3003125	6.4294301	2.89	0.0155
<b>Error</b>	18	40.0121875	2.2228993		
<b>Total corregido</b>	35	149.3125000			

**R-cuadrado** 0.732024    **Coef Var** 8.706214    **Raíz MSE** 1.490939    **Producción Media** 17.12500

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	47.50166667	9.50033333	4.27	0.0097
<b>Vaca(Finca)</b>	6	39.16083333	6.52680556	2.94	0.0354
<b>Periodo</b>	2	19.69041667	9.84520833	4.43	0.0273
<b>Tratamiento</b>	2	0.03291667	0.01645833	0.01	0.9926
<b>Residual</b>	2	2.91447917	1.45723958	0.66	0.5311

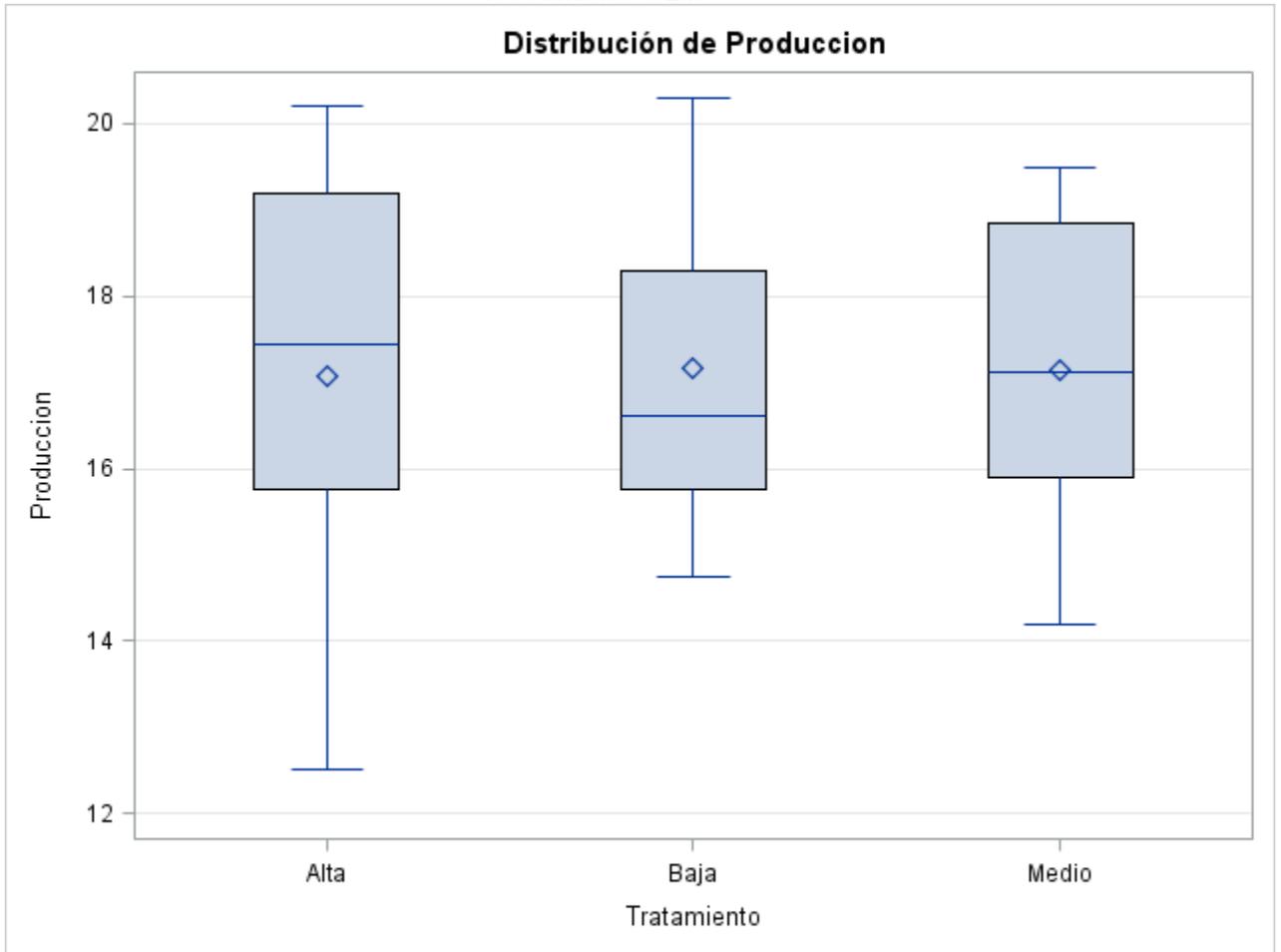
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	44.72606250	8.94521250	4.02	0.0126
<b>Vaca(Finca)</b>	6	39.16083333	6.52680556	2.94	0.0354
<b>Periodo</b>	1	14.57041667	14.57041667	6.55	0.0197
<b>Tratamiento</b>	2	0.60206250	0.30103125	0.14	0.8742
<b>Residual</b>	2	2.91447917	1.45723958	0.66	0.5311

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	47.50166667	9.50033333	1.46	0.3276

Sistema SAS

Procedimiento GLM



## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: Grasa

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	6.91513889	0.40677288	2.39	0.0377
<b>Error</b>	18	3.06791667	0.17043981		
<b>Total corregido</b>	35	9.98305556			

**R-cuadrado**   **Coef Var**   **Raíz MSE**   **Grasa Media**  
 0.692688   11.35399   0.412844   3.636111

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	0.67138889	0.13427778	0.79	0.5719
<b>Vaca(Finca)</b>	6	3.52500000	0.58750000	3.45	0.0191
<b>Periodo</b>	2	0.01722222	0.00861111	0.05	0.9509
<b>Tratamiento</b>	2	2.50055556	1.25027778	7.34	0.0047
<b>Residual</b>	2	0.20097222	0.10048611	0.59	0.5649

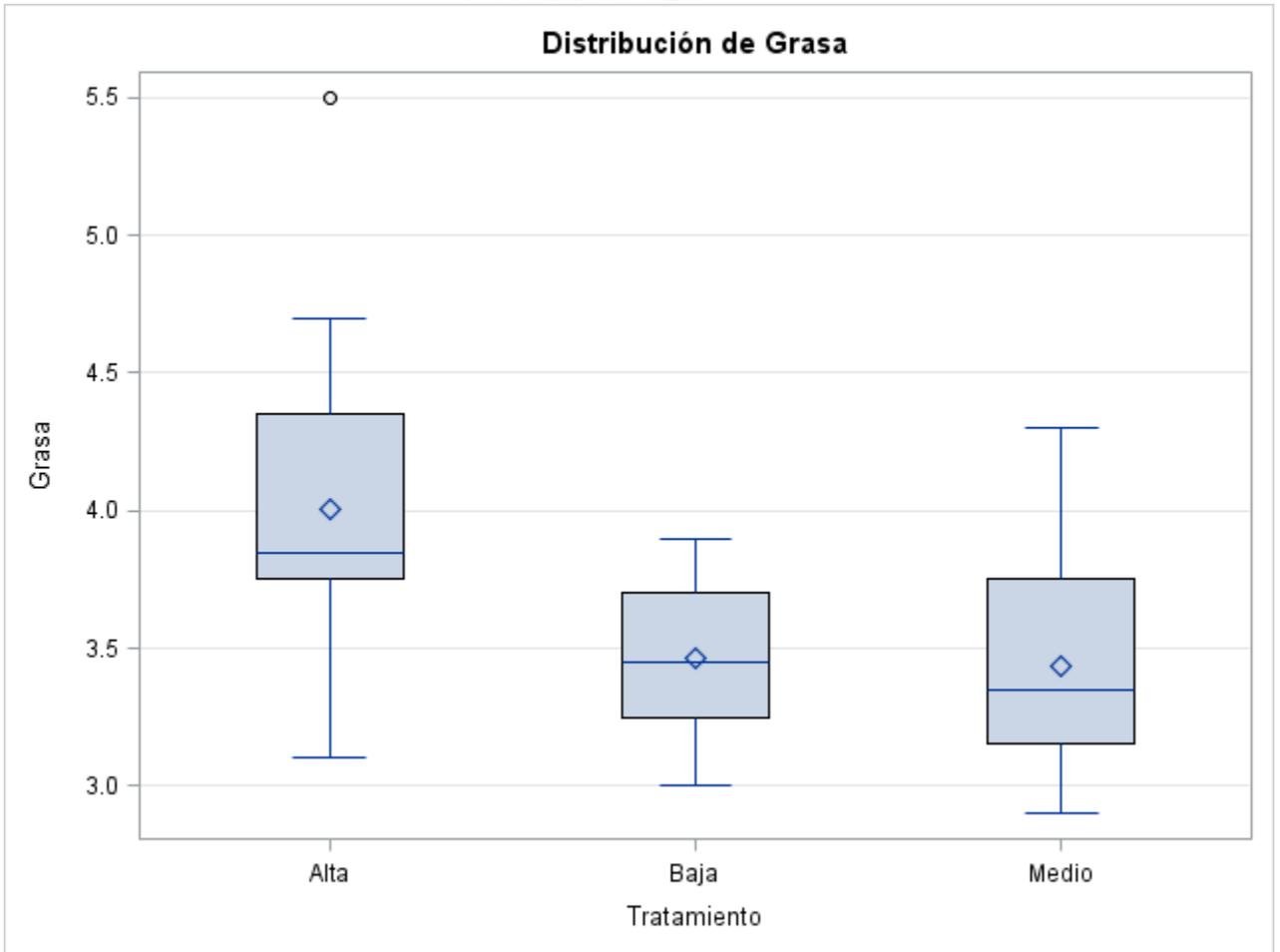
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	0.33691667	0.06738333	0.40	0.8456
<b>Vaca(Finca)</b>	6	3.52500000	0.58750000	3.45	0.0191
<b>Periodo</b>	1	0.01041667	0.01041667	0.06	0.8075
<b>Tratamiento</b>	2	2.60775000	1.30387500	7.65	0.0039
<b>Residual</b>	2	0.20097222	0.10048611	0.59	0.5649

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	0.67138889	0.13427778	0.23	0.9367

Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS
-------------

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Grasa

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	0.17044
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	3.60930
<b>Diferencia significativa mínima</b>	0.4301

**Medias con la misma letra no  
son significativamente diferentes.**

<b>Tukey Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Tratamiento</b>
A	4.0083	12	Alta
B	3.4667	12	Baja
B	3.4333	12	Medio

## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: Proteina

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	0.83513889	0.04912582	5.63	0.0003
<b>Error</b>	18	0.15708333	0.00872685		
<b>Total corregido</b>	35	0.99222222			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE Proteina Media**

0.841685 3.143023 0.093418 2.972222

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	0.34888889	0.06977778	8.00	0.0004
<b>Vaca(Finca)</b>	6	0.18333333	0.03055556	3.50	0.0179
<b>Periodo</b>	2	0.24388889	0.12194444	13.97	0.0002
<b>Tratamiento</b>	2	0.01722222	0.00861111	0.99	0.3921
<b>Residual</b>	2	0.04180556	0.02090278	2.40	0.1196

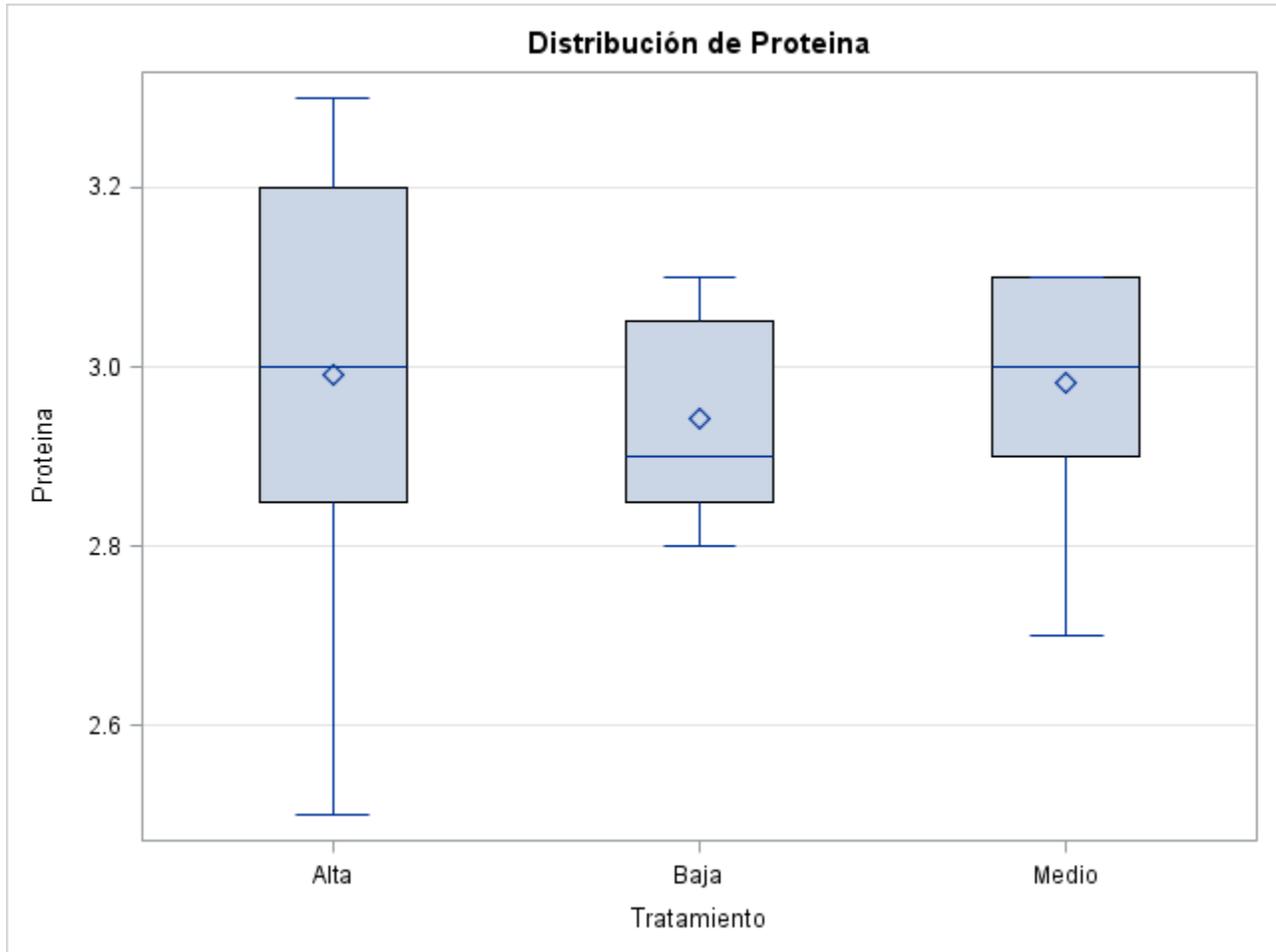
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	0.35191667	0.07038333	8.07	0.0004
<b>Vaca(Finca)</b>	6	0.18333333	0.03055556	3.50	0.0179
<b>Periodo</b>	1	0.01041667	0.01041667	1.19	0.2890
<b>Tratamiento</b>	2	0.01758333	0.00879167	1.01	0.3848
<b>Residual</b>	2	0.04180556	0.02090278	2.40	0.1196

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	0.34888889	0.06977778	2.28	0.1718

Sistema SAS

Procedimiento GLM



## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: ST

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	7.89805556	0.46459150	4.12	0.0023
<b>Error</b>	18	2.03166667	0.11287037		
<b>Total corregido</b>	35	9.92972222			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE ST Media**

0.795395 2.765750 0.335962 12.14722

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	2.31472222	0.46294444	4.10	0.0116
<b>Vaca(Finca)</b>	6	2.41500000	0.40250000	3.57	0.0166
<b>Periodo</b>	2	0.54055556	0.27027778	2.39	0.1196
<b>Tratamiento</b>	2	2.61055556	1.30527778	11.56	0.0006
<b>Residual</b>	2	0.01722222	0.00861111	0.08	0.9268

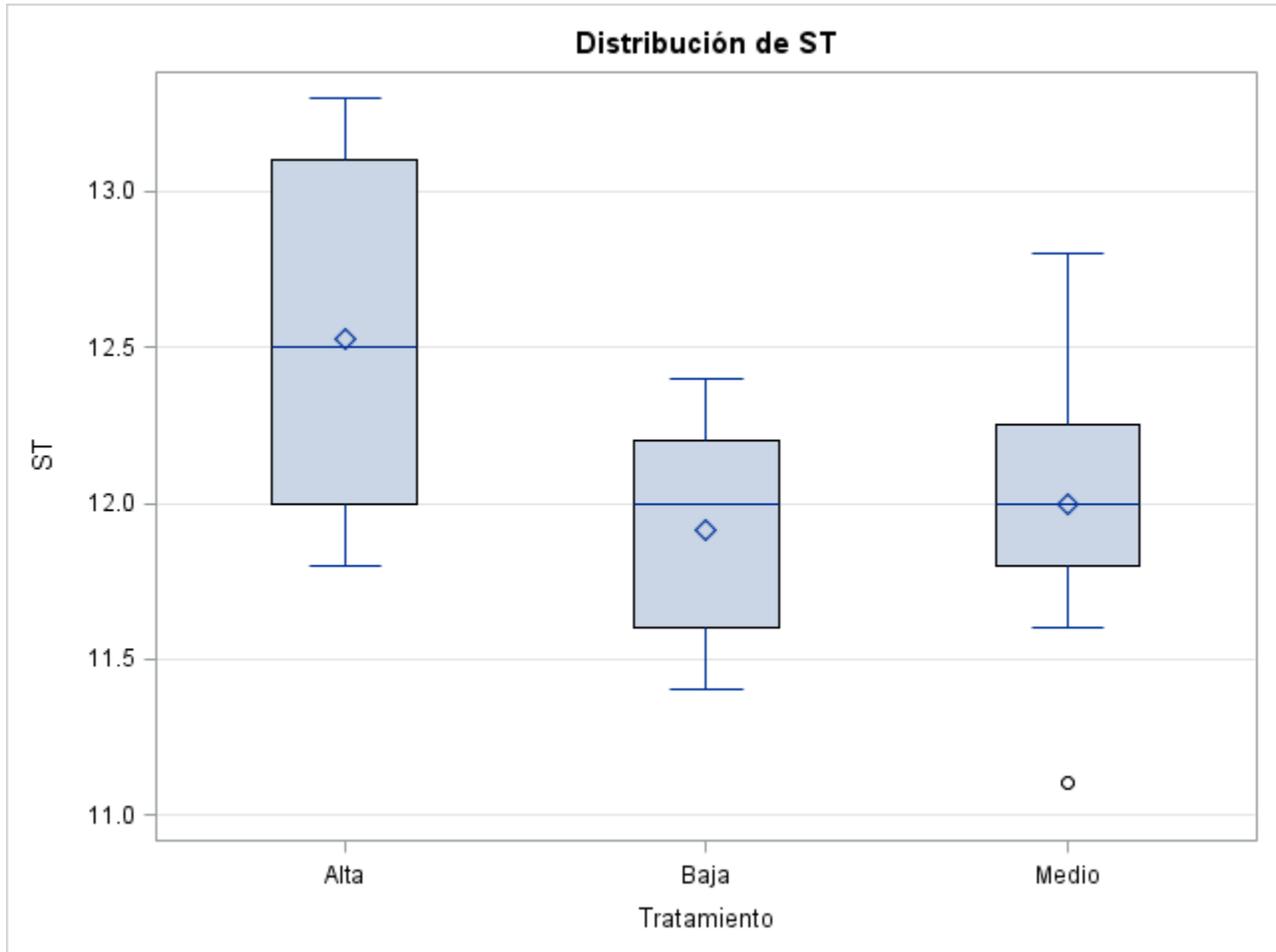
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	2.10116667	0.42023333	3.72	0.0173
<b>Vaca(Finca)</b>	6	2.41500000	0.40250000	3.57	0.0166
<b>Periodo</b>	1	0.00666667	0.00666667	0.06	0.8107
<b>Tratamiento</b>	2	2.21433333	1.10716667	9.81	0.0013
<b>Residual</b>	2	0.01722222	0.00861111	0.08	0.9268

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	2.31472222	0.46294444	1.15	0.4274

Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS
-------------

## Procedimiento GLM

## Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para ST

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	0.11287
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	3.60930
<b>Diferencia significativa mínima</b>	0.35

**Medias con la misma letra no  
son significativamente diferentes.**

<b>Tukey Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Tratamiento</b>
A	12.5250	12	Alta
B	12.0000	12	Medio
B	11.9167	12	Baja

## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: CC

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	5.15711806	0.30335989	9.66	<.0001
<b>Error</b>	18	0.56510417	0.03139468		
<b>Total corregido</b>	35	5.72222222			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE CC Media**

0.901244 5.498858 0.177185 3.222222

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	3.63888889	0.72777778	23.18	<.0001
<b>Vaca(Finca)</b>	6	1.41666667	0.23611111	7.52	0.0004
<b>Periodo</b>	2	0.04513889	0.02256944	0.72	0.5008
<b>Tratamiento</b>	2	0.00347222	0.00173611	0.06	0.9464
<b>Residual</b>	2	0.05295139	0.02647569	0.84	0.4466

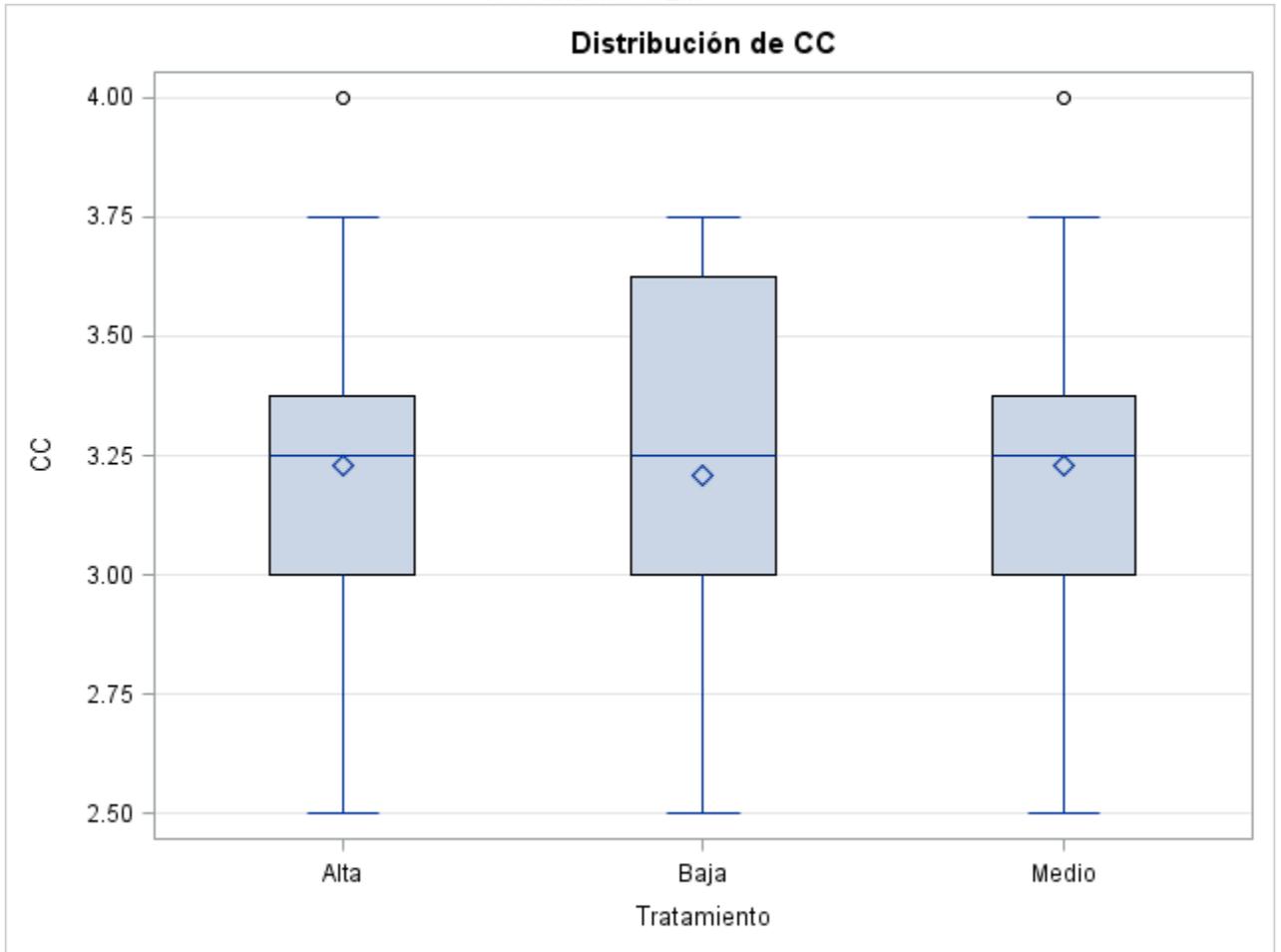
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	3.62031250	0.72406250	23.06	<.0001
<b>Vaca(Finca)</b>	6	1.41666667	0.23611111	7.52	0.0004
<b>Periodo</b>	1	0.00260417	0.00260417	0.08	0.7766
<b>Tratamiento</b>	2	0.00364583	0.00182292	0.06	0.9438
<b>Residual</b>	2	0.05295139	0.02647569	0.84	0.4466

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	3.63888889	0.72777778	3.08	0.1015

Sistema SAS

Procedimiento GLM



## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: Prodgrasa

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	0.37767071	0.02221592	5.38	0.0004
<b>Error</b>	18	0.07433004	0.00412945		
<b>Total corregido</b>	35	0.45200075			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE Prodgrasa Media**

0.835553 10.32440 0.064261 0.622417

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	0.09162892	0.01832578	4.44	0.0083
<b>Vaca(Finca)</b>	6	0.19186250	0.03197708	7.74	0.0003
<b>Periodo</b>	2	0.01656200	0.00828100	2.01	0.1636
<b>Tratamiento</b>	2	0.06966867	0.03483433	8.44	0.0026
<b>Residual</b>	2	0.00794863	0.00397431	0.96	0.4008

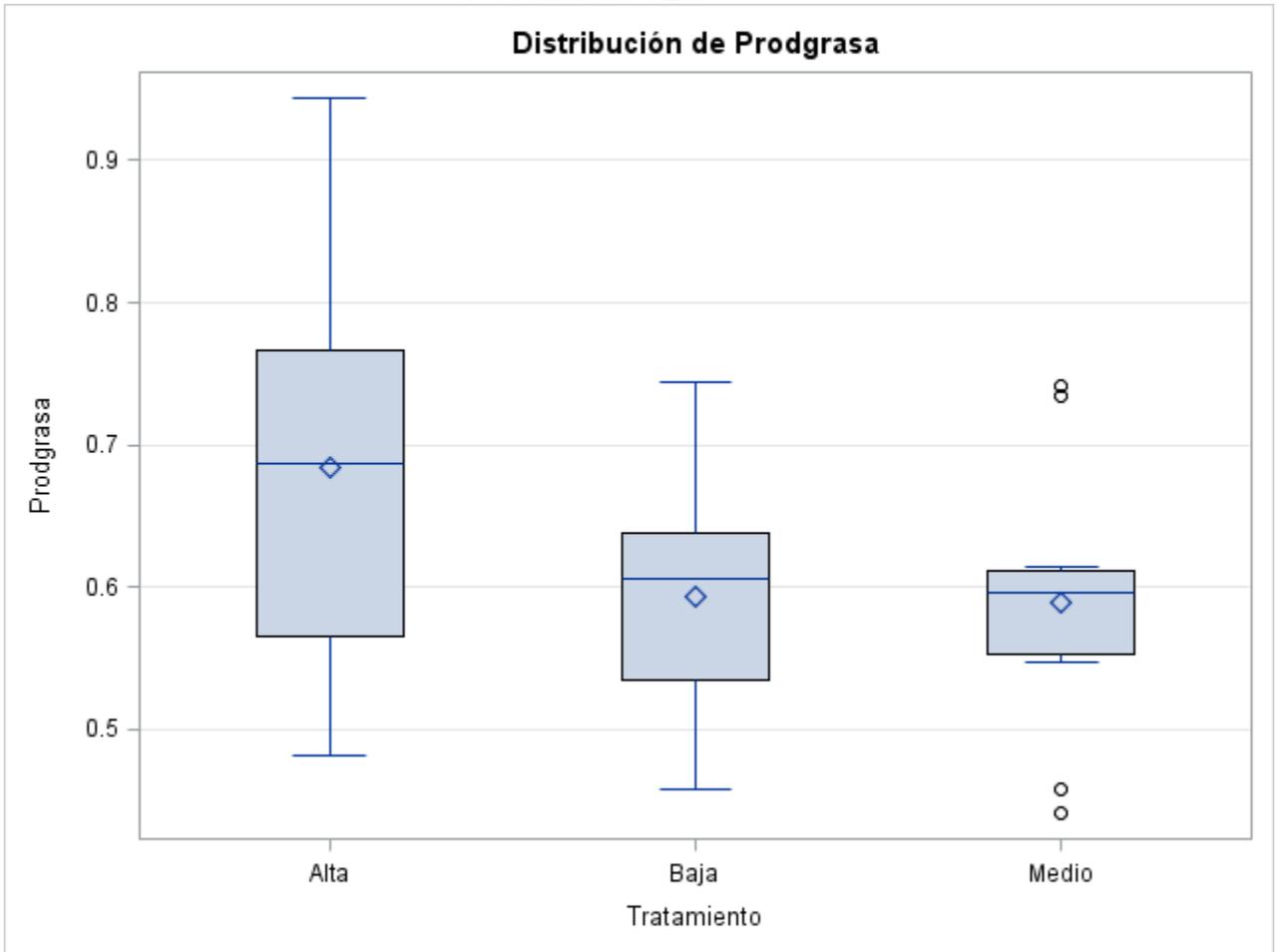
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	0.07892551	0.01578510	3.82	0.0155
<b>Vaca(Finca)</b>	6	0.19186250	0.03197708	7.74	0.0003
<b>Periodo</b>	1	0.01470150	0.01470150	3.56	0.0754
<b>Tratamiento</b>	2	0.06766106	0.03383053	8.19	0.0030
<b>Residual</b>	2	0.00794863	0.00397431	0.96	0.4008

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	0.09162892	0.01832578	0.57	0.7211

Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS
-------------

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Prodgrasa

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	0.004129
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	3.60930
<b>Diferencia significativa mínima</b>	0.067

**Medias con la misma letra no  
son significativamente diferentes.**

<b>Tukey Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Tratamiento</b>
A	0.68458	12	Alta
B	0.59342	12	Baja
B	0.58925	12	Medio

## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: Prodprot

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	0.13576251	0.00798603	3.03	0.0123
<b>Error</b>	18	0.04739604	0.00263311		
<b>Total corregido</b>	35	0.18315856			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE Prodprot Media**

0.741229 10.06922 0.051314 0.509611

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	0.07600856	0.01520171	5.77	0.0024
<b>Vaca(Finca)</b>	6	0.04532867	0.00755478	2.87	0.0385
<b>Periodo</b>	2	0.00706289	0.00353144	1.34	0.2865
<b>Tratamiento</b>	2	0.00062106	0.00031053	0.12	0.8894
<b>Residual</b>	2	0.00674135	0.00337067	1.28	0.3021

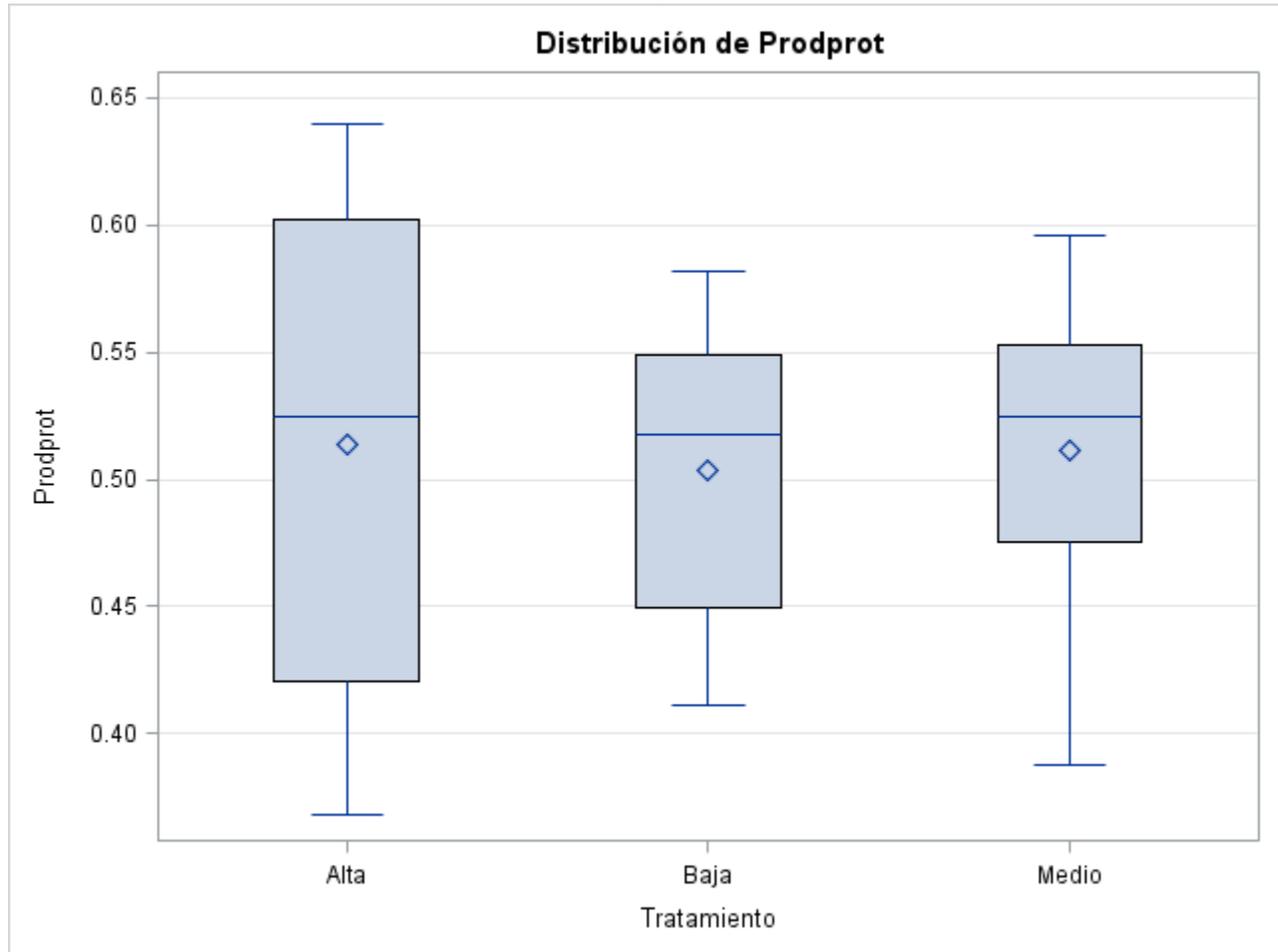
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	0.07160269	0.01432054	5.44	0.0032
<b>Vaca(Finca)</b>	6	0.04532867	0.00755478	2.87	0.0385
<b>Periodo</b>	1	0.00673350	0.00673350	2.56	0.1272
<b>Tratamiento</b>	2	0.00228606	0.00114303	0.43	0.6545
<b>Residual</b>	2	0.00674135	0.00337067	1.28	0.3021

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	0.07600856	0.01520171	2.01	0.2097

Sistema SAS

Procedimiento GLM



## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: ProdST

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	2.23164245	0.13127309	4.11	0.0024
<b>Error</b>	18	0.57535237	0.03196402		
<b>Total corregido</b>	35	2.80699482			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE ProdST Media**

0.795029 8.589216 0.178785 2.081504

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	1.05338178	0.21067636	6.59	0.0012
<b>Vaca(Finca)</b>	6	0.80119493	0.13353249	4.18	0.0084
<b>Periodo</b>	2	0.24644690	0.12322345	3.86	0.0404
<b>Tratamiento</b>	2	0.07332508	0.03666254	1.15	0.3397
<b>Residual</b>	2	0.05729376	0.02864688	0.90	0.4256

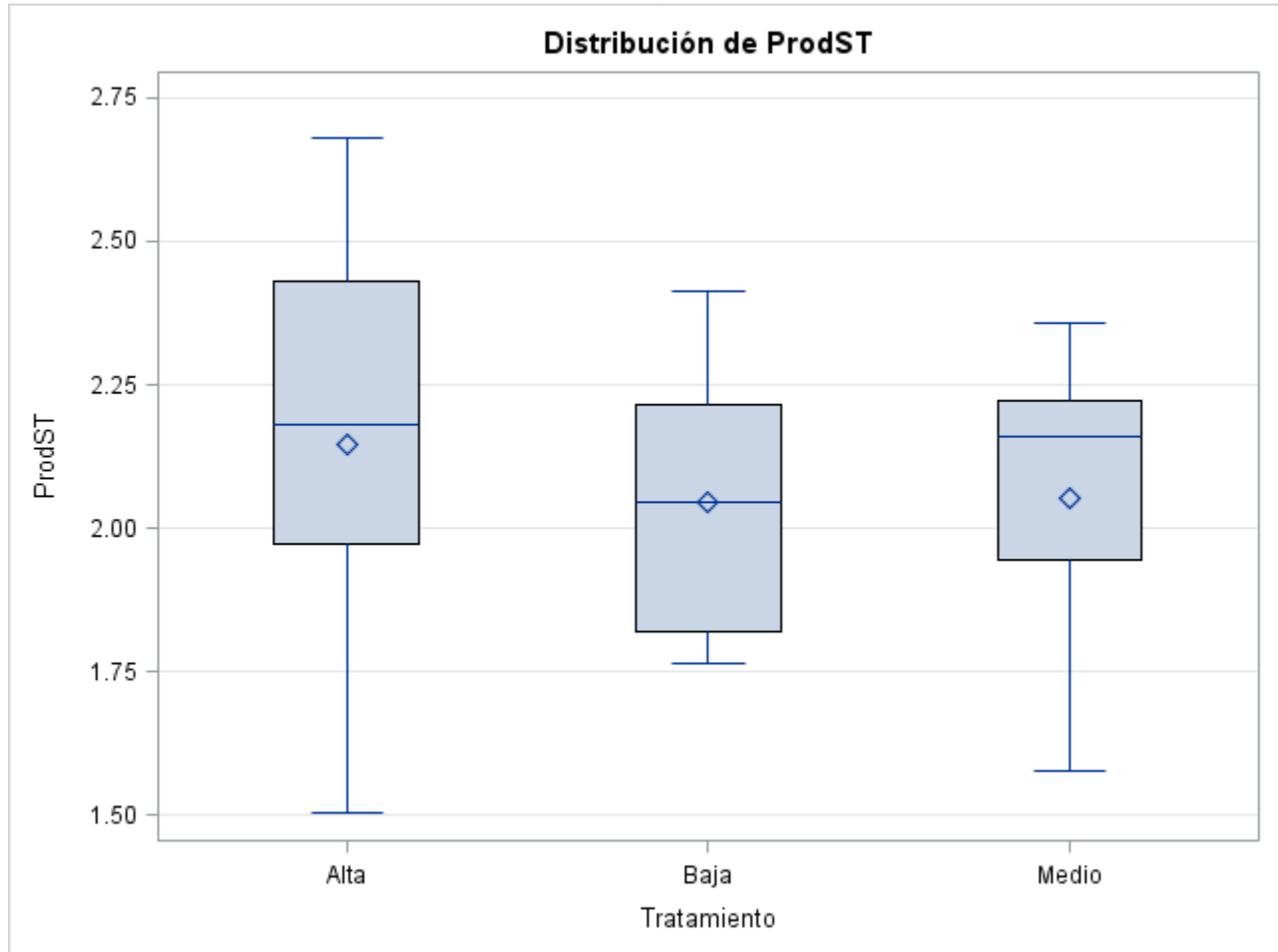
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	0.99377693	0.19875539	6.22	0.0016
<b>Vaca(Finca)</b>	6	0.80119493	0.13353249	4.18	0.0084
<b>Periodo</b>	1	0.23115224	0.23115224	7.23	0.0150
<b>Tratamiento</b>	2	0.06647963	0.03323982	1.04	0.3738
<b>Residual</b>	2	0.05729376	0.02864688	0.90	0.4256

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	1.05338178	0.21067636	1.58	0.2957

Sistema SAS

Procedimiento GLM



## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: Lcorregidae

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	155.8735708	9.1690336	4.99	0.0007
<b>Error</b>	18	33.0571042	1.8365058		
<b>Total corregido</b>	35	188.9306750			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE Lcorregidae Media**

0.825031 7.905366 1.355177 17.14250

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	60.21982500	12.04396500	6.56	0.0012
<b>Vaca(Finca)</b>	6	67.24005000	11.20667500	6.10	0.0013
<b>Periodo</b>	2	12.67781667	6.33890833	3.45	0.0538
<b>Tratamiento</b>	2	11.85905000	5.92952500	3.23	0.0634
<b>Residual</b>	2	3.87682917	1.93841458	1.06	0.3686

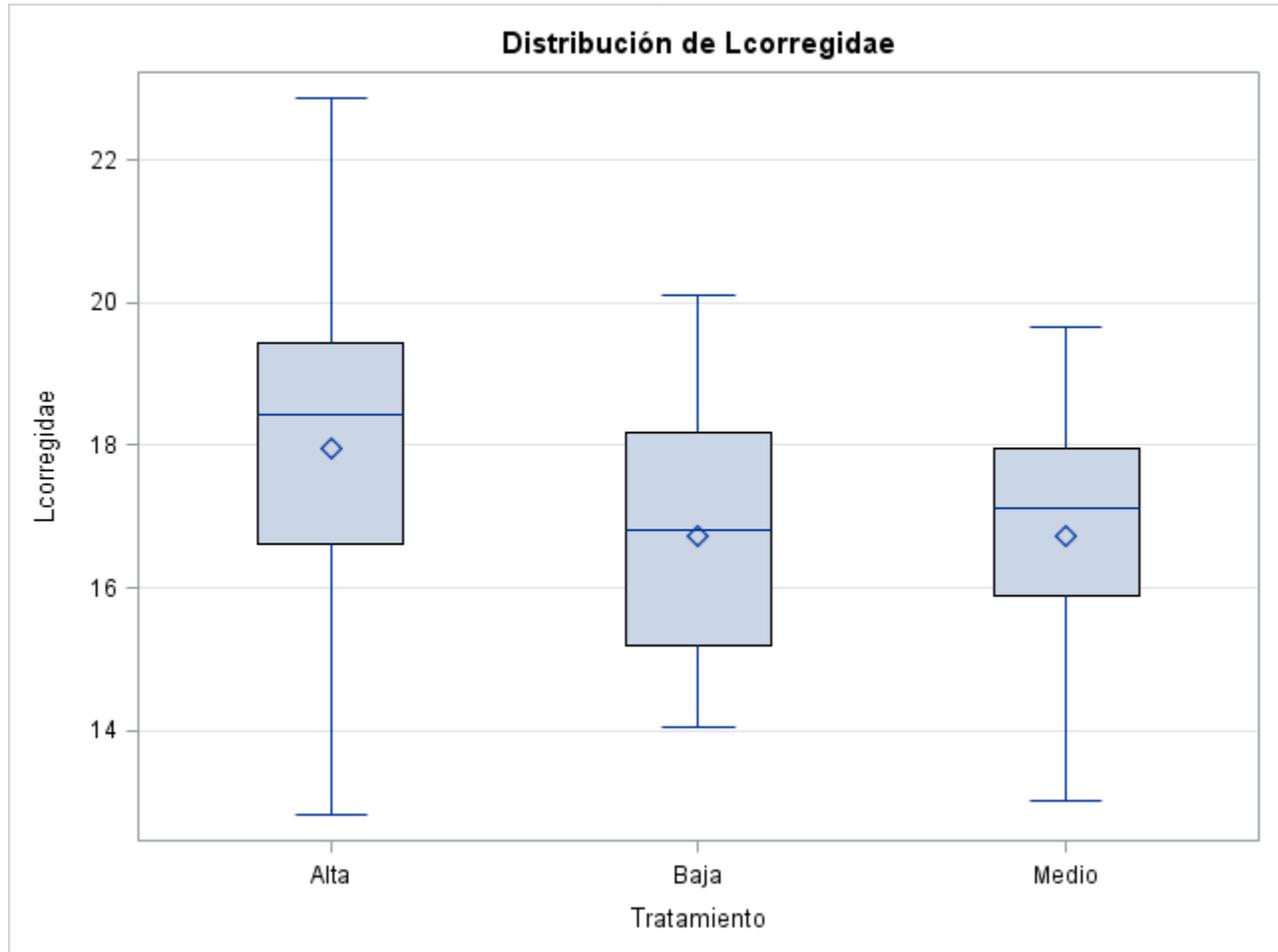
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	55.83132417	11.16626483	6.08	0.0018
<b>Vaca(Finca)</b>	6	67.24005000	11.20667500	6.10	0.0013
<b>Periodo</b>	1	11.35750417	11.35750417	6.18	0.0229
<b>Tratamiento</b>	2	10.85738583	5.42869292	2.96	0.0776
<b>Residual</b>	2	3.87682917	1.93841458	1.06	0.3686

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	60.21982500	12.04396500	1.07	0.4574

Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS
-------------

## Procedimiento GLM

## Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Lcorregidae

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	1.836506
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	3.60930
<b>Diferencia significativa mínima</b>	1.412

**Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.**

<b>Tukey Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Tratamiento</b>
A	17.9542	12	Alta
A	16.7417	12	Baja
A	16.7317	12	Medio

## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: Consumo de Forraje

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	339.7576389	19.9857435	12.17	<.0001
<b>Error</b>	18	29.5545833	1.6419213		
<b>Total corregido</b>	35	369.3122222			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE Forraje Media**

0.919974 12.97960 1.281375 9.872222

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	208.7855556	41.7571111	25.43	<.0001
<b>Vaca(Finca)</b>	6	60.5066667	10.0844444	6.14	0.0012
<b>Periodo</b>	2	15.8938889	7.9469444	4.84	0.0208
<b>Tratamiento</b>	2	50.0955556	25.0477778	15.26	0.0001
<b>Residual</b>	2	4.4759722	2.2379861	1.36	0.2811

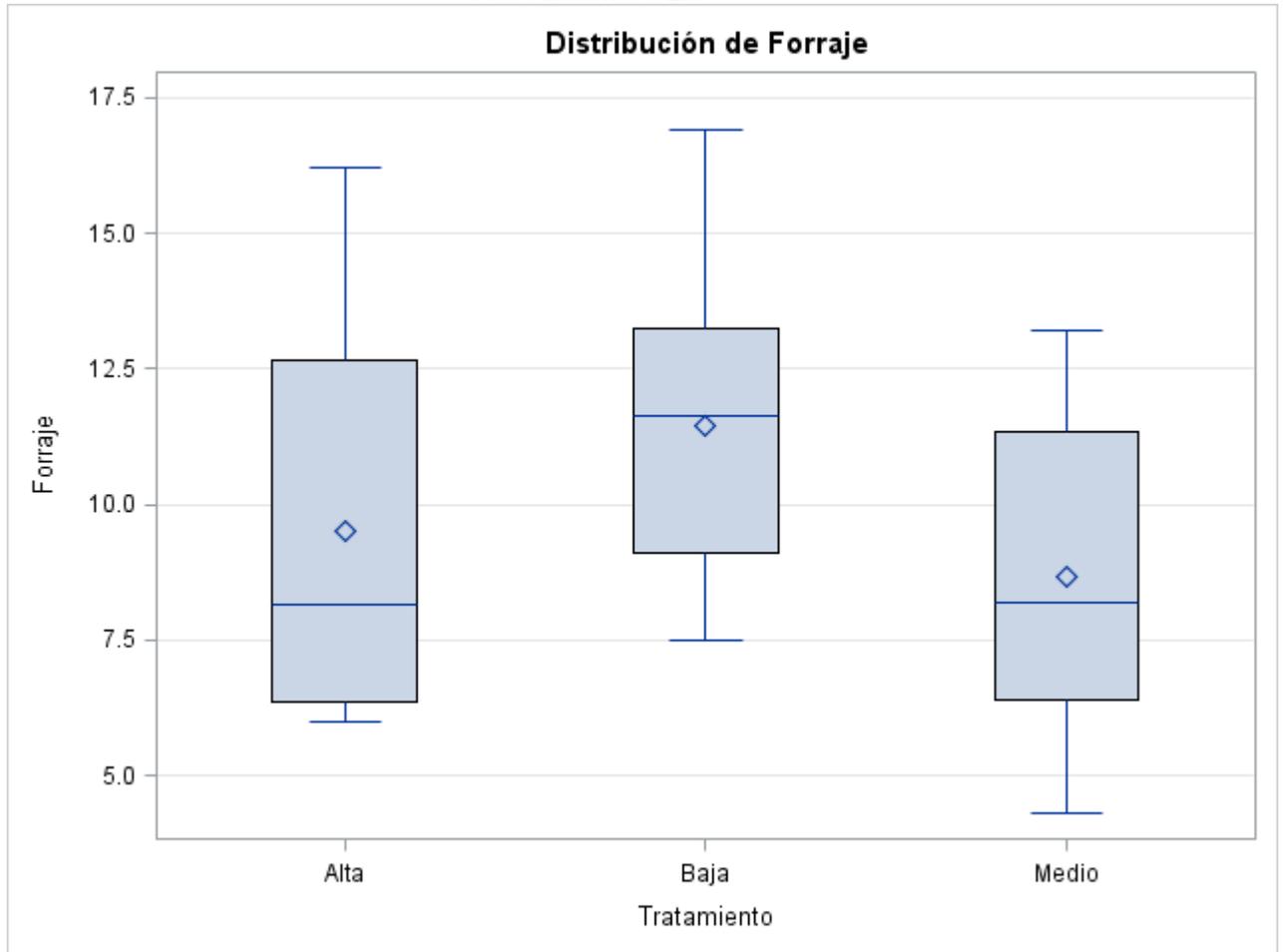
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	211.8960833	42.3792167	25.81	<.0001
<b>Vaca(Finca)</b>	6	60.5066667	10.0844444	6.14	0.0012
<b>Periodo</b>	1	0.0266667	0.0266667	0.02	0.9000
<b>Tratamiento</b>	2	29.6647500	14.8323750	9.03	0.0019
<b>Residual</b>	2	4.4759722	2.2379861	1.36	0.2811

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	208.7855556	41.7571111	4.14	0.0565

Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS
-------------

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Forraje

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	1.641921
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	3.60930
<b>Diferencia significativa mínima</b>	1.3351

**Medias con la misma letra no  
son significativamente diferentes.**

<b>Tukey Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Tratamiento</b>
A	11.4667	12	Baja
B	9.5000	12	Alta
B			
B	8.6500	12	Medio

Sistema SAS
-------------

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: Consumo Total

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	313.4568056	18.4386356	12.53	<.0001
<b>Error</b>	18	26.4929167	1.4718287		
<b>Total corregido</b>	35	339.9497222			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE Total Media**

0.922068 8.729726 1.213189 13.89722

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	210.3580556	42.0716111	28.58	<.0001
<b>Vaca(Finca)</b>	6	46.7450000	7.7908333	5.29	0.0027
<b>Periodo</b>	2	25.5772222	12.7886111	8.69	0.0023
<b>Tratamiento</b>	2	26.4405556	13.2202778	8.98	0.0020
<b>Residual</b>	2	4.3359722	2.1679861	1.47	0.2556

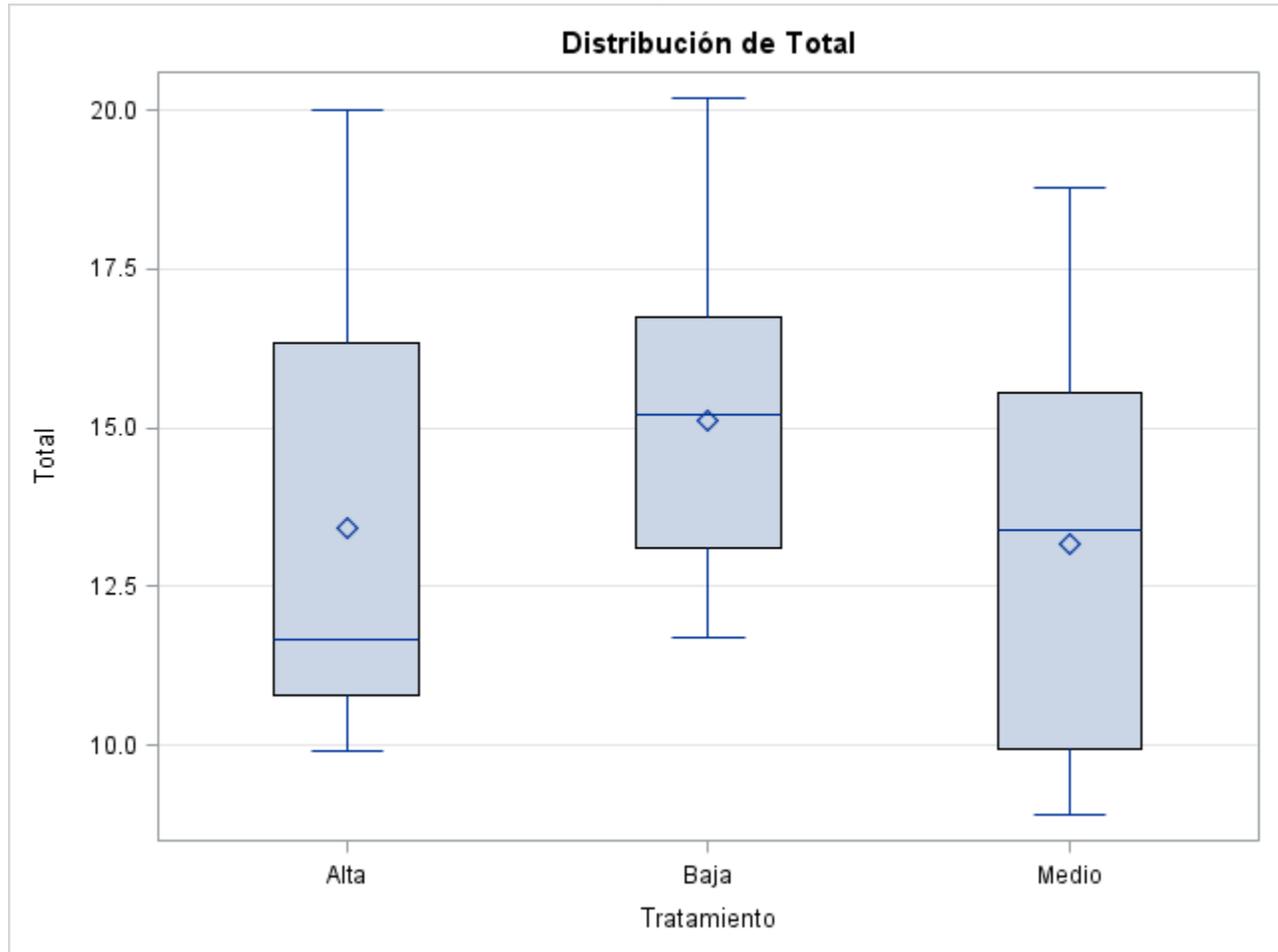
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	212.7165833	42.5433167	28.91	<.0001
<b>Vaca(Finca)</b>	6	46.7450000	7.7908333	5.29	0.0027
<b>Periodo</b>	1	0.1350000	0.1350000	0.09	0.7655
<b>Tratamiento</b>	2	13.4590833	6.7295417	4.57	0.0248
<b>Residual</b>	2	4.3359722	2.1679861	1.47	0.2556

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	210.3580556	42.0716111	5.40	0.0317

Sistema SAS

Procedimiento GLM



## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Total

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	1.471829
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	3.60930
<b>Diferencia significativa mínima</b>	1.264

**Medias con la misma letra no  
son significativamente diferentes.**

<b>Tukey Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Tratamiento</b>
A	15.1000	12	Baja
B	13.4250	12	Alta
B			
B	13.1667	12	Medio

## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: Consumo Suplemento

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	19.92083333	1.17181373	3.70	0.0043
<b>Error</b>	18	5.70666667	0.31703704		
<b>Total corregido</b>	35	25.62750000			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE Suplemento Media**

0.777323 14.04725 0.563060 4.008333

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	11.95250000	2.39050000	7.54	0.0006
<b>Vaca(Finca)</b>	6	1.75500000	0.29250000	0.92	0.5019
<b>Periodo</b>	2	1.31166667	0.65583333	2.07	0.1554
<b>Tratamiento</b>	2	3.86166667	1.93083333	6.09	0.0095
<b>Residual</b>	2	1.04000000	0.52000000	1.64	0.2216

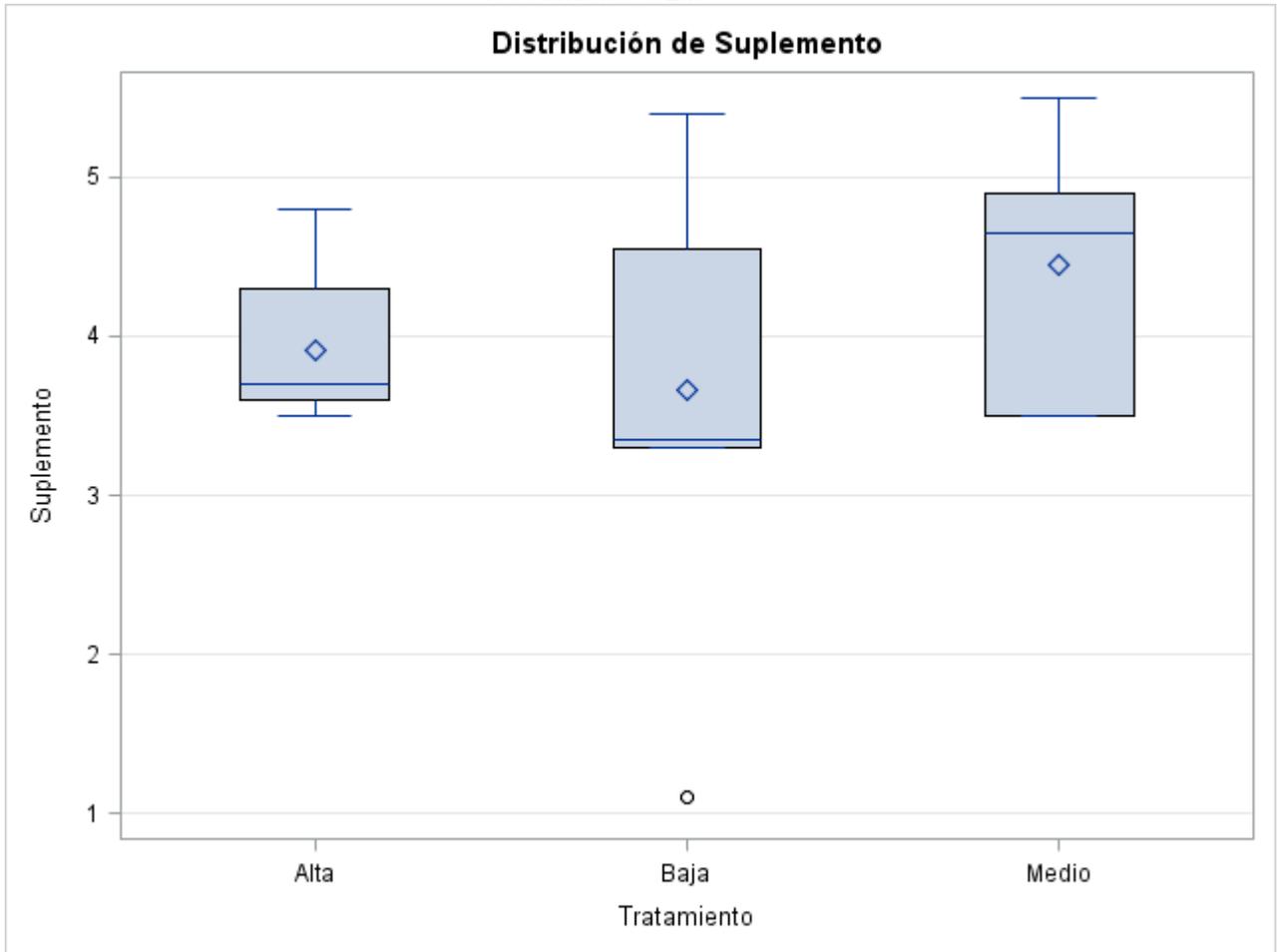
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	7.82816667	1.56563333	4.94	0.0051
<b>Vaca(Finca)</b>	6	1.75500000	0.29250000	0.92	0.5019
<b>Periodo</b>	1	0.26041667	0.26041667	0.82	0.3767
<b>Tratamiento</b>	2	2.58533333	1.29266667	4.08	0.0346
<b>Residual</b>	2	1.04000000	0.52000000	1.64	0.2216

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	11.95250000	2.39050000	8.17	0.0118

Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS
-------------

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Suplemento

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	0.317037
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	3.60930
<b>Diferencia significativa mínima</b>	0.5867

**Medias con la misma letra no  
son significativamente diferentes.**

<b>Tukey</b>	<b>Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Tratamiento</b>
	A	4.4500	12	Medio
	A			
B	A	3.9083	12	Alta
B				
B		3.6667	12	Baja

Sistema SAS
-------------

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: Heces

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	31.42625000	1.84860294	8.44	<.0001
<b>Error</b>	18	3.94125000	0.21895833		
<b>Total corregido</b>	35	35.36750000			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE Heces Media**

0.888563 9.903277 0.467930 4.725000

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	11.87583333	2.37516667	10.85	<.0001
<b>Vaca(Finca)</b>	6	3.89166667	0.64861111	2.96	0.0343
<b>Periodo</b>	2	3.69500000	1.84750000	8.44	0.0026
<b>Tratamiento</b>	2	11.55500000	5.77750000	26.39	<.0001
<b>Residual</b>	2	0.40875000	0.20437500	0.93	0.4114

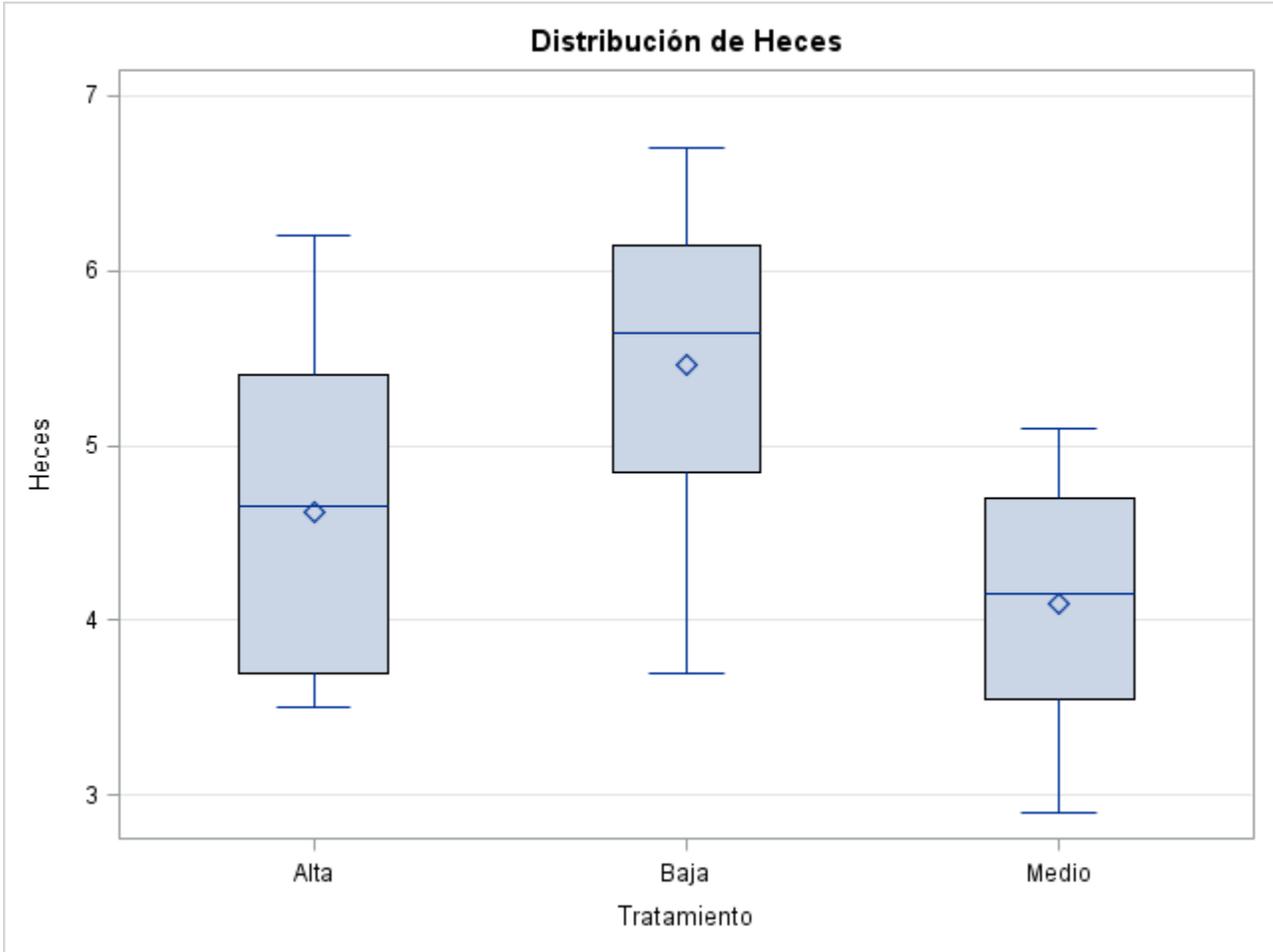
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	10.35558333	2.07111667	9.46	0.0001
<b>Vaca(Finca)</b>	6	3.89166667	0.64861111	2.96	0.0343
<b>Periodo</b>	1	1.98375000	1.98375000	9.06	0.0075
<b>Tratamiento</b>	2	10.99075000	5.49537500	25.10	<.0001
<b>Residual</b>	2	0.40875000	0.20437500	0.93	0.4114

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	11.87583333	2.37516667	3.66	0.0727

Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS
-------------

## Procedimiento GLM

## Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Heces

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	0.218958
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	3.60930
<b>Diferencia significativa mínima</b>	0.4875

**Medias con la misma letra no  
son significativamente diferentes.**

<b>Tukey Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Tratamiento</b>
A	5.4667	12	Baja
B	4.6167	12	Alta
C	4.0917	12	Medio

## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: Leche:consumo

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	2.92930556	0.17231209	9.51	<.0001
<b>Error</b>	18	0.32625000	0.01812500		
<b>Total corregido</b>	35	3.25555556			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE VAR14 Media**

0.899787 10.44536 0.134629 1.288889

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	1.43888889	0.28777778	15.88	<.0001
<b>Vaca(Finca)</b>	6	0.51666667	0.08611111	4.75	0.0046
<b>Periodo</b>	2	0.58722222	0.29361111	16.20	<.0001
<b>Tratamiento</b>	2	0.32722222	0.16361111	9.03	0.0019
<b>Residual</b>	2	0.05930556	0.02965278	1.64	0.2224

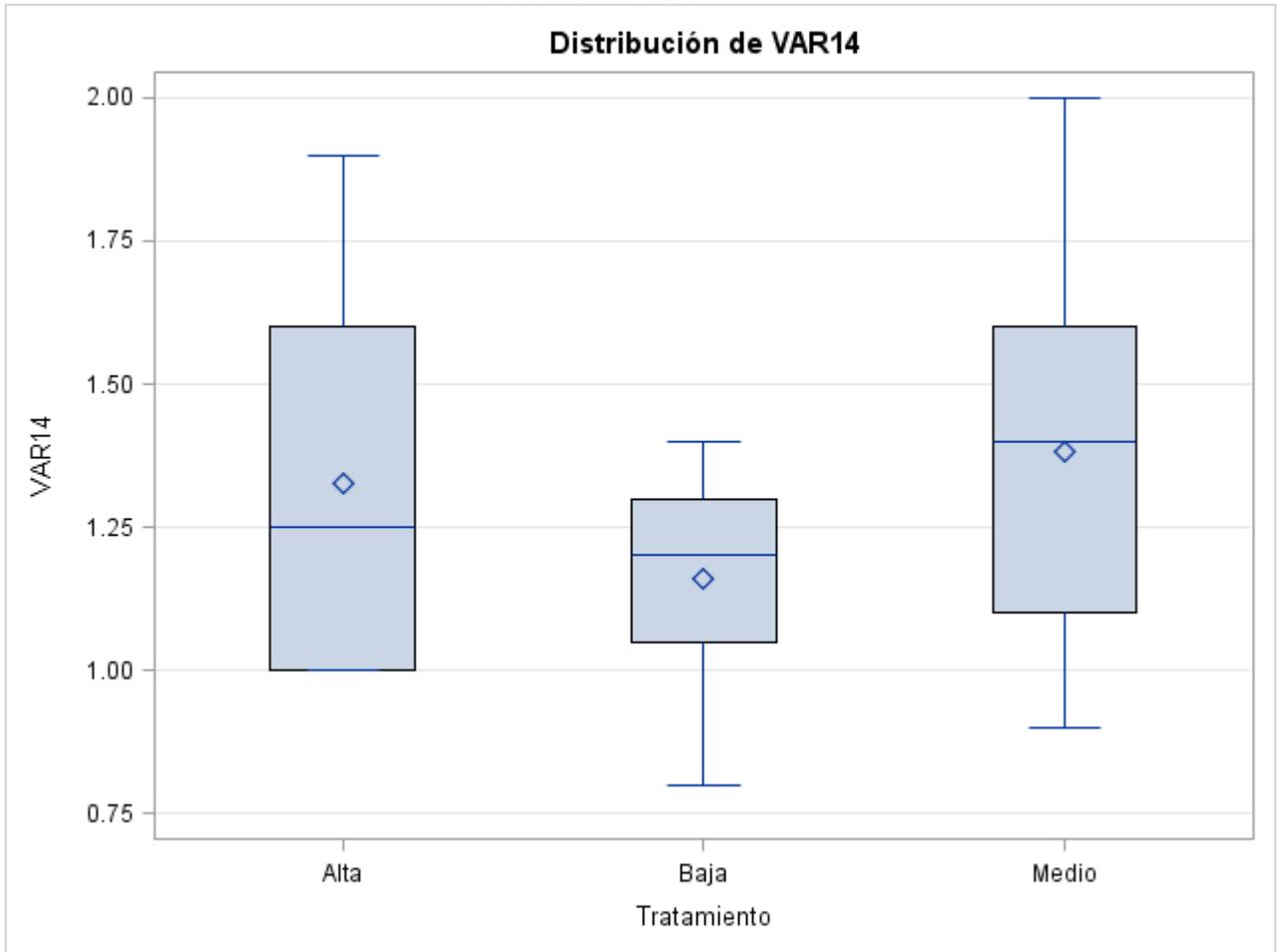
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	1.33741667	0.26748333	14.76	<.0001
<b>Vaca(Finca)</b>	6	0.51666667	0.08611111	4.75	0.0046
<b>Periodo</b>	1	0.07041667	0.07041667	3.89	0.0643
<b>Tratamiento</b>	2	0.27175000	0.13587500	7.50	0.0043
<b>Residual</b>	2	0.05930556	0.02965278	1.64	0.2224

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	1.43888889	0.28777778	3.34	0.0870

Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS
-------------

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Relación leche: consumo

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	0.018125
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	3.60930
<b>Diferencia significativa mínima</b>	0.1403

**Medias con la misma letra no  
son significativamente diferentes.**

<b>Tukey Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Tratamiento</b>
A	1.38333	12	Medio
A			
A	1.32500	12	Alta
B	1.15833	12	Baja

Sistema SAS
-------------

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: Dig

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	1505.473472	88.557263	5.92	0.0002
<b>Error</b>	18	269.325417	14.962523		
<b>Total corregido</b>	35	1774.798889			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE Dig Media**

0.848250 5.933239 3.868142 65.19444

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	692.1622222	138.4324444	9.25	0.0002
<b>Vaca(Finca)</b>	6	12.4300000	2.0716667	0.14	0.9892
<b>Periodo</b>	2	621.1605556	310.5802778	20.76	<.0001
<b>Tratamiento</b>	2	101.2572222	50.6286111	3.38	0.0566
<b>Residual</b>	2	78.4634722	39.2317361	2.62	0.1002

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	710.2709167	142.0541833	9.49	0.0001
<b>Vaca(Finca)</b>	6	12.4300000	2.0716667	0.14	0.9892
<b>Periodo</b>	1	105.4204167	105.4204167	7.05	0.0161
<b>Tratamiento</b>	2	158.5335833	79.2667917	5.30	0.0155
<b>Residual</b>	2	78.4634722	39.2317361	2.62	0.1002

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	692.1622222	138.4324444	66.82	<.0001

## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: Dig

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	1505.473472	88.557263	5.92	0.0002
<b>Error</b>	18	269.325417	14.962523		
<b>Total corregido</b>	35	1774.798889			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE Dig Media**

0.848250 5.933239 3.868142 65.19444

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	692.1622222	138.4324444	9.25	0.0002
<b>Vaca(Finca)</b>	6	12.4300000	2.0716667	0.14	0.9892
<b>Periodo</b>	2	621.1605556	310.5802778	20.76	<.0001
<b>Tratamiento</b>	2	101.2572222	50.6286111	3.38	0.0566
<b>Residual</b>	2	78.4634722	39.2317361	2.62	0.1002

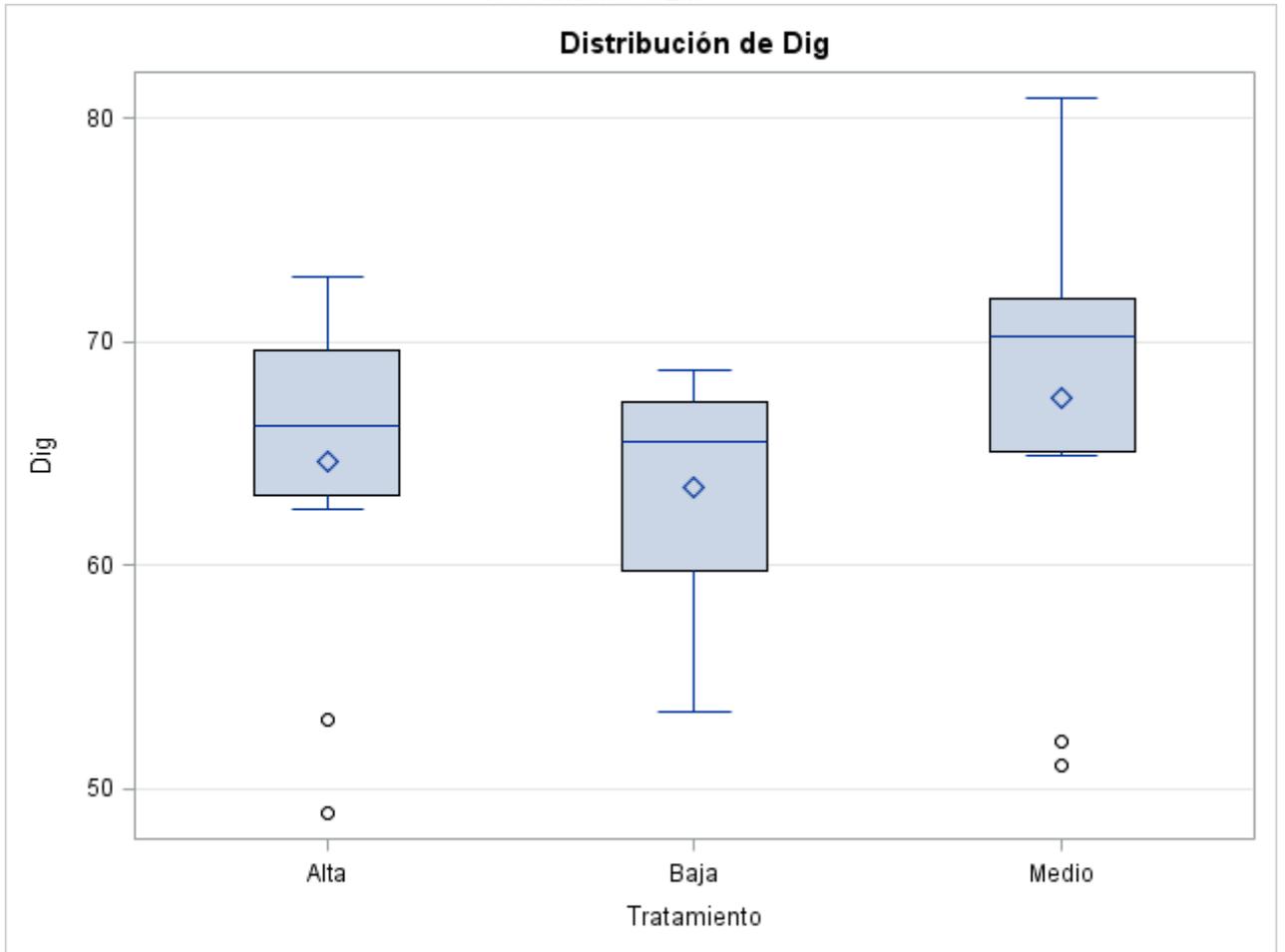
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	710.2709167	142.0541833	9.49	0.0001
<b>Vaca(Finca)</b>	6	12.4300000	2.0716667	0.14	0.9892
<b>Periodo</b>	1	105.4204167	105.4204167	7.05	0.0161
<b>Tratamiento</b>	2	158.5335833	79.2667917	5.30	0.0155
<b>Residual</b>	2	78.4634722	39.2317361	2.62	0.1002

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	692.1622222	138.4324444	66.82	<.0001

Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS
-------------

Procedimiento GLM

t Tests (LSD) para Dig

Note: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	14.96252
<b>Valor crítico de t</b>	2.10092
<b>Diferencia menos significativa</b>	3.3177

**Medias con la misma letra no  
son significativamente diferentes.**

t	Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
	A	67.458	12	Medio
	A			
B	A	64.675	12	Alta
B				
B		63.450	12	Baja

## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: TDN

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	226.3676389	13.3157435	11.00	<.0001
<b>Error</b>	18	21.7954167	1.2108565		
<b>Total corregido</b>	35	248.1630556			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE TDN Media**

0.912173 12.00789 1.100389 9.163889

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	147.9080556	29.5816111	24.43	<.0001
<b>Vaca(Finca)</b>	6	24.9483333	4.1580556	3.43	0.0194
<b>Periodo</b>	2	41.9272222	20.9636111	17.31	<.0001
<b>Tratamiento</b>	2	4.3672222	2.1836111	1.80	0.1933
<b>Residual</b>	2	7.2168056	3.6084028	2.98	0.0762

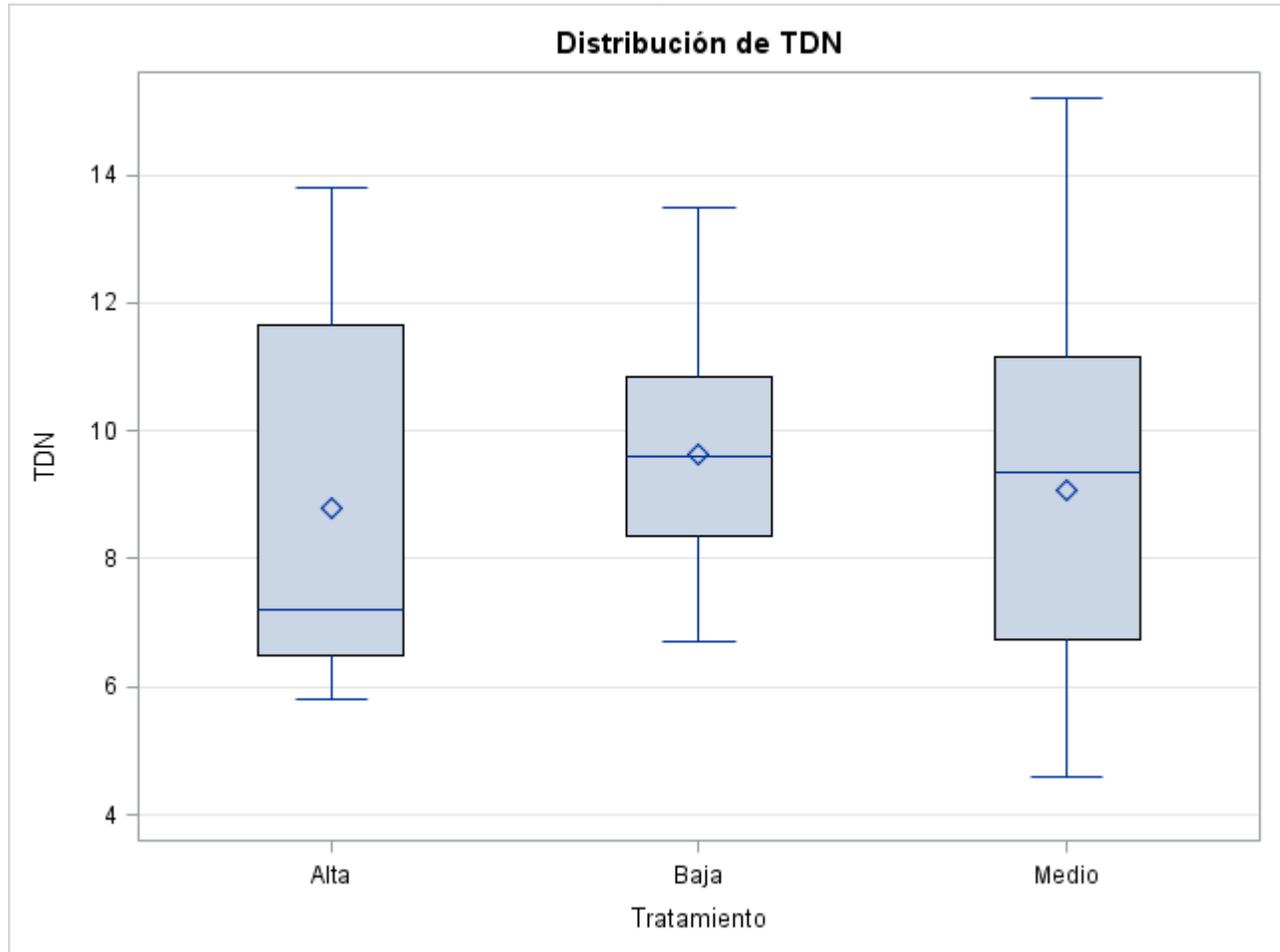
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	153.5990833	30.7198167	25.37	<.0001
<b>Vaca(Finca)</b>	6	24.9483333	4.1580556	3.43	0.0194
<b>Periodo</b>	1	1.1266667	1.1266667	0.93	0.3475
<b>Tratamiento</b>	2	0.7985833	0.3992917	0.33	0.7233
<b>Residual</b>	2	7.2168056	3.6084028	2.98	0.0762

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	147.9080556	29.5816111	7.11	0.0166

Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS
-------------

## Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para TDN

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	1.210856
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	3.60930
<b>Diferencia significativa mínima</b>	1.1465

**Medias con la misma letra no  
son significativamente diferentes.**

<b>Tukey Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Tratamiento</b>
A	9.6333	12	Baja
A			
A	9.0583	12	Medio
A			
A	8.8000	12	Alta

## Sistema SAS

## Procedimiento GLM

Variable dependiente: Llibres

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	17	130.4543562	7.6737857	3.79	0.0037
<b>Error</b>	18	36.4149646	2.0230536		
<b>Total corregido</b>	35	166.8693209			

**R-cuadrado Coef Var Raíz MSE Llibres Media**

0.781776 11.08488 1.422341 12.83136

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	43.94129941	8.78825988	4.34	0.0091
<b>Vaca(Finca)</b>	6	47.31875318	7.88645886	3.90	0.0114
<b>Periodo</b>	2	17.42360754	8.71180377	4.31	0.0296
<b>Tratamiento</b>	2	13.80724707	6.90362354	3.41	0.0554
<b>Residual</b>	2	7.96344904	3.98172452	1.97	0.1686

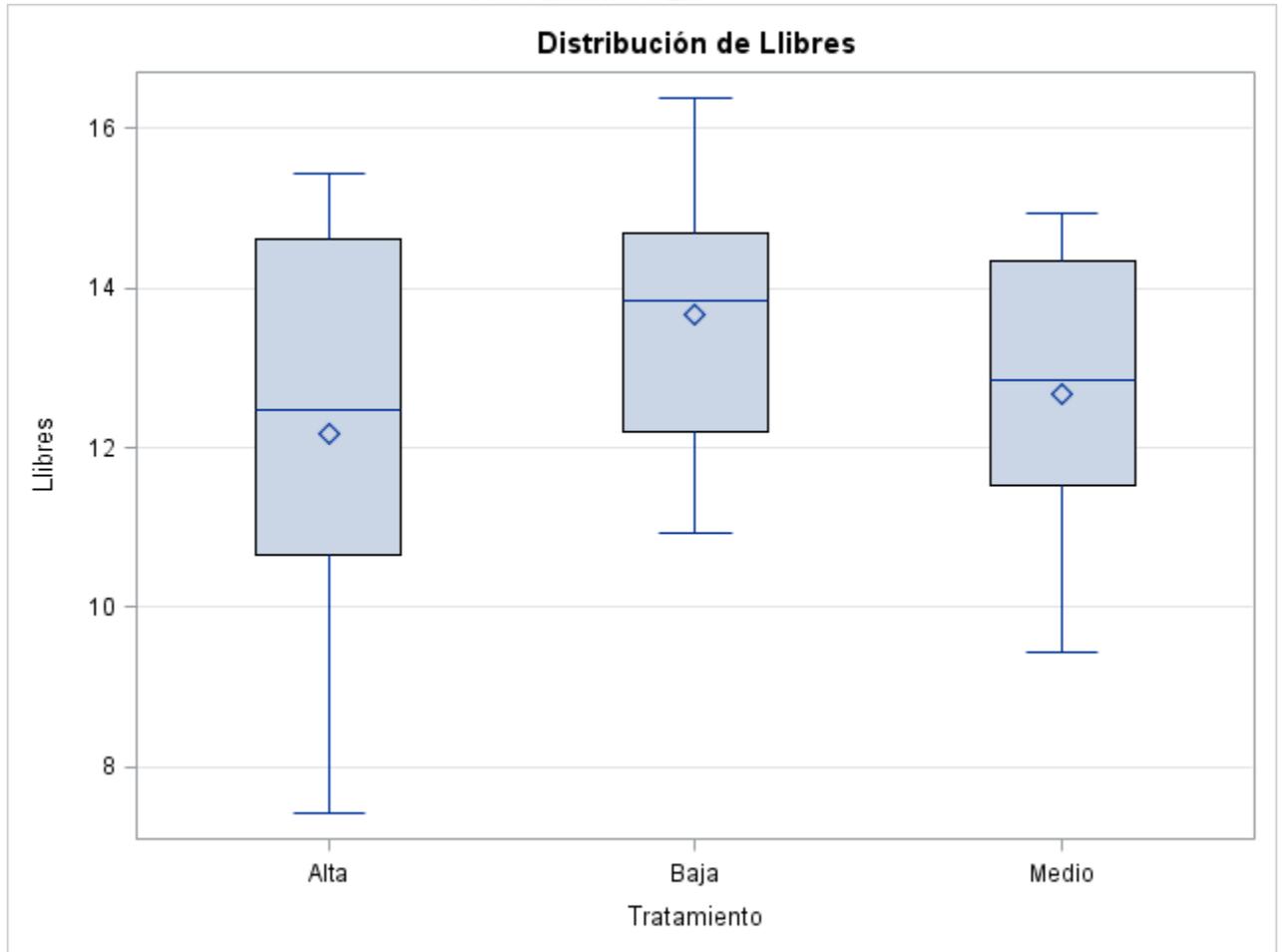
<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo III SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	38.22545542	7.64509108	3.78	0.0163
<b>Vaca(Finca)</b>	6	47.31875318	7.88645886	3.90	0.0114
<b>Periodo</b>	1	15.32958184	15.32958184	7.58	0.0131
<b>Tratamiento</b>	2	17.04627241	8.52313621	4.21	0.0316
<b>Residual</b>	2	7.96344904	3.98172452	1.97	0.1686

**Tests de hipótesis usando el MS Tipo I para Vaca(Finca) como un término de error**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Tipo I SS</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Finca</b>	5	43.94129941	8.78825988	1.11	0.4414

Sistema SAS

Procedimiento GLM



Sistema SAS
-------------

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Llibres

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	18
<b>Error de cuadrado medio</b>	2.023054
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	3.60930
<b>Diferencia significativa mínima</b>	1.482

**Medias con la misma letra no  
son significativamente diferentes.**

Tukey	Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
	A	13.6584	12	Baja
	A			
B	A	12.6675	12	Medio
B				
B		12.1682	12	Alta