

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



**Universidad de El Salvador**

*Hacia la libertad por la cultura*

**EVALUACIÓN DE DOS NIVELES DE PROTEÍNA Y LA ADICIÓN DE HENO DE VIGNA  
(*Vigna sinensis*) EN LA DIETA SOBRE LA PRODUCCIÓN, COMPOSICIÓN LÁCTEA,  
EXCRECIÓN DE NITRÓGENO Y RENTABILIDAD DE VACAS LECHERAS EN  
SONSONATE, EL SALVADOR**

POR:

**AGUILAR AGUILAR, JOSÉ MAURICIO.  
AGUILAR HERNÁNDEZ, KAROL CECILIA.  
ALAS AVELAR, NORRY PATRICIA.  
COLINDRES BONILLA, CARLOS ENRIQUE.**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 2014.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS



**Universidad de El Salvador**

*Hacia la libertad por la cultura*

**EVALUACIÓN DE DOS NIVELES DE PROTEÍNA Y LA ADICIÓN DE HENO DE VIGNA  
(*Vigna sinensis*) EN LA DIETA SOBRE LA PRODUCCIÓN, COMPOSICIÓN LÁCTEA,  
EXCRECIÓN DE NITRÓGENO Y RENTABILIDAD DE VACAS LECHERAS EN  
SONSONATE, EL SALVADOR**

POR:

**AGUILAR AGUILAR, JOSÉ MAURICIO.  
AGUILAR HERNÁNDEZ, KAROL CECILIA.  
ALAS AVELAR, NORRY PATRICIA.  
COLINDRES BONILLA, CARLOS ENRIQUE.**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO 2014.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA



**Universidad de El Salvador**

*Hacia la libertad por la cultura*

**EVALUACIÓN DE DOS NIVELES DE PROTEÍNA Y LA ADICIÓN DE HENO DE VIGNA  
(*Vigna sinensis*) EN LA DIETA SOBRE LA PRODUCCIÓN, COMPOSICIÓN LÁCTEA,  
EXCRECIÓN DE NITRÓGENO Y RENTABILIDAD DE VACAS LECHERAS EN  
SONSONATE, EL SALVADOR**

POR:

**AGUILAR AGUILAR, JOSÉ MAURICIO.  
AGUILAR HERNÁNDEZ, KAROL CECILIA.  
ALAS AVELAR, NORRY PATRICIA.  
COLINDRES BONILLA, CARLOS ENRIQUE.**

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:  
LICENCIADO (A) EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO 2014.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL:

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE CIENCIA AGRONÓMICAS

DECANO:

ING. AGR. MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO:

ING. AGR. MSC. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

ING. AGR. MSC. NAPOLEÓN EDGARDO PAZ QUEVEDO

DOCENTES DIRECTORES

ING. AGR. MSC. ELMER EDGARDO COREA GUILLEN

ING.AGR.ENRIQUE ALONSO ALAS GARCIA

ING.AGR. JUAN MILTON FLORES TENSOS

COORDINADOR GENERAL DE LOS PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. AGR. CARLOS ENRIQUE RUANO IRAHETA

## RESUMEN

Esta investigación se desarrolló en la hacienda El Milagro en el Municipio de Caluco, Sonsonate; y en el laboratorio de Química Agrícola, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador; durante Junio a Diciembre de 2013.

Se utilizaron 32 vacas Holstein multíparas, con un peso de  $522 \pm 7.73$  kg y una producción de  $29 \pm 4.9$  kg de leche/día,  $90 \pm 30$  días en lactancia (DL), con condición corporal entre 3.5 y 3.75, e historiales de salud normales. Las vacas fueron asignadas en cuatro grupos repartiendo los efectos de peso, producción y DL homogéneamente entre ellos; para recibir cuatro tratamientos formados por la combinación de dos niveles de Proteína Cruda (PC), con dos inclusiones de heno de *Vigna sinensis* (V). Las dietas se desarrollaron utilizando ensilado de sorgo, con o sin *Vigna* como forraje y dos niveles de PC en la materia seca. Las dietas fueron balanceadas utilizando el programa CPM Dairy V3®. Los tratamientos fueron T1= PC: 17%, V: 0%, T2= PC: 17%, V:12.5%, T3= PC:15.5%, V:0%, T4= PC:15.5%, V:12.5%.

Las vacas fueron alimentadas ad libitum y ordeñadas mecánicamente tres veces al día. El experimento se desarrolló como un cuadrado latino con 84 días, dividido en cuatro periodos de 21 días, con 14 días de adaptación y siete días de recolección de datos y muestras. En ellos se pesó el alimento ofrecido, rechazado y la producción individual. Durante tres de los siete días, se muestreo individualmente orina, heces y leche (AM y PM) y los alimentos por tratamiento (heno, ensilado y concentrado), y se transportaron en hielera a 4°C. En la leche se analizó PC, grasa, lactosa, sólidos no grasos y nitrógeno ureico en leche (NUL). En el alimento y heces se determinó materia seca (MS), PC, Fibra Neutro Detergente (FND), cenizas y cenizas insolubles en ácido (CIA). En la orina se analizaron creatinina y Nitrógeno (N).

Se evaluaron las variables: Consumo de materia seca (Kg), Producción de leche (Kg), Eficiencia Alimenticia (Leche Kg/Consumo MS,Kg), Costo de la ración diaria, costo por kg de MS, valor de la producción, Ingreso Sobre el Costo de Alimentación (USD), Nutrientes de la leche: PC, Grasa, Lactosa y Sólidos no grasos (%) y su producción (kg/d); Eficiencia aparente del N en leche (N leche/N consumido), NUL (mg/dl), Digestibilidad aparente de: MS, MO, PC, FND (%), Producción de estiércol (Kg) y litros de orina (L), Excreción de N en Orina y Heces (gr/día, N excretado/N consumido).

Los datos fueron analizados utilizando un modelo de cuadrado latino, con arreglo factorial 2x2, con cuatro tratamientos (dietas), ocho observaciones (vacas) y cuatro periodos, utilizando un modelo general lineal de SPSS 21.0. Las diferencias debidas a los efectos, *Vigna* y PC en la dieta se consideraron significativas a  $p < 0.05$ .

No se observaron cambios significativos, por la adición de *Vigna* en el consumo de MS (20.1 vs 19.5 kg,  $p=0.150$ ) y la producción láctea (28.7 vs 29.3 kg,  $p=0.520$ ), para 0% y 12.5% de inclusión, ni por el cambio de 17 a 15.5% de PC, en estas mismas variables (20.0 vs 19.5 kg,  $p=0.140$ ) y (28.9 vs 29.2 kg,  $p=0.752$ ) respectivamente. Mientras que la eficiencia de N en leche, mejoró con la adición de 12.5% de *Vigna* (26.9 vs 28.6%,  $p=0.048$ ) y con la disminución de 17 a 15.5% de PC (26.7 vs 28.8 %,  $p=0.007$ ).

El contenido de grasa, PC, lactosa, sólidos no grasos y la producción diaria de éstos nutrientes, no cambió significativamente al adicionar 12.5% de *Vigna* a la dieta, ni al variar el nivel de PC de 17 a 15.5%. Pero la adición de *Vigna* y la disminución de la PC en la dieta, disminuyeron el NUL (18.4 vs 17.3 mg/dL  $p=0.003$ ) y (19.1 vs 16.6 mg/dL,  $p=0.000$ ) respectivamente.

Con la adición de 12.5% de *Vigna*, el costo de la ración consumida (6.37 vs. 5.93 USD,  $p=0.002$ ) y el costo de alimento por kg de leche (0.23 vs. 0.21 USD,  $p=0.001$ ) disminuyeron; mientras que el ingreso sobre el costo de alimentación (9.32 vs. 10.09 USD,  $p=0.047$ ), y el beneficio/costo (2.48 vs. 2.72  $p=0.001$ ), aumentaron. La disminución del 17 al 15.5% de PC, bajo el costo de la ración (6.47 vs 5.83 USD,  $p=0.000$ ), sin afectar el ingreso en leche.

La digestibilidad de MS (69.77 vs. 73.72 %,  $p=0.000$ ), MO (64.48 vs. 70.55 %,  $p=0.000$ ), PC (69.77 vs 73.21  $p=0.000$ ) y FND (41.95 vs. 52.15 %,  $p=0.000$ ), aumentó al adicionar 12.5% de *Vigna* a la dieta. Al variar la proteína de 17 a 15.5%, no se obtuvieron cambios significativos en la digestibilidad de los diferentes componentes.

En las vacas cuyas dietas contenían *Vigna*, la excreción de heces disminuyó (7.79 vs. 6.31 kg  $p=0.000$ ), de N en las heces (157.24 vs. 134.44 gr/d  $p=0.000$ ) y proporción del N consumido que apareció en las heces (29.82 vs. 26.56%,  $p=0.000$ ) disminuyó. También el N en orina disminuyó (231.99 vs. 217.06 gr/d  $p=0.024$ ), lo cual sugiere un menor desperdicio del N por parte de las vacas. Se encontró mayor excreción de N en las heces (150.2 vs. 140.5 gr/d  $p=0.004$ ) y en la orina (244.4 vs. 204.6 gr/d  $p=0.000$ ) cuando el contenido de PC de la dieta fue 17 en lugar de 15.5%.

Se concluye que la inclusión de 12.5% de *Vigna* en la MS de la dieta de las vacas, no altera la composición ni la producción de nutrientes en la leche; disminuye el costo de la ración, incrementa la utilidad y la digestibilidad, mientras que disminuye la excreción de nitrógeno en orina y en heces. Por otra parte la disminución de la proteína de 17 a 15.5%, no afectó el consumo, la producción y la composición de la leche, ni la digestibilidad; pero disminuyó el costo de la ración y la cantidad de N excretado en heces y orina. Palabras claves: *Vigna*, vacas lecheras, excreción de nutrientes, digestibilidad, producción láctea.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios el bendito creador de la vida y de la sabiduría por sus bendiciones en nuestras vidas y permitirnos culminar este paso importante en nuestra formación académica.

A nuestros maestros de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarnos como personas de bien y preparadas para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos.

Al Ing. Jose Roberto Castillo Paredes por confiar su hacienda en este estudio, y porque sin su colaboración este estudio no habría sido posible.

Al proyecto OIEA ELS 5011 por financiar la mayor parte de esta investigación.

Proyecto CIC UES 11.16

Al departamento de Química Agrícola por su colaboración en el proceso de muestras y análisis de laboratorio.

Al departamento de Zootecnia por poner en nosotros su confianza a la realización de este proyecto.

A la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.



## DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico primeramente a Dios el creador de todas las cosas porque Él me ha guiado en cada una de las decisiones en mi vida y me ha dado inteligencia y sabiduría para poder llegar hasta donde me encuentro.

Al esfuerzo de mi padre Edgar Aguilar por la esperanza que implanta en mí y todos los conocimientos que me ha transmitido con amor y paciencia a lo largo de los años de estudio y de practica que hemos compartido.

A mi madre Lorena de Aguilar por ser lo más cercano al cielo en la tierra, un ángel. Por creer siempre en mí, apoyar mis ideales, y recordarme cada vez lo mucho que me ama.

A mi hermano, por la buena energía y el apoyo que siempre me ha brindado incondicionalmente.

Gracias amados abuelos Adrián y Eva gracias a su sabiduría influyeron en mi la madurez para lograr todos los objetivos en la vida, es para ustedes está tesis en agradecimiento por todo su amor.

A los catedráticos Ing. Msc. Elmer Edgardo Corea Guillen, Ing. Enrique Alonso Alas García, Ing. Juan Milton Flores Tensos que han asesorado este estudio e invertido tiempo valioso, por su labor, compañerismo y excelente desempeño.

A mis amigos Emilio Chahín, Ezequiel Jovel, Josué Pineda, que me han brindado su apoyo incondicional y colaboraron con parte de mi formación.

A mis tías Gladis Vega y Concepción López por su apoyo a lo largo de los años en mi formación académica y sus buenos consejos.

A mis compañeros de tesis Enrique, Nory y Karol con los cuales hemos trabajado como un equipo de trabajo y más que eso nos convertimos en buenos amigos.

Gracias a esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado. Con todo mi cariño está tesis se las dedico a ustedes.

Dios les Bendiga.

*Jose Mauricio Aguilar Aguilar.*

## DEDICATORIA

“El hombre que ha empezado a vivir seriamente por dentro, empieza a vivir más sencillamente por fuera”

Ernest Hemingway

Gracias a Dios por darme la fortaleza y sensatez en todo el camino, a mis padres y hermanas por el amor y apoyo, a Leonardo Aguilar por la comprensión, paciencia y estar siempre en los momentos importantes de mi vida, a mis amigas por su compañía.

*Karol C. Aguilar Hernández*

## DEDICATORIA

En primer lugar quiero darle las gracias, a Dios creador del cielo, la tierra y todas las cosas bellas que existen sobre el planeta, por darme la sabiduría de elegir con toda seguridad mi profesión Medico Veterinaria que amo tanto y también le doy las gracias por haber conocido a cada uno de mis maestros y de compartir buenas experiencias laborales con mis amigos y compañeros de estudio.

Quiero agradecer de forma especial a mis padres, Jorge y Mirian Alas, que con mucho esfuerzo y trabajo lograron apoyarme siempre, formándome con buenos valores, educación y preparación profesional, sin poner en duda mi desempeño, ni mi deseo de superación.

A mis hermanos y sobrino Alberto, Adela, José y Bairom Alas. que mantuvieron la fe todo el tiempo en que culminara los estudios y me dieron fuerza en los momentos en que me sentía frustrada, por continuar mi preparación sin dejarme solo en esos duros momentos.

A mis abuelos y tíos, pero especialmente a mi tía Enma Alas y sus hijos Mauricio y miguel Alas, por su apoyo ilimitado que estuvieron todo el tiempo pendientes de mis estudios, ayudándome en los momentos más difíciles de mi preparación profesional.

A mis profesores y asesores de tesis, Ing. Msc. Elmer Edgardo Corea Guillen, Ing. Enrique Alonso Alas García, Ing. Juan Milton Flores Tensos, que confiaron en mi persona para realizar este estudio de tesis, siendo incondicional en todas las actividades que se tuvieron que realizar para el buen desarrollo de la presente investigación.

A mis amigos y compañeros, Noelia Guevara, Héctor Guardado, Iliana Guevara, Irma Torres, Manuel Mendoza, Ezequiel Castaneda, Josué Pineda, Emilio Chahin y Karen de lopez, que me acompañaron y apoyaron para la culminación con éxito de este proyecto.

A mis compañeros de Tesis, Mauricio, Enrique y Karol que me ayudaron a superar este reto de la mejor manera.

*Nory Patricia Alas Avelar.*

## DEDICATORIA

A Dios Padre por darme la vida y darme la esperanza y el amor que da un verdadero Padre.

A Jesús de Nazaret por su fidelidad y confianza que me inyecta día con día al saber que todo lo que tengo y todo lo que soy se lo debo a Él.

Al Espíritu Santo por darme la sabiduría y siempre hacerme escoger lo mejor.

A la virgen María por su intercesión para que yo pudiese alcanzar mis metas y sueños.

A mi madre por su apoyo incondicional durante toda mi carrera, por creer en mí y darme la fuerza para seguir adelante.

A mi tía Paulita por siempre recordarme que Dios tiene el control.

A mi tía Juli por su ayuda para formarme como un buen profesional.

A mi prima Michelle por siempre animarme a luchar por mis sueños siendo autentico y único.

A mis amigas Luisa e Ili por siempre darme ánimos y estando en todo momento conmigo.

A mis amigos Mandy, Adolfo, Mario, Alex e Iván por siempre estar ahí para mí cuando más los necesito, estando en las buenas y en las malas.

A la Dra. María José Vargas y a la Dra. Francis Alvarenga por su apoyo y amistad incondicional.

Dios los bendice.

*Carlos Enrique Colindres Bonilla.*

## Índice General

| Contenido  | Páginas |
|--|---------|
| Resumen  | iv      |
| 1. Introducción  | 1       |
| 2. Revisión bibliográfica  | 2       |
| 2.1 La ganadería lechera en El Salvador                                    | 2       |
| 2.2 Importancia Económica de la ganadería                                  | 2       |
| 2.2.1 Panorama nacional de la producción de leche en El Salvador           | 2       |
| 2.2.2 La ganadería lechera como fuente de trabajo y su contribución al PIB | 3       |
| 2.2.3 Precios de la leche  | 4       |
| 2.2.4 Factores que afectan la rentabilidad lechera                         | 4       |
| 2.3 Composición de la leche  | 5       |
| 2.4 Alimentación del ganado lechero  | 6       |
| 2.4.1 Nutrientes importantes en la alimentación de vacas lecheras          | 7       |
| 2.4.1.1 Proteína   | 7       |
| 2.4.1.2 Energía  | 7       |
| 2.4.1.3 Almidón  | 8       |
| 2.4.1.4 Fibra  | 8       |
| 2.4.2 Digestibilidad y evaluación de los alimentos                         | 9       |
| 2.4.3 Estudios en evaluación de alimentos                                  | 10      |
| 2.4.4 Transformación de proteínas en el rumen                              | 12      |
| 2.4.5 Materias primas usadas en alimentación de ganado lechero             | 12      |
| 2.4.5.1 Concentrados   | 12      |
| 2.4.5.2 Ingredientes proteicos   | 13      |
| 2.4.5.3 Ingredientes energéticos   | 14      |
| 2.4.5.4 Suplementos o aditivos   | 15      |
| 2.4.6. Forrajes  | 17      |
| 2.4.6.1 Pastos   | 18      |
| 2.4.6.2 Forrajes de corte  | 18      |
| 2.4.6.3 Cultivos anuales   | 19      |
| 2.4.6.4 Leguminosas Forrajeras   | 19      |
| 2.4.7. Conservación de Forrajes  | 21      |
| 2.5 Impacto de las ganaderías en el ambiente                               | 22      |
| 2.5.1 Contaminación ambiental del ganado                                   | 22      |
| 2.5.2 Eficiencia nutricional y el impacto ambiental                        | 23      |
| 2.5.3 Gases de efecto invernadero producidos por bovinos                   | 23      |
| 2.5.3.1 Metano   | 24      |
| 2.5.3.2 Óxido nitroso  | 24      |
| 2.5.4 Excreciones producidas por el ganado                                 | 25      |
| 2.5.4.1 Estiércol  | 25      |
| 2.5.4.2 Orina  | 26      |
| 3. Metodología   | 28      |
| 3.1 Ubicación  | 28      |
| 3.2 Animales   | 28      |
| 3.3 Manejo   | 28      |
| 3.4 Dieta  | 28      |
| 3.5 Tratamientos   | 30      |
| 3.6 Recolección de datos   | 30      |
| 3.7 Muestreo   | 30      |
| 3.8 Análisis de laboratorio  | 31      |

|  |    |
|--|----|
| 3.9 Análisis estadístico                               | 32 |
| 3.10 Comparación económica                             | 32 |
| 4. Resultados y Discusión                              | 34 |
| 4.1 Consumo, producción y eficiencia                   | 34 |
| 4.2 Composición y producción de nutrientes en la leche | 35 |
| 4.3 Costos y utilidades parciales                      | 37 |
| 4.4 Digestibilidad aparente de los nutrientes          | 39 |
| 4.5 Excreción de orina, heces y nutrientes             | 40 |
| 5. Conclusiones  | 43 |
| 6. Recomendaciones                                     | 44 |
| 7. Bibliografía  | 45 |
| 8. Anexos  | 55 |

## Índice de cuadros

|   |    |
|---|----|
| <b>Cuadro 1</b> Producto Interno Bruto Sector Agropecuario Ampliado por Rama de Actividad Económica en El Salvador  | 3  |
| <b>Cuadro 2</b> Precio por litro de leche sin IVA pagado al productor a octubre/2011  | 4  |
| <b>Cuadro 3</b> Composición promedio de la leche en porcentajes para las diferentes razas   | 5  |
| <b>Cuadro 4</b> Excreción urinaria según aportes proteicos  | 26 |
| <b>Cuadro 5</b> Descripción de las dietas experimentales en porcentajes de Materia Seca   | 29 |
| <b>Cuadro 6</b> Composición nutricional de las dietas   | 30 |
| <b>Cuadro 7</b> Consumo y eficiencia alimenticia en vacas lecheras que consumen dietas con dos diferentes niveles de proteína y la adición de Vigna         | 34 |
| <b>Cuadro 8</b> Composición de la leche en vacas lecheras que consumen dietas con dos diferentes niveles de proteína y la adición de Vigna                  | 36 |
| <b>Cuadro 9</b> Rendimiento y utilidad en vacas lecheras que consumen dietas con dos diferentes niveles de proteína y la adición de Vigna                   | 38 |
| <b>Cuadro 10</b> Digestibilidad en vacas lecheras que consumen dietas con dos diferentes niveles de proteína y la adición de Vigna                          | 40 |
| <b>Cuadro 11</b> Excreción de Nitrógeno en vacas lecheras que consumen dietas con dos diferentes niveles de proteína y la adición de Vigna                  | 41 |
| <b>Cuadro A-1.</b> Cuadro A1. Costos de producción para el cultivo de 1.25 hectáreas de frijol mono (viga sinensis)   | 55 |
| <b>Cuadro A-2.</b> Variables estimadas por vaca, por periodo y por tratamiento para Rendimiento y composición láctea, utilidad, excreción y digestibilidad. | 57 |
| <b>Cuadro A-3.</b> Análisis de varianza de variable peso en kilogramos  | 65 |
| <b>Cuadro A-4.</b> Análisis de varianza de variable consumo en kilogramos   | 66 |
| <b>Cuadro A-5.</b> Análisis de varianza de variable kilogramos de leche producida   | 67 |
| <b>Cuadro A-6</b> Análisis de varianza de variable kilogramos de leche corregida ( 305 días, 3.5%grasa )  | 68 |
| <b>Cuadro A7.</b> Análisis de varianza de variable nitrógeno en leche (g)   | 69 |
| <b>Cuadro A8.</b> Eficiencia nutricional (Kg leche/ Kg MS alimento)   | 70 |
| <b>Cuadro A-9.</b> Análisis de varianza de proteína consumida (g/día)   | 71 |
| <b>Cuadro A-10.</b> Consumo y eficiencia alimenticia en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y de proteína.                       | 72 |
| <b>Cuadro A-11.</b> Análisis de varianza de variable de grasa en leche (%)  | 73 |
| <b>Cuadro A-12.</b> Análisis de varianza de variable grasa en leche (Kg/día)  | 74 |
| <b>Cuadro A-13.</b> Análisis de varianza de variable proteína cruda en leche (%)  | 75 |
| <b>Cuadro A-14.</b> Análisis de varianza de variable de proteína cruda (Kg/día)   | 76 |
| <b>Cuadro A-15.</b> Análisis de varianza de variable de lactosa en leche (%)  | 77 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Cuadro A-16.</b> Análisis de varianza de variable de lactosa en leche (Kg/día)   | 78  |
| <b>Cuadro A-17.</b> Análisis de varianza de variable de sólidos no grasos en leche. (%)                                     | 79  |
| <b>Cuadro A-18.</b> Análisis de varianza de variable de sólidos no grasos en leche ( Kg/día)                                | 80  |
| <b>Cuadro A-19.</b> Análisis de varianza de variable Nitrógeno Ureico en leche (mg/dl)                                      | 81  |
| <b>Cuadro A-20.</b> Composición de la leche en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y de proteína | 82  |
| <b>Cuadro A-21.</b> Análisis de varianza de variable costo de la dieta.(USUSD)  | 83  |
| <b>Cuadro A-22.</b> Análisis de varianza de variable costo de alimentación por Kg de leche                                  | 84  |
| <b>Cuadro A-23.</b> Análisis de varianza de variable Valor de la producción láctea ( USUSD /día)                            | 85  |
| <b>Cuadro A-24.</b> Análisis de varianza de variable Ingreso Sobre el Costo de Alimentación (USUSD)                         | 86  |
| <b>Cuadro A-25.</b> Análisis de varianza de variable beneficio costo  | 87  |
| <b>Cuadro A-26.</b> Rendimiento y utilidad en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y de proteína  | 88  |
| <b>Cuadro A-27.</b> Análisis de varianza de variable porcentaje de digestibilidad de la materia seca (%)                    | 89  |
| <b>Cuadro A-28.</b> Análisis de varianza de variable de digestibilidad de la materia orgánica (%)                           | 90  |
| <b>Cuadro A-29.</b> Análisis de varianza de variable porcentaje de digestibilidad de proteína cruda (%)                     | 91  |
| <b>Cuadro A-30.</b> Análisis de varianza de variable de digestibilidad de Fibra Neutro Detergente (%)                       | 92  |
| <b>Cuadro A-31.</b> variable digestibilidad en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y de proteína | 93  |
| <b>Cuadro A-32.</b> Análisis de varianza de variable excreción de heces (kg)  | 94  |
| <b>Cuadro A-33.</b> Análisis de varianza de variable excreción Nitrógeno en heces (g/día)                                   | 95  |
| <b>Cuadro A-34.</b> Análisis de varianza de variable excreción de orina en (lt/d).  | 96  |
| <b>Cuadro A-35.</b> Análisis de varianza de variable excreción de orina en (lt/d).  | 97  |
| <b>Cuadro A-36.</b> Análisis de varianza de variable excreción de nitrógeno en orina en (g/día)                             | 98  |
| <b>Cuadro A-37.</b> Análisis de varianza de variable excreción de nitrógeno en heces ( N heces/N Alimento                   | 99  |
| <b>Cuadro A-38.</b> Análisis de varianza de variable excreción de Nitrógeno en N orina/alimento).                           | 100 |
| <b>Cuadro A-39.</b> Análisis de varianza de variable nitrógeno consumido en (g/dia).  | 101 |
| <b>Cuadro A-39.</b> Excreción de Nitrógeno en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y de proteína  |     |



## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura A-1.</b> Plano de campo   | 56 |
| <b>Figura A-2.</b> Pesos vivos de las vacas (kg en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                       | 65 |
| <b>Figura A-3.</b> Consumo de Materia Seca (kg) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                       | 66 |
| <b>Figura A-4.</b> Leche producida (kg) por en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                           | 67 |
| <b>Figura A-5.</b> Leche corregida (kg) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                               | 68 |
| <b>Figura A-6.</b> Nitrógeno consumido (g) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                            | 69 |
| <b>Figura A-7.</b> Eficiencia nutricional (Kg leche/ Kg MS alimento) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína  | 70 |
| <b>Figura A-8.</b> proteína consumida (g/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                         | 71 |
| <b>Figura A-9.</b> Grasa en leche (%) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                                 | 73 |
| <b>Figura A-10.</b> grasa en leche (Kg/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                           | 74 |
| <b>Figura A-11.</b> Proteína cruda en % en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                               | 75 |
| <b>Figura A-12.</b> proteína cruda en kilogramos en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                      | 76 |
| <b>Figura A-13.</b> lactosa en leche (%) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                              | 77 |
| <b>Figura A-14.</b> lactosa en leche (Kg/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                         | 78 |
| <b>Figura A-15.</b> sólidos no grasos % en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                               | 79 |
| <b>Figura A-16.</b> sólidos no grasos en leche (Kg/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína               | 80 |
| <b>Figura A-17.</b> Nitrógeno ureico en leche (mg/dL) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                 | 81 |
| <b>Figura A-18.</b> Precio de la dieta (USUSD) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                        | 83 |
| <b>Figura A-19.</b> Costo de alimentación por Kg de leche en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína             | 84 |
| <b>Figura A-20.</b> Valor de la producción láctea ( USUSD/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína        | 84 |
| <b>Figura A-21.</b> Análisis de varianza de variable beneficio costo. en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína | 86 |
| <b>Figura A-22.</b> Beneficio costo parcial en vacas lecheras que dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                                       | 87 |
| <b>Figura A-23.</b> Digestibilidad de la materia seca (%) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína             | 89 |
| <b>Figura A-24.</b> Digestibilidad de la materia orgánica (%) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína         | 90 |
| <b>Figura A-25.</b> Digestibilidad de proteína cruda en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                  | 91 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura A-26.</b> Digestibilidad de Fibra Neutro Detergente (%) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína            | 92  |
| <b>Figura A-27.</b> Excreción de heces (Kg) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                                  | 94  |
| <b>Figura A-28.</b> Excreción Nitrógeno en heces (g/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                     | 95  |
| <b>Figura A-29.</b> Excreción de orina (lt/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                              | 96  |
| <b>Figura A-30.</b> Excreción de Nitrógeno en orina (g/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína                  | 97  |
| <b>Figura A-31.</b> Excreción de Nitrógeno en ( N heces/N alimento ) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína         | 98  |
| <b>Figura A-32.</b> Excreción de nitrógeno en orina ( N orina / N alimento en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína   | 99  |
| <b>Figura A-33.</b> Análisis de varianza de variable de nitrógeno en (g/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína | 100 |

## 1. INTRODUCCIÓN

La ganadería constituye uno de los principales rubros del sector agropecuario, ya que además del aporte económico, genera aproximadamente 150,000 empleos permanentes y contribuye a disminuir la inseguridad alimentaria en El Salvador (IICA, 2011).

La nutrición es importante en el desempeño del ganado lechero. Una dieta bien balanceada y un manejo adecuado optimizan la producción de leche. Uno de los componentes más importantes en la alimentación de vacas lecheras es la proteína la cual tiene costo elevado (Campabadal, 1996). Aunque la proteína es muy importante para la producción, la sobrealimentación de proteína reduce los márgenes de beneficio debido al costo relativamente alto de suplementos proteicos y la baja eficiencia de uso del nitrógeno por las vacas lecheras alimentadas con dietas altas en proteína (Broderick, 2003).

La alimentación representa entre el 60 y 70 % de los costos de producción, y puede ser aún mayor en sistemas intensivos donde hay un considerable uso de concentrados basados en cereales o subproductos de industria, frecuentemente importados y de costo elevado. Desde 2008 el uso de maíz para producir etanol y las sequías en Estados Unidos han resultado en incrementos en los precios del maíz y la soya que son dos ingredientes muy importantes en las dietas, como consecuencia, las ganaderías lecheras enfrenten problemas de rentabilidad relacionadas con las estrategias de alimentación.

Es necesario buscar fuentes alternativas para la alimentación, las cuales deberían ser producidas localmente a bajo costo y con buen valor nutricional, así, el uso leguminosas tiene un gran potencial tanto alimenticio como económico (Canelones, 2006).

Las leguminosas son especies que por su naturaleza son capaces de sintetizar nitrógeno atmosférico y altos niveles de proteínas, mientras que su contenido de fibra es menor al de la mayoría gramíneas tropicales (Sánchez, 2001). La adición de leguminosas de clima templado a la dieta ha tenido efectos positivos en el consumo, la producción y rentabilidad de las vacas lecheras (Wilkins 2001).

Leguminosas tropicales como *Vigna sinensis* y *Canavalia ensiformis* al mezclarse con gramíneas, aumentan el nivel de proteína y reducen el de fibra en el forraje (Corea *et al* 2010). Mientras que su inclusión en la ración de vacas lecheras en condiciones tropicales, ha tenido un impacto positivo en las variables productivas y económicas de las vacas por su valor nutricional y bajo costo (García y Ramos, 2011).

Este estudio consistió en la evaluación de la adición *Vigna* en forma de heno y dos niveles de proteína en la dieta de vacas lecheras sobre la producción y composición láctea, el uso y excreción de nutrientes y la rentabilidad.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 La ganadería lechera en El Salvador.**

El subsector lácteo forma parte del sector ganadería en su producción primaria y con una participación importante también en la agroindustria de procesamiento de cárnicos y lácteos. Según el último Censo Agropecuario realizado en 2007-2008, existen 59,461 productores que se dedican a la crianza de ganado bovino, los cuales se encuentran dispersos en todo el territorio nacional. La mayor parte de ganaderías, se caracterizan por su finalidad, como de doble propósito y su aporte al Producto Interno Bruto Agropecuario (PIBA), es uno de los más importantes, en el año 2011 fue de 17.68%, solamente igualado por el rubro de granos básicos (IICA, 2011).

Los sistemas de producción en El Salvador, están constituidos por un 67% de fincas dedicadas a la ganadería de subsistencia, cuya producción no alcanza los 2 litros/vaca/día. Se estima que existe alrededor de 30% de ganado en doble propósito, los cuales producen el 60% de leche fluida y un aporte del 60% de carne al país; con un índice de parición del 42% y una producción promedio de leche/vaca/día de 3.13 l, siendo la edad al primer parto mayor a 36 meses, con un intervalo entre partos de 24 meses. En El Salvador, existe poca especialización de los sistemas de producción de leche, donde se estima que solamente el 3% de las ganaderías son de lechería especializada. Sin embargo, el hato nacional está constituido por un estimado del 57.21% de hembras en edad reproductiva, con tendencia hacia los sistemas de producción de leche; el hato se ha mantenido desde 1990, en aproximadamente, 1, 200,000 cabezas, habiéndose reducido la población de machos a 37% durante el mismo período (Arias, 2012).

### **2.2 Importancia Económica de la ganadería.**

#### **2.2.1 Panorama nacional de la producción de leche en El Salvador**

La producción de leche a nivel nacional, en el 2012 fue de 508, 780,000 litros, un 19.8% más que la producción de 2002. En tanto que las importaciones tienden al alza a un ritmo mayor y actualmente representando cerca de 1/3 del consumo aparente lo cual muestra un leve crecimiento de la producción de leche nacional, pero amenazada, como es frecuente, por una tasa de crecimiento mayor de las importaciones. En forma general por el comportamiento retrospectivo no hay evidencia de que pueda cambiar el tamaño y la composición del hato o el nivel de producción. Adicionalmente, en el país se pagan los precios más altos de leche en relación con el resto de países de la región, el consumo de

leche y productos lácteos es mayormente sin pasteurizar, más del 75% de la leche procesada se hace en plantas artesanales.

### 2.2.2 La ganadería lechera como fuente de trabajo y su contribución al PIB.

La ganadería genera aproximadamente 150,000 empleos permanentes y contribuye a disminuir la inseguridad alimentaria. Durante el año 2011, el rubro ganadería aportó un 17.7% al PIB agropecuario, equivalente a un 2.15% de aporte al PIB nacional, solamente igualado por la producción de granos básicos (IICA 2011).

**Cuadro 1: Producto Interno Bruto Sector Agropecuario Ampliado por Rama de Actividad Económica en El Salvador.**

| ACTIVIDAD                   | % Part. PIBA 2011 | % Part. PIB Total 2011 |
|-----------------------------|-------------------|------------------------|
| AGRICULTURA                 | 100%              | 12,18%                 |
| Café oro                    | 11.91%            | 1.45%                  |
| Algodón                     | 0,00%             | 0.00%                  |
| Granos Básicos              | 17,72%            | 2,16%                  |
| Caña de Azúcar              | 4,84%             | 0.59%                  |
| Otros prod. Agrícolas       | 24,50%            | 2.98%                  |
| Ganadería                   | 17,68%            | 2,15%                  |
| Avicultura                  | 14,07%            | 1,71%                  |
| Silvicultura                | 6,50%             | 0,79%                  |
| Prod. de la caza y la pesca | 2,77%             | 0,43%                  |
| AGROINDUSTRIA               | 100.00%           | 2,95%                  |
| Carne y sus productos       | 13,13%            | 0,39%                  |
| Productos lácteos           | 21,71%            | 0,64%                  |
| Productos elab. De la pesca | 0,11%             | 0,00%                  |
| Azúcar                      | 56,29%            | 1,66%                  |
| Madera y sus productos      | 8,76%             | 0,26%                  |

Fuente: BCR 1990 Solo se incluyen las actividades claramente identificables en las cuentas nacionales, por lo que es un dato parcial.

En el año 2011, la ganadería (2.15%) más su agroindustria de procesamiento de lácteos (0.64%), alcanzó una participación de 2.79% al Producto Interno Bruto del Sector Agropecuario, el cual contribuyó con un 12.18% al PIB nacional (Cuadro 2). La ganadería es una de las principales actividades del sector agrícola que demandan más recursos del sistema financiero, solamente superada por el sector avicultura, en el año 2010 la ganadería recibió USUSD24.69 millones de créditos otorgados y en el año 2011, USUSD18.63 millones, lo que refleja una disminución de USUSD6.1 millones, que representa una disminución de 24.5% con respecto al año 2010 (IICA, 2011).

### 2.2.3 Precios de la leche.

Los precios pagados por botella de leche a los productores, presentan variaciones de acuerdo con la estación del año, y también del canal a través del cual se comercializa la leche, si se trata de un comprador informal o de una planta procesadora, que exige leche refrigerada grado A, pero los procesadores siguen quejándose de que la leche en el país es más cara que en el resto de los países vecinos de la región centroamericana, a continuación se presentan los precios pagados a los productores de la región centroamericana (Hemmen, 2011).

**Cuadro 2: Precio por litro de leche sin IVA pagado al productor a octubre/2011.**

| SECTOR GANADERO |                     |                  |
|-----------------|---------------------|------------------|
| PAIS            | INFORMAL (CALIENTE) | FORMAL (GRADO A) |
| Guatemala       | UUSDUSD0.31         | UUSDUSD0.48      |
| Honduras        | -----               | UUSDUSD0.50      |
| El Salvador     | -----               | UUSDUSD0.48      |
| Nicaragua       | UUSDUSD0.39         | UUSDUSD0.39      |
| Costa Rica      | UUSDUSD0.40         | UUSDUSD0.47      |
| Panamá          | -----               | UUSDUSD0.53      |

Fuente: CNPL con información de los países octubre 2011, presentación del Lic. Jorge Manuel Gonzales E., Presidente de la CNPL congreso centro americano del sector lácteo y feria del queso 7 y 8 de diciembre, Costa Rica.

### 2.2.4 Factores que afectan la rentabilidad lechera.

Según Godden *et al.* (2001) los animales con un alto promedio de urea en la leche tienden a tener ingresos sobre costos de alimentación más bajos por vaca por día. Concentraciones altas de urea en leche en un hato son asociadas con mayores costos de alimentación por kilogramo de grasa de la leche, pero menor ingreso bruto de la leche y menores ingresos sobre costos de alimentación por kilogramo de grasa de la leche.

La inclusión de las leguminosas, Vigna y Canavalia, en dietas balanceadas para vacas lecheras disminuye el contenido de FND y aumenta el consumo, lo cual permite una mayor producción y un ingreso sobre el costo de alimentación (ISCA) también mayor, sin cambios en la composición de la leche en comparación con alimentación de ensilado de sorgo solo como forraje (García y Ramos, 2011).

### 2.3 Composición de la leche

La leche es el producto normal de secreción de la glándula mamaria. La leche es un producto nutritivo complejo que posee más de 100 sustancias que se encuentran ya sea en solución, suspensión o emulsión en agua. Por ejemplo:

- Caseína, la principal proteína de la leche, se encuentra dispersa como un gran número de partículas sólidas tan pequeñas que no sedimentan, y permanecen en suspensión. Estas partículas se llaman micelas y la dispersión de las mismas en la leche se llama suspensión coloidal.
- La grasa y las vitaminas solubles en grasa en la leche se encuentran en forma de emulsión; esto es una suspensión de pequeños glóbulos líquidos que no se mezclan con el agua de la leche.
- La lactosa (azúcar de la leche), algunas proteínas (proteínas séricas), sales minerales y otras sustancias son solubles; esto significa que se encuentran totalmente disueltas en el agua de la leche (Wattiaux, 1994d).

**Cuadro 3: Composición promedio de la leche en porcentajes para las diferentes razas.**

| Raza        | Grasa | Proteína | Lactosa | *SNG | *ST  |
|-------------|-------|----------|---------|------|------|
| Ayshire     | 3.9   | 3.3      | 4.6     | 8.6  | 12.5 |
| Pardo Suizo | 4     | 3.5      | 4.8     | 9    | 13   |
| Guernesey   | 4.6   | 3.6      | 4.8     | 9.2  | 13.8 |
| Holstein    | 3.6   | 3.15     | 4.6     | 8.5  | 12   |
| Jersey      | 4.8   | 3.8      | 4.8     | 9.4  | 14.2 |

\*SNG= sólidos no grasos. \*ST= sólidos totales. Fuente: Campabadall, 1999.

La cantidad de lactosa sintetizada está estrechamente relacionada con la cantidad de leche producida diariamente, esto debido a que la glándula mamaria agrega agua a la leche para mantener relativamente constante la concentración de ésta (Wattiaux, 1994d).

De acuerdo con Wilson y Cols (1988) la concentración de los componentes de la leche varía de acuerdo al estado de la lactancia ya que la concentración de grasa y de proteína se ve afectada negativamente por el volumen de leche extraído por la vaca, por lo tanto la proteína y la grasa se encuentran en menor concentración durante el pico de la lactancia y aumenta gradualmente hasta llegar a su máximo al final de la lactancia. La lactosa se

mantiene más o menos constante. Por lo tanto el promedio de días de lactancia del hato determinara hasta cierto punto la concentración de los componentes de la leche. Hatos con promedio de días en lactancia bajos tendrán una mayor producción de leche pero una menor concentración de sólidos. Según investigaciones inglesas, el contenido en grasa, proteína y lactosa, disminuye aproximadamente en un 0.2% desde la primera lactación a la novena.

La urea en la leche es el resultado de la difusión del contenido de urea del suero sanguíneo a través de las células secretoras de la glándula mamaria, constituyendo una fracción variable del N total de la leche (Peña 2002). Una vez que la urea se difunde en la sangre pasa a la leche habiéndose comprobado que la urea en la sangre y urea en leche están altamente ligados (Sosa *et al* 2010).

La relación existente entre la producción de leche y los niveles de urea en leche es importante, ya que según los resultados obtenidos en algunas investigaciones (Johnson y Young 2003 y Rajala-Schultz y Saville, 2003)

## **2.4 Alimentación del ganado lechero**

La vaca lechera moderna, producto de la aplicación de los conocimientos de genética de poblaciones durante los últimos 50 años, es el rumiante con mayor capacidad de producción y en consecuencia, con mayores requerimientos. Las vacas deben ser alimentadas de acuerdo a sus requerimientos nutritivos. Estos varían de acuerdo al peso vivo, nivel de producción y momento de la lactancia que se encuentran los animales. Todos estos aspectos deben ser considerados para formular una ración óptima, en lo que se considera una cierta proporción de forraje y concentrado (Hazard, 2009).

Una de las maneras más eficaces para satisfacer las necesidades nutricionales de las vacas lecheras es alimentar en grupos según el nivel productivo y estado de lactación (temprana, media y tardía). Por ejemplo la proteína cruda (PC), requisitos durante la mitad de la lactancia son más bajos que en la lactancia temprana (NRC, 2001).

Las vacas que se explotan en la actualidad son auténticas máquinas de producción de leche, lo que trae como consecuencia la alta incidencia de problemas asociados a la intensificación de la producción, cuando no se atiende apropiadamente el capítulo de la nutrición. Animales de alto rendimiento requieren de una alimentación balanceada y



suficiente que cubra todas sus necesidades, de otra forma, se eleva el riesgo de presentación de problemas metabólicos (Gómez, 2013).

## **2.4.1 Nutrientes importantes en alimentación de vacas lecheras**

### **2.4.1.1 Proteína.**

La proteína dietética generalmente se refiere a la proteína cruda (PC), que se define para las materias de alimentación como el nitrógeno (N) contenido de 6,25. La definición se basa en la suposición de que, el promedio de N contenido en las materias primas de alimentación equivale a 16 gramos por cada 100 gramos de proteína. El contenido de PC calculado incluye tanto proteínas y N no proteico (NNP). Los concentrados varían ampliamente en sus proporciones relativas de proteína y NNP, en el ritmo y la magnitud de la degradación ruminal de la proteína, y en la digestibilidad intestinal y la composición de aminoácidos (AA) de la proteína no degradable en el rumen (NRC, 2001).

Las proteínas proveen los aminoácidos requeridos para el mantenimiento de funciones vitales como reproducción, crecimiento y lactancia. Los animales no rumiantes necesitan aminoácidos preformados en su dieta, pero los rumiantes pueden utilizar otras fuentes de nitrógeno porque tienen la habilidad especial de sintetizar aminoácidos y de formar proteína desde nitrógeno no-proteico. Esta habilidad depende de los microorganismos en el rumen. Además los rumiantes poseen un mecanismo para ahorrar nitrógeno. Cuando el contenido de nitrógeno en la dieta es bajo, urea, un producto final del metabolismo de proteína en el cuerpo puede ser reciclado al rumen en cantidades grandes. En los no-rumiantes, la urea siempre se pierde en la orina (Lanuza, 2005).

Uno de los componentes más importantes en la alimentación de vacas lecheras es la proteína la cual tiene alto costo en la región y afecta la reproducción cuando se usa en excesos generando una descompensación fisiológica en la vaca (Campabadal, 1999).

### **2.4.1.2 Energía.**

La energía es necesaria para mantener el metabolismo y los procesos vitales de las vacas lecheras, representa uno de los mayores costos del sistema lechero. Los requerimientos para mantenimiento y producción de leche son expresados como energía neta de lactación ( $NE_L$ ); los valores de energía de los alimentos también se expresan como unidades  $NE_L$ . Las concentraciones de energía digestible (ED), energía metabolizable

(EM) y energía neta de lactación en los alimentos han sido deducidas de ecuaciones que parten de los nutrientes digeribles totales (NDT) (NRC, 2001).

Este modelo se basa en los nutrientes de los alimentos y en su digestibilidad verdadera tales como la proteína cruda, el extracto etéreo, los carbohidratos no fibrosos, la fibra detergente neutro (FND), la fibra detergente ácido (FAD), nitrógeno en FND y FAD, la lignina y las cenizas (Weiss y St-Pierre, 1999)

Las necesidades de energía varían, según el nivel de producción de leche y contenido graso, estando directamente relacionado con su capacidad de consumo y calidad de la dieta alimenticia. Al inicio de lactancia, regularmente, existe un problema de desbalance energético por el insuficiente consumo que tienen las vacas. Esto en parte se soluciona recurriendo la vaca a sus reservas corporales, con la consiguiente pérdida de peso. Posteriormente, el balance energético se hace positivo, recuperando la condición corporal y depositando nuevas reservas. Sólo cercano al parto, se produce nuevamente un déficit de energía por la menor capacidad de consumo (Lanuza, 2005).

Hay que tomar en cuenta que, en vacas de primera lactancia con parto a 24 meses de edad, deben ser aumentados los requerimientos de mantención. Asimismo, esto es válido para los requerimientos de proteína y minerales (Gómez, 2013).

#### **2.4.1.3 Almidón.**

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

#### **2.4.1.4 Fibra.**

La fibra es uno de los principales componentes en las dietas de vacas lecheras. Por lo tanto, es necesario determinar para cada caso en particular la cantidad adecuada de fibra que las vacas deben consumir. Cuando la cantidad de fibra en la dieta es excesiva, la producción se ve afectada debido a que se produce un mayor llenado ruminal, una menor tasa de pasaje y un menor consumo. El consumo de alimento se piensa que es uno de los factores más importantes que influyen en la producción de la vaca lechera, y el consumo

de materia seca se ha asociado estrechamente con la concentración de FND de la dieta. La explicación tradicional para el procedimiento de FND es que divide el alimento en una fracción soluble de células, que es altamente digestible, y la fracción de su pared celular, la mayoría de los cuales es lentamente digerible o no digerible. Por lo tanto, se cree que la concentración de FND dietética está relacionada negativamente con la concentración de energía de los alimentos y positivamente relacionada con el efecto de llenado de la dieta (Ruiz *et al.*, 1994).

Por otro lado, cuando el aporte de fibra es bajo, existe riesgo de problemas como acidosis, laminitis o desplazamiento de abomaso (Palladino *et al.*, 2006). Las consecuencias productivas son un bajo porcentaje de grasa en leche, una inversión en la relación grasa: proteína de la leche y, en casos extremos de acidosis, un menor consumo y producción. Además de la calidad nutricional de la fibra (proporción de celulosa, hemicelulosa y lignina), la función de la fibra es mantener un correcto funcionamiento ruminal que no comprometa su salud. Para ello, las vacas deben consumir una cantidad mínima de fibra que estimule la rumia y la salivación. Para definir el aporte de FDN necesario, no sólo hay que considerar la composición química de la fibra, sino también el tamaño y la forma de partícula, concepto que se define como Fibra Efectiva (FDNef). La FDNef es la cantidad de fibra con capacidad de estimular la rumia y la salivación. Por ejemplo, un heno sin picar hace un mayor aporte de FDNef que el mismo heno picado, a pesar de contener la misma cantidad de FDN y la misma composición de celulosa, hemicelulosa y lignina (Palladino *et al.*, 2006).

#### **2.4.2 Digestibilidad y evaluación de los alimentos**

No todo el alimento que come un animal es digerido. Hay elementos excedentes que no son utilizados por el organismo los cuales son eliminados en heces. La parte digerida de un concentrado se puede expresar como un porcentaje de la ingesta total de alimento. Este porcentaje se denomina coeficiente de digestibilidad. Dependiendo del tipo de alimentación, la digestibilidad puede variar considerablemente. Algunos productos como el zacate tierno y forrajes verdes, que tienen un contenido de fibra cruda bajo, son muy fáciles de digerir. Otros productos como concentrados, maleza, paja y rastrojo son muy fibrosos y tienen un coeficiente de digestibilidad muy bajo. La digestibilidad de la dieta está directamente relacionada con el suministro de energía y el rendimiento de los animales y se ha utilizado para expresar el contenido energético de los alimentos para rumiantes es decir, TDN (Van Soest, 1994). El procedimiento estándar para estimar la

digestibilidad total del tracto implica un estudio de balance de la colección total de heces (CT) y la separación de orina (Schneider y Flatt, 1975). Estos tipos de experimentos, sin embargo, son laboriosos y no siempre son prácticos con un número suficiente de animales y en particular en vacas lecheras de alta producción. Un enfoque alternativo es utilizar marcadores externos o internos no digeribles (Satter *et al.*, 1986). Algunos de los diversos marcadores intrínsecos que se han propuesto son las cenizas insolubles en ácido (Van Keulen y Young, 1977) FND indigesta (Lippke *et al.*, 1986), utilizados y evaluados críticamente (Van Soest, 1994).

El valor nutritivo de un alimento se determina principalmente por su contenido de energía y proteína. Varios sistemas de evaluación de concentrados toman estos 2 elementos en consideración. En los países tropicales son utilizados con mayor frecuencia los nutrientes digeribles totales (NDT) para los rumiantes. Los NDT consideran parte de toda la energía presente en un alimento, lo que puede ser digerido por el animal. El contenido de proteína se expresa como proteína cruda digerible (PCD). Esta es la parte del contenido de proteína total de la alimentación, que el animal es capaz de digerir y utilizar (Pandey y Voskuil, 2011).

#### **2.4.3 Estudios en evaluación de alimentos.**

Rodríguez *et al.*, 2005 realizaron un estudio sobre el asocio del maíz con leguminosas y concluyeron que los ensilajes de maíz acompañado con ciertas leguminosas (soya, frijol vara, frijol terciopelo) son superiores en calidad alimenticia que el ensilaje elaborado solo una proporción o mezcla con 50% de ellas.

En un estudio se compararon 2 ensilados uno de maíz tropical y otro con sorgo como forrajes en las dietas de vacas lecheras. El sorgo y el maíz tropical fueron incluidos en la dieta en lugar de grano de maíz y en las dietas se incrementaron las concentraciones de los forrajes. Se brindaron ocho dietas cuatro con silos con distintos niveles de fibra neutro detergente desde 25% a 31% y de 41% a 45%, encontrando que al aumentar la fibra en la dieta decreció la producción de leche linealmente (Nichols *et al.*, 1998).

En un estudio realizado por Broderick *et al.* (2001) utilizó ensilado de trébol rojo y alfalfa en dietas de vacas Holstein. En el ensayo 1 se formularon las dietas a 60% de materia seca (MS) de la alfalfa, ensilaje de trébol rojo, o alfalfa más ensilaje de trébol rosado (crecido juntos). Salinas y Crespín (2010) también reportaron que al asociar sorgos mejorados

con Canavalia y Vigna, se obtienen mejores rendimientos que con las leguminosas solas, y un incremento el contenido proteico en comparación con los sorgos solos, y que la adición de estas leguminosas al ensilado mejora progresivamente el contenido proteico resultante desde un 8% sin leguminosas hasta un 13% en proteína se ajustó a aproximadamente 16.5% mediante la adición de harina de soya, aunque el consumo de MS fue de 2.5 y 1.3 kg / d inferior que en trébol rojo y la alfalfa, el rendimiento de la leche y los componentes de la leche no fue diferente entre las dietas. En el ensayo 2, se realizaron cuatro dietas con hojuelas de alta humedad cáscara de maíz se formularon el 60% de MS de la alfalfa o ensilado de trébol rojo, el 48% de MS de la alfalfa. Las primeras tres dietas contenían 2.9% de harina de soya, y la dieta de ensilaje de trébol rojo con maíz contenía 5.6% de harina de soya; la dieta de alfalfa al 60% contenía 18.4% de PC, y las otras tres dietas contenían 16.5% de PC. El nitrógeno no proteico en ensilaje de trébol rosado fue de 62% comparado con el ensilaje de alfalfa. El consumo de MS fue de aproximadamente el 2 (sin ensilado de maíz) y 1 kg / d (más ensilaje de maíz) inferior en trébol rojo El rendimiento de la leche y sus componentes no fue diferentes entre las primeras tres dietas, sin embargo, los rendimientos de leche, proteína total y proteína verdadera fueron mayores en el ensilaje de trébol rojo /laminado de cascara de maíz con la adición de harina de soya. La inclusión de alfalfa, trébol rojo mejora la alimentación, la eficiencia de N y la digestibilidad aparente de la MS, materia orgánica, fibra neutro detergente, fibra ácida detergente, y la hemicelulosa en ambos ensayos.

Existen dos maneras de mejorar la eficiencia alimenticia, una es incrementar la producción de leche con el mismo consumo de materia seca y la otra es disminuir el consumo de materia seca y mantener la misma producción de leche (Alltech, 2013).

García y Ramos (2011) realizaron un estudio en el cual la fuente de forraje (canavalia y Vigna) no afectó el contenido de grasa, proteína y nitrógeno ureico en leche, sin embargo, la producción de proteína ( $p= 0.15$ ) y grasa ( $p= 0.12$ ) de la leche tendieron a ser mayores en los tratamientos que se adicione leguminosas debido a la mayor producción láctea.

Las dietas de ganado lechero se basan gramíneas forrajeras que normalmente se complementan con ingredientes concentrados que son importados y caros como la soya, maní, semilla de algodón, lo cual crea la necesidad de buscar alternativas alimenticias de menor costo y disponibles localmente para disminuir la dependencia de ingredientes importados, los costos de alimentación y producción. La alimentación eficiente del ganado

se fundamenta en el uso racional de forrajes, que son fuentes económicas y accesibles de nutrientes para los animales (Campabadal y Navarro 1994).

#### **2.4.4 Transformación de proteína en el rumen.**

La proteína que ingresa al rumen se desdobra en aminoácidos que adicionalmente son desdoblados para formar amoniaco, mismo que es utilizado por los microbios para producir su propia proteína (soma bacteriano, reproducción bacteriana). La proteína que se desdoblada en el rumen se denomina proteína degradable en rumen (PDR) (Gómez, 2013).

El nitrógeno no proteico (NnP) es 100% degradable en el rumen. El exceso de amoniaco derivado del NnP es absorbido por el rumen para llevarlo, vía sanguínea, al hígado, para transformarlo en urea que es excretada en la orina.

Las bacterias ruminales ingresan constantemente al abomaso en donde son digeridas y absorbidas; la proteína bacteriana constituye así, la mayor parte de la proteína aprovechada por el bovino.

La proteína que pasa por el rumen sin ser utilizada por los microbios va al intestino delgado donde es digerida y absorbida, denominándose proteína no degradable (PND). El porcentaje de proteína en forma de PND en los alimentos se denomina proteína de paso. La lentitud de paso de un alimento por el rumen puede afectar el porcentaje de PND (Wattiaux, 1994b).

#### **2.4.5 Materias primas para alimentación de ganado**

Los alimentos que componen una ración se pueden dividir en tres categorías amplias:

Los concentrados, Los suplementos o aditivos, Los forrajes.

##### **2.4.5.1 Concentrados**

Usualmente "concentrado" se refiere a alimentos que son bajos en fibra y altos en energía. Los concentrados pueden ser altos o bajos en proteína. Los granos de cereales contienen <12% proteína cruda, pero las harinas de semillas oleaginosas (soja, algodón, maní) llamados alimentos proteicos pueden contener hasta >50% de proteína cruda. Los concentrados tienen alta palatabilidad y usualmente son consumidos rápidamente. En contraste con los forrajes, los concentrados tienen bajo volumen por unidad de peso (alta gravedad específica) y no estimulan la rumia, usualmente fermentan más rápidamente que los forrajes en el rumen, aumentan la acidez (reducen el pH) del rumen lo cual puede

interferir con la fermentación normal de la fibra. Cuando el concentrado forma más de 60-70% de la ración puede provocar problemas de salud (Wattiaux 1994b).

Las vacas lecheras de alto potencial para la producción lechera también tienen altos requerimientos de energía y proteína. Considerando que las vacas pueden comer solo cierta cantidad cada día, los forrajes solos no pueden suministrar la cantidad requerida de energía y proteína. El propósito de agregar concentrados a la ración de la vaca lechera es el de proveer una fuente de energía y proteína para suplementar los forrajes y cumplir con los requisitos del animal. Así los concentrados son alimentos importantes que permiten formular dietas que maximizan la producción lechera. (Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2013).

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

#### **2.4.5.2 Ingredientes proteicos**

**Harina de Soya.** La soya es la principal fuente de proteína en las dietas de vacas lecheras pero esta tiene un alto costo. La harina de soya se obtiene a partir del grano de soya mediante un proceso que puede incluir solo la reducción del tamaño de partícula mediante la molienda del grano o un procesamiento con calor. El uso de la harina de soya en la alimentación del ganado lechero, se ha ido incrementado en años recientes por ser un insumo de alta calidad nutricional y puede presentarse en un 10 a 20% (García y Gómez, 2007).

**Sólidos de Destilería.** Se utilizan como alimento para varias especies de animales domésticos. Son a su vez un subproducto de la producción de etanol con molienda seca, a partir de granos. Desde mediados de 1940, los sólidos de destilería se utilizan como alimento para ganado.

El contenido de proteína en los sólidos de destilería de alta calidad es típicamente superior a 30% con base en materia seca. Los sólidos de destilería son una buena fuente de proteína no degradable en el rumen o de proteína de sobrepeso para el ganado. Los sólidos de destilería son también una buena fuente de energía para el ganado lechero, se recomienda no sobrepasar el 20% M.S. (Kalscheur, 2005).

**Harina de gluten de maíz** producida por la molienda húmeda del almidón de maíz. Es una fuente excelente de proteína (40 a 60%) y energía. Los salvados de granos de cereales (arroz y trigo) agregan fibra a la dieta y contienen de 14 a 17% de proteína. (Wattiaux 1994a).

### **Proteínas de origen animal**

Usualmente son resistentes a la degradación en el rumen y pueden servir como buenas fuentes de fósforo y calcio. Deben ser manejadas con cuidado para evitar riesgos de transferencia de infecciones (Gallardo y Gaggiotti, 2008).

### **2.4.5.3 Ingredientes energéticos**

**Granos de cereales** (cebada, maíz, sorgo, arroz, trigo) son alimentos de alta energía cereales en la dieta reduce la masticación (rumia para las vacas lecheras, pero son pobres en proteína. Granos de cereales aplastados o rotos son fuentes excelentes de carbohidratos fermentables (almidón) lo cual aumenta la concentración de energía en la dieta. Sin embargo, demasiado grano de cereales en la dieta (más de 10 a 12 kg./vaca/día) reduce la masticación (rumia), interfiriendo con la función del rumen y reduciendo el porcentaje de grasa en la leche (Wattiaux 1994a).

**Maíz.** El grano de maíz representa en la mayoría de los países del mundo, el ingrediente más utilizado como suplemento energético en la alimentación del ganado bovino. El grano de sorgo y el de avena ocupan un distante segundo lugar (Camp y González., 2003). Según Maresca *et al.*, (2003). El grano de maíz entero es prácticamente indigestible en rumen, y en el intestino, por lo tanto, si se suministra entero la única manera de exponer el almidón al ataque microbiano y a las enzimas digestivas es a través del procesamiento por la masticación que el animal realice durante la ingestión y la rumia.

**Sorgo.** El grano de sorgo puede ser utilizado en las raciones del ganado lechero como un reemplazo para el maíz. Aun cuando se ha demostrado en investigaciones que el grano de sorgo es comparable con el maíz en las dietas de vacas lecheras lactantes, el mercado a menudo valora menos al sorgo que al maíz. El grano de sorgo puede ser una fuente eficaz de almidón para el ganado lechero. La utilización del almidón en el rumen es una preocupación primordial para mejorar la producción de leche y eficiencia de la producción. Como resultado, determinar y entender los patrones de fermentación ruminal



de diferentes fuentes de granos es importante cuando se busca alcanzar altos niveles de producción de leche y aumentar la eficiencia de la producción (Brouk, 2012)

### **Sub productos**

Subproductos de cervecería y destilería de granos de cereales son buenas fuentes de carbohidratos lentamente digestibles y de proteína (20 a 30%) (Gallardo y Gaggiotti, 2008).

El procesamiento de las frutas cítricas lleva implícito la producción de residuos en forma de hollejos húmedos ricos en carbohidratos solubles, celulosa y proteína bruta, unido a una elevada digestibilidad, lo que hace de ellos un alimento de importancia para los rumiantes. (Ojeda y Cáceres, 2002).

El afrecho de trigo desde el punto de vista nutricional puede definirse como un ingrediente energético-proteico con valores intermedios tanto de energía como de proteína puesto que es un subproducto de la extracción de harina (almidón). El residuo que le confiere el valor energético deriva fundamentalmente de la fibra de la cubierta de los granos (Gallardo y Gaggiotti, 2008).

#### **2.4.5.4 Suplementos o aditivos**

##### **Vitaminas**

Son sustancias que en muy pequeñas cantidades intervienen en las funciones vitales y productivas (Lanuza, 2005). En los rumiantes las vitaminas K y las del complejo B son sintetizadas por los microorganismos del rumen en cantidades suficientes para cubrir los requerimientos de los animales por lo que solamente son requeridas en la dieta las vitaminas A, D y E. (Gómez y Fernández, 2010).

Las vitaminas son nutrientes esenciales que se requieren en pequeñas cantidades habiéndose demostrado que la deficiencia de algunos de ellos puede afectar el normal desarrollo de los animales, por lo que una apropiada suplementación en el programa de alimentación de vacas lecheras es esencial para sostener niveles óptimos de producción, fertilidad y salud (Gómez y Fernández, 2010).

## **Minerales**

Un número de elementos inorgánicos son esenciales para el crecimiento normal y la reproducción de los animales. Las cantidades requeridas en gramos se refieren como macrominerales y este grupo incluye calcio, fósforo, sodio, cloro, potasio, magnesio, y azufre. Los macrominerales son componentes importantes estructurales de los huesos y otros tejidos que sirven como constituyentes de fluidos corporales, ellos juegan un papel vital en el mantenimiento del equilibrio ácido-base, la presión osmótica y transmisión nerviosa (NRC, 2001).

Los Microminerales son requeridos en niveles de 0.001 y 0.05 % de la ración de materia seca. Algunos minerales pueden ser almacenados dentro del cuerpo del animal, por ejemplo Hierro en el hígado, Calcio en los huesos, etc, sin embargo los minerales que son solubles en agua (por ejemplo Sodio y Potasio), no son almacenados por lo tanto deben ser suministrados continuamente en la dieta alimenticia. (Manual del ganado lechero, 2010).

## **Aditivos no nutricionales**

Los aditivos no nutricionales son definidos como ingredientes adicionados la dieta, promoviendo un mejor desempeño, ya sea a partir de aumentos cuantitativos y/o cualitativos de los nutrientes disponibles o en la eficiencia de utilización de nutrientes (Pancoti, 2012).

Los aditivos pueden mejorar la conversión alimenticia y / o la producción (aumento de peso / leche) y / o la sanidad. Ellos actúan por diferentes mecanismos, incluyendo la modificación de la fermentación ruminal (por aumento de la formación de ácido propiónico, disminuyendo la formación de metano y la reducción de la proteólisis), la estabilización del ambiente ruminal y la protección de los patógenos del tracto gastrointestinal, Ionóforos como la monensina y lasalocid son antibióticos que alteran los patrones de fermentación ruminal, favoreciendo el desarrollo de bacterias gram-negativas. Estas bacterias son los principales agentes degradantes del succinato y lactato, lo que ayuda a mantener el pH en el rumen. Hongos que viven en cultivos y sus extractos, especialmente de *Aspergillus oryzae* y *Saccharomyces Sacchariomyces*, son utilizados como complementos alimenticios. Hay indicios de que los aditivos microbianos pueden mejorar la producción de rumiantes en alrededor del 7% al 8%, similar a la magnitud de los ionóforos. La acción de estos microorganismos parece centrarse en el aumento del

consumo, especialmente en las dietas de alta concentración, y el flujo de nitrógeno asimilable. Aumentar el número de bacterias celulolíticas y las que utilizan el lactato, y hay una mayor estabilidad en el rumen (Irala, 2011).

#### **2.4.6 Forrajes**

Los forrajes pueden llegar a formar parte de una ración para ganado lechero y/o ganado de carne desde un 45% a un 100%. El análisis del contenido de los forrajes como; fibra cruda, fibra neutro detergente (FND), lignina, digestibilidad, nutrientes digestibles totales (NDT) y otros, representan un esfuerzo para conocer su valor nutricional. Sin embargo, algunos de estos valores tienen mayor influencia, por su efecto sobre la producción de leche y sus contenidos, como en el caso de la FND y su digestibilidad, que además tiene efecto sobre el consumo de alimento (Cadenas, 2004).

Los forrajes que crecen en el trópico tienen alrededor de 15 unidades de digestibilidad menos que aquellos que se desarrollan en clima templado, lo que se debe a que tienen una cantidad mayor de pared celular y un contenido menor de carbohidratos de fácil fermentación en el rumen, o sea carbohidratos no fibrosos (CNF). Así mismo, esa pared celular es más lignificada y por lo tanto menos digestible. La poca cantidad de carbohidratos no fibrosos de los pastos tropicales no permite una utilización adecuada de la proteína dietética por parte de los microorganismos del rumen (Van Soest 1994).

El contenido de fibra de los forrajes es un buen indicador de la calidad de los mismos. Los forrajes con cantidades menores de fibra por lo general son más digestibles y se consumen en cantidades mayores que los forrajes con cantidades mayores de esta fracción nutricional. Las raciones del ganado lechero requieren de una cantidad mínima de fibra de composición química y características físicas apropiadas para mantener un consumo de materia seca y energía adecuados, mantener la fermentación ruminal normal, el porcentaje de grasa láctea y contribuir a la prevención de desbalances metabólicos durante el parto (Van Soest 1994; Ishler *et al.* 1996).

Por ser la energía uno de los nutrimentos más limitantes para la producción del ganado lechero que se alimenta con pastos y forrajes tropicales es necesario conocer el contenido de la misma. La determinación directa del contenido de energía de un alimento es sumamente costosa, por lo que hay que acudir a métodos indirectos como las ecuaciones de regresión para estimarla (Weiss y St Pierre 1999).

### 2.4.6.1 Pastos

Las gramíneas forrajeras constituyen la principal fuente de alimentación de los herbívoros tanto domésticos como salvajes ya que crecen de manera espontánea en la mayoría de los potreros. Se adaptan muy fácilmente a las variedades del clima y aportan la mayor parte de la materia seca y los carbohidratos consumidos por el animal. Generalmente las gramíneas y los forrajes tropicales son pobres en proteína por tal motivo se recomienda asociarlas con leguminosas (Gélvez, 2010).

Los pastos constituyen la fuente de alimentación más económica de la que dispone un productor para mantener a sus animales. Sin embargo, depende de un manejo adecuado para que el pasto adquiera todo su potencial y al ser utilizado, desarrolle las funciones de crecimiento, desarrollo, producción y reproducción en los animales. (Gélvez, 2010)

Entre las más usadas en la alimentación de ganado están: **Pasto Estrella** (*Cynodon plectostachyus*), **Pasto Suazi** (*Digitaria swazilandensis*), **Pasto Pangola** (*Digitaria decumbens*)

### 2.4.6.2 Forrajes de corte

El empleo de forrajes para corte, implica un uso intensivo del forraje, a la vez que se busca minimizar el desperdicio de forraje, ya que se elimina el pisoteo, se evita el gasto de energía durante el pastoreo y en alguna forma, se disminuye la selección del animal que normalmente deja un residuo considerable en los potreros. (Dávila y Urbano, 2005).

Entre los pastos de corte más usados para la alimentación del ganado bovino:

- 1 **Elefante** (*Pennisetum purpureom*) Especie perenne, usualmente alta de 2 - 3m, la variedad Enano alcanza 1.5 m. Las hojas tienen de 30 a 70 cm de largas; la panícula es parecida a una espiga dura y cilíndrica de 30 cm de largo. Forma macollas y tiene rizomas (Nava. *et al.*, 2013).
- 2 **King grass** (*Pennisetum hibrydum*). Esta especie se adapta muy bien a casi todo tipo de suelos, desde los livianos hasta los pesados pero no soporta encharcamiento prolongado, crece en matorros y produce un gran número de tallos por planta (Chacón y Vargas 2009).

### 2.4.6.3 Cultivos anuales

1. **Maíz.** El grano de maíz representa en la mayoría de los países del mundo, el ingrediente más utilizado como suplemento energético en la alimentación del ganado bovino. El grano de sorgo y el de avena ocupan un distante segundo lugar (Camp y Gonzalez, 2003).

La planta de maíz (*Zea mays*) tiene características ideales para ser uno de los principales ingredientes en la alimentación de los hatos de lechería estabulados y semi estabulados. Este cultivo produce cantidades grandes de materia seca (8 a 10 t de MS/ha) cuando se cosecha a los 75 o 90 días (Sánchez, 2007).

2. **El sorgo** (*Sorghum bicolor*) se ha convertido en un importante cultivo forrajero para los productores de leche en regiones tropicales y subtropicales principalmente debido a su mayor resistencia a la sequía, altas temperaturas y plagas. El valor nutricional del sorgo y su digestibilidad, son similares a las del maíz principalmente los de tipo bmr (Brown midrib) y los de grano, además su rendimiento por unidad de área puede superar al maíz principalmente en condiciones adversas (Oliver *et al.*, 2004).

### 2.4.6.4 Leguminosas Forrajeras

Las leguminosas son ampliamente apreciadas por sus cualidades nutricionales que las hacen forrajes de muy alta calidad. Durante 1997 y 2001, institutos de investigación en forrajes en Inglaterra, Suecia, Dinamarca, Finlandia y Alemania, desarrollaron el proyecto LEGSIL financiado por la Unión Europea. Se estudió Trébol blanco, Trébol rojo, Lucerna y Lotus. Se concluyó que las leguminosas pueden incrementar la rentabilidad de los sistemas de producción de leche (Wilkins 2001).

Se ha mostrado que algunas leguminosas tropicales como *Vigna* spp y *Canavalia ensiformis* tienen potencial productivo y nutricional para su uso en la alimentación de vacas tanto frescas (Corea *et al.*, 2010a) como ensiladas (Corea *et al.*, 2010b) ya que su adición al forraje de sorgo reduce la concentración de FND mientras incrementó la de proteína.

## Las leguminosas las podemos clasificar en:

- **Arbóreas.** A continuación se describen 2 ejemplos.

**Madre cacao.** Cuando este es de comprobada aceptabilidad; tiene una serie de ventajas nutricionales que sobrepasan a las que se obtienen con concentrados, cuando se utilizan en ganado bovino de doble propósito. Se sugiere que mediante la suplementación con harina de *Gliricidia sepium* (madrecacao) se puede aumentar significativamente la producción y la calidad de la leche en vacas de mediano potencial de producción en áreas tropicales.

**Moringa.** En Nicaragua la *Moringa Oleifera* ha sido utilizada para la alimentación de vacas lecheras alimentadas con dietas bajas en proteína basadas en zacate elefante, esta especie posee un buen potencial como suplemento protéico (Mendieta- Araica *et al* 2011)

- **Anuales.**

**Gandul** (*Cajanus cajan*) Leguminosa arbustiva semi-perenne erecta de 2 – 4 m de altura y leñosa con raíces pivotantes, tallos vellosos, hojas trifoliadas con foliolos oblongo-elípticos pubescentes de 4 – 9 cm largo; flores amarillas de 2 cm de largo, vainas comprimidas de color oscuro, con 4 – 6 semillas globosas y algo aplastadas de 6 mm de diámetro y de color café, negro, rojo o crema, a veces con manchas oscuras.

**Crotalaria.** La crotalaria es una planta leguminosa anual que posee tallos fibrosos y erectos de 6 a 8 pies (1.8 a 2.4 m) de alto. La crotalaria tiene tres usos principales en la agricultura: como fuente de fibra, forraje para los animales y como cultivo de cobertura o abono verde.

**El maní forrajero perenne** (*Arachis pinto*) en Costa Rica ha mostrado buena adaptación a gran variedad de suelos y climas, es compatible con gramíneas estoloníferas y agresivas del género *Brachiaria* y *Cynodon*, produce buena cantidad de forraje de alta calidad y es bien consumida por los animales (Argel y Villalobos, 2000).

El Maní Forrajero Perenne es de alta calidad forrajera dado el alto consumo animal y los buenos contenidos de proteína y digestibilidad. El nivel de proteína cruda en las hojas

oscila entre 17 y 20% dependiendo de la edad de la planta; la digestibilidad varía entre 67 y 71% y es ligeramente superior a la encontrada en el Maní Mejorador (Quan *et al.*, 1996; CIAT, 1995).

**Vigna.** Es una planta herbácea, anual, trepadora. Sus hojas están compuestas por tres folíolos de forma ovalada o romboide, algunas veces cubiertos de vellosidades. Las plantas de hábito trepador tienen tallos volubles y zarcillos formados por la modificación de folíolos terminales. Su fruto es una legumbre de color variable, con 3-12 semillas en su interior (Sánchez, 2001).

En un estudio realizado por García y Ramos (2011), dieron dietas conteniendo leguminosas (D1= Canavalia, D3= Vigna), tuvieron una tendencia a mayor consumo de Materia Seca D1= 18.04 kg, D3= 18.34 kg en comparación con la dieta con sorgo D2= 17.47 kg, ( $p=0.07$ ). El consumo de PC fue mayor también en estas dietas D1= 3223 gr, D3= 3400 gr, D2= 2965 gr, ( $p<0.01$ ). El costo de las dietas con leguminosas fue menor D1= USD4.42, D3= USD4.42, D2= USD4.83, ( $p<0.01$ ), la producción tendió a ser mayor D1= 20.75 kg, D3= 22.03 kg, D2= 19.38 kg ( $p=0.11$ ) y el ingreso sobre el costo de alimentación también fue mayor D1= USD4.96, D3= USD5.54, D2= USD3.93 ( $p<0.05$ ) con el uso de leguminosas. Las dietas no produjeron diferencias en el contenido de NUL, grasa, ni proteína de la leche.

#### **2.4.7 Conservación de Forrajes**

Una de las limitaciones en la ganadería es la escasez de forraje para los animales durante las épocas de sequía y la necesidad de suministrar alimento al ganado estabulado. La conservación de forrajes es una respuesta a estas necesidades apremiantes. Los principales métodos para lograrlo son la henificación y el ensilaje (Mannetje, 2000).

**Heno.** El heno es un forraje seco, cuyo contenido de agua es de menos de 15%. Se cosecha el forraje fresco y se seca lo más rápido posible. El secado puede hacerse en forma natural (exposición al sol en el suelo aireando el forraje mediante un volteo regular) o artificialmente mediante la circulación activa del aire (Livestock and Environment Toolbox, 2005).

El heno puede elaborarse a partir de gramíneas y leguminosas mejoradas, o de una combinación de ambas. Durante el período de crecimiento, deben controlarse las malezas y las plagas y pueden utilizarse fertilizantes (Morales *et al.*, 2003). El secado al sol

requiere 2 o 3 días sin lluvia. El heno debe mantenerse entonces en condiciones apropiadas (área cubierta). Si durante la cosecha el pasto ha madurado y se ha empezado a secar en pie, no produce heno sino paja (FAO, 2013).

**Ensilado.** El ensilado se basa en la fermentación anaeróbica de la masa forrajera mediante el control regulado de una serie de cambios bioquímicos ocurridos en el hacinamiento del material verde, que permite mantener, durante periodos prolongados de tiempo, la calidad que tenía el forraje en el momento del corte. El proceso consiste en una fermentación y su éxito radica en permitir una degradación, dentro de límites bastante estrechos, que impidan bruscas transformaciones en la composición del producto que se ha de conservar (Gavilanes, 2011).

**Henilaje.** Es un término medio entre heno y ensilaje. El henilaje sufre cierta acidificación la cual permite su conservación. Es más fácil de elaborar con gramíneas (+azúcar / -pc). No más de 2 horas entre enfardar y empaquetar (se deforma). Presenta problemas de conservación a largo plazo. Es más caro de elaborar pero presenta una mejor calidad (Romero, 2003).

## **2.5 Impacto de las ganaderías en el medio ambiente**

### **2.5.1 Contaminación ambiental del ganado**

Las actividades agrícolas y ganaderas contribuyen directamente a la emisión de gases de efecto invernadero, siendo que la mayor parte de estas emisiones es ocasionada por la ganadería que, después del sector energético, es la actividad más comprometida (Berra y Finster, 2002).

El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), emitido a partir del estiércol del ganado vacunos tiene efectos que repercuten tanto en el ambiente como en la salud humana, el enriquecimiento de los nutrientes de las superficies de las aguas, la acidificación de los ecosistemas, y la formación de partículas finas en la materia ambiente (US EPA, 2004).

La volatilización del amoníaco en el estiércol es más intensiva durante los primeros 2 ó 3 días de almacenamiento y esto coincide con una pérdida muy rápida (hidrólisis) de la urea urinaria. La principal fuente de  $\text{NH}_3\text{-N}$  volatilizado de estiércol de ganado durante los primeros 10 días de almacenamiento es urinaria-N, representando un promedio del 90% de las emisiones, la contribución de N fecal es relativamente baja, pero aumenta alrededor de 10% por día.



### **2.5.2 Eficiencia nutricional y el impacto ambiental.**

Intervenciones en la alimentación ofrecida a los animales, orientadas hacia optimizar el proceso de fermentación ruminal, generalmente repercuten en una mejora de los parámetros productivos y reproductivos, debido, entre otros aspectos, a una mejor utilización de la energía. La posibilidad de limitar las emisiones de metano por el ganado en sistemas de producción tropical, provee beneficios económicos y medioambientales

Las pérdidas en la respiración podrían ser reducidas al incrementar la calidad del alimento y el nivel de producción ya que al aumentar la calidad de los alimentos, se puede reducir las pérdidas de metano, mientras que un aumento del nivel de producción disminuye las pérdidas relativas en mantenimiento. También pueden reducirse pérdidas fecales y urinarias al minimizar el consumo de N y P respecto a la energía (Tamminga, 1991).

La tasa de emisión de metano, por fermentación entérica, se relaciona con el alimento consumido. Entre los factores que influyen en su producción están las características físicas y químicas del alimento, las cuales afectan directamente el nivel de consumo y la frecuencia de alimentación. Por tanto una subnutrición contribuye a incrementar los niveles de emisión de metano (Montenegro y Abarca, 2000).

### **2.5.3 Gases de efecto invernadero, producidos por bovinos.**

Se les llaman gases con efecto invernadero a los gases atmosféricos que permiten la entrada libre de la radiación del sol a través de la atmósfera. De forma natural, cuando la luz solar llega a la superficie de la tierra, parte de la radiación es reflejada y regresa al espacio en forma de radiación infrarroja (calor). Sin embargo, la presencia de estos gases en la atmósfera, no permite que toda la radiación infrarroja salga de la tierra, lo que ocasiona que se acumule el calor en la Tierra. Cuando la concentración de estos gases permanece constante, la cantidad de calor que se absorbe, y la que se emite y libera al espacio alcanza un balance; pero si el equilibrio se modifica, es decir si aumenta la concentración de estos gases en la atmósfera, se genera el fenómeno que se conoce como calentamiento global (Rogers y Whitman, 1991).

Los principales gases que integran la categoría de gas con efecto invernadero son el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nítrico ( $\text{NO}_2$ ) y los llamados clorofluorcarbonados. Metano es un potente gas con efecto invernadero, ya que su

potencial de absorción de radiación es aproximadamente 21 veces superior al del CO<sub>2</sub> (Moss *et al.*, 2000).

La producción lechera genera inevitables pérdidas mediante la respiración, las heces y la orina, los cuales pueden contribuir al efecto "invernadero" (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) o a la contaminación de aire (NH<sub>3</sub>), el suelo, la superficie y al agua del subsuelo (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P). (Tamminga, 1991).

Las tasas de acumulación de metano y dióxido de carbono en la atmósfera han cambiado drásticamente en los últimos años presentándose un incremento de forma exponencial (Preston y Leng 1989).

**2.5.3.1 Metano.** La contribución del ganado vacuno al calentamiento global mediante la emisión de metano, se produce fundamentalmente por la eructación. El 18% total global de las emisiones de gases de efecto invernadero es debido a la ganadería (Cornell, 2009).

Se estimó la producción total de metano en todo el mundo y esta alcanzó niveles cerca de 400 millones de toneladas métricas, de las cuales animales salvajes y domésticos contribuyen con un 15 a 25%. El ganado se estima que produciría el 74% de la producción total en los animales, el restante 26% se atribuye a las ovejas (9%), búfalo (6%) (Tamminga, 1991).

La mejor estrategia para mitigar la producción de metano, es a través de metodologías que mejoren la eficiencia de la energía de los alimentos. La implementación de prácticas de manejo en las pasturas que mejoren su calidad, incrementan la productividad y generalmente tienen un efecto significativo en la reducción de las emisiones de metano (DeRamus *et al.*, 2003).

**2.5.3.2 Óxido Nitroso.** En el ámbito de la producción animal, se distinguen tres posibles fuentes directas de emisión de NO<sub>2</sub>: los propios animales a través de pequeñas cantidades de emisión de origen intestinal liberadas durante la actividad ruminal, el estiércol y residuos generados por animales en confinamiento, y las heces y orina generadas por animales en pastoreo (Mosier *et al.*, 1998).

Las emisiones de NO<sub>2</sub> por parte del ganado se refieren a las que son producidas por parte del animal, incluyendo las excreciones de orina y heces (Jungbluth *et al.*, 2001).

## 2.5.4 Excreciones producidas por el ganado

### 2.5.4.1 El estiércol

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

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

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

Las grandes pérdidas de nitrógeno en el estiércol se producen a través del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) que estas emiten a la atmósfera y el nitrato ( $\text{NO}_3$ ) de lixiviados en las aguas subterráneas. Técnicas tales como el tratamiento ácido del estiércol, el lavado de aire de ventilación, y diseños de pisos para la separación de las heces y en la orina reducen sustancialmente las emisiones de amoníaco, pero estas prácticas son a menudo poco factibles o rentables (Rotz, 2004).

Casi 80% de la proteína que alcanza el intestino delgado es digerido, el resto pasa a las heces. Otra fuente importante de nitrógeno en las heces son las enzimas digestivas secretadas en el intestino y el remplazo rápido de las células del intestino (proteína metabólica de las heces). En promedio, por cada incremento de 1kg de materia seca ingerida por la vaca, hay un aumento de 33g de proteína corporal perdido en el intestino y eliminado en las heces. Las heces de rumiantes son un buen fertilizante porque son ricas en materia orgánica y especialmente ricas en nitrógeno (2.2 – 2.6%) de nitrógeno o equivalente a 14- 16% proteína cruda comparado con las heces de animales no-rumiantes (Wattiaux, 1994b).

La proteína cruda microbial sintetizada en el rumen, la proteína cruda del alimento no degradada en el rumen y la proteína cruda endógena, contribuyen al paso de la proteína metabolizable al intestino delgado. Durante la fermentación de los alimentos en el rumen,

el N suplido en exceso de lo requerido por los animales es excretado principalmente como urea en la orina. La urea en la orina es rápidamente convertida a amoníaco por actividad de la ureasa en el medio (Tamminga, 1991)

La cantidad de nitrógeno excretado dependerá del consumo de materia seca, la concentración proteica y la digestibilidad de la dieta. Experimentos que miden la excreción del nitrógeno con concentraciones variables de este elemento en la ración, confirman que la excreción total de nitrógeno se puede predecir bastante bien al sustraer el contenido de nitrógeno en la leche de aquel consumido en la dieta (Van Horn *et al.*, 1994).

#### 2.5.4.2 Orina

De los residuos animales, la orina es la fuente más importante de eliminación de nitrógeno, por la urea que contiene (Oldham y Tamminga, 1995).

Bristow *et al* (1992) describieron que el nitrógeno total de la orina de vacas fue de 6,8 a 21,6 g/l. Dentro de los productos finales del metabolismo de los compuestos nitrogenados se presentaron las siguientes proporciones: 69 % urea, 7,3 % alantoína, 5,8 % ácido hipúrico, 3,7 % creatinina, 2,5 % creatina, 1,3 % ácido úrico, 0,5 % xantina más hipoxantina, 1,3 % aminoácidos libres y 2,8 % amonio.

La excreción urinaria de urea es afectada por la dieta y el régimen de alimentación, mientras que la de la creatinina es afectada principalmente por la masa muscular y su metabolismo.

**Cuadro 4: Excrecion urinaria segun aportes proteicos (Church, 1988).**

|                    | % de Proteína Cruda en la dieta |      |      |      |
|--------------------|---------------------------------|------|------|------|
|                    | 14.5                            | 19.9 | 23.7 | 28.5 |
| N Urinario (g/día) | 23.7                            | 37.3 | 55.3 | 80.5 |
| N Retenido (g/día) | 27.4                            | 37.3 | 42.8 | 44.6 |
| N Retenido (%)     | 32.6                            | 33.8 | 31.1 | 26.4 |

En vacas, las condiciones de estrés térmico aumentan la excreción de nitrógeno, debido al incremento en la excreción de creatinina por la orina, indicando que un incremento en el

catabolismo del tejido muscular reduce la proporción de nitrógeno retenido. En vacas Holstein se midió la excreción de creatinina urinaria a diferentes condiciones de temperatura, dando los siguientes resultados: a 20°C = 2,35 g/100 kg.; a 30°C = 3,33 g/100 kg. y a 38°C = 3,87 g/100 kg (Kellaway y Colditz, 1975).

El efecto de la hora de muestreo en la concentración de metabolitos urinarios ha sido analizado expresando los datos como proporción del valor del día, observándose diferencias entre los resultados obtenidos por hora de muestreo con los del valor diario. Como una tendencia general, los valores de urea y de creatinina fueron mayores durante el día que durante la noche (Gonda y Lindberg, 1994).

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Ubicación.

Este estudio se realizó en la hacienda El Milagro, ubicada en el kilómetro 56, carretera a Sonsonate, Municipio de Caluco, departamento de Sonsonate, a una altitud de 425 M sobre el nivel del mar con Latitud: 13.7447°; Longitud: 89.6731° la cual cuenta con 180 vacas Holstein en ordeño.

#### 3.2 Animales

Se utilizaron 32 vacas Holstein multíparas, con un peso de  $522 \pm 7.73$  kg, una producción de  $28.9 \pm 4.9$  kg de leche/día y  $90 \pm 30$  días en lactancia con condición corporal entre 3.5 y 3.75 e historiales de salud normales.

#### 3.3 Manejo.

Todas las vacas fueron alimentadas con la misma dieta 7 días antes de iniciar los tratamientos. Durante este período se midió el consumo de alimento y producción de leche diariamente y las vacas fueron repartidas en los tratamientos según su producción. Las vacas fueron asignadas en cuatro grupos repartiendo los efectos de peso y producción homogéneamente entre ellos para recibir cuatro tratamientos formados por la combinación de 2 niveles de proteína x 2 inclusiones de *Vigna* spp en un diseño factorial. Las vacas de los tratamientos fueron asignadas a uno de cuatro corrales totalizando 8 vacas por corral, por lo que el corral fue la unidad de repetición o experimental. El diseño experimental que se utilizó fue cuadrado latino con un arreglo factorial 2x2.

Los corrales contaban con 12 echaderos individuales y las vacas tuvieron acceso adecuado a una sección de un comedero lineal. Las vacas se alimentaron con una ración total mezclada (RTM) de acuerdo a los tratamientos, tuvieron libre acceso al agua y fueron ordeñadas mecánicamente tres veces al día (7:00, 15:00 y 23:00 horas). El estrés calórico fue controlado mediante el uso de ventiladores de 91.43 cm (36 pulgadas) y agua de aspersores. La fase de campo del ensayo tuvo una duración de 84 días divididos en 4 periodos de 21 días con 14 días de adaptación y 7 días para la recolección de datos en cada caso.

#### 3.4 Dietas.

Las dietas experimentales se desarrollaron utilizando ensilado de sorgo (ES), con o sin *Vigna* spp (V) como forraje y dos niveles de proteína cruda (cuadros 6 y 7). Las dietas fueron balanceadas para ser isocalóricas utilizando el programa CPM Dairy V3® de acuerdo con los requerimientos del NRC (2001) para vacas lecheras con un peso de 540

kg y produciendo 29 kg de leche. La RTM fue ofrecida tres veces al día (7:30, 12:30 y 17:30 horas). Las vacas se alimentaron ad libitum, el consumo por corral fue medido la semana previa al muestreo y se ofreció el 110% de éste consumo. La materia seca fue analizada una vez a la semana para ajustar la cantidad de materia seca ofrecida.

**Cuadro 5. Descripción de las dietas experimentales en porcentajes de Materia Seca.**

| <b>INGREDIENTES</b>   | <b>T1</b>     | <b>T2</b>     | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                       | <b>% MS</b>   | <b>% MS</b>   | <b>% MS</b>   | <b>% MS</b>   |
| <b>Soya</b>           | <b>13.99</b>  | <b>10.00</b>  | <b>9.00</b>   | <b>5.00</b>   |
| <b>DGGs</b>           | <b>4.55</b>   | <b>4.55</b>   | <b>6.57</b>   | <b>6.57</b>   |
| <b>Sémola de Maíz</b> | <b>12.27</b>  | <b>12.28</b>  | <b>12.27</b>  | <b>12.28</b>  |
| <b>Gluten</b>         | <b>2.33</b>   | <b>2.33</b>   | <b>2.33</b>   | <b>2.33</b>   |
| <b>Afrecho</b>        | <b>3.37</b>   | <b>7.32</b>   | <b>8.38</b>   | <b>12.33</b>  |
| <b>Melaza</b>         | <b>3.16</b>   | <b>3.17</b>   | <b>3.16</b>   | <b>3.17</b>   |
| <b>Maíz</b>           | <b>6.92</b>   | <b>6.92</b>   | <b>4.89</b>   | <b>4.89</b>   |
| <b>Grasa</b>          | <b>1.21</b>   | <b>1.21</b>   | <b>1.21</b>   | <b>1.21</b>   |
| <b>Urea</b>           | <b>0.33</b>   | <b>0.33</b>   | <b>0.33</b>   | <b>0.33</b>   |
| <b>Sal</b>            | <b>0.55</b>   | <b>0.55</b>   | <b>0.55</b>   | <b>0.55</b>   |
| <b>Fosfato</b>        | <b>0.22</b>   | <b>0.22</b>   | <b>0.22</b>   | <b>0.22</b>   |
| <b>Carbonato</b>      | <b>0.44</b>   | <b>0.44</b>   | <b>0.44</b>   | <b>0.44</b>   |
| <b>Nutrkel</b>        | <b>0.33</b>   | <b>0.33</b>   | <b>0.33</b>   | <b>0.33</b>   |
| <b>Bicarbonato</b>    | <b>0.55</b>   | <b>0.55</b>   | <b>0.55</b>   | <b>0.55</b>   |
| <b>TOTAL CONC</b>     | <b>50.24</b>  | <b>50.21</b>  | <b>50.24</b>  | <b>50.21</b>  |
| <b>Silo Sorgo</b>     | <b>49.76</b>  | <b>37.34</b>  | <b>49.76</b>  | <b>37.34</b>  |
| <b>Heno Vigna</b>     | <b>0.00</b>   | <b>12.45</b>  | <b>0.00</b>   | <b>12.45</b>  |
| <b>TOTAL FORR</b>     | <b>49.76</b>  | <b>49.79</b>  | <b>49.76</b>  | <b>49.79</b>  |
| <b>TOTAL DIETA</b>    | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> |

**Cuadro 6. Composición nutricional de las dietas**

|                           | T1    | T2    | T3    | T4    |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| PC %                      | 17    | 17    | 15.5  | 15.5  |
| EM (Kcal/kg)              | 2.67  | 2.65  | 2.61  | 2.59  |
| FND %                     | 35.4  | 35.3  | 37.8  | 37.6  |
| Costo USD                 | 6.71  | 6.44  | 6.22  | 5.94  |
| Produccion/Prot Met (bot) | 45.07 | 42.8  | 40.8  | 38.8  |
| MS %                      | 39.1  | 45.42 | 39.11 | 45.39 |
| Consumo de MS (Kg)        | 20.4  | 20.4  | 20.4  | 20.4  |

### 3.5 Tratamientos.

El estudio se llevó a cabo como un experimento factorial 2x2 con dos factores en estudio:

- La adición o no de heno de *Vigna sinensis* a la dieta: *Vigna sinensis* = 0% y *Vigna sinensis* = 12.5%.
- El nivel de proteína en la dieta (PC) = 15,5% y PC= 17%

Los tratamientos fueron:

T1 = *Vigna sinensis* 0 %, PC 17 %.

T2 = *Vigna sinensis* 12.5 %, PC 17 %.

T3 = *Vigna sinensis* 0 %, PC 15.5 %.

T4 = *Vigna sinensis* 12.5 %, PC 15.5 %.

### 3.6 Recolección de datos.

Se registró la cantidad diaria de alimento ofrecido y rechazado y la producción de leche de cada animal.

Se registró el costo de las materias primas en la dieta, el consumo de RTM y el costo de la producción.

### 3.7 Muestreo.

Alimento: Se tomaron tres muestras (0.5 Kg) de cada componente de la ración total ofrecida (concentrado, silo de sorgo y *Vigna* según el caso) por cada corral durante tres días del período de muestreo. Cada componente se secó, molió y almaceno para realizar análisis químico.



Leche: Se tomaron dos muestras de 200 ml de leche por vaca de la máquina de ordeño en tres días durante el período de muestreo (7:00 y 23:00 horas). Se mezcló las dos muestras para su análisis.

Heces: se recolectó una muestra (0.5 Kg) de heces directamente del recto de cada vaca en tres días durante el período de muestreo.

Orina: Se estimuló a las vacas a orinar realizando un masaje en la parte ventral de la vulva para coleccionar una muestra de 200 ml durante tres días del período de muestreo, se le agregaron 5 ml de ácido clorhídrico diluido 2 M para bajar el Ph por debajo de 4.

Cada muestra fue tomada, envasada e identificada con una etiqueta adhesiva que tenía la fecha, la identificación del animal, tratamiento y periodo. Las muestras fueron colocadas en diferentes hieleras (alimento, leche, heces, y orina) y transportadas a 4 °C para su análisis en el laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Universidad de El Salvador.

### **3.8 Análisis de Laboratorio.**

Las muestras de alimento (concentrado, ensilado y heno) y heces, fueron secadas en una estufa de aire circulante a 65 °C por 24 horas, se molieron y se analizaron para Materia Seca (MS), Proteína Cruda, (PC, Kjeltic system, Foss, Dinamarca), Fibra Neutra Detergente, (FND, Ankom<sup>200</sup>, Ankom technology®, USA) y cenizas (Nabertherm®) (AOAC, 1990).

Se determinó la ceniza insoluble en ácido, en alimento (concentrado, ensilado y heno) y en heces. Con esto, la digestibilidad de la MS se calculó utilizando el método descrito por Van Keulen & Young, (1977). Se calculó también la digestibilidad de la Materia Orgánica (MO), PC y la FND por este procedimiento.

La orina se analizó para creatinina por espectrofotometría (Spinreact®, España) y Nitrógeno (Kjeldalh). Con la determinación de creatinina se estimó la cantidad diaria de orina excretada como:  $L \text{ de Orina} = BW \times 29 / \text{concentración de creatinina mg/L}$  (donde BW= peso vivo Kg) como se describe por Valadares *et al* (1999) y la excreción de N en la orina se estimó a partir de el volumen de orina y la concentración de N en esta

En la leche se analizaron Proteína, Grasa, Lactosa, Sólidos no grasos y Sólidos Totales por medio de un analizador de leche (Funke Gerber, Alemania). Se analizó también el Nitrógeno Ureico de la Leche por espectrofotometría por el método de la diacetil monoxima (Merk, Darmstadt®, Alemania).

La eficiencia aparente del N en la leche se determinó dividiendo la salida N de la leche por la ingesta de N usando el procedimiento descrito por Brito y Colmenero (2006).

### 3.9 Análisis Estadístico

Las variables de respuesta se analizaron con un diseño de cuadrado latino con un arreglo factorial 2x2 para aplicar los tratamientos, utilizando un modelo general lineal de SPSS 21.0. El modelo estadístico completo incluyó los efectos fijos de la dieta, periodo y el efecto aleatorio en el corral. Los días dentro del período de muestreo se consideraron como una medida repetida. Se utilizaron estados de contraste para examinar los principales efectos de la inclusión de leguminosas y de nivel de proteína en los parámetros de rendimiento. Las diferencias entre las medias se evaluaron mediante la prueba de Tukey. Las diferencias fueron declaradas significativas a  $P \leq 0,05$  y se consideró una tendencia si  $0,5 < P \leq 0,10$ .

#### **Variables evaluadas.**

Consumo de materia seca (Kg).

Producción de leche (Kg).

Leche corregida a 3.5 % de grasa (Kg).

Eficiencia alimenticia (Leche Kg/Consumo MS).

Eficiencia del N en la leche (N leche /N consumido).

Costo de: la ración diaria, kg de MS, alimentación por kg de leche (USD).

Valor de la producción (USD)

Ingreso Sobre el Costo de Alimentación (USD).

Nutrientes de la leche, Proteína, Grasa, Lactosa y Sólidos no grasos (%).

Producción de Grasa y Proteína en leche (Kg).

Nitrógeno Ureico en la Leche (mg/dL).

Digestibilidad aparente de: materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) y fibra neutro detergente (FND) (%).

Nitrógeno consumido (g/día).

Excreción de estiércol y orina (Kg)

Excreción de nitrógeno en Orina y Heces (gr/d ,N excretado/N consumido).

### 3.10 Comparación Económica.

Se determinó el costo de cada dieta (USD / Kg) y la ración diaria consumida por cada vaca y de todas las vacas en los cuatro grupos multiplicando la cantidad de cada ingrediente por su precio actual. Se calculó el valor de la producción individual y colectiva de leche en cada grupo. También se estimaron los ingresos sobre costos de alimentación

por medio del costo de la dieta del total de vacas y del ingreso total de producción de leche, el beneficio neto parcial y costo por kg de leche producida.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION.

### 4.1 Consumo producción y eficiencia.

No se encontró un efecto significativo de los tratamientos sobre el consumo, la producción, ni la producción de leche corregida. Es decir que bajar la proteína de 17% a 15.5% en la dieta (consumo = 20.0 vs 19.5 kg, producción = 29.2 vs 28.9 kg), o sustituir 12.5% de la materia seca con Vigna en comparación con 0% (consumo = 19.5 vs 20.1 kg, producción = 29.3 vs 28.7 kg), permitió mantener la composición nutricional de la dieta y disminuir su costo; sin causar efectos negativos sobre estas variables. La eficiencia alimenticia, tendió a aumentar cuando a la dieta se le adicionó Vigna, en comparación con las dietas que solo contenían sorgo como forraje (1.51 vs 1.44). El consumo de proteína fue mayor cuando el porcentaje en la dieta fue 17% y la eficiencia del N en leche, aumentó al disminuir la proteína en la dieta al 15.5% y al adicionar Vigna (cuadros 7 y A-10).

**Cuadro 7. Consumo y eficiencia alimenticia en vacas lecheras que consumen dietas con dos diferentes niveles de proteína y la adición de Vigna.**

| Tratamiento  | 1     | 2     | 3     | 4     | Probabilidad                       |       |          |
|--|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|-------|----------|
| Vigna% MS  | 0     | 12.5  | 0     | 12.5  | Error<br>std<br>de la<br>medi<br>a | Vigna | Proteína |
| Proteína% MS                                       | 17    | 17    | 15.5  | 15.5  |                                    |       |          |
| Peso vivo kg                                       | 524.8 | 523.8 | 519.9 | 523.2 | 7.734                              | 0.917 | 0.803    |
| Consumo MS kg                                      | 20.53 | 19.56 | 19.61 | 19.37 | 0.304                              | 0.150 | 0.140    |
| Producción de leche kg/d                           | 29.2  | 29.2  | 28.3  | 29.5  | 0.665                              | 0.520 | 0.752    |
| Leche corregida 3.5% grasa kg/d                    | 28.5  | 28.8  | 27.8  | 28.9  | 0.715                              | 0.497 | 0.802    |
| Eficiencia alimenticia kg<br>leche/kg MS consumida | 1.43  | 1.50  | 1.44  | 1.53  | 0.030                              | 0.079 | 0.476    |
| Consumo Proteína g/día                             | 3508  | 3277  | 3105  | 3046  | 49.41                              | 0.046 | 0.000    |
| Gramos de N en leche                               | 143.9 | 143.7 | 138.9 | 143.5 | 3.361                              | 0.654 | 0.587    |
| Eficiencia de N en leche                           | 25.8  | 27.55 | 28.06 | 29.57 | 0.588                              | 0.048 | 0.007    |

Después de evaluar el uso de leguminosas templadas, en la alimentación de vacas en cuatro países del norte de Europa, se concluyó que las leguminosas forrajeras pueden incrementar la producción láctea y rentabilidad de los sistemas de producción de leche y que las leguminosas, deben ser ofrecidas con concentrados o forrajes de bajo contenido

de proteína cruda; con el fin de reducir las pérdidas de nitrógeno en las heces y la orina (Wilkins, 2001).

Broderick (2003), reportó aumento lineal en la ingesta de materia seca (DMI), cuando la proteína cruda (PC) de la dieta, se incrementó desde 15,1 hasta 16,7 y el 18,3%; Sin embargo, la producción de leche aumentó de 33.0 a sólo 34.1 kg/d, solo con el primer incremento de la PC, sin ningún cambio al 18.3% de PC, lo que resulta en una menor eficiencia alimenticia en el porcentaje más alto de PC.

Olmos y Broderick (2006), realizaron un estudio sobre el efecto de la proteína de la dieta (con cinco dietas desde 13.5% hasta 19% de PC), en la producción láctea y el metabolismo proteico. Los resultados mostraron que la producción láctea aumentó, desde 13.5% hasta 16.5% de PC, desde 36.3 Kg/día hasta 38.8 Kg/día y luego disminuyó.

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

#### **4.2 Composición y producción de nutrientes en la leche.**

El contenido de grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos y la producción diaria de ellos, no cambió significativamente al adicionar 12.5% de Vigna, ni tampoco al variar el nivel de proteína de 17 a 15.5% en la dieta de las vacas (cuadros 8 y A-20).

La alimentación tiene un profundo efecto sobre la composición de la leche, sin embargo, hasta la fecha no se han encontrado medios universalmente rentables, para cambiar la composición de la leche a través de la alimentación (Gallardo, 2006).

García y Ramos (2011), realizaron un estudio en el cual la fuente de forraje (Canavalia y Vigna), no afectó el contenido de grasa, proteína y nitrógeno ureico en leche, sin embargo, la producción de proteína ( $p= 0.15$ ) y grasa ( $p= 0.12$ ) de la leche, tendieron a ser mayores en los tratamientos en los que se adicionaron leguminosas, debido a la mayor producción láctea.

Dewhurst *et al.*, (2003), realizaron un experimento alimentando vacas lecheras, con diferentes silos de leguminosas y pastos, y no encontraron diferencias significativas en la composición de la leche.

En un estudio con vacas lecheras utilizando cuatro diferentes proporciones de ensilado de alfalfa y maíz como forraje (de 100:0 a 25:75) y cuatro niveles de proteína (desde 15.0 hasta 18.75), Groff y Wu (2005) no encontraron diferencias consistentes en la composición de la leche por estos dos efectos.

**Cuadro 8. Composición de la leche y producción de nutrientes en vacas lecheras que consumen dietas con dos diferentes niveles de proteína y dos niveles de Vigna.**

| Tratamiento                 | 1     | 2     | 3     | 4     | Error std<br>de la<br>media | Probabilidad |          |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|--------------|----------|
| Vigna %MS                   | 0     | 12.5  | 0     | 12.5  |                             | Vigna        | Proteína |
| Proteína %MS                | 17    | 17    | 15.5  | 15.5  |                             |              |          |
| <b>Grasa%</b>               | 3.35  | 3.42  | 3.42  | 3.37  | 0.063                       | 0.898        | 0.857    |
| <b>Grasa kg</b>             | 0.98  | 1.00  | 0.97  | 0.99  | 0.029                       | 0.521        | 0.851    |
| <b>Proteína %</b>           | 3.15  | 3.15  | 3.14  | 3.11  | 0.019                       | 0.555        | 0.316    |
| <b>Proteína kg</b>          | 0.92  | 0.92  | 0.89  | 0.91  | 0.021                       | 0.654        | 0.587    |
| <b>Lactosa %</b>            | 4.95  | 4.98  | 4.99  | 4.91  | 0.033                       | 0.588        | 0.734    |
| <b>Lactosa kg</b>           | 144   | 145   | 141   | 145   | 3.458                       | 0.657        | 0.689    |
| <b>Sólidos no grasos %</b>  | 9.24  | 9.32  | 9.25  | 9.18  | 0.057                       | 0.971        | 0.445    |
| <b>Sólidos no grasos kg</b> | 269   | 271   | 261.  | 270   | 6.360                       | 0.532        | 0.626    |
| <b>NUL mg/dl</b>            | 19.68 | 18.47 | 17.04 | 16.12 | 0.245                       | 0.003        | 0.000    |

El Nitrógeno Ureico en Leche (NUL), incrementó al subir la proteína en la dieta, lo que reflejaría una mejor eficiencia en el uso del nitrógeno por parte de las vacas, cuando la cantidad de proteína es más baja. Aunque en este estudio las mediciones de NUL, fueron más altas en los tratamientos con más proteína ( $p < 0.001$ ), los valores en general son altos debido probablemente a la inclusión de 68g de urea en la dieta. Como es conocido, la urea es una fuente de nitrógeno no proteico que es poco utilizada en vacas lecheras y eleva el NUL (Cuadros 8 y A- 20).

Olmos y Broderick (2006), encontraron que al aumentar la proteína en la dieta de vacas lecheras desde 13.5 hasta 19%, el nitrógeno ureico en leche (NUL), aumentó linealmente desde 7.7 hasta 15.6 mg/dL; al aumentar el porcentaje de proteína en las dietas. De igual

manera Groff y Wu (2005), encontraron incrementos lineales en el NUL, al incrementar los niveles de proteína en la dieta desde 15 hasta 18.5%.

En un estudio, se realizó la medición de concentraciones de urea, como una manera de controlar la eficiencia de utilización de la proteína en los hatos lecheros. Se sugirió que uno de los beneficios de la identificación y corrección de las deficiencias, excesos o desequilibrios en la proteína de la dieta y la energía, se podría mejorar la salud y la productividad del animal. Otro beneficio potencial del monitoreo de las concentraciones de urea en leche, es que el uso más eficiente de la costosa proteína dietética, podría dar como resultado menores costos de producción y el aumento rentabilidad. (Godden *et al.*, 2001).

#### **4.3 Costos y utilidades parciales.**

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

Se encontraron efectos significativos, en la adición del 12.5% de Vigna en la MS, sobre los principales parámetros económicos. El costo de la ración (6.37 vs. 5.93,  $p=0.002$ ) y el costo de alimento por kg de leche, disminuyeron (0.23 vs. 0.21  $p=0.001$ ); mientras que el ingreso sobre el costo de alimentación (10.86 vs. 11.33,  $p=0.047$ ) y el costo/beneficio (2.72 vs. 2.98  $p=0.001$ ) aumentaron. El valor de la leche, al igual que la producción de leche no tuvo cambios significativos (cuadros 9 y A-26).

El uso de leguminosas en la alimentación de vacas lecheras, ha sido evaluado en diferentes condiciones. En el clima templado de países europeos, la adición de leguminosas como Trébol blanco, Trébol rojo, Lucerna y Lotus incrementó la producción y rentabilidad (Wilkins 2001). Leguminosas tropicales y subtropicales como Dolichus Lablab, Trifolium y Leucaena, incorporadas en la dieta, pueden incrementar el consumo de nutrientes, ellas son más efectivas cuando la cantidad de la dieta basal es baja (Poppi y Norton, 1995). En un estudio previo, García y Ramos (2011), encontraron una disminución en el costo de la dieta y en el ingreso sobre el costo de alimentación (ISCA), al agregar en la dieta *Vigna* spp y *Canavalia ensiformis*; en comparación con una dieta que solo contenía sorgo como forraje. Adicionalmente, ellos reportaron un incremento en la producción láctea, con la adición de leguminosas que no fue observada en este estudio; lo cual probablemente se debe a que las vacas del primer estudio, tenían una producción

de 20 kg y una dieta de menor calidad, comparadas con los 29 kg de leche en este estudio y un ensilado de sorgo de grano de mejor calidad.

Si bien en este estudio, no se incrementó la producción láctea y el ingreso bruto con la adición de leguminosas; si se consiguió disminuir significativamente los costos e incrementar la utilidad, lo cual es un propósito importante para los productores.

Se encontraron efectos significativos, sobre los principales parámetros económicos, cuando se disminuyó el porcentaje de la proteína de 17 a 15.5% de la MS. El costo de la ración consumida y el costo de alimento por kg de leche, disminuyeron (6.37 vs. 5.93,  $p=0.000$ ) y (0.23 vs. 0.21  $p=0.000$ ) respectivamente. Mientras que el beneficio/costo parcial aumentó (3.0 vs. 2.7  $p=0.005$ ). El valor de la leche, al igual que la producción de leche, no tuvo cambios (cuadros y A – 26).

**Cuadro 9. Costos de alimentación y utilidad en vacas lecheras que consumen dietas con dos diferentes niveles de proteína y la adición de Vigna en dólares americanos.**

| Tratamiento                     | 1     | 2     | 3     | 4     | Error<br>std<br>de la<br>media | Probabilidad |          |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------|--------------|----------|
| Vigna %MS                       | 0     | 12.5  | 0     | 12.5  |                                | Vigna        | Proteína |
| Proteína %MS                    | 17    | 17    | 15.5  | 15.5  |                                |              |          |
| Ración USD/vaca/día             | 6.76  | 6.21  | 5.95  | 5.74  | 0.094                          | 0.002        | 0.000    |
| Valor leche USD/vaca/día        | 15.94 | 15.94 | 15.45 | 16.11 | 0.364                          | 0.520        | 0.752    |
| ISCA USD/vaca/día               | 9.19  | 9.75  | 9.46  | 10.43 | 0.334                          | 0.047        | 0.500    |
| Costo alimento USD/ kg<br>leche | 0.237 | 0.216 | 0.216 | 0.198 | 0.004                          | 0.001        | 0.000    |
| Beneficio/Costo                 | 2.38  | 2.59  | 2.58  | 2.85  | 0.053                          | 0.001        | 0.005    |

ISCA= Ingreso Sobre Costo de Alimentación.

Roseler (1990), estimó un costo parcial de USD 23, 600,000 (USD 0.09/vaca por día), para la industria lechera en el estado de Nueva York, debido a que la alimentación daba un exceso de proteína en las dietas de vacas lecheras. Propuso una recuperación de la inversión potencial, de entre USD 0,01 y USD 3.96/vaca por ahorro en alimento, al ajustar las raciones, debido a que, la vigilancia de la urea en leche, proyectó una serie de escenarios que devolvería USD 10.00, por cada USD 1.00 invertido en la prueba de la urea.

Zavala *et al.*, (2005), reportaron entre 340 y 1125 gramos de proteína, por encima del requerimiento del NRC en 8 ganaderías de El Salvador y gastos en alimentación entre



USD 0.16 y USD 0.24 por cada kilo de leche producida. Se debe considerar que los costos de las materias primas, han incrementado desde entonces entre un 50 y 100%; mientras que el incremento en el valor de la leche ha sido menor. En el mismo estudio, ellos estimaron que alrededor del 70 y 80% de la energía y la proteína consumida, provenían del concentrado. Lo anterior, sugiere que se debe enfatizar en la producción eficiente de forrajes de calidad, para sostener una producción lechera rentable en El Salvador.

Buza et al., (2014), colectaron datos de 95 hatos lecheros en Pennsylvania de 2009 a 2012; para determinar el ISCA, y encontraron que altos niveles de el costo de alimentación resultaron en mayor producción e ISCA. Lo cual sugiere, que una óptima formulación, más que estrategias de bajo costo, son el factor clave para incrementar la producción y el ISCA; y que el margen de ganancia, puede ser más afectada por la calidad del alimento que por el costo.

#### **4.4 Digestibilidad aparente de los nutrientes.**

La digestibilidad de materia seca (69.77 vs. 73.72  $p=0.000$ ), materia orgánica (64.48 vs. 70.55  $p=0.000$ ), proteína cruda (69.77 vs. 73.21  $p=0.000$ ) y fibra neutro detergente (41.95 vs. 52.15  $p=0.000$ ); tuvo un aumento significativo, al adicionar 12.5% de Vigna a la dieta de las vacas (cuadros 6). Los incrementos en la digestibilidad de la MS, MO y PC, fueron alrededor de 7% en cada caso; mientras que los incrementos en la digestibilidad de la FND, fueron cercanos al 11%. Al variar la proteína de 17 a 15.5%, no se obtuvieron cambios significativos en la digestibilidad de estos componentes.

Las diferencias en la morfología y las estructuras celulares entre gramíneas y leguminosas afectan a las funciones del rumen y la digestión (Wilson y Kennedy, 1996). Las leguminosas, difieren de las gramíneas, tanto en términos de composición química y características de valor nutritivo. De manera que las primeras, tienen más proteína y menor proporción de componentes de la pared celular (FND); lo cual las hace más digestibles (Van Soest, 1994, Hacknman, 2010).

**Cuadro 10. Digestibilidad aparente en vacas lecheras que consumen dietas con dos diferentes niveles de proteína y la adición de Vigna.**

| Tratamiento               | 1     | 2     | 3     | 4     | Error<br>std<br>de la<br>media | Probabilidad |          |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------|--------------|----------|
| Vigna %MS                 | 0     | 12.5  | 0     | 12.5  |                                | Vigna        | proteína |
| Proteína% MS              | 17    | 17    | 15.5  | 15.5  |                                |              |          |
| <b>Digestibilidad</b>     |       |       |       |       |                                |              |          |
| Materia seca %            | 61.06 | 68.05 | 61.14 | 67.86 | 0.002                          | 0.000        | 0.882    |
| Materia Orgánica %        | 64.39 | 70.55 | 64.57 | 70.54 | 0.002                          | 0.000        | 0.743    |
| Proteína Cruda%           | 70.18 | 73.26 | 69.37 | 73.17 | 0.003                          | 0.000        | 0.242    |
| Fibra Neutro Detergente % | 41.57 | 52.27 | 42.32 | 52.04 | 0.005                          | 0.000        | 0.726    |

Las plantas con mayor cantidad de lignina y fibra, tienen una menor digestibilidad; por lo tanto hay menor absorción de nutrientes Bal *et al.*, (1997). Broderick (2003), realizó estudio con tres niveles de fibra (28, 32, 36%) y tres niveles de proteína (15.1, 16.7 y 18.4%), encontrando que la digestibilidad de la materia orgánica y la materia seca, no tuvo cambios significativos, al cambiar los niveles de proteína de 15.1 a 18.4%. Pero los valores de digestibilidad, decrecieron al agregar una cantidad mayor de fibra a la dieta.

Lee y Hristov (2013), evaluaron los marcadores internos: ceniza insoluble en ácido (CIA) y fibra neutro detergente indigestible (FNDi), en comparación con la colección total de heces, como métodos para estimar la digestibilidad aparente y excreción de nutrientes, encontrando que la CIA, subestimo la excreción de heces y sobrestimo la digestibilidad de los nutrientes, en comparación con la colección total, y que la FNDi, es un marcador más confiable.

#### **4.5 Excreción de orina, heces y nutrientes.**

La excreción de heces, disminuyo significativamente en las vacas, cuyas dietas contenían Vigna comparadas con las que no la consumieron (7.79 vs. 6.31 kg p=0.000), debido a la mayor digestibilidad de la dieta. También, disminuyeron significativamente los gramos de nitrógeno en las heces (157.24 vs. 134.44 g/d p=0.000) y la proporción del nitrógeno consumido, que apareció en las heces (29.82 vs. 26.56%, p=0.000); lo cual refleja una mejor utilización del N consumido en el tracto digestivo (cuadros11 y A-39).

La adición de Vigna a la dieta no tuvo efecto sobre la cantidad de orina (29.25 vs. 29.67 L/d p= 0.532), ni sobre el porcentaje del N consumido, que apareció en la orina (44.03 vs. 43.37% p=0.675); pero disminuyó los gramos de N en orina (231.99 vs. 217.06g/d

p=0.024), lo cual sugiere un menor desperdicio del N por parte de las vacas (cuadros 11, A-39).

La excreción de heces, no se vio afectada por el cambio de 17 a 15.5% de PC, en la MS (7.12 vs. 6.98 kg/d p=0.361), como se mencionó antes, la PC no afectó la digestibilidad de los nutrientes. Sin embargo, se encontró mayor excreción de nitrógeno en las heces, cuando el contenido de PC de la dieta fue mayor (150.96 vs. 140.72 g/d p=0.006) (cuadros 11 y A-39).

La excreción de nitrógeno en orina, fue afectada por el nivel de PC, encontrándose más N excretado, en las vacas cuyas dietas contenían 17%, en comparación con las que tenían 15.5% de PC (244.4 vs. 204.6 g/d p=0.000). De igual manera el porcentaje de Nitrógeno excretado en la orina, fue mayor en las dietas que contenía más proteína (45.3 vs. 42.1%, p=0.008), (cuadros 11 y A-39). Estos datos muestran un menor desperdicio de N, en vacas que reciben menos PC en la dieta, lo cual es relevante, si además se considera que la PC adicional, no incrementa la producción; pero si incrementa el costo, por lo que es importante considerar las implicaciones ambientales y el posible daño a la reproducción, cuando se balancea dietas con cantidades altas de PC.

**Cuadro 11. Excreción de Heces, Orina y Nitrógeno en vacas lecheras que consumen dietas con dos niveles de proteína y dos niveles de Vigna.**

| Tratamiento         | 1      | 2      | 3      | 4      | Error std de la media | Probabilidad |       |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|--------------|-------|
| Vigna %MS           | 0      | 12.5   | 0      | 12.5   |                       | Vigna        |       |
| Proteína%MS         | 17     | 17     | 15.5   | 15.5   |                       | Proteína     |       |
| Heces kg            | 7.99   | 6.25   | 7.60   | 6.36   | 0.121                 | 0.000        | 0.361 |
| N heces g           | 164.76 | 137.16 | 149.71 | 131.72 | 2.490                 | 0.000        | 0.004 |
| Orina lt            | 30.04  | 29.98  | 28.46  | 29.37  | 0.760                 | 0.532        | 0.174 |
| N Orina g           | 253.94 | 234.85 | 210.03 | 199.23 | 4.474                 | 0.024        | 0.000 |
| N heces/ N alim (%) | 29.42  | 26.14  | 30.22  | 26.98  | 0.287                 | 0.000        | 0.013 |
| N orina/ N alim (%) | 45.45  | 45.17  | 42.62  | 41.57  | 0.918                 | 0.675        | 0.008 |
| Consumo de N g      | 561    | 524    | 497    | 487    | 7.907                 | 0.046        | 0.000 |

La producción de heces por unidad de alimento ingerido, es inversamente proporcional a la digestibilidad, la concentración de N en las mismas, podría ser utilizada como estimado de la calidad de la dieta y de la ingestión de las vacas (Dorgeloh *et al.*, 1998).

Según Tamminga y Verstege (1996), la excreción de N en heces y orina, representa una alta proporción de N consumido, alcanzando el 70% del consumo diario de N. En este estudio, la excreción de N en las heces y orina, alcanzo valores de consumo diario es similar (71.19 – 73.32 %).

La cantidad de nitrógeno excretado, dependerá del consumo de materia seca, la concentración proteica y la digestibilidad de la dieta. Experimentos que miden la excreción del nitrógeno, con concentraciones variables de este elemento en la ración, confirman que la excreción total de nitrógeno, se puede predecir bastante bien, al sustraer el contenido de nitrógeno en la leche, de aquel consumido en la dieta (Van Horn *et al.* 1994).

Groff y Wu (2005), reportaron que al variar la PC de 15.7 a 19.2, no afecto la producción de leche, pero redujo la eficiencia en la utilización de nitrógeno en leche. El nitrógeno en la orina, incremento cuando más PC fue consumida. En nuestro estudio también se encontró un aumento en la excreción de N en heces (141 -151 g) y orina (204- 244 g) cuando se incrementó la PC, 15.5 a 17 %.

Olmos y Broderick (2006), en Wisconsin estudiaron el efecto de cinco dietas con diferentes niveles de PC, desde 13.5 hasta 19 % en la excreción de N; mostrando en sus resultados, excreciones de N en la orina, que se elevaron linealmente desde 113 - 257 g. Es de notar que las vacas en Wisconsin, tuvieron con respecto a las vacas en El Salvador, mayores producciones (36.3 - 37.0 kg vs. 28.3 – 29.5 kg), menores niveles de NUL (7.7 - 15.6 mg/dl vs. 16.12 – 19.68 mg/dl) y mejor eficiencia en el uso de N en leche (25.4 – 36.5% vs. 25.8 – 29.57%); lo cual debe estar influenciado por diferentes factores como el clima, la calidad de la dieta, y la genética (cuadros 11 y A- 39).

Wattiaux y Karg (2004), también encontraron una reducción significativa en el N urinario conforme se disminuyó el contenido de PC de la dieta

## 5. CONCLUSIONES

1. La inclusión de 12.5% de heno de Vigna, como ingrediente en la formulación de dietas de vacas lecheras, permite sustituir ingredientes proteicos de elevado costo, sin afectar el consumo de MS, ni la producción láctea. En esta experiencia produjo una tendencia a mejorar la eficiencia alimenticia.
2. La disminución de la proteína de 17.0 a 15.5%, en la ración total de vacas lecheras, no produjo cambios significativos en la producción de leche, en la eficiencia de conversión y el consumo (ver cuadro A9).
3. Tanto la adición de Vigna, como la disminución de la proteína en la dieta, no afectó la concentración ni la producción diaria, de los componentes principales de la leche grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos en las condiciones de este estudio.
4. La inclusión de heno de Vigna, y la disminución de la proteína en las dietas de vacas lecheras, permite disminuir el uso de fuentes proteicas como soya y DDG's; logrando así una disminución en el costo de la dieta. Se observaron disminuciones en el costo, sin cambios en el ingreso con la disminución de la proteína y la inclusión de la Vigna, de manera que al aplicar ambos efectos se tuvo un incremento de USD1.27 por vaca por día.
5. La adición de Vigna en la dieta, incrementó la digestibilidad de los nutrientes materia seca, materia orgánica, proteína cruda y fibra neutro detergente. Mientras que los cambios en la concentración de proteína no los afectaron.
6. La adición de heno de Vigna, disminuyó la excreción de heces, nitrógeno en las heces y nitrógeno en la orina.
7. La disminución de la proteína en la dieta, del 17 al 15.5% de la dieta, disminuyó la cantidad de nitrógeno excretado en las heces y la orina; mientras que incremento la eficiencia del uso de nitrógeno en la leche.

## 6. RECOMENDACIONES

1. Considerar el establecimiento de cultivos de Vigna, en la dinámica de producción forrajera de las ganaderías lecheras, procurando obtener un rendimiento igual o mayor a 4 toneladas de materia seca por hectárea; con lo cual se puede contar con una fuente forrajera alta en proteína, baja en fibra a un precio adecuado.
2. Incluir Vigna en la formulación de dietas de vacas lecheras, para disminuir el uso de fuentes proteicas y el costo de la ración. Esto también, puede permitir mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes y aumentar el margen económico, sin afectar la composición de la leche.
3. Basados en esta experiencia, se puede sugerir que las dietas de las vacas lecheras, en las condiciones de El Salvador, sean formuladas para 15.5%, en lugar de 17% de proteína, ya que el costo de la dieta disminuye, no se afecta los componentes de la leche, ni la producción de forma significativa; mientras que hay una pequeña mejora en el margen.
4. Suplementar las fuentes forrajeras tradicionales, como ensilado de sorgo o de maíz con Vigna, lo cual permitirá disminuir en el contenido de FND y aumentar el de proteína, obtener los beneficios netos parciales consiguientes en la producción y el ingreso.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Alltech. 2013. Eficiencia alimenticia. (en línea). Consultado el 02 de febrero de 2014. Disponible en: [http://web.altagenetics.com/mexico/DairyBasics/Details/7866\\_Eficiencia-Alimenticia-EA.html](http://web.altagenetics.com/mexico/DairyBasics/Details/7866_Eficiencia-Alimenticia-EA.html)
2. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
3. Argel P.J.; Villalobos M. 2000. Leguminosa herbácea para alimentación animal, el mejoramiento y conservación del suelo y el embellecimiento del paisaje. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Documento de Trabajo.
4. Arias H. D. 2012. Sistemas de producción bovina en El Salvador. Programa de producción animal. CENTA. El Salvador. pp 3
5. Bal M. A., COORS J. G., y SHAVER R. D. 1997. Impact of the Maturity of Corn for Use as Silage in the Diets of Dairy Cows on Intake, Digestion, and Milk Production. *J Dairy Sci* 80:2497–2503.
6. BCR. 1990. Producto Interno Bruto Sector Agropecuario Ampliado por Rama de Actividad Económica en El Salvador. El Salvador.
7. Benítez, R.; Ramírez, J.; Araujo R.; Alas, E.; Corea, E. 2011. Evaluación del crecimiento de novillas y desempeño reproductivo y productivo de vacas primerizas en el departamento de Sonsonate, Tesis. Universidad de El Salvador. El Salvador, 63 p.
8. Berra G.; Finster L. 2002. Cadena de la Carne Vacuna. Tecnologías para nuevos escenarios, *IDIA* 21(2):212-215. Instituto de Patobiología, INTA Cautelar. Proyecto Metas de Emisión Arg /99/003 -PNUD – SRNDS. Coordinadores del Sector Ganadería.
9. Brito A. F. Colmenero O.J. 2006. Effect of Dietary Crude Protein Concentration on Milk Production and Nitrogen Utilization in Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci.* 89:1704–1712
10. Broderick G. 2003. Effects of Varying Dietary Protein and Energy Levels on the Production of Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci.* Vol. 86, No. 4. 86:1370–138.
11. Broderick, G. 2001. Production of Lactating Dairy Cows Fed Alfalfa or Red Clover Silage at Equal Dry Matter or Crude Protein Contents in the Diet. *American Dairy Science Association. J. Dairy Sci.* 84:1728–1737
12. Brouk M. J. 2012. Feeding Value of Sorghum Grain and Forage in Dairy Diets. Department of Animal Sciences and Industry Kansas State University. Kansas. Estados Unidos. pp17
13. Buza M.H; L.A. Holden; R.A. White and V.A. Ishler. 2014. Evaluating the effect of ration composition on income over feed cost and milk yield. *J.Dairy Sci.* 97: 3073 – 3080.

14. Canelones C, Castejon M. 2006. Harinas de planta entera de frijol (*Vigna unguiculata*) y de mazorca de maiz (*Zea mays*) como suplemento para becerros antes del destete. Recibido y aceptado dentro del contexto del XIII congreso de Producción e Industria Animal 2006. Venezuela. 378 pág.
15. Cadenas M., 2004. La calidad del forraje en la alimentación de vacas altamente eficientes. (en línea). Consultado 28 de febrero de 2013. Disponible en : <http://www.agribiotech.com.mx/arttecnicos/La%20Calidad%20de%20los%20Forrajes.pdf>.
16. Camp, D; González, G. 2003. Grano de maíz en la alimentación del ganado: entero o partido. Área de Nutrición y Alimentación Animal, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, UBA.
17. Campabadal C.; Navarro González H. 1996. Clasificación de los Ingredientes Utilizados en la Elaboración de Alimentos para Animales. Asociación Americana de Soya. Primera edición. ASA/México, DF. pp 21.
18. Campabadal C; Navarro Gonzales, H; 1994. Nutrimientos Necesarios para Maximizar la Producción de Leche. Asociación Americana de Soya. Primera edición. ASA/México, DF. A.N.13. 10p
19. Campabadal, C. 1999 Factores que afectan el contenido de sólidos totales de la leche. En: II seminario internacional sobre calidad de la leche. Competitividad y proteína. Cooperativa Colanta. Medellín. pp.91 - 111.
20. Castillo, A.; Kebreab, E.; Beever, D.; Barbi, J.; Sutton, J.; Kirby, H.; France, J. 2001. The effect of energy supplementation on nitrogen utilization in lacting dairy cows fed grass silage diets. *Journal of Dairy Science*. 79:240-246. UK.
21. Chacón, P; Vargas, C. 2009. Digestibilidad y calidad del *Pennisetum purpureum* cv. King grass a tres edades de rebrote. *Agronomía mesoamericana*.
22. CNPL. 2011, Presentación del Lic. Jorge Manuel Gonzales E., Presidente de la CNPL congreso centro americano del sector lácteo y feria del queso 7 y 8 de diciembre, Costa Rica.
23. Corea E. E.; Flores Tensos J. M.; Salinas Munguía F. M.; Crespín Payés E. A.; Elizondo-Salazar J. A. 2010a. Yield and quality of grasses and legumes for dairy cattle feeding. *J Dairy Sci* 93 Suppl 1.
24. Corea E. E.; Flores Tensos J. M.; Salinas Munguía F. M.; Crespín Payés E. A.; Elizondo-Salazar J. A. 2010b. Quality of ensiled grasses and legumes for dairy cattle feeding. *J Dairy Sci* 93 Suppl 1.



25. Cornell J. 2009. More Production per Cow, Not Less, is the Most Environmentally Friendly Strategy. Methane Emissions From Cattle. pp. 2483-2492.
26. Davila C.; Urbano D. 2005. Uso de pastos de corte en los sistemas intensivos. Universidad de Los Andes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (ULA-IIAP). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA- Mérida) Manual de Ganadería Doble Propósito.
27. DeRamus H.; Clement T.; Giampola D.; Dickison P. 2003. Methane emissions of Beef Cattle on Forages: Efficiency of Grazing Management Systems. Journal EnvironQual. 32: 269-277.
28. Dewhurst, R. J., Evans R. T., Scollan N. D., Moorby J. M., Merry R. J., y Wilkins R. J. 2003. Comparison of grass and legume silages for milk production. 2. In vivo and in sacco evaluations of rumen function. J. Dairy Sci. 86:2612–2621.
29. Dorgeloh, W.G., Van Hoven, W.; Rethman, N.F.G., 1998. Faecal analysis as an indicator of the nutritional status of the diet of roan antelope in South Africa. South African Journal of Wildlife Research 28:16-21.
30. FAO. 2013. Fabricación de Heno y Ensilado. (en línea). Consultado 5 de marzo de 2013 Disponible.<http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/lead/toolbox/Tech/Haymak.htm>
31. Gallardo M.; Gaggiotti M. 2006. Cómo Utilizar la Soja y sus Subproductos en la Alimentación del Ganado. INTA EEA Rafaela (en línea). Consultado: 31 Marzo 2013. Disponible en: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
32. Gallardo M.; Gaggiotti M. 2008. Concentrados y subproductos para la alimentación de rumiantes. INTA EEA Rafaela (en línea). Consultado: 24 de febrero 2014. Disponible en: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
33. García Flores, FA. Ramos Sosa, RA. 2011. Alimentación de vacas lecheras con dietas basadas en ensilado elaborado con mezcla de canavalia (canavalia ensiformis) y sorgo (sorghum bicolor) y su efecto en la producción, eficiencia en el uso de nutrientes y rentabilidad. Tesis Ing. Lic. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. 84 p.
34. García, M. Gómez, C. 2007. Harina Integral de Soja en Alimentación de ganado lechero (en línea). Lima, Perú. Consultado 24 febrero 2014. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/nutricion/articulos/harina-integral-soya-alimentacion-t1789/141-p0.htm>
35. Gavilanes C. 2011. Ensilaje, una alternativa para la ganadería en Colombia. Especialista en producción animal y agronomía de forrajes. (en línea). Consultado: 3 de Mayo 2013. Disponible en: [http://www.fenalce.org/arch\\_public/ensilaje98.pdf](http://www.fenalce.org/arch_public/ensilaje98.pdf).

36. Gélvez L.D. 2010 Pastos y forrajes. Gramíneas. Las gramíneas forrajeras. (en línea) consultado: 25 de febrero de 2013 disponible en: <http://mundopecuario.com/tema191/gramineas.html>.
37. Godden S. M., Lissemore K. D., Kelton D. F., Leslie K. E., Walton J. S., Lumsden J. H. 2001. Relationships Between Milk Urea Concentrations and Nutritional Management, Production, and Economic Variables in Ontario Dairy Herds. Department of Clinical and Population Sciences, University of Minnesota. *J. Dairy Sci.* 84:1128–1139
38. Godden, S.M., Lissemore, K.D, Kelton, D.F., Leslie, K.E., Walton, J.S., and Lumsden, J.H.. 2001. Relationships Between Milk Urea Concentrations and Nutritional Management, Production, and Economic Variables in Ontario Dairy Herds. *J. Dairy Sci.* 84:1128–1139
39. Gómez C. Fernández M. 2010. Vitaminas para mejorar producción y fertilidad en vacas lecheras. Departamento de Nutrición, Universidad Nacional Agraria La Molina. (en línea) consultado: 22 de febrero de 2013. Disponible en: [http://tarwi.lamolina.edu.pe/.../vitaminas\\_para\\_mejorar\\_produccion\\_fertilidad...%E2%80%9C](http://tarwi.lamolina.edu.pe/.../vitaminas_para_mejorar_produccion_fertilidad...%E2%80%9C)
40. Gómez R. G. 2013. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México D.F. México. Alimentación de bovinos. pp30.
41. Gonda H. L., Lindberg J.E. 1994. Evaluation of Dietary Nitrogen Utilization in Dairy Cows Based on Urea Concentrations in Blood, Urine and Milk, and on Urinary Concentration of Purine Derivatives. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci.* 44: 236 - 245.
42. Groff E. B., and Wu Z. 2005. Milk Production and Nitrogen Excretion of Dairy Cows Fed Different Amounts of Protein and Varying Proportions of Alfalfa and Corn . Department of Dairy and Animal Science, Pennsylvania State University. *J. Dairy Sci.* 88:3619–3632
43. Hackmann T. J., Sampson J. D., y Spain J. N. 2010. Variability in in situ ruminal degradation parameters causes imprecision in estimated ruminal digestibility. *J. Dairy Sci.* 93 :1074–1085
44. Hazard S. 2009. Alimentación de Vacas Lecheras. (en línea). Instituto de Investigaciones Agropecuarias Carillanca, Chile. Consultado: 7 de febrero de 2010. Disponible en: [www.inia.cl/quilamapu/.../Alimentacion%20vacas%20lecheras.pdf](http://www.inia.cl/quilamapu/.../Alimentacion%20vacas%20lecheras.pdf)
45. Hemmen, T. 2011. Resumen de los resultados de los informes lecheros. IFCN. Alemania. Consultada: 28 de Febrero 2013. Disponible en: <http://lead.virtualcenter.org/en/dec/toolbox/homepage.htm>
46. Hutjens M. 2003. Guía de Alimentación. Segunda Edición. (en línea). Editorial Hoards Dairyman. Consultado: 26 de Febrero. Disponible en:

[http://books.google.com.sv/books?id=ljMc9zztMfUC&printsec=frontcover&source=gbs\\_slid er\\_thumb#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.sv/books?id=ljMc9zztMfUC&printsec=frontcover&source=gbs_slid er_thumb#v=onepage&q&f=false)>

47. IICA. 2011. Caracterización de la cadena productiva de lácteos en El Salvador. El Salvador. MAG-CENTA. pp 125.
48. Irala B. A., 2011. Asistencia técnico-comercial. UNISAL S.A; Nutron do Brasil. Ciudad del Este- Paraguay. (en línea). Consultado: 22 de Febrero de 2013. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/nutricion/articulos/uso-aditivos-alimentacion-ganado-t3227/141-p0.htm>
49. Ishler V. A.; Heinrichs J.; Vargas G. A. 1996. From Feed to Milk: Understanding Rumen Fuction. Extension Circular No 422. College of Agricultural Sciences, Cooperative Extension. The Pennsylvania State.
50. Johnson R.G, Young A.J. 2003. The Association Between Milk Urea Nitrogen and DHI Production Variables in Western Commercial Dairy Herds. J. Dairy Sci. 86:3008-3015  
Journal of Wildlife Research 28:16-21.
51. Jungbluth T.; Hartung E.; Brose G. 2001. Greenhouse gas emissions from animal houses and manure stores. Nutrient Cycling in Agroecosystems 60:133-145.
52. Kalscheur K. F. 2005. Impact of feeding distillers grains on milk fat, protein, and yield. Distillers Grains Technology Council. 9 th Annual Symposium. Lousville, KY.
53. Kellaway, R. C., Colditz P.J. 1975. The effect of heat stress on growth and nitrogen metabolism in Friesian and F1 Brahmán x Friesian heifers. Aust. J. Agrie.Res. 26:615-622.
54. Lanuza A. 2005. Remehue Instituto de Investigaciones Agropecuarias – Centro Regional de Investigación Remehue Boletín Inia N° 148. Requerimientos de Nutrientes, según estado Fisiológico en bovinos de leche. Origin of Ammonia Nitrogen Volatilized from Cattle Manure in Simulated Storage.
55. Lee C. and A.N. Hristov. 2013. Short communication: evaluation of acid-insoluble ash and indigestible neutral detergent fiber as total-tract digestibility markers in dairy cows fed corn silage-based diets. J. Dairy Sci 96:5295-5299.
56. Lippke H., Ellis W. C. and Jacobs B. F. 1986. Recovery of indigestible fiber from feces of sheep and cattle on forage diets. 1. Dairy Sci. 69:403.
57. Livestock and Environment Toolbox. 2005. (en línea). Consultado: 28 de Febrero 2013. Disponible en: <http://lead.virtualcenter.org/en/dec/toolbox/homepage.htm>
58. Mannelje L. 2000. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Silage making in the tropics, with particular emphasis on small holders. FAO Plant Production and Protection Paper.No 161. Roma.

59. Manual del ganado lechero: Alimentación del ganado lechero. 2010. (en línea). Consultado: 1 de Abril de 2013. Disponible en: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r32702.PDF>
60. Maresca, S., Santini, F. J., Elizalde, J. C. 2002 Grano de maíz entero en la alimentación de ganado. Unidad Operativa Cuenca del Salado. INTA.
61. Mendieta-Araica., B.Sporndly. R., Sporndly E., Reyes – Sánchez. N. 2011. MoringaOleifera as an Alternative fodder for dairy cows in Nicaragua.Livestock Science
62. Montenegro J.; Abarca S. 2000. Fijación de Carbono, Emisión de Metano y de Óxido Nitroso en Sistemas de Producción Bovina en Costa Rica. Intensificación de la Ganadería en Centroamérica: Beneficios Económicos y Ambientales. CATIE– FAO – SIDE. Ed. Nuestra Tierra. pp. 334.
63. Morales J. L.; Acuña V.; Cruz A. 2003. Industrialización del heno de calidad en sistemas bajo riego en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), San José. Mundo rural del tercer milenio. Valencia. pp. 357-362
64. Mosier A.; Kroeze C.; Nevison C.; Oenema, O.; Seitzinger S.; Van Cleemput O. 1998. Closing the global N<sub>2</sub>O budget: Nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle: OEDC/IPCC/IEA phase II development of IPCC guideline for national greenhouse gas methodology. Nutr.Cycl.Agroecosyst. 52, 225–248.
65. Moss A. R.; Jouany J. P.; Newbold C. J. 2000. Methane production by ruminants: Its contribution to global warming. Ann. Zootech. 43: 231-253.
66. National Research Council. 2001. Nutritional Requirements of DairyCattle. 7th Rev. Edn. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
67. Nava, J.; Gutierrez, E.; Zavala, F. 2013.Establecimiento del pasto ‘CT-115’ (Pennisetum purpureum) en una zona semiárida del noreste de México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 36. Nuevo Leon. Mexico..
68. Nichols S. W., Froetschel M. A., Amos H. E., y Ely L. O. 1998. Effects of Fiber from Tropical Corn and Forage Sorghum Silages on Intake, Digestion, and Performance of Lactating Dairy Cows. J Dairy Science. 81:2383–2393.
69. Ojeda F.; Cáceres O. 2002. Principales avances en la utilización de los sub productos agroindustriales. Pastos y forrajes.
70. Oldham, J., Tamminga Y. 1995. Changes in the nutrition and Management of herbivores in the nutrition of herbivores. INRA. París.

71. Oliver A.L.; Grant R.J.; Pedersen J.F.; Rear J.O. 2004. Comparison of brown midrib-6 and -18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:637- 644
72. Olmos, J. J; Broderick, G. A. 2006. Effect of Dietary Crude Protein Concentration on Milk Production and Nitrogen Utilization in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 89:1704
73. Palladino A.; Wawrzkievicz M.; Bargo F. 2006. Infortambo. Fisiología digestiva y manejo del alimento. La fibra. Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, UBA. (en línea). Consultado: 17 de Febrero de 2013. Disponible en: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
74. Pancoti, C.2012. Aditivos para la mejora en la producción de leche (en línea). Bolivia, Santa Cruz de la Sierra. Consultado 24 febrero 2014. Disponible en <http://www.pbg.com.bo/index.php/espacio-tecnico/articulos/articulos-lecheria-menu/120-aditivos-para-la-mejora-en-la-produccion-de-leche>.
75. Pandey G. S.; Voskuil C.J. 2011. Manual On improved Feeding of Dairy cattle by Smallholder Farmers, animal husbandry specialist. pp. 16.
76. Peña C. 2002. Importancia del nitrógeno ureico de la leche como índice para evaluar la eficiencia productiva y reproductiva de las vacas lecheras. *Revista Acovez.* 27 (1):3-9. en: [http://www.bbc.co.uk/mundo/ciencia\\_tecnologia/2009/08/090807\\_1051\\_vaca\\_lp.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/ciencia_tecnologia/2009/08/090807_1051_vaca_lp.shtml)
77. Preston T.; Leng R. 1989. Friendly Development Livestock Research for Rural Development. (en línea). Consultado: 30 Enero 2013. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd1/1/preston.htm>
78. Poppi D.P. and Norton B. W. 1995. Tropical legumes in Animal Nutrition. Intake of Tropical Legumes. University of Queensland. Department of Agriculture. Australia. pp.173
79. Quan A.; Rojas B.; Villalobos L. 1996. *Arachispinto* CIAT 18744 como banco de proteína para el desarrollo de terneras de reemplazo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Documento de Trabajo No. 159. p. 26 - 34.
80. Rajala-Schultz PJ, Saville WJA (2003) Sources of Variation in Milk Urea Nitrogen in Ohio Dairy Herds. *J. Dairy Sci.* 86: 1653-1661.
81. Reaves, P.; Pegram, C. 1993. El Ganado Lechero y las Industrias Lácteas en la Granja. México, D.F. Editorial Limusa, S.A. de C.V. 594 p.
82. Rodríguez, J.; Marinero, I.; Mejía, C. 2005. Ensilaje de Maiz (*zea mays*), en Asocio con Leguminosas en la Hacienda Achichilco, canton San Antonio Caminos, municipio de San Vicente, departamento de San Vicente. Requisito para optar al título de Ingeniero Agronomo. p 63. Facultad Multidisciplinaria Paracentral.UES.

83. Rogers J.E.; Whitman W.B. 1991. Introduction. In Microbial production and consumption of greenhouse gases: Methane, nitrógeno oxides and halomethanes. Edts. Rogers, J.E. American Society of Microbiology. USA. pp 1-6.
84. Romero, O. 2003. Conservacion de Forrajes. INIA Carillanca. USA, California. Pp.12
85. Roseler, K. K. 1990. The role and economic impact of milk parameters to monitor intake protein in lactating dairy cattle. Masters Thesis, Cornell University, Ithaca, NY.
86. Rotz, C. 2004. Management to Reduce Nitrogen Losses in Animal Production. American Society of Animal Science. All rights reserved. United States.
87. Ruiz, M. Bernal, E. Staples, C.R. 1995. Effect of Dietary Neutral Detergent Fiber Concentration and Forage Source on Performance of Lactating Cows. Journal of Dairy Science Vol. 78, No. 2.U.S.A.
88. Salinas, F.; Crespín, E. 2010. Evaluación Productiva y Nutricional de los cultivos de Frijol de Canavalia, Frijol Vigna y Sorgo Variedades Centa S-2 y RCV y su Asocio Para la Alimentación de Ganado Lechero. Tesis. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, ES, 88p.
89. Sánchez A. 2001. Leguminosas como potencial forrajero en la alimentación bovina. Producción bovina de carne. Investigador. (en línea). FONAIAP. Estación Experimental del Estado Falcón. Coro. Venezuela. Consultado: 1 de Febrero de 2013. Disponible en: [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/FonaiapDivulga/fd50/leguminosas.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd50/leguminosas.htm)
90. Sánchez J. 2007. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. Sistema de producción animal. Barquisimetro. Venezuela. (en línea). Consultado el 12 Abril 2013. Disponible en: <https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:6HIRW4eAXu8J:www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/forrajes.pdf+&hl=es->
91. SAS User's Guide: Statistics, Version 5 Edition. 1985. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
92. Schneider, B.H. and W.P. Flatt. 1975. The evaluation of feeding through digestibility experiments. Univ. Georgia Press, Athens. pp. 169
93. Sosa I, L Leyton, E. Corea y J. Elizondo-Salazar. 2010. The correlation between milk and blood urea nitrogen in high and low yielding cows. N.E. Odongo, M. Garcia & G.J. Viljoen (eds), *In Sustainable Improvement of Animal Production and Health*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 79–82.
94. Satter, L. D., Combs D.K., Lopez-Guiza, J.M., and Nelson W.F. 1986. Use of markers for measurement of feed digestibility in ruminants. Pages 469–484 in Nuclear and Related Techniques in Animal Production and Health. International Atomic Energy Agency,

Vienna, Austria. pp489.

95. Sutton A.; Applegate T.; Hankins S. 2006. Manipulation of Animal Diets to Affect Manure Production, Composition and Odors: State of Science. National Center for Manure and Animal Waste Management. White Paper Summaries. (en línea) Consultado: 2 de marzo de 2013. Disponible en:  
<[http://www.cals.ncsu.edu/waste\\_mgt/natlcenter/whitepapersummaries/manipulation.pdf](http://www.cals.ncsu.edu/waste_mgt/natlcenter/whitepapersummaries/manipulation.pdf)>
96. Tamminga S. 1991. Department of Animal Nutrition Wageningen University Wageningen. The Netherlands Nutrition Management of Dairy Cows as a Contribution to Pollution Control.
97. Tamminga, S., y Verstegen M. W. A. 1996. Implications of nutrition of animals on environmental pollution. In: P. C. Garnsworthy, W. Haresign and D. J. A. Cole (ed.) Recent Advances in Animal Nutrition. pp 121–134. Nottingham University Press, U.K.
98. Unión ganadera regional de Jalisco. 2013. (en línea). Alimentación de forrajes y concentrados. México. Consultado: 2 de Marzo de 2013. Disponible en: [http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=391&Itemid=138](http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=391&Itemid=138)
99. USDA. 2013. World market and trade. United states department of agriculture. United States of America. pp.12
100. US EPA (Environmental Protection Agency). 2004. National Emissions Inventory— Ammonia Emissions from Animal Husbandry Operations. US EPA, Washington, DC.
101. Valadares, R., G.A. Broderick, S.C. Valadares Filho e M.K. Clayton. 1999. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. *Journal of Dairy Science* 82(12): 2686-2696.
102. Van Horn, H.; Wilkie, W.; Powers, W. 1994. Components of dairy manure management systems. *Journal of Dairy Science* (87): 2158-2166.
103. Van Keulen, J. and Young B. A. 1977. Evaluation of acid- insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci.* 44:282.
104. Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca, NY.
105. Wattiaux, M. 1994a. Alimentos Para Vacas Lecheras. (en línea). Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Madison, US. Consultado: 27 de febrero 2013.
106. Wattiaux, M. 1994b. Metabolismo de proteínas en las vacas lecheras. (en línea) instituto babcock para la investigación y desarrollo internacional de la industria lechera. Madison, EUA. Consultado: 27 de Febrero de 2013.

107. Wattiaux, M. 1994d. Composicion de la leche y valor nutricional. (en línea) instituto babcock para la investigación y desarrollo internacional de la industria lechera. Madison, EUA. Consultado: 26 de Enero de 2014.
108. Wattiaux, M. A., and Karg. K. L. 2004. Protein level for alfalfa and corn silage based diets. II. Nitrogen balance and manure characteristics. *J. Dairy Sci.* 87:3492–3502.
109. Weiss W.; St-Pierre N. 1999. Energy prediction equations for ruminant feeds. (en línea). Presented at Cornell Nutrition Conference, pp. 176-185. Consultado: 27 de Febrero de 2013. Disponible en: [www.inia.cl/quilamapu/.../Alimentacion%20vacas%20lecheras.pdf](http://www.inia.cl/quilamapu/.../Alimentacion%20vacas%20lecheras.pdf)
110. Wilkins R.J. 2001. Legume Silages Animal production: Increasing profits With forage Legumes. Institute of grassland and environmental research. Devon UK, 9 pp.
111. Wilson Y Cols. 1988 citado por Ramos.r, Pabon.I, Carulla. 1996, Composición de la leche factores nutricionales y no nutricionales que la afectan. *Revista ANASAC.* No 78.
112. Wilson, J. R., and Kennedy P. M. 1996. Plant and animal constraints to voluntary feed intake associated with fibre characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. *Aust. J. Agric. Res.*47:199–225.
113. Zavala D.; López, F.; Ventura, B. 2005. Efecto de la Proteína Cruda y la Energía en la Fertilidad de Vacas Lecheras en Ocho Ganaderías de El Salvador. Tesis Ing. Agr. El Salvador, San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. 117 p.

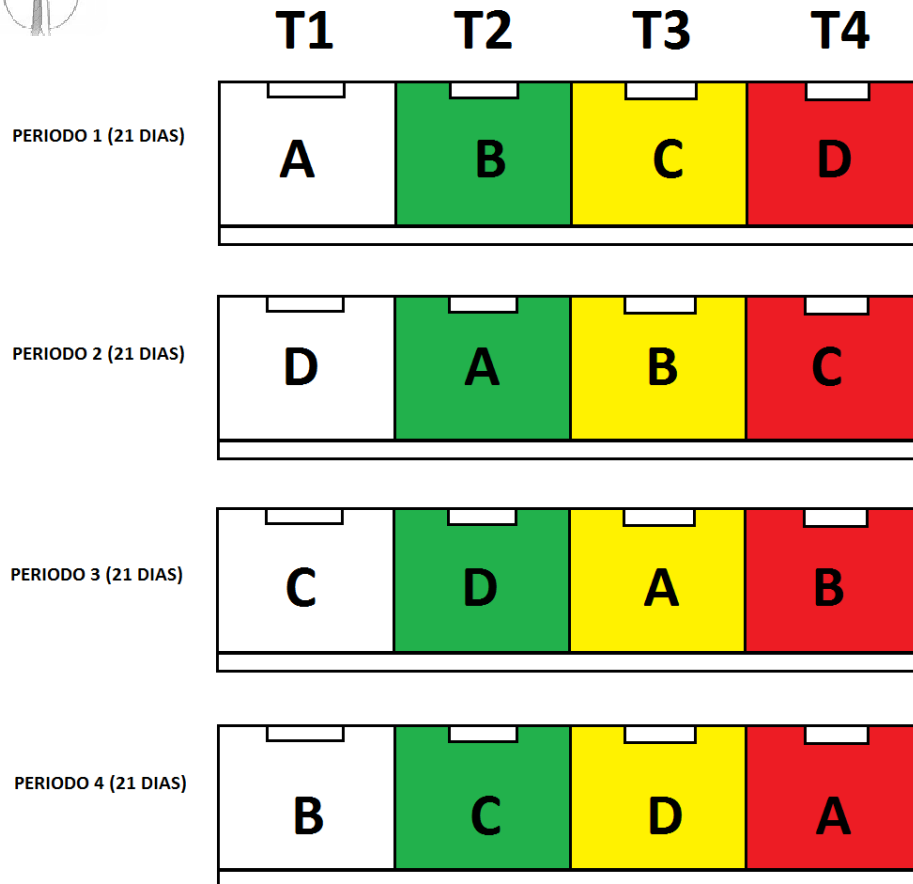
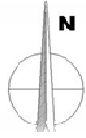


## ANEXOS

**Cuadro A1.** Costos de producción para el cultivo de 1.25 hectáreas de frijol mono (*Vigna sinensis*).

|   |         | <b>Cantidad<br/>Producto</b> | <b>Cantidad<br/>Jornales</b> | <b>Valor<br/>TOTAL</b> |
|---|---------|------------------------------|------------------------------|------------------------|
| Preparación de tierra ( control de malezas) |         |                              | 21                           | USD99.02               |
| Siembra se mano de obra                     |         |                              | 12                           | USD56.61               |
| Semilla                                     | 45.45kg | 100 libras                   |                              | USD75.00               |
| Control de plagas (insecticidas)            |         |                              | 14                           | USD66.01               |
| Insecticida utilizado (terminator MR)       |         | 4 litros                     |                              | USD52.00               |
| Fungicida aplicado Amistar                  | 1.5L    | 2 botellas                   |                              | USD52.00               |
| Fungicida aplicado Opera                    |         | 1 litro                      |                              | USD90.00               |
| Aplicación foliar (triple 20)               | 16.36Kg | 36 libras                    |                              | USD72.00               |
| Control de malezas con herbicida            |         |                              | 8                            | USD37.72               |
| Herbicida ( Ráfaga) MR                      |         | 8 litros                     |                              | USD48.00               |
| Vigilancia en siembra                       |         |                              | 8                            | USD37.72               |
|   |         |                              |                              | USD113.2               |
| Jornales en recolección (corte)             |         |                              | 24                           | 2                      |
| Jornales en secado (Volteando)              |         |                              | 4                            | USD18.86               |
| Carrileo y Enfardado                        |         |                              | 12                           | USD56.61               |
| Costo de Combustible al Enfardar            | 37.87 L | 10galones                    |                              | USD45.00               |
| Costo de Pita de Nylon                      | 15 m    | 1 Rollo                      |                              | USD13.00               |
| <b>TOTAL</b>                                |         |                              |                              | <b>USD932,77</b>       |

Rendimiento fue 326 pacas de 30 libras.



A, B, C, D = GRUPOS DE VACAS

**Figura A-1** Plano de campo

Cada corral equivale a un distinto tratamiento representado por un color y serán estos las repeticiones experimentales, las letras corresponden a los grupos de vacas que serán rotadas después de un periodo de 21 días en los 4 corrales para recibir los distintos tratamientos.

















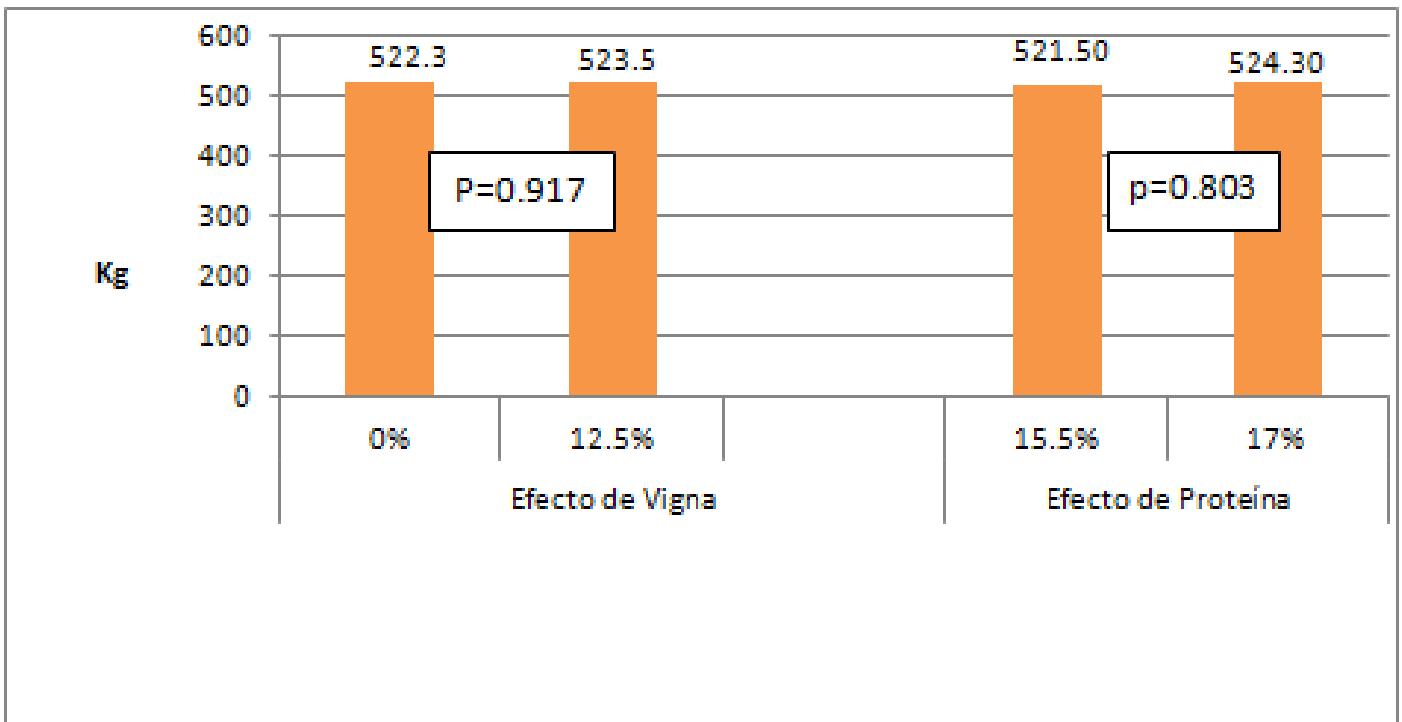


**Cuadro A-3.** Análisis de varianza de variable peso en kilogramos.

Variable Dependiente: peso Kg

| Fuente           | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|------------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo Corregido | 6142.771 <sup>a</sup>      | 6   | 1023.795         | .267     | .951 |
| Intercepto       | 34997521.120               | 1   | 34997521.120     | 9132.384 | .000 |
| Vigna            | 41.866                     | 1   | 41.866           | .011     | .917 |
| CP               | 238.823                    | 1   | 238.823          | .062     | .803 |
| Vigna * CP       | 5716.566                   | 3   | 1905.522         | .497     | .685 |
| Periodo          | 145.516                    | 1   | 145.516          | .038     | .846 |
| Error            | 463701.509                 | 121 | 3832.244         |          |      |
| Total            | 35467365.400               | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido  | 469844.280                 | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .013 (R Cuadrado Ajustado = -.036)



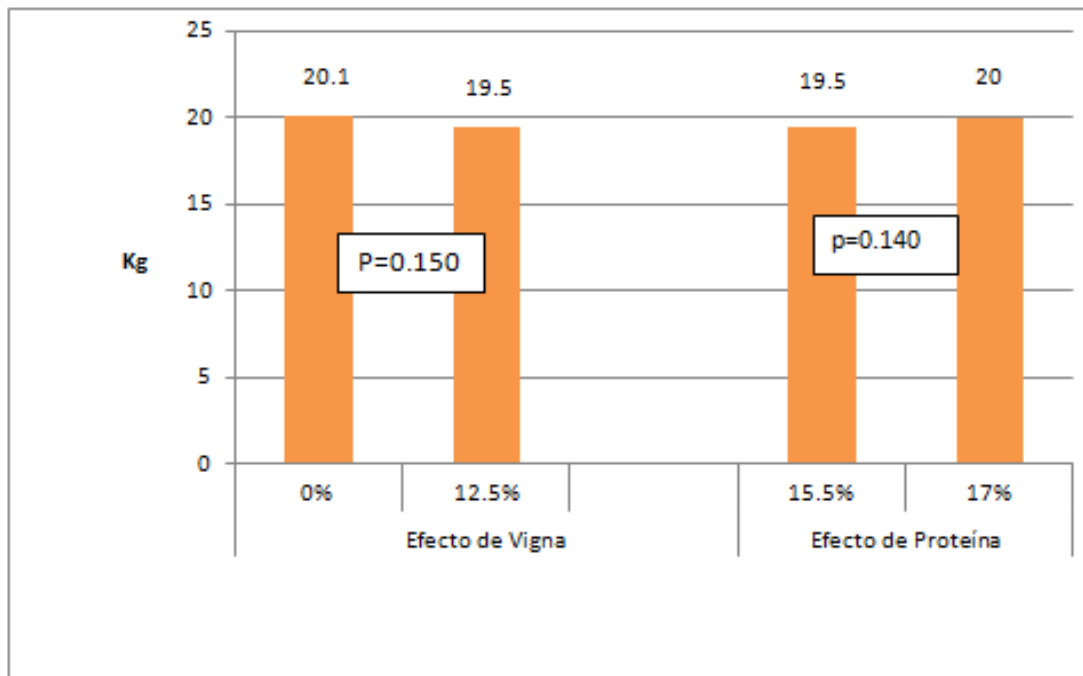
**Figura A-2.** Pesos vivos de vacas lecheras (kg) que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-4.** Análisis de varianza de variable consumo en kilogramos.

Variable Dependiente: Consumo kg

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo          | 80.119 <sup>a</sup>        | 6   | 13.353           | 2.261    | .042 |
| Corregido       |                            |     |                  |          |      |
| Intercepto      | 49600.133                  | 1   | 49600.133        | 8400.235 | .000 |
| Vigna           | 12.420                     | 1   | 12.420           | 2.103    | .150 |
| CP              | 13.008                     | 1   | 13.008           | 2.203    | .140 |
| Vigna * CP      | 5.895                      | 1   | 5.895            | .998     | .320 |
| Periodo         | 48.796                     | 3   | 16.265           | 2.755    | .045 |
| Error           | 714.458                    | 121 | 5.905            |          |      |
| Total           | 50394.710                  | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido | 794.577                    | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .101 (R Cuadrado Ajustado = .056)



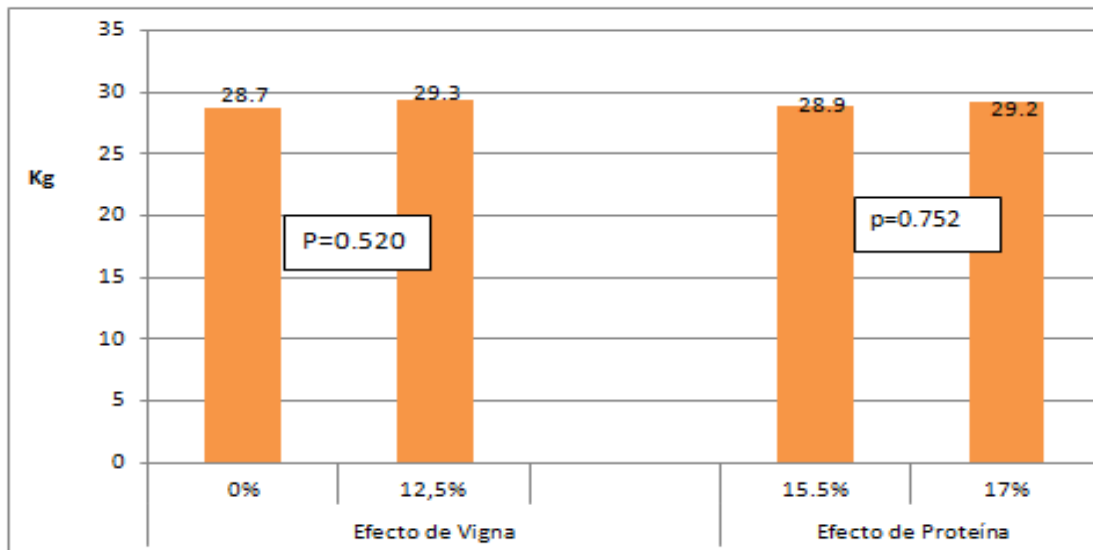
**Figura A-3.** Consumo de Materia Seca (kg) dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-5.** Análisis de varianza de variable kilogramos de leche producida.

Variable Dependiente: Kg Leche

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo          | 84.799 <sup>a</sup>        | 6   | 14.133           | .499     | .808 |
| Corregido       |                            |     |                  |          |      |
| Intercepto      | 107765.350                 | 1   | 107765.350       | 3805.041 | .000 |
| Vigna           | 11.768                     | 1   | 11.768           | .416     | .520 |
| CP              | 2.832                      | 1   | 2.832            | .100     | .752 |
| Vigna * CP      | 11.676                     | 1   | 11.676           | .412     | .522 |
| Periodo         | 58.523                     | 3   | 19.508           | .689     | .561 |
| Error           | 3426.930                   | 121 | 28.322           |          |      |
| Total           | 111277.079                 | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido | 3511.729                   | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .024 (R Cuadrado Ajustado = -.024)



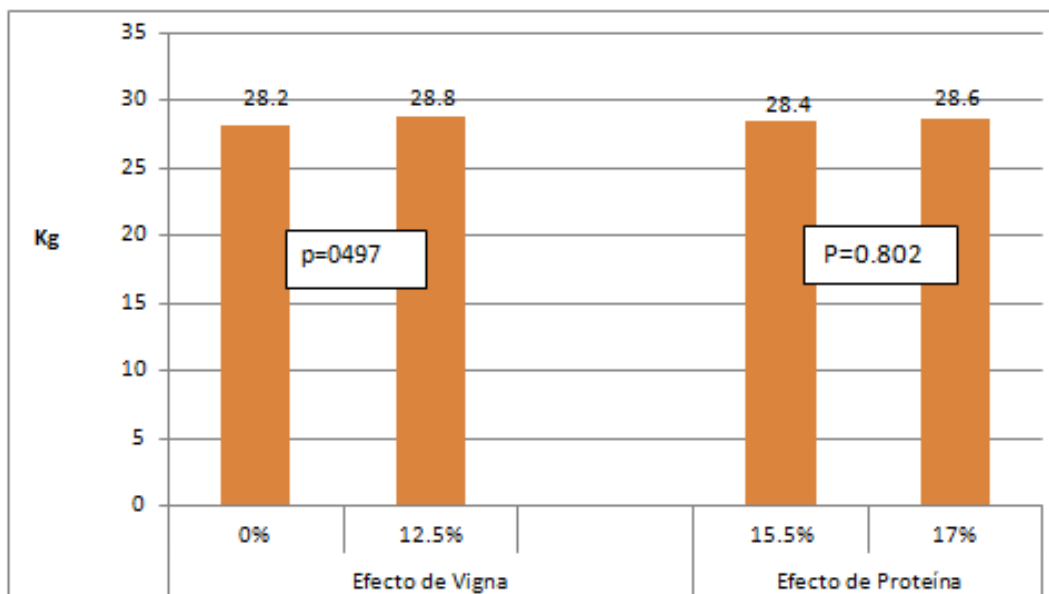
**Figura A-4.** Leche producida (kg) por vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-6.** Análisis de varianza de variable kilogramos de leche corregida (305 días, 3.5% grasa)

Variable Dependiente: Kg Leche Corregida

| Fuente           | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|------------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo Corregido | 116.526 <sup>a</sup>       | 6   | 19.421           | .593     | .735 |
| Intercepto       | 103987.640                 | 1   | 103987.640       | 3174.930 | .000 |
| Vigna            | 15.231                     | 1   | 15.231           | .465     | .497 |
| CP               | 2.061                      | 1   | 2.061            | .063     | .802 |
| Vigna * CP       | 5.166                      | 1   | 5.166            | .158     | .692 |
| Periodo          | 94.067                     | 3   | 31.356           | .957     | .415 |
| Error            | 3963.081                   | 121 | 32.753           |          |      |
| Total            | 108067.247                 | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido  | 4079.606                   | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .029 (R Cuadrado Ajustado = -.020)



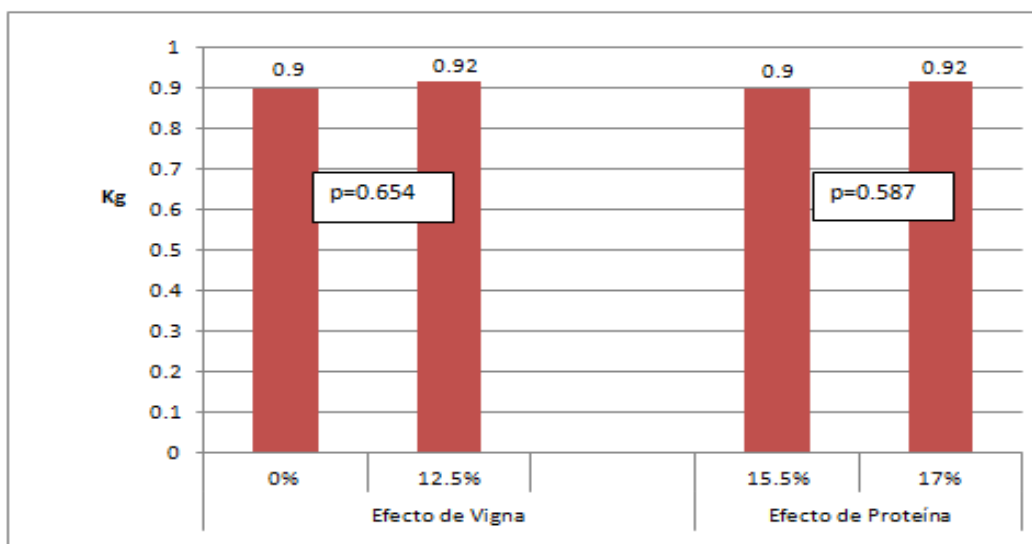
**Figura A-5.** Leche corregida (kg) por vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-7.** Análisis de varianza de variable nitrógeno en leche (g)

Variable Dependiente: g de N en leche

| Fuente           | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadratica | F        | Sig. |
|------------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo Corregido | 2743.236 <sup>a</sup>      | 6   | 457.206          | .633     | .704 |
| Intercepto       | 2601103.708                | 1   | 2601103.708      | 3598.434 | .000 |
| Vigna            | 146.366                    | 1   | 146.366          | .202     | .654 |
| CP               | 214.466                    | 1   | 214.466          | .297     | .587 |
| Vigna * CP       | 182.909                    | 1   | 182.909          | .253     | .616 |
| Periodo          | 2199.495                   | 3   | 733.165          | 1.014    | .389 |
| Error            | 87464.033                  | 121 | 722.843          |          |      |
| Total            | 2691310.977                | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido  | 90207.269                  | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .030 (R Cuadrado Ajustado = -.018)



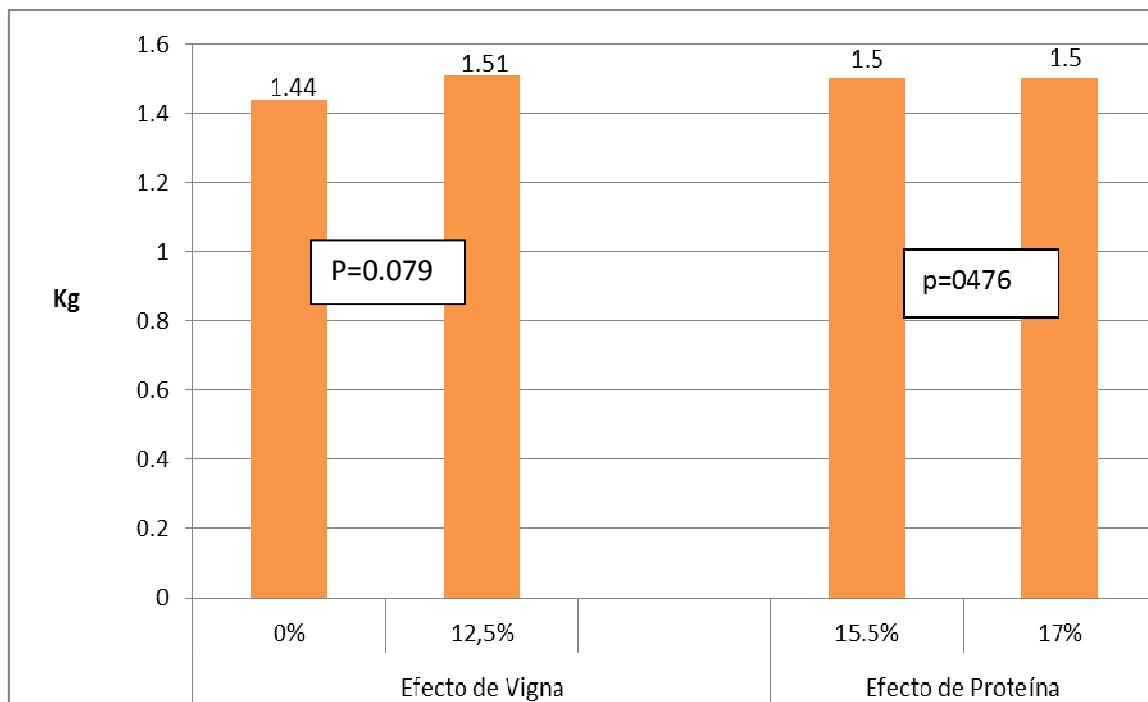
**Figura A-6** Nitrógeno consumido (g) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína.

**Cuadro A-8.** Eficiencia nutricional (Kg leche/ Kg MS alimento)

Variable Dependiente: Kg Leche / Kg Alimento

| Fuente           | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|------------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo Corregido | .341 <sup>a</sup>          | 6   | .057             | .984     | .439 |
| Intercepto       | 280.185                    | 1   | 280.185          | 4845.264 | .000 |
| Vigna            | .181                       | 1   | .181             | 3.137    | .079 |
| CP               | .030                       | 1   | .030             | .511     | .476 |
| Vigna * CP       | .001                       | 1   | .001             | .012     | .912 |
| Periodo          | .130                       | 3   | .043             | .747     | .526 |
| Error            | 6.997                      | 121 | .058             |          |      |
| Total            | 287.523                    | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido  | 7.338                      | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .030 (R Cuadrado Ajustado = -.001)



**Figura A-7.** Eficiencia nutricional (Kg leche/ Kg MS alimento) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

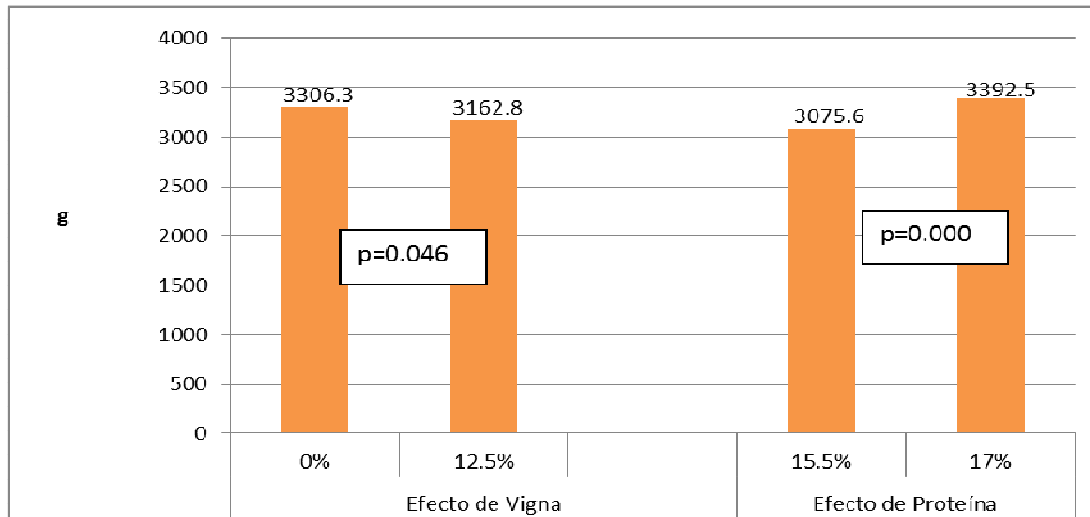


**Cuadro A-9** proteína consumida (g/día)

Variable Dependiente: PC gr/d

| Fuente           | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|------------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo Corregido | 6692454.039 <sup>a</sup>   | 6   | 1115409.007      | 7.136    | .000 |
| Intercepto       | 1330742598.35              | 1   | 1330742598.356   | 8514.123 | .000 |
| Vigna            | 633953.187                 | 1   | 633953.187       | 4.056    | .046 |
| CP               | 3618612.872                | 1   | 3618612.872      | 23.152   | .000 |
| Vigna * CP       | 257521.580                 | 1   | 257521.580       | 1.648    | .202 |
| Periodo          | 2182366.400                | 3   | 727455.467       | 4.654    | .004 |
| Error            | 18912089.469               | 121 | 156298.260       |          |      |
| Total            | 1356347141.86              | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido  | 25604543.508               | 127 |                  |          |      |

a. R Squared = .261 (Adjusted R Squared = .225)



**Figura A-8.** Proteína consumida (g/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-10.** Consumo y eficiencia alimenticia en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y de proteína

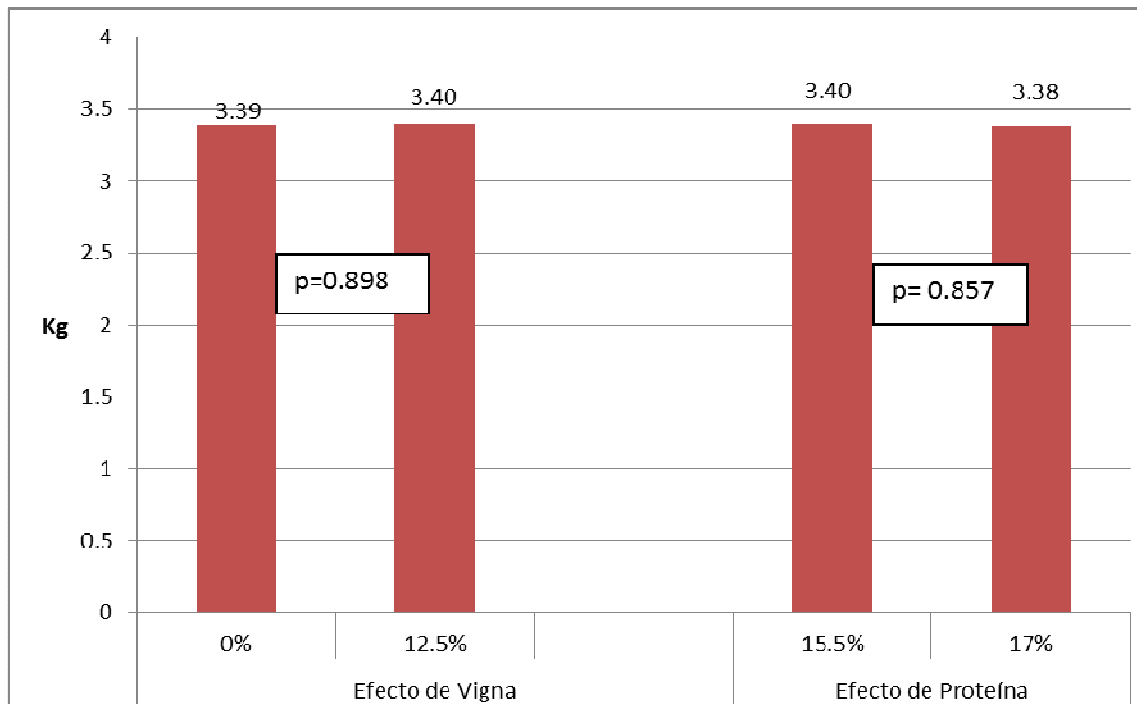
|  | Efectos |        |          |       | Error std<br>de la<br>media | probabilidad |          |
|--|---------|--------|----------|-------|-----------------------------|--------------|----------|
|  | Vigna   |        | Proteína |       |                             | Vigna        | proteína |
|  | 0       | 12     | 15.5     | 17    |                             |              |          |
| <b>Peso vivo kg</b>  | 522.3   | 523.5  | 521.5    | 524.3 | 7.734                       | 0.917        | 0.803    |
| <b>Consumo MS kg</b>                                       | 20.1    | 19.5   | 19.5     | 20    | 0.304                       | 0.150        | 0.140    |
| <b>Producción de leche kg/d</b>                            | 28.7    | 29.3   | 28.9     | 29.2  | 0.665                       | 0.520        | 0.752    |
| <b>Leche corregida 3.5% grasa<br/>kg/d</b>                 | 28.2    | 28.8   | 28.4     | 28.6  | 0.715                       | 0.497        | 0.802    |
| <b>Eficiencia alimenticia kg<br/>leche/kg MS consumida</b> | 1.44    | 1.51   | 1.5      | 1.5   | 0.030                       | 0.079        | 0.476    |
| <b>Consumo Proteína gr/día</b>                             | 3306    | 3162   | 3076     | 3392  | 49.41                       | 0.046        | 0.000    |
| <b>Gramos de N en leche</b>                                | 141.48  | 143.62 | 141.3    | 143.8 | 3.361                       | 0.654        | 0.587    |
| <b>Eficiencia de N en leche</b>                            | 26.93   | 28.56  | 28.81    | 26.68 | 0.588                       | 0.048        | 0.007    |

**Cuadro A-11.** Análisis de varianza de variable de grasa en leche (%)

Variable Dependiente: Grasa

| Fuente           | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|------------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo Corregido | .476 <sup>a</sup>          | 6   | .079             | .308     | .932 |
| Intercepto       | 1471.829                   | 1   | 1471.829         | 5721.571 | .000 |
| Vigna            | .004                       | 1   | .004             | .017     | .898 |
| CP               | .008                       | 1   | .008             | .032     | .857 |
| Vigna * CP       | .128                       | 1   | .128             | .498     | .482 |
| Periodo          | .335                       | 3   | .112             | .434     | .729 |
| Error            | 31.126                     | 121 | .257             |          |      |
| Total            | 1503.431                   | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido  | 31.602                     | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .015 (R Cuadrado Ajustado = -.034)



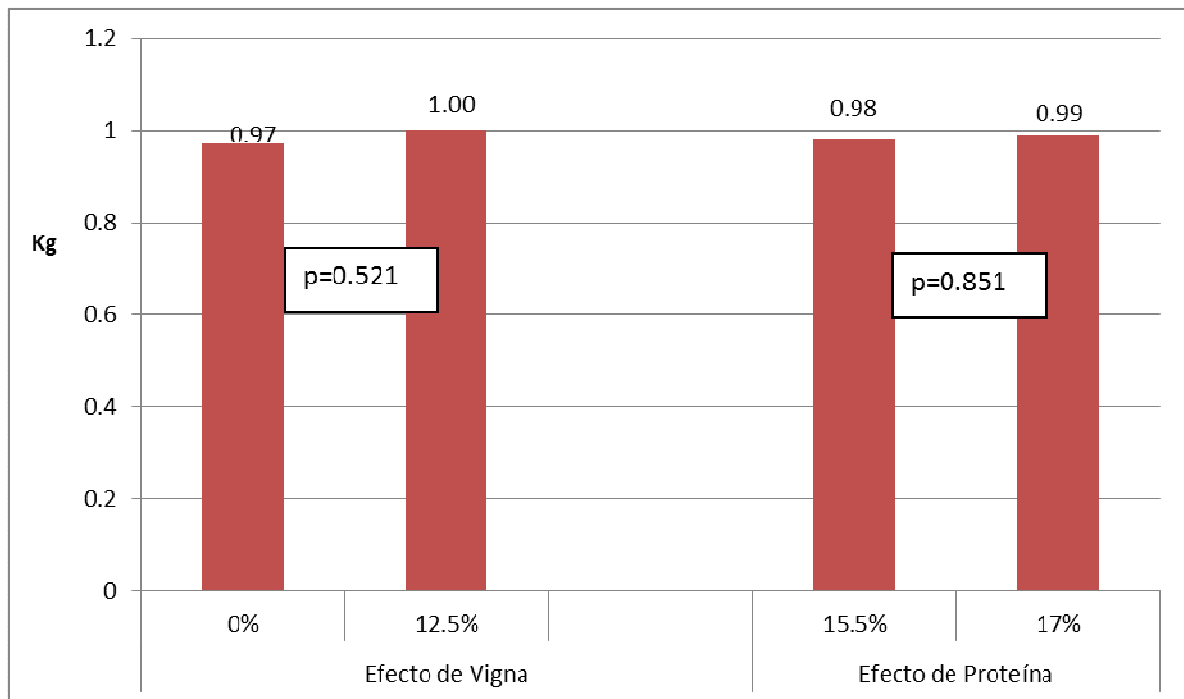
**Figura A-9.** Grasa en leche (%) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-12.** Análisis de varianza de variable grasa en leche (Kg/día)

Variable Dependiente: Kg grasa

| Fuente           | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|------------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo Corregido | .191 <sup>a</sup>          | 6   | .032             | .592     | .736 |
| Intercepto       | 123.932                    | 1   | 123.932          | 2311.514 | .000 |
| Vigna            | .022                       | 1   | .022             | .415     | .521 |
| CP               | .002                       | 1   | .002             | .036     | .851 |
| Vigna * CP       | .002                       | 1   | .002             | .045     | .833 |
| Periodo          | .164                       | 3   | .055             | 1.020    | .387 |
| Error            | 6.487                      | 121 | .054             |          |      |
| Total            | 130.610                    | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido  | 6.678                      | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .029 (R Cuadrado Ajustado = -.020)



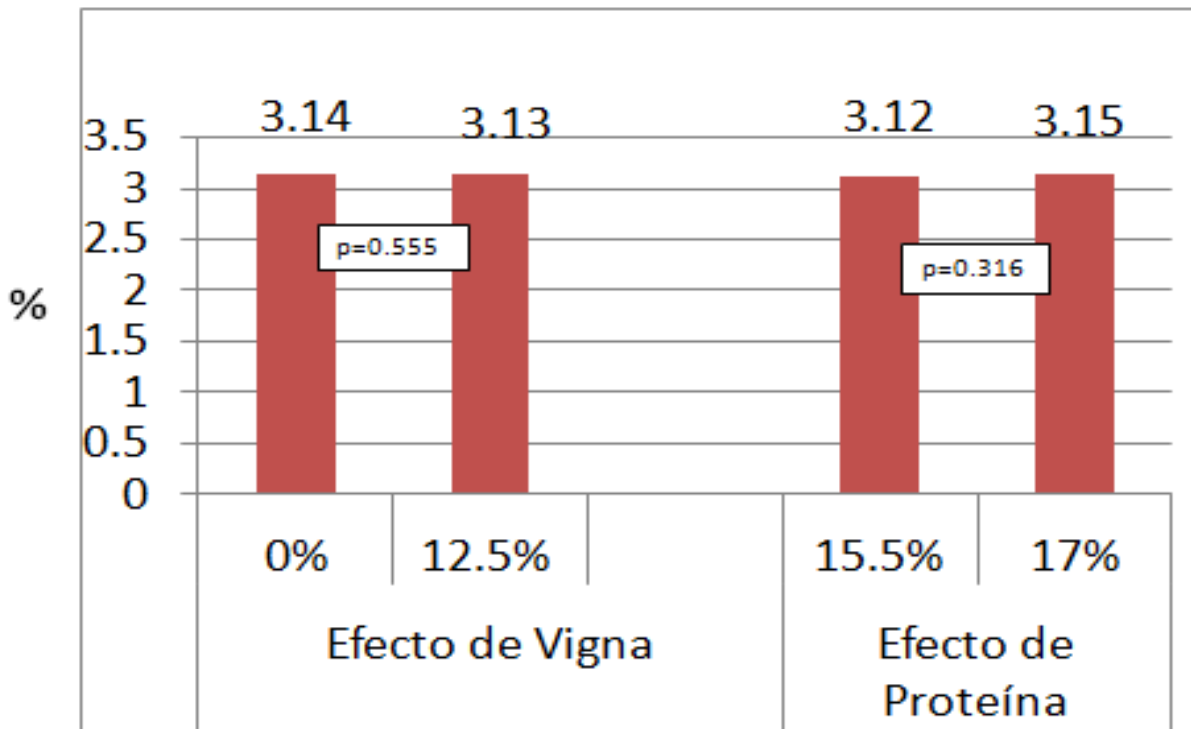
**Figura A-10.** grasa en leche (Kg/día en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-13.** Análisis de varianza de variable proteína cruda en leche (%)

Variable Dependiente: % PC

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F         | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|-----------|------|
| Modelo          | .484 <sup>a</sup>          | 6   | .081             | 3.628     | .002 |
| Corregido       |                            |     |                  |           |      |
| Intercepto      | 1257.717                   | 1   | 1257.717         | 56526.161 | .000 |
| Vigna           | .008                       | 1   | .008             | .351      | .555 |
| CP              | .023                       | 1   | .023             | 1.014     | .316 |
| Vigna * CP      | .007                       | 1   | .007             | .293      | .589 |
| Periodo         | .447                       | 3   | .149             | 6.703     | .000 |
| Error           | 2.692                      | 121 | .022             |           |      |
| Total           | 1260.893                   | 128 |                  |           |      |
| Total Corregido | 3.177                      | 127 |                  |           |      |

a. R Cuadrado = .152 (R Cuadrado Ajustado = .110)



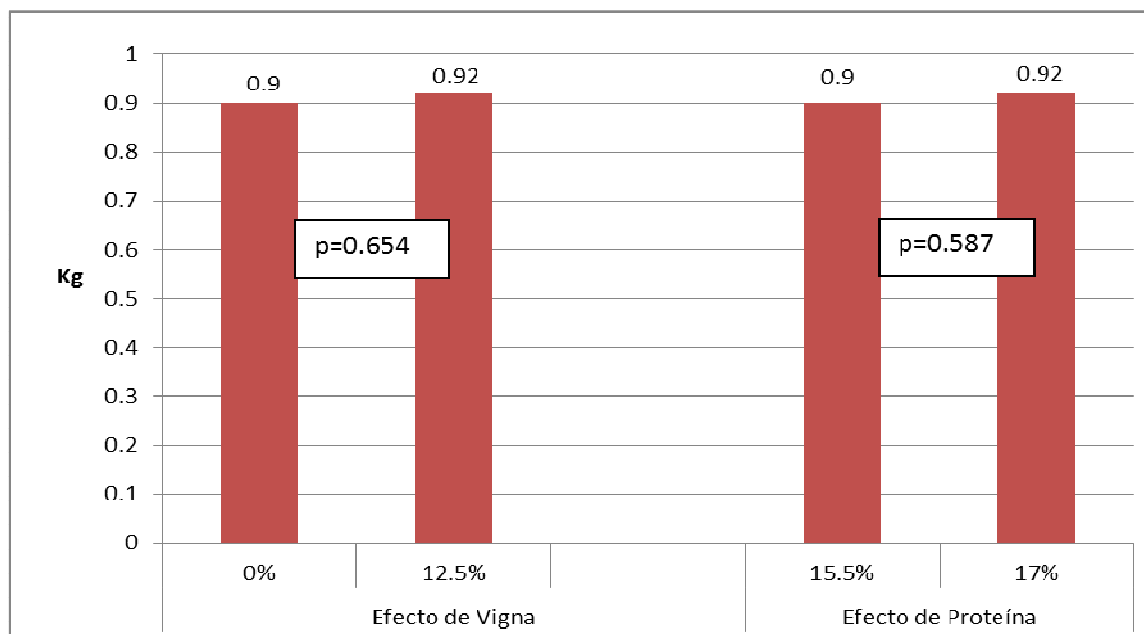
**Figura A-11.** Proteína cruda en % en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-14.** Análisis de varianza de variable de proteína cruda (Kg/día)

Variable Dependiente: Kg PC

| Fuente     | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo     | .112 <sup>a</sup>          | 6   | .019             | .633     | .704 |
| Corregido  |                            |     |                  |          |      |
| Intercepto | 105.876                    | 1   | 105.876          | 3598.434 | .000 |
| Vigna      | .006                       | 1   | .006             | .202     | .654 |
| CP         | .009                       | 1   | .009             | .297     | .587 |
| Vigna * CP | .007                       | 1   | .007             | .253     | .616 |
| Periodo    | .090                       | 3   | .030             | 1.014    | .389 |
| Error      | 3.560                      | 121 | .029             |          |      |
| Total      | 109.548                    | 128 |                  |          |      |
| Total      | 3.672                      | 127 |                  |          |      |
| Corregido  |                            |     |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .030 (R Cuadrado Ajustado = -.018)



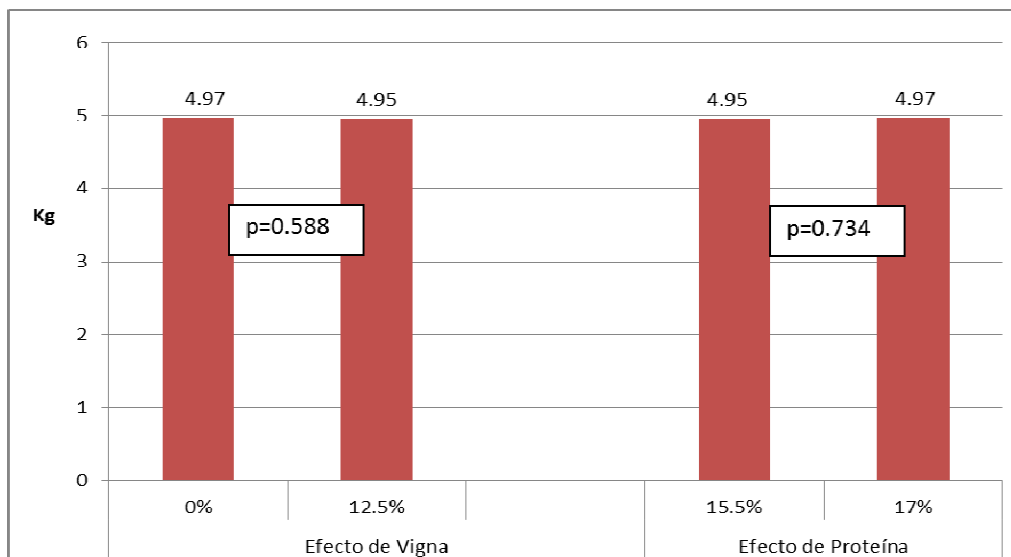
**Figura A-12.** Proteína cruda en kilogramos en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-15.** Análisis de varianza de variable de lactosa en leche (%)

Variable Dependiente: % Lactosa

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F         | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|-----------|------|
| Modelo          | 2.141 <sup>a</sup>         | 6   | .357             | 5.070     | .000 |
| Corregido       |                            |     |                  |           |      |
| Intercepto      | 3149.446                   | 1   | 3149.446         | 44749.544 | .000 |
| Vigna           | .021                       | 1   | .021             | .295      | .588 |
| CP              | .008                       | 1   | .008             | .116      | .734 |
| Vigna * CP      | .103                       | 1   | .103             | 1.459     | .229 |
| Periodo         | 2.009                      | 3   | .670             | 9.516     | .000 |
| Error           | 8.516                      | 121 | .070             |           |      |
| Total           | 3160.102                   | 128 |                  |           |      |
| Total Corregido | 10.657                     | 127 |                  |           |      |

a. R Cuadrado = .201 (R Cuadrado Ajustado = .161)



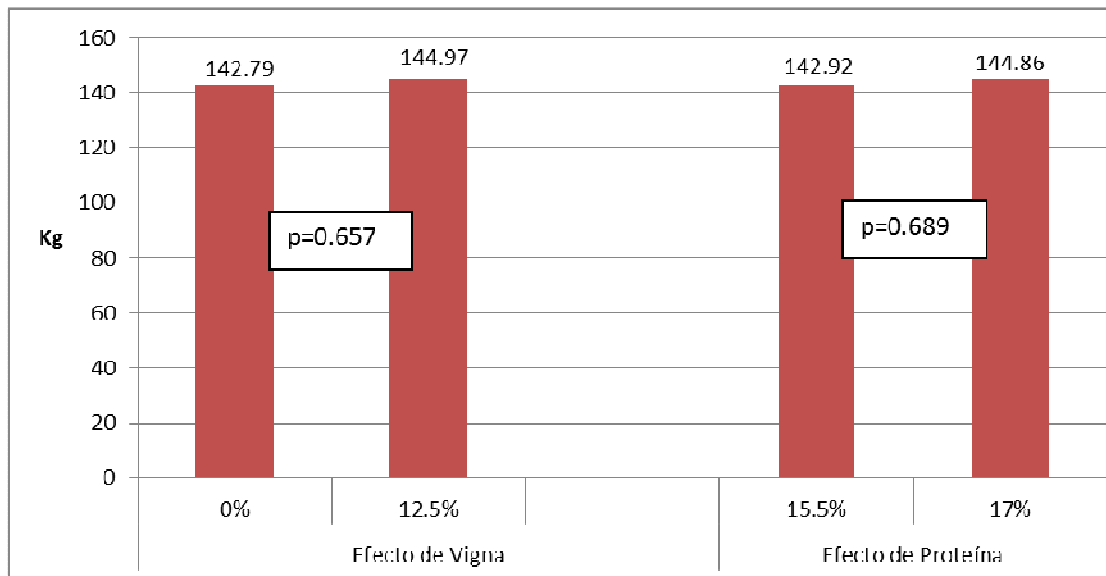
**Figura A-13** lactosa en leche (%) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-16.** Análisis de varianza de variable de lactosa en leche (Kg/día)

Variable Dependiente: kg de lactosa

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo          | 832.738 <sup>a</sup>       | 6   | 138.790          | .181     | .981 |
| Corregido       |                            |     |                  |          |      |
| Intercepto      | 2649862.230                | 1   | 2649862.230      | 3463.219 | .000 |
| Vigna           | 151.277                    | 1   | 151.277          | .198     | .657 |
| CP              | 123.031                    | 1   | 123.031          | .161     | .689 |
| Vigna * CP      | 61.772                     | 1   | 61.772           | .081     | .777 |
| Periodo         | 496.658                    | 3   | 165.553          | .216     | .885 |
| Error           | 92582.462                  | 121 | 765.144          |          |      |
| Total           | 2743277.430                | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido | 93415.200                  | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .009 (R Cuadrado Ajustado = -.040)



**Figura A-14.** Lactosa en leche (Kg/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

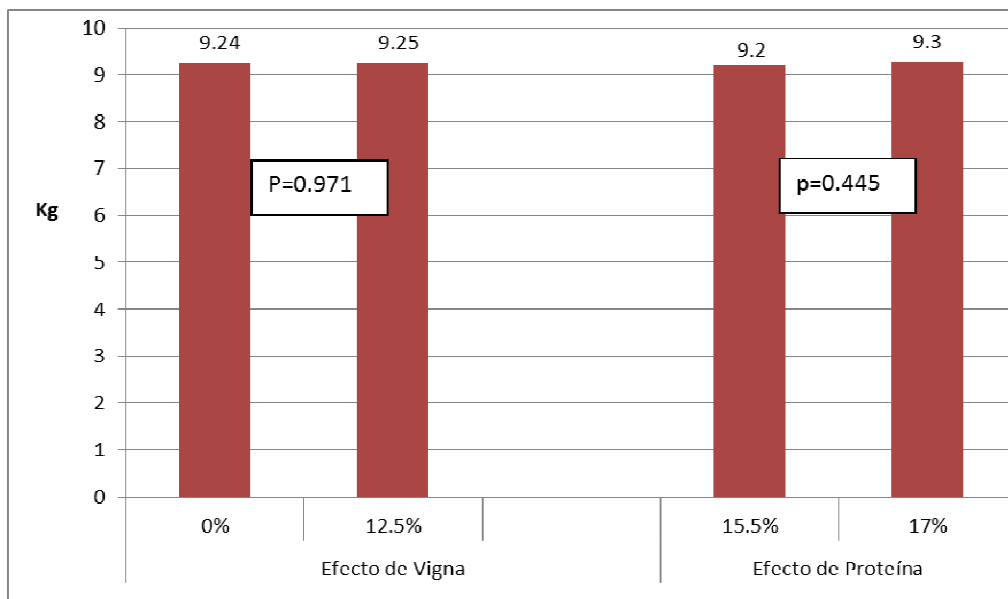


**Cuadro A-17.** Análisis de varianza de variable de sólidos no grasos en leche. (%)

Variable Dependiente: % Sólidos no grasos

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F         | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|-----------|------|
| Modelo          | 5.883 <sup>a</sup>         | 6   | .981             | 4.737     | .000 |
| Corregido       |                            |     |                  |           |      |
| Intercepto      | 10941.406                  | 1   | 10941.406        | 52856.217 | .000 |
| Vigna           | .000                       | 1   | .000             | .001      | .971 |
| CP              | .122                       | 1   | .122             | .587      | .445 |
| Vigna * CP      | .182                       | 1   | .182             | .881      | .350 |
| Periodo         | 5.579                      | 3   | 1.860            | 8.984     | .000 |
| Error           | 25.047                     | 121 | .207             |           |      |
| Total           | 10972.337                  | 128 |                  |           |      |
| Total Corregido | 30.931                     | 127 |                  |           |      |

a. R Cuadrado = .190 (R Cuadrado Ajustado = .150)



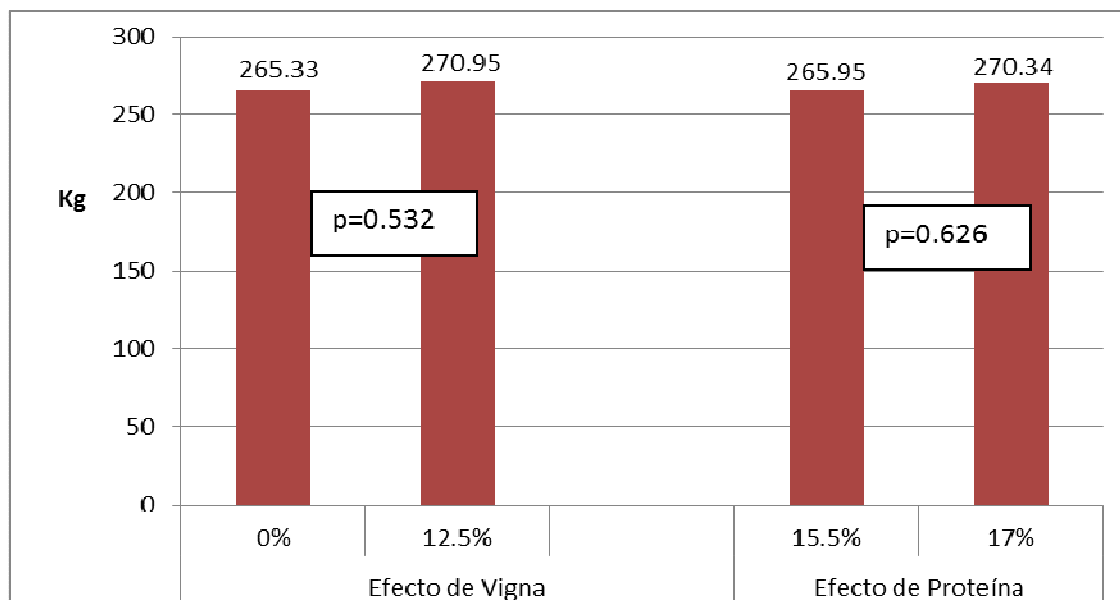
**Figura A-15.** Sólidos no grasos % en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-18.** Análisis de varianza de variable de sólidos no grasos en leche (Kg/día)

Variable Dependiente: kg sólidos no grasos

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo          | 3144.398 <sup>a</sup>      | 6   | 524.066          | .202     | .975 |
| Corregido       |                            |     |                  |          |      |
| Intercepto      | 9203232.607                | 1   | 9203232.607      | 3555.247 | .000 |
| Vigna           | 1014.442                   | 1   | 1014.442         | .392     | .532 |
| CP              | 616.927                    | 1   | 616.927          | .238     | .626 |
| Vigna * CP      | 379.956                    | 1   | 379.956          | .147     | .702 |
| Periodo         | 1133.074                   | 3   | 377.691          | .146     | .932 |
| Error           | 313224.705                 | 121 | 2588.634         |          |      |
| Total           | 9519601.710                | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido | 316369.103                 | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .010 (R Cuadrado Ajustado = -.039)



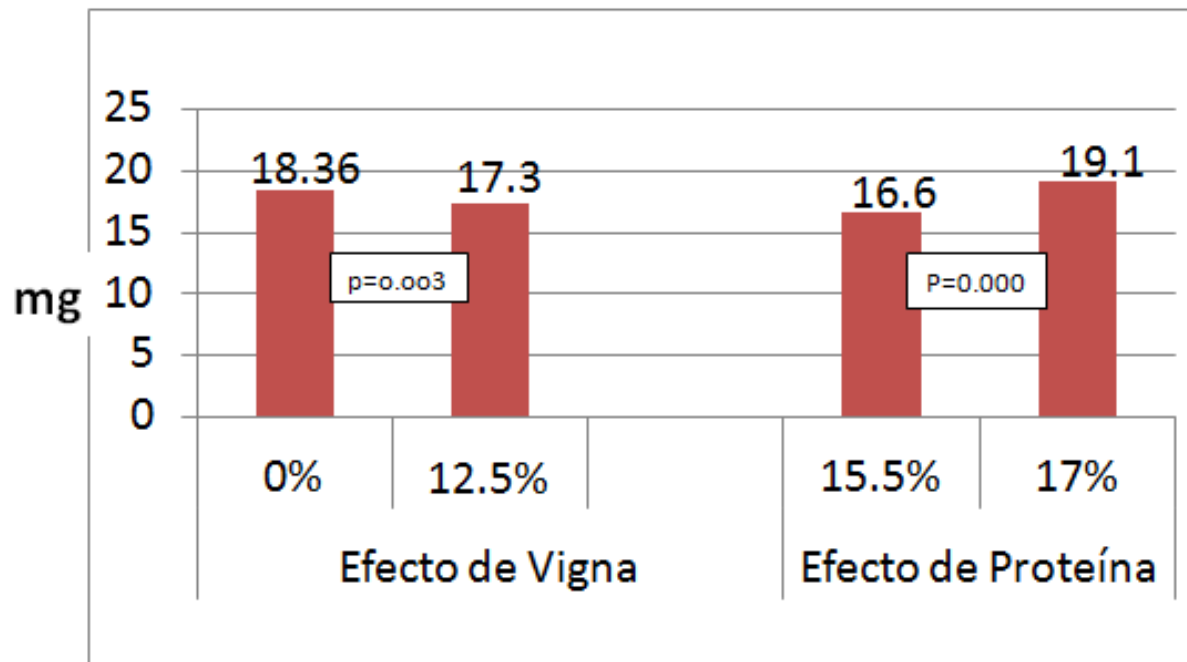
**Figura A-16.** Sólidos no grasos en leche (Kg/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-19.** Análisis de varianza de variable Nitrógeno Ureico en leche (mg/dl)

Variable Dependiente: NUL mg/dL

| Fuente           | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F         | Sig. |
|------------------|----------------------------|-----|------------------|-----------|------|
| Modelo Corregido | 269.490 <sup>a</sup>       | 6   | 44.915           | 11.680    | .000 |
| Intercepto       | 40691.087                  | 1   | 40691.087        | 10581.894 | .000 |
| Vigna            | 36.340                     | 1   | 36.340           | 9.450     | .003 |
| CP               | 199.596                    | 1   | 199.596          | 51.906    | .000 |
| Vigna * CP       | .658                       | 1   | .658             | .171      | .680 |
| Periodo          | 32.896                     | 3   | 10.965           | 2.852     | .040 |
| Error            | 465.287                    | 121 | 3.845            |           |      |
| Total            | 41425.864                  | 128 |                  |           |      |
| Total Corregido  | 734.777                    | 127 |                  |           |      |

a. R Cuadrado = .367 (R Cuadrado Ajustado = .335)



**Figura A-17.** Nitrógeno ureico en leche (mg/dL) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-20.** Composición de la leche en vacas lecheras en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y de proteína

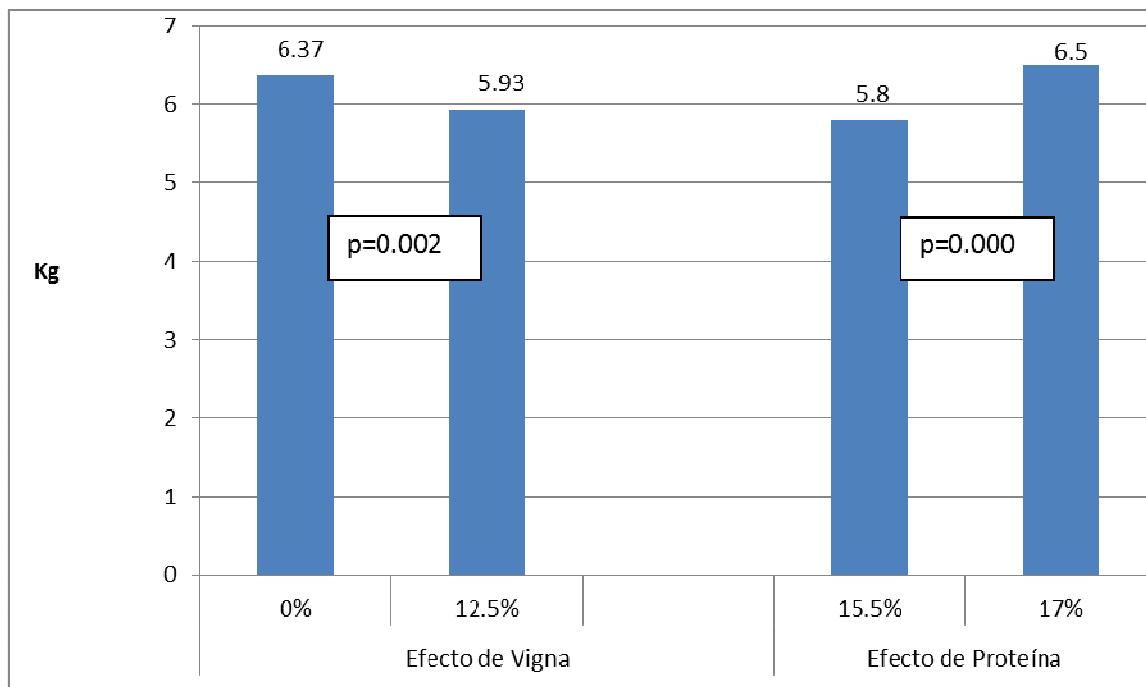
|                             | Efectos |      |          |      | Error std<br>De la<br>media | Probabilidad |          |
|-----------------------------|---------|------|----------|------|-----------------------------|--------------|----------|
|                             | Vigna   |      | Proteína |      |                             | Vigna        | proteína |
|                             | 0       | 12   | 15.5     | 17   |                             |              |          |
| <b>Grasa%</b>               | 3.39    | 3.4  | 3.4      | 3.38 | 0.063                       | 0.898        | 0.857    |
| <b>Grasa kg</b>             | 0.97    | 1.00 | 0.98     | 0.99 | 0.029                       | 0.521        | 0.851    |
| <b>Proteína %</b>           | 3.14    | 3.13 | 3.12     | 3.15 | 0.019                       | 0.555        | 0.316    |
| <b>Proteína kg</b>          | 0.9     | 0.92 | 0.9      | 0.92 | 0.021                       | 0.654        | 0.587    |
| <b>Lactosa %</b>            | 4.97    | 4.95 | 4.95     | 4.97 | 0.033                       | 0.588        | 0.734    |
| <b>Lactosa kg</b>           | 143     | 145  | 143      | 145  | 3.458                       | 0.657        | 0.689    |
| <b>Sólidos no grasos %</b>  | 9.24    | 9.25 | 9.2      | 9.3  | 0.057                       | 0.971        | 0.445    |
| <b>Sólidos no grasos kg</b> | 265     | 271  | 266      | 270  | 6.360                       | 0.532        | 0.626    |
| <b>NUL mg/dl</b>            | 18.36   | 17.3 | 16.6     | 19.1 | 0.245                       | 0.003        | 0.000    |

**Cuadro A-21.** Análisis de varianza de variable costo de la dieta.(USUSD)

Variable Dependiente: USD vaca día (dieta)

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo          | 25.222 <sup>a</sup>        | 6   | 4.204            | 7.425    | .000 |
| Corregido       |                            |     |                  |          |      |
| Intercepto      | 4813.777                   | 1   | 4813.777         | 8502.316 | .000 |
| Vigna           | 5.828                      | 1   | 5.828            | 10.293   | .002 |
| CP              | 14.509                     | 1   | 14.509           | 25.626   | .000 |
| Vigna * CP      | .542                       | 1   | .542             | .958     | .330 |
| Periodo         | 4.344                      | 3   | 1.448            | 2.557    | .058 |
| Error           | 68.507                     | 121 | .566             |          |      |
| Total           | 4907.506                   | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido | 93.729                     | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .269 (R Cuadrado Ajustado = .233)



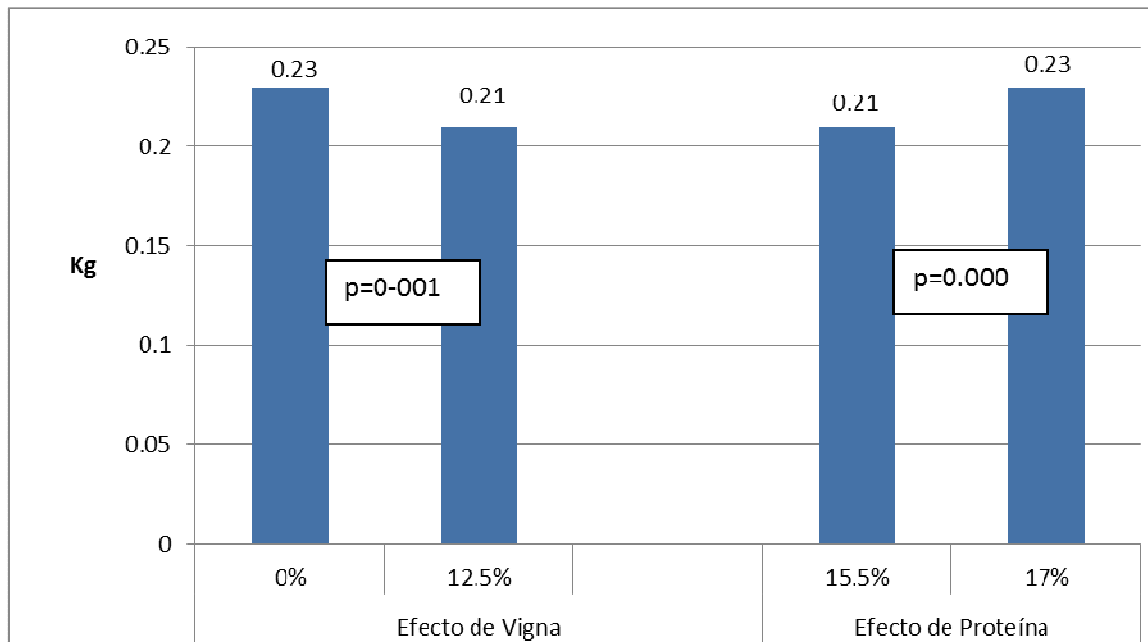
**Figura A-18.** Precio de la dieta (USD) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-22.** Análisis de varianza de variable costo de alimentación por Kg de leche

Variable Dependiente: USD Alimento por Kg Leche

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo          | .031 <sup>a</sup>          | 6   | .005             | 4.756    | .000 |
| Corregido       |                            |     |                  |          |      |
| Intercepto      | 5.947                      | 1   | 5.947            | 5463.086 | .000 |
| Vigna           | .014                       | 1   | .014             | 12.536   | .001 |
| CP              | .014                       | 1   | .014             | 13.216   | .000 |
| Vigna * CP      | 1.105E-005                 | 1   | 1.105E-005       | .010     | .920 |
| Periodo         | .003                       | 3   | .001             | .924     | .432 |
| Error           | .132                       | 121 | .001             |          |      |
| Total           | 6.110                      | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido | .163                       | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .191 (R Cuadrado Ajustado = .151)



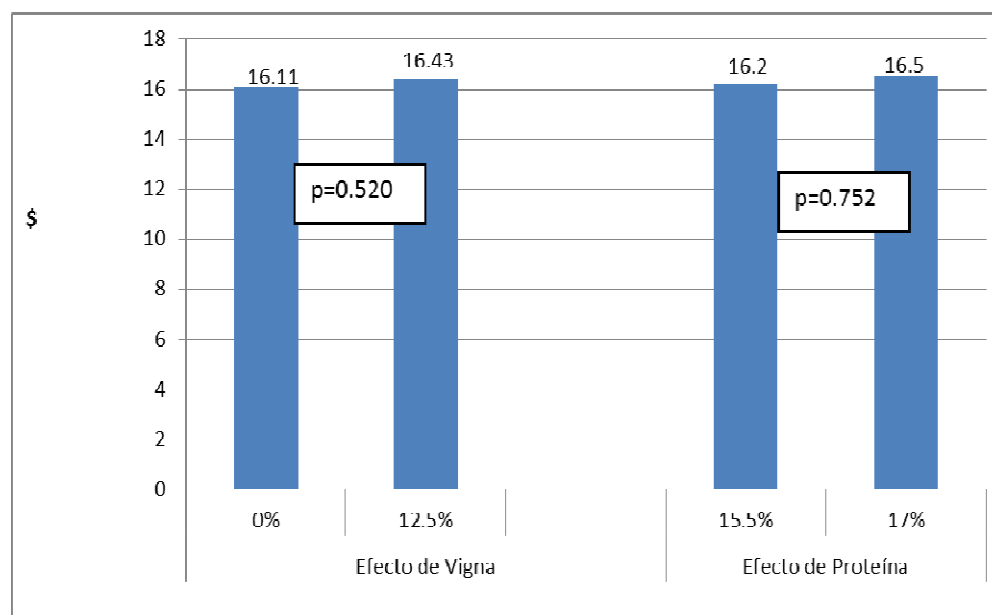
**Figura A-19.** Costo de alimentación por Kg de leche en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-23.** Análisis de varianza de variable Valor de la producción láctea (USUSD /día)

Variable Dependiente: USD leche

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo          | 25.373 <sup>a</sup>        | 6   | 4.229            | .499     | .808 |
| Corregido       |                            |     |                  |          |      |
| Intercepto      | 32244.363                  | 1   | 32244.363        | 3805.041 | .000 |
| Vigna           | 3.521                      | 1   | 3.521            | .416     | .520 |
| CP              | .847                       | 1   | .847             | .100     | .752 |
| Vigna * CP      | 3.494                      | 1   | 3.494            | .412     | .522 |
| Periodo         | 17.511                     | 3   | 5.837            | .689     | .561 |
| Error           | 1025.368                   | 121 | 8.474            |          |      |
| Total           | 33295.103                  | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido | 1050.741                   | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .024 (R Cuadrado Ajustado = -.024)



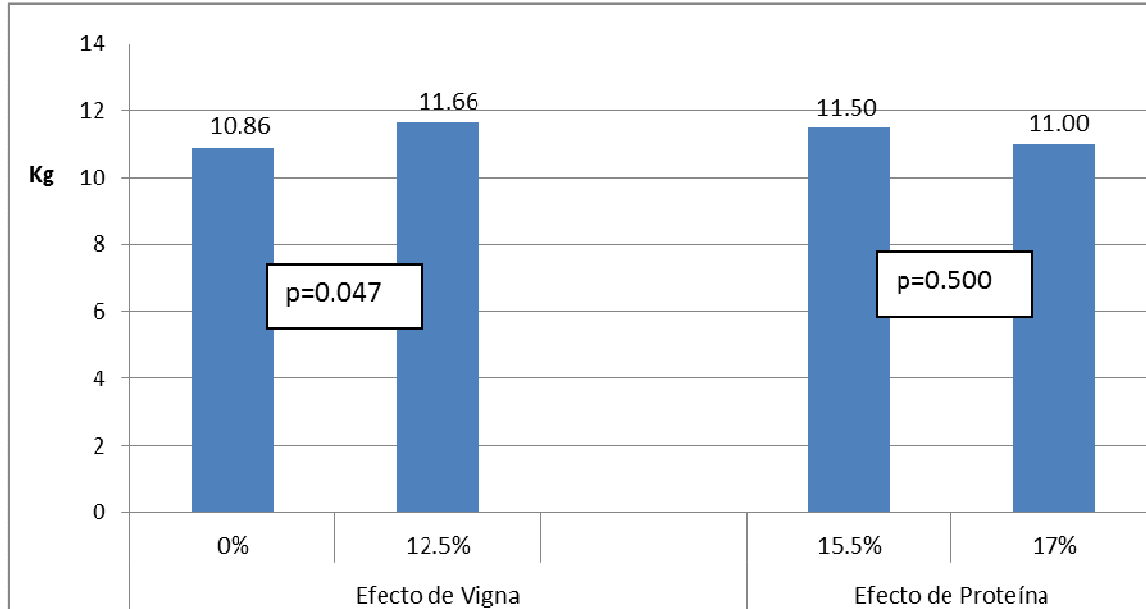
**Figura A-20** Valor de la producción láctea (USD/día en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-24.** Análisis de varianza de variable Ingreso Sobre el Costo de Alimentación (USUSD)

Variable Dependiente: ISCA

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo          | 44.984 <sup>a</sup>        | 6   | 7.497            | 1.051    | .396 |
| Corregido       |                            |     |                  |          |      |
| Intercepto      | 12380.058                  | 1   | 12380.058        | 1735.406 | .000 |
| Vigna           | 28.842                     | 1   | 28.842           | 4.043    | .047 |
| CP              | 3.271                      | 1   | 3.271            | .459     | .500 |
| Vigna * CP      | .003                       | 1   | .003             | .000     | .984 |
| Periodo         | 12.869                     | 3   | 4.290            | .601     | .615 |
| Error           | 863.191                    | 121 | 7.134            |          |      |
| Total           | 13288.233                  | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido | 908.175                    | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .050 (R Cuadrado Ajustado = .002)



**Figura A-21.** Ingreso Sobre el Costo de Alimentación (USD) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

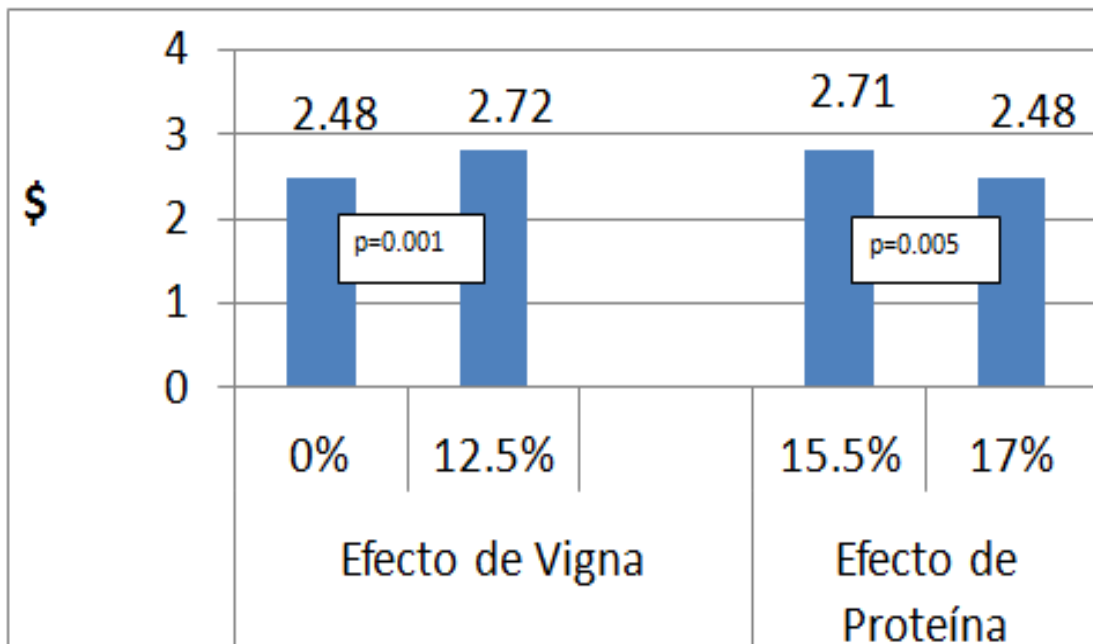


**Cuadro A-25.** Análisis de varianza de variable beneficio costo.

Variable Dependiente: BC

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo          | 4.752 <sup>a</sup>         | 6   | .792             | 4.324    | .001 |
| Corregido       |                            |     |                  |          |      |
| Intercepto      | 882.822                    | 1   | 882.822          | 4819.941 | .000 |
| Vigna           | 2.308                      | 1   | 2.308            | 12.603   | .001 |
| CP              | 1.511                      | 1   | 1.511            | 8.252    | .005 |
| Vigna * CP      | .003                       | 1   | .003             | .018     | .894 |
| Periodo         | .929                       | 3   | .310             | 1.690    | .173 |
| Error           | 22.162                     | 121 | .183             |          |      |
| Total           | 909.736                    | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido | 26.914                     | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .177 (R Cuadrado Ajustado = .136)



**Figura A-22.** Beneficio costo parcial en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-26.** Rendimiento y utilidad en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y de proteína

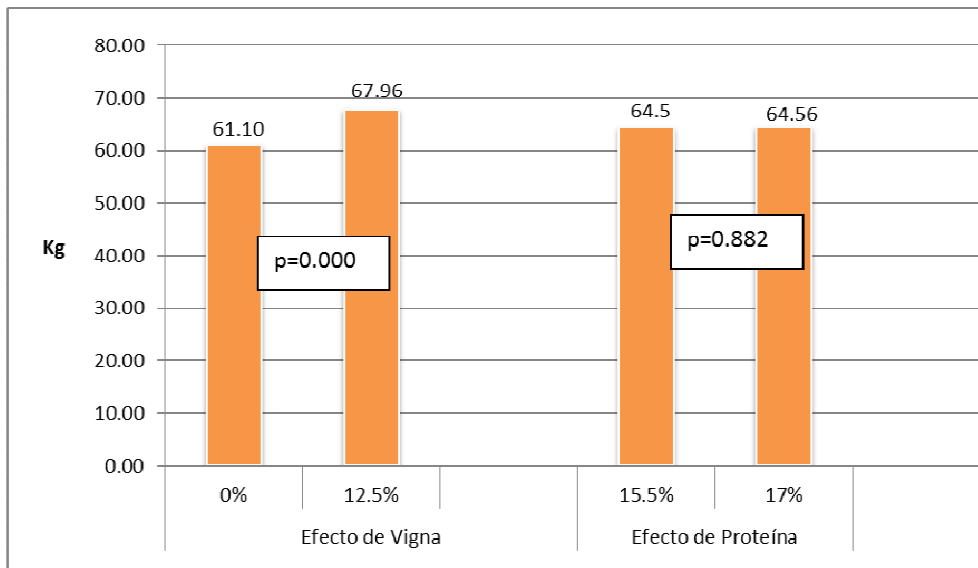
|                          | Efectos |       |          |       | Error std<br>de la<br>media | Probabilidad |          |
|--------------------------|---------|-------|----------|-------|-----------------------------|--------------|----------|
|                          | Vigna   |       | Proteína |       |                             | Vigna        | Proteína |
|                          | 0       | 12    | 15.5     | 17    |                             |              |          |
| <b>Ración</b>            |         |       |          |       |                             |              |          |
| USD/vaca/día             | 6.37    | 5.93  | 5.83     | 6.47  | 0.094                       | 0.002        | 0.000    |
| <b>Valor leche</b>       |         |       |          |       |                             |              |          |
| USD/vaca/día             | 15.69   | 16.02 | 15.78    | 15.94 | 0.364                       | 0.520        | 0.752    |
| <b>ISCA USD/vaca/día</b> |         |       |          |       |                             |              |          |
|                          | 9.32    | 10.09 | 9.94     | 9.47  | 0.334                       | 0.047        | 0.500    |
| <b>Costo alimento</b>    |         |       |          |       |                             |              |          |
| USD/ kg leche            | 0.23    | 0.21  | 0.21     | 0.23  | 0.004                       | 0.001        | 0.000    |
| <b>Beneficio/Costo</b>   |         |       |          |       |                             |              |          |
|                          | 2.48    | 2.72  | 2.71     | 2.48  | 0.053                       | 0.001        | 0.005    |

**Cuadro A-27.** Análisis de varianza de variable porcentaje de digestibilidad de la materia seca (%)

Variable Dependiente: DMS

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F          | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|------------|------|
| Modelo          | .160 <sup>a</sup>          | 6   | .027             | 79.016     | .000 |
| Corregido       |                            |     |                  |            |      |
| Intercepto      | 53.494                     | 1   | 53.494           | 158285.135 | .000 |
| Vigna           | .152                       | 1   | .152             | 450.335    | .000 |
| CP              | 2.782E-005                 | 1   | 2.782E-005       | .082       | .775 |
| Vigna * CP      | 9.906E-008                 | 1   | 9.906E-008       | .000       | .986 |
| Periodo         | .008                       | 3   | .003             | 7.892      | .000 |
| Error           | .041                       | 121 | .000             |            |      |
| Total           | 53.696                     | 128 |                  |            |      |
| Total Corregido | .201                       | 127 |                  |            |      |

a. R Cuadrado = .797 (R Cuadrado Ajustado = .787)



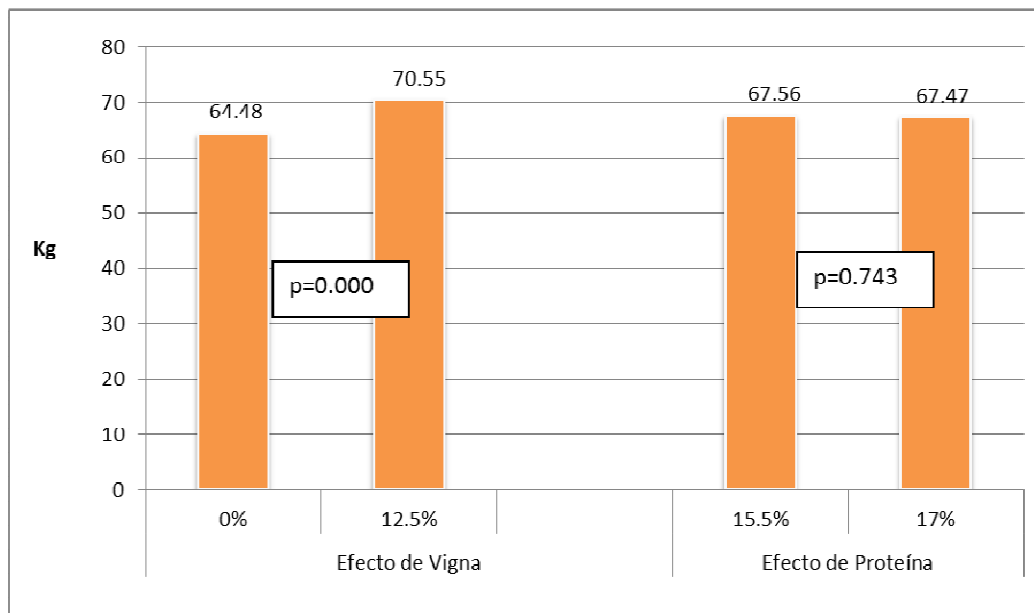
**Figura A-23.** Digestibilidad de la materia seca (%) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-28.** Análisis de varianza de variable de digestibilidad de la materia orgánica (%)

Variable Dependiente: DMO

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F          | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|------------|------|
| Modelo          | .127 <sup>a</sup>          | 6   | .021             | 77.647     | .000 |
| Corregido       |                            |     |                  |            |      |
| Intercepto      | 58.553                     | 1   | 58.553           | 214343.404 | .000 |
| Vigna           | .119                       | 1   | .119             | 435.191    | .000 |
| CP              | .000                       | 1   | .000             | .636       | .427 |
| Vigna * CP      | 1.606E-006                 | 1   | 1.606E-006       | .006       | .939 |
| Periodo         | .008                       | 3   | .003             | 10.017     | .000 |
| Error           | .033                       | 121 | .000             |            |      |
| Total           | 58.714                     | 128 |                  |            |      |
| Total Corregido | .160                       | 127 |                  |            |      |

a. R Cuadrado = .794 (R Cuadrado Ajustado = .784)



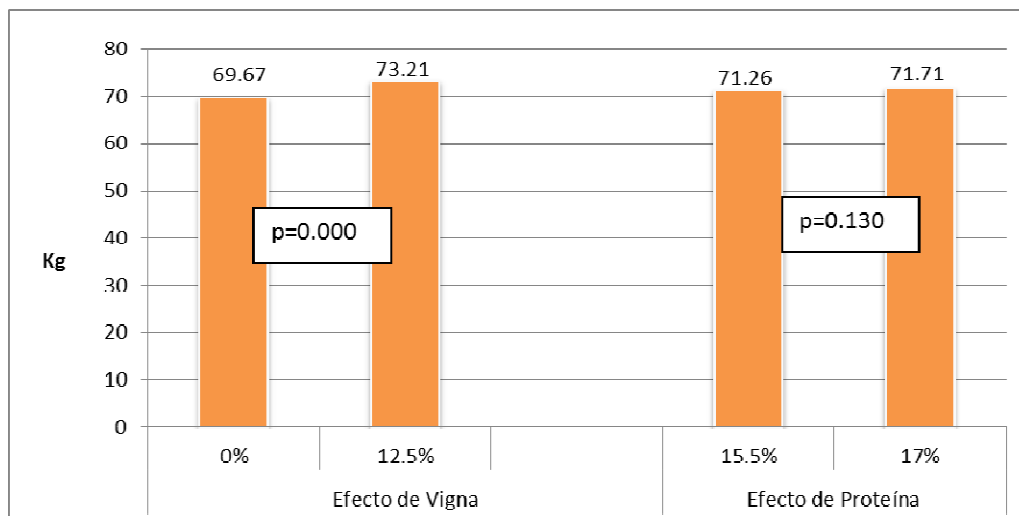
**Figura A-24.** Digestibilidad de la materia orgánica (%) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-29.** Análisis de varianza de variable porcentaje de digestibilidad de proteína cruda (%)

Variable Dependiente: DPC

| Fuente           | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F          | Sig. |
|------------------|----------------------------|-----|------------------|------------|------|
| Modelo Corregido | .043 <sup>a</sup>          | 6   | .007             | 15.324     | .000 |
| Intercepto       | 65.427                     | 1   | 65.427           | 139599.679 | .000 |
| Vigna            | .038                       | 1   | .038             | 80.917     | .000 |
| CP               | .001                       | 1   | .001             | 1.382      | .242 |
| Vigna * CP       | .000                       | 1   | .000             | .886       | .348 |
| Periodo          | .004                       | 3   | .001             | 2.919      | .037 |
| Error            | .057                       | 121 | .000             |            |      |
| Total            | 65.527                     | 128 |                  |            |      |
| Total Corregido  | .100                       | 127 |                  |            |      |

a. R Cuadrado = .432 (R Cuadrado Ajustado = .404)



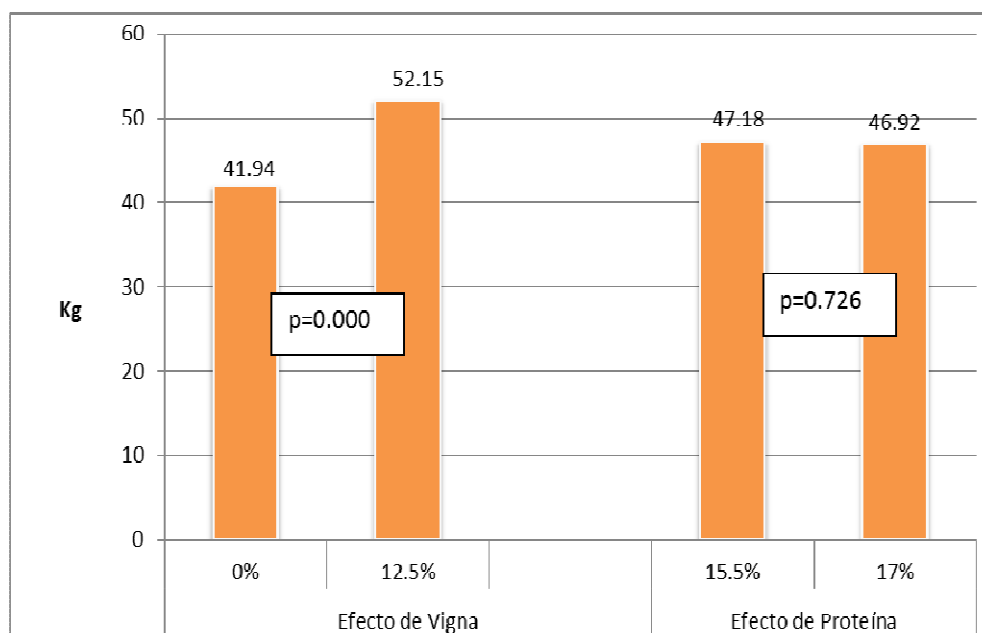
**Figura A-25.** Digestibilidad de proteína cruda) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-30.** Análisis de varianza de variable de digestibilidad de Fibra Neutro Detergente (%)

Variable Dependiente: DFND

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F         | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|-----------|------|
| Modelo          | .421 <sup>a</sup>          | 6   | .070             | 39.632    | .000 |
| Intercepto      | 28.535                     | 1   | 28.535           | 16123.120 | .000 |
| Vigna           | .337                       | 1   | .337             | 190.679   | .000 |
| CP              | .001                       | 1   | .001             | .400      | .528 |
| Vigna * CP      | .000                       | 1   | .000             | .166      | .684 |
| Periodo         | .082                       | 3   | .027             | 15.516    | .000 |
| Error           | .214                       | 121 | .002             |           |      |
| Total           | 29.170                     | 128 |                  |           |      |
| Total Corregido | .635                       | 127 |                  |           |      |

a. R Cuadrado = .663 (R Cuadrado Ajustado = .646)



**Figura A-26.** Digestibilidad de Fibra Neutro Detergente (%) en vacas lecheras que Consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-31.** Digestibilidad de nutrientes en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y de proteína

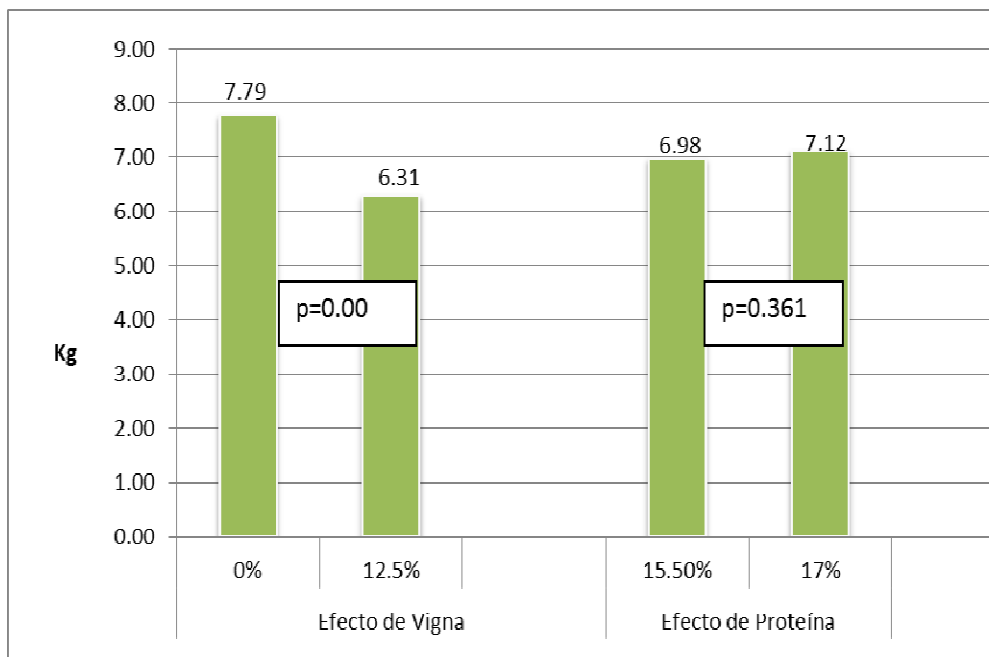
|                                      | Efectos |       |          |       | Error std<br>De la<br>media | Probabilidad |          |
|--------------------------------------|---------|-------|----------|-------|-----------------------------|--------------|----------|
|                                      | Vigna   |       | Proteína |       |                             | Vigna        | proteína |
|                                      | 0       | 12    | 15.5     | 17    |                             |              |          |
| <b>Materia seca %</b>                | 61.10   | 67.96 | 64.50    | 64.56 | 0.002                       | 0.000        | 0.882    |
| <b>Materia Orgánica %</b>            | 64.48   | 70.55 | 67.56    | 67.47 | 0.002                       | 0.000        | 0.743    |
| <b>Proteína Cruda%</b>               | 69.77   | 73.21 | 71.26    | 71.71 | 0.003                       | 0.000        | 0.242    |
| <b>Fibra Neutro<br/>Detergente %</b> | 41.94   | 52.15 | 47.18    | 46.92 | 0.005                       | 0.000        | 0.726    |

**Cuadro A-32.** Análisis de varianza de variable excreción de heces (kg)

Variable Dependiente: Kg heces

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo          | 84.867 <sup>a</sup>        | 6   | 14.145           | 15.073   | .000 |
| Corregido       |                            |     |                  |          |      |
| Intercepto      | 6259.270                   | 1   | 6259.270         | 6670.001 | .000 |
| Vigna           | 72.629                     | 1   | 72.629           | 77.395   | .000 |
| CP              | .789                       | 1   | .789             | .841     | .361 |
| Vigna * CP      | 2.603                      | 1   | 2.603            | 2.774    | .098 |
| Periodo         | 8.846                      | 3   | 2.949            | 3.142    | .028 |
| Error           | 113.549                    | 121 | .938             |          |      |
| Total           | 6457.687                   | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido | 198.416                    | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .428 (R Cuadrado Ajustado = .399)



**Figura A-27.** Excreción de heces (Kg ) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

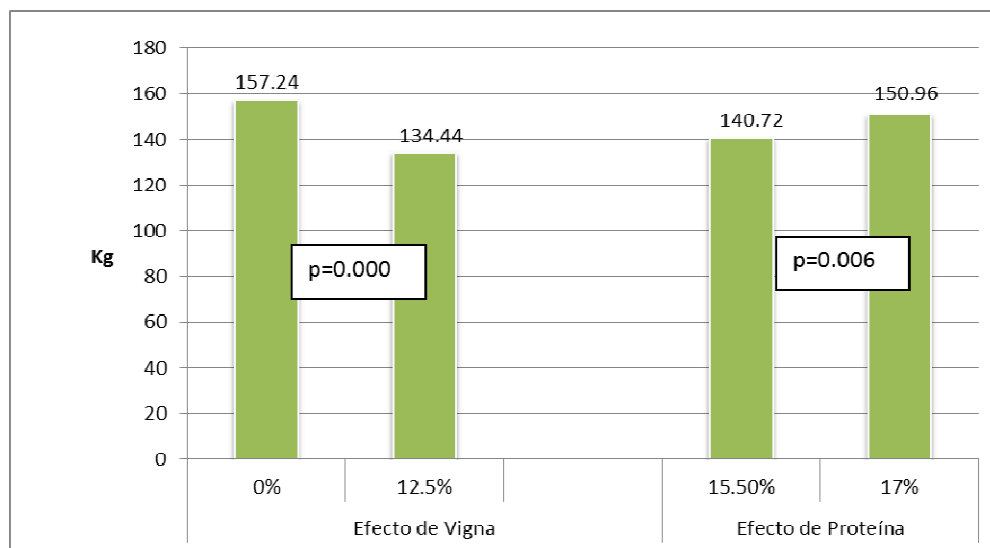


**Cuadro A-33.** Análisis de varianza de variable excreción Nitrógeno en heces (g/día)

Variable Dependiente: gr N heces

| Fuente     | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo     | 26922.532 <sup>a</sup>     | 6   | 4487.089         | 11.311   | .000 |
| Corregido  |                            |     |                  |          |      |
| Intercepto | 2722337.200                | 1   | 2722337.200      | 6862.157 | .000 |
| Vigna      | 16632.935                  | 1   | 16632.935        | 41.926   | .000 |
| CP         | 3357.042                   | 1   | 3357.042         | 8.462    | .004 |
| Vigna * CP | 738.188                    | 1   | 738.188          | 1.861    | .175 |
| Periodo    | 6194.367                   | 3   | 2064.789         | 5.205    | .002 |
| Error      | 48002.806                  | 121 | 396.717          |          |      |
| Total      | 2797262.538                | 128 |                  |          |      |
| Total      | 74925.338                  | 127 |                  |          |      |
| Corregido  |                            |     |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .359 (R Cuadrado Ajustado = .328)



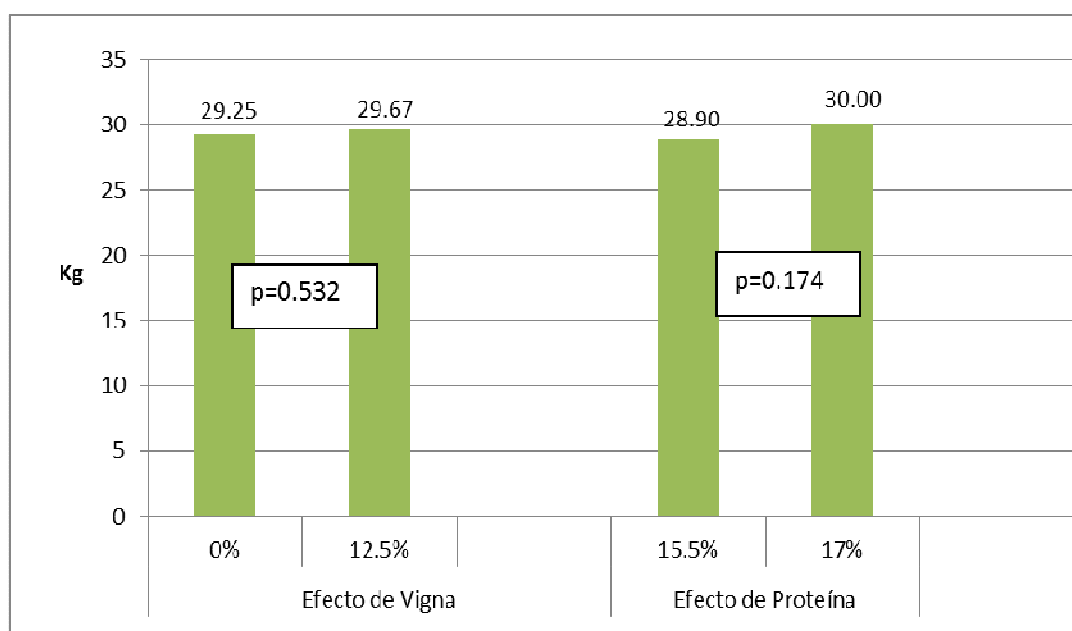
**Figura A-28.** Excreción Nitrógeno en heces (g/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-34.** Análisis de varianza de variable excreción de orina en (lt/d).

Variable Dependiente: Lt Orina

| Fuente           | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|------------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo Corregido | 463.908 <sup>a</sup>       | 6   | 77.318           | 2.094    | .059 |
| Intercepto       | 107349.620                 | 1   | 107349.620       | 2907.405 | .000 |
| Vigna            | 14.482                     | 1   | 14.482           | .392     | .532 |
| CP               | 69.186                     | 1   | 69.186           | 1.874    | .174 |
| Vigna * CP       | .322                       | 1   | .322             | .009     | .926 |
| Periodo          | 379.918                    | 3   | 126.639          | 3.430    | .019 |
| Error            | 4467.663                   | 121 | 36.923           |          |      |
| Total            | 112281.191                 | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido  | 4931.571                   | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .094 (R Cuadrado Ajustado = .049)



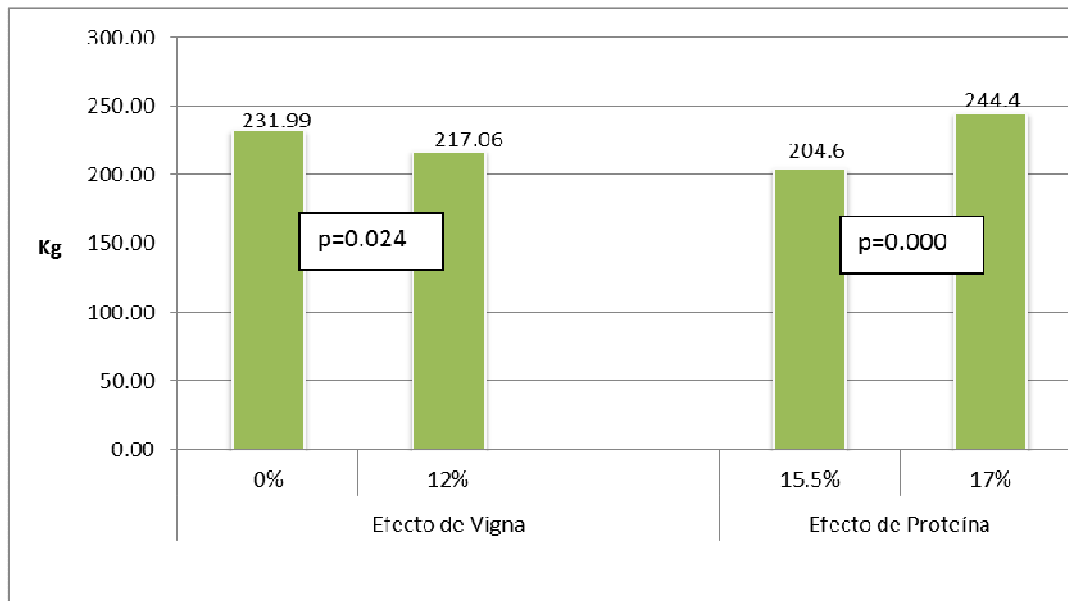
**Figura A-29.** Excreción de orina (lt/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-35.** Análisis de varianza de variable excreción de nitrógeno en orina en (g/día)

Variable Dependiente: N Orina gr

| Fuente          | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|-----------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo          | 90494.796 <sup>a</sup>     | 6   | 15082.466        | 11.774   | .000 |
| Corregido       |                            |     |                  |          |      |
| Intercepto      | 6301249.077                | 1   | 6301249.077      | 4918.845 | .000 |
| Vigna           | 6674.520                   | 1   | 6674.520         | 5.210    | .024 |
| CP              | 56326.049                  | 1   | 56326.049        | 43.969   | .000 |
| Vigna * CP      | 77.461                     | 1   | 77.461           | .060     | .806 |
| Periodo         | 27416.766                  | 3   | 9138.922         | 7.134    | .000 |
| Error           | 155006.145                 | 121 | 1281.043         |          |      |
| Total           | 6546750.019                | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido | 245500.941                 | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .369 (R Cuadrado Ajustado = .337).



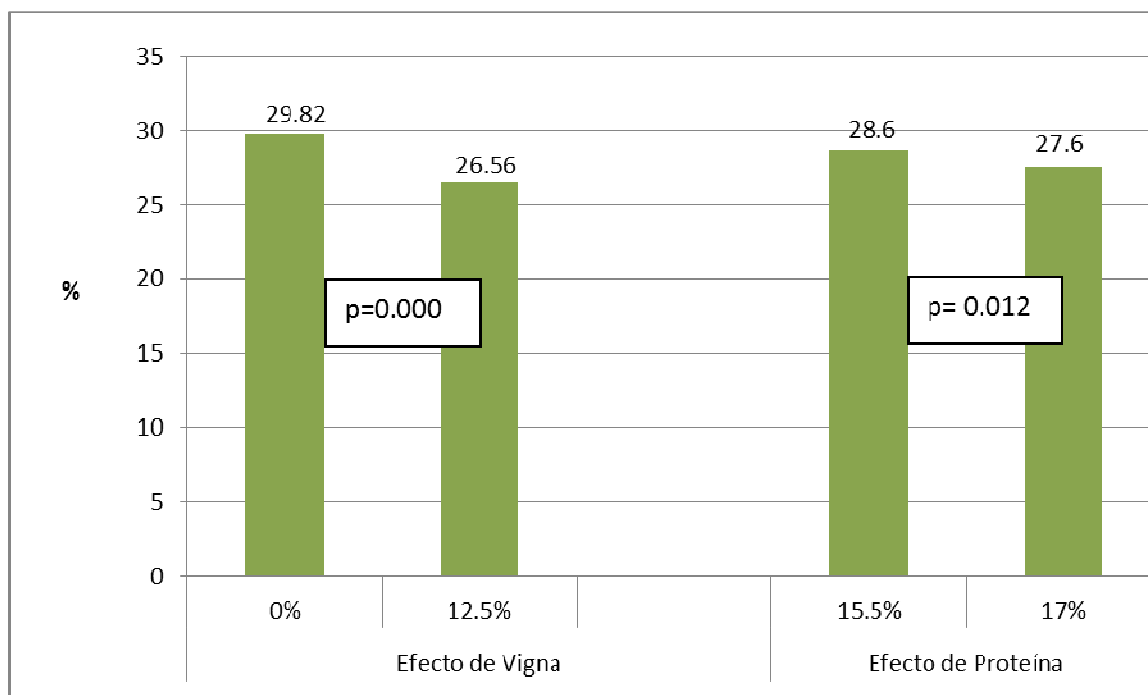
**Figura A-30.** Excreción de Nitrógeno en orina (g/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-36.** Análisis de varianza de variable excreción de nitrógeno en heces ( N heces/N alimento)

Variable Dependiente: N heces /N alimento

| Fuente           | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F         | Sig. |
|------------------|----------------------------|-----|------------------|-----------|------|
| Modelo Corregido | 428.881 <sup>a</sup>       | 6   | 71.480           | 13.519    | .000 |
| Intercepto       | 102456.692                 | 1   | 102456.692       | 19376.971 | .000 |
| Vigna            | 353.297                    | 1   | 353.297          | 66.817    | .000 |
| CP               | 33.512                     | 1   | 33.512           | 6.338     | .013 |
| Vigna * CP       | .039                       | 1   | .039             | .007      | .932 |
| Periodo          | 42.034                     | 3   | 14.011           | 2.650     | .052 |
| Error            | 639.793                    | 121 | 5.288            |           |      |
| Total            | 103525.366                 | 128 |                  |           |      |
| Total Corregido  | 1068.675                   | 127 |                  |           |      |

a. R Cuadrado = .401 (R Cuadrado Ajustado = .372)



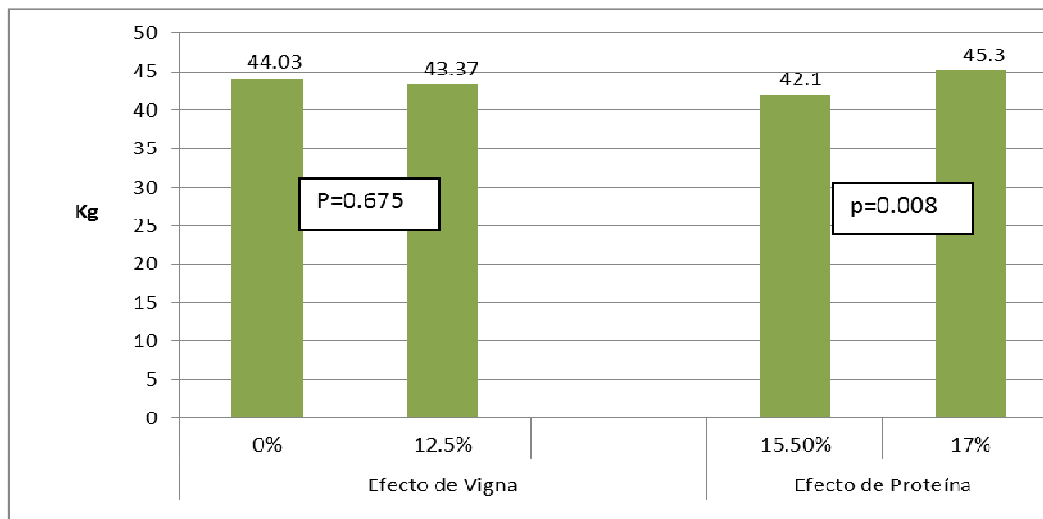
**Figura A-30.** Excreción de Nitrógeno en ( N heces/N alimento ) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-37.** Análisis de varianza de variable excreción de Nitrógeno en orina (N orina/alimento)

Variable Dependiente: N orina /N alimento

| Fuente           | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|------------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo Corregido | 731.495 <sup>a</sup>       | 6   | 121.916          | 2.259    | .042 |
| Intercepto       | 239411.920                 | 1   | 239411.920       | 4435.663 | .000 |
| Vigna            | 9.566                      | 1   | 9.566            | .177     | .675 |
| CP               | 391.115                    | 1   | 391.115          | 7.246    | .008 |
| Vigna * CP       | 25.546                     | 1   | 25.546           | .473     | .493 |
| Periodo          | 305.268                    | 3   | 101.756          | 1.885    | .136 |
| Error            | 6530.893                   | 121 | 53.974           |          |      |
| Total            | 246674.308                 | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido  | 7262.388                   | 127 |                  |          |      |

a. R Cuadrado = .101 (R Cuadrado Ajustado = .056)



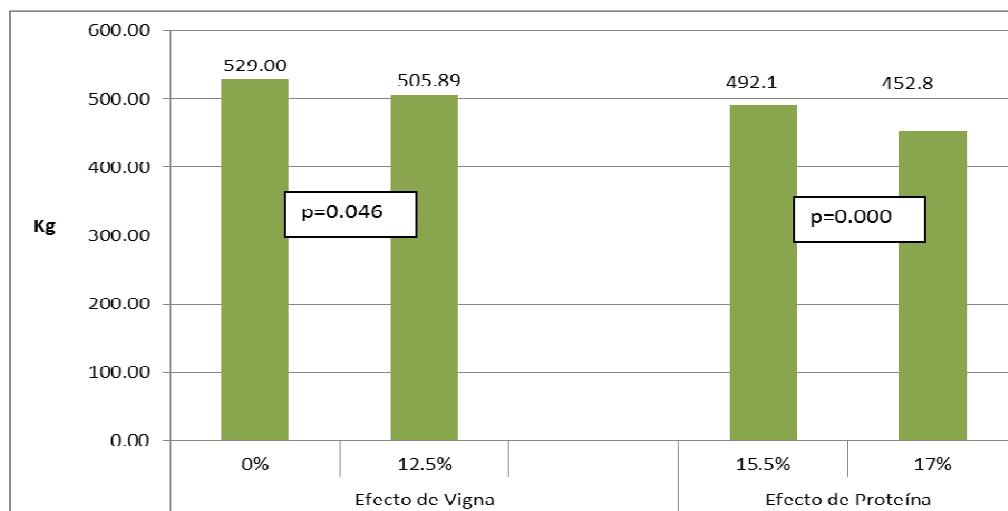
**Figura A-32.** Excreción de nitrógeno en orina ( N orina / N alimento ) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-38.** Análisis de varianza de variable nitrógeno consumido en ( g/día).

Variable Dependiente: N consumo gr/d

| Fuente           | Tipo III Suma de Cuadrados | Df  | Media Cuadrática | F        | Sig. |
|------------------|----------------------------|-----|------------------|----------|------|
| Modelo Corregido | 171326.823 <sup>a</sup>    | 6   | 28554.471        | 7.136    | .000 |
| Intercepto       | 34067010.518               | 1   | 34067010.518     | 8514.123 | .000 |
| Vigna            | 16229.202                  | 1   | 16229.202        | 4.056    | .046 |
| CP               | 92636.490                  | 1   | 92636.490        | 23.152   | .000 |
| Vigna * CP       | 6592.552                   | 1   | 6592.552         | 1.648    | .202 |
| Periodo          | 55868.580                  | 3   | 18622.860        | 4.654    | .004 |
| Error            | 484149.490                 | 121 | 4001.235         |          |      |
| Total            | 34722486.832               | 128 |                  |          |      |
| Total Corregido  | 655476.314                 | 127 |                  |          |      |

R Cuadrado = .261 (R Cuadrado Ajustado = .225)



**Figura A-33.** Análisis de varianza de variable de nitrógeno en (g/día) en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y dos niveles de proteína

**Cuadro A-39.** Excreción de Nitrógeno en vacas lecheras que consumieron dietas con dos niveles de Vigna y de proteína

|                            | Efectos |        |          |        | Error std<br>De la<br>Media | Probabilidad |          |
|----------------------------|---------|--------|----------|--------|-----------------------------|--------------|----------|
|                            | Vigna   |        | Proteína |        |                             | Vigna        | proteína |
|                            | 0       | 12     | 15.5     | 17     |                             |              |          |
| <b>Heces kg</b>            | 7.79    | 6.31   | 6.98     | 7.12   | 0.121                       | 0.000        | 0.361    |
| <b>N heces gr</b>          | 157.24  | 134.44 | 140.72   | 150.96 | 2.490                       | 0.000        | 0.004    |
| <b>Orina lt</b>            | 29.25   | 29.67  | 28.9     | 30.00  | 0.760                       | 0.532        | 0.174    |
| <b>N Orina gr</b>          | 231.99  | 217.6  | 204.6    | 244.4  | 4.474                       | 0.024        | 0.000    |
| <b>N heces/ N alim (%)</b> | 29.82   | 26.56  | 28.60    | 27.80  | 0.287                       | 0.000        | 0.013    |
| <b>N orina/ N alim (%)</b> | 44.03   | 43.37  | 42.1     | 45.3   | 0.918                       | 0.675        | 0.008    |
| <b>Consumo de N gr</b>     | 529     | 506    | 492      | 543    | 7.907                       | 0.046        | 0.000    |