



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



Evaluación del efecto harina de pescado y heno de Vigna (*Vigna sinensis* L.) en la alimentación de terneras Holstein en desarrollo sobre el consumo, crecimiento y eficiencia de nutrientes.

**Por:**

Br. Mirna Ester Alvarado Rivas  
Br. Carlos Alberto Moreno Minero  
Br. Andrea María Martínez Mejía  
Br. Jorge Alberto Rodríguez Melara

**Requisito para optar al título de:**

Licenciado (a) en Medicina Veterinaria y Zootecnia.

**San Salvador, Ciudad Universitaria, Mayo de 2021**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

**SECRETARIO GENERAL:**

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO:**

ING. FRANCISCO LARA ASCENCIO

**SECRETARIO:**

ING. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

**JEFA DEL DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

ING. AGR. BLANCA EUGENIA TORRES DE ORTÍZ

**DOCENTES DIRECTORES**

ING. MANUEL VICENTE MENDOZA

ING. AGR. MSC. ELMER EDGARDO COREA GUILLÉN

ING. AGR. FLOR DE MARIA HERNÁNDEZ LÓPEZ

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

ING. CARLOS ENRIQUE RUANO IRAHETA

## I. RESUMEN

Esta investigación se desarrolló de febrero a julio 2018 para evaluar el crecimiento, consumo y digestibilidad de nutrientes en 32 novillas Holstein con 6.5 meses y 168 kg de peso vivo en desarrollo. El estudio se realizó en el departamento de Sonsonate. Se utilizaron cuatro tratamientos con dos fuentes forrajeras: vigna (*Vigna sinensis*) o pangola (*Digitaria decumbens*) a 25% de materia seca y dos niveles de proteína no degradable en el rumen (PNR): 26% y 36 % de proteína cruda (PC). Las dietas contenían 35 % de zacate King Grass (*Pennisetum purpureum*).

El ensayo duró 10 semanas, se analizó y determinó materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y ceniza, nitrógeno y creatinina. Los datos se analizaron con un modelo general lineal y un arreglo factorial de 2 x 2 usando SAS 9.4 ( $< 0.05$ ). Los principales resultados fueron que la inclusión de heno de vigna incrementó el consumo de MS (6.94 a 7.37kg), Materia Orgánica (MO) (6.18 a 6.54kg) PC (896 a 951g) y FND (1.72 a 1.84kg) mientras que a nivel de digestibilidad total aparente se obtuvo incrementos en MS (63.6 a 67.6 %), MO (66.5 a 70.2 %), FND (55.9 a 59.7 %) y FAD (49.5 a 55.1 %), a nivel de excreción se tuvo un aumento en la excreción urinaria y una disminución a nivel de excreción fecal mientras que a nivel del desempeño, eficiencia y costo: se observó un efecto positivo del uso de Vigna sobre la ganancia de peso diaria y sobre el costo de alimentación por kg de peso ganado. Conclusiones principales fueron que la inclusión de heno de vigna en la dieta mejoró la ganancia diaria de peso y disminuyó los costos de alimento por kg de ganancia diaria de peso. La sustitución de pasto pangola por vigna en la dieta permite incrementar el consumo y la digestibilidad de nutrientes, así como mejorar la eficiencia y el desempeño en novillas Holstein en desarrollo.

**Palabras clave:** Vigna, novillas Holstein, PNR, Pangola, consumo, eficiencia, crecimiento.

## Índice General

I. RESUMEN.....	iv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	2
2.1 Situación actual de la ganadería lechera en El Salvador. ....	2
2.1.1 Los sistemas de producción en El Salvador. ....	2
2.2 Crianza de reemplazos.....	2
2.3 Alimentación de novillas. ....	3
2.3.1 Manejo de novillas. ....	4
2.3.1.1 Destete de terneras hasta los seis meses de edad. ....	4
2.3.1.2 Terneras de seis meses de edad hasta la cubrición.....	4
2.4 Nutrientes importantes en el desarrollo de novillas. ....	4
2.5 Leguminosas.....	6
2.5.1 Vigna, frijol mono o caupí.....	7
2.6 Proteína sobre pasante o no degradable en el rumen (PNR).....	8
2.7 Costo del desarrollo de novillas al parto. ....	8
2.8 Evaluación de la eficiencia en la alimentación.....	9
2.9 Crecimiento de novillas. ....	9
2.10 Excreción. ....	10
2.10.1 Excreciones de heces.....	10
2.10.2 Excreciones Urinarias .....	10
2.11 Digestibilidad.....	11
2.12 Eficiencia en el uso de nutrientes. ....	11
3. MATERIALES Y METODOS.....	12
3.1. Ubicación de la zona y descripción del estudio.....	12
3.2. Distribución de tratamientos .....	14
3.3 Muestreo y toma de datos. ....	16
3.4. Metodología de laboratorio.....	16
3.4.1 Variables a evaluar: .....	17
3.5. Metodología estadística.....	18
3.5.1 Análisis estadístico. ....	18

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1 Composición nutricional de alimentos. ....	18
4.2 Consumo de nutrientes. ....	20
4.3 Digestibilidad aparente total del tracto.....	21
4.4 Excreción y balance de Nitrógeno. ....	22
4.5 Desempeño, eficiencia y costo. ....	23
5. CONCLUSIONES .....	24
6. RECOMENDACIONES.....	24
7. BIBLIOGRAFÍA.....	25
8. ANEXOS.....	30

### **Índice de Cuadros**

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales de hembras en crecimiento.	5
Cuadro 2. Propuesta de programa de alimentación de novillas desde los cinco hasta los doce meses de edad.	10
Cuadro 3. Descripción de las dietas experimentales	15
Cuadro 4. Composición química del heno de Vigna (leguminosa) y heno de Pangola (gramínea) implementada en la dieta de novillas (n=6).	18
Cuadro 5. Composición química de los CV en la dieta de novillas.	19
Cuadro 6. Efecto de la sustitución de heno de Pangola por heno de Vigna y de dos niveles de proteína no degradable en el rumen (PNR) sobre el consumo de nutrientes en novillas.	20
Cuadro 7. Efecto de la sustitución de heno de Pangola por heno de Vigna y de dos niveles de PNR sobre la digestibilidad aparente de los nutrientes.	21
Cuadro 8. Excreción de heces, orina y nitrógeno en novillas en desarrollo que consumen dos niveles de proteína sobrepasante y dos tipos de heno.	22
Cuadro 9. Efecto de la sustitución de heno de Pangola por heno de Vigna y de dos niveles de PNR sobre las variables ganancia de peso y alturas en novillas.	23
Cuadro A1. Digestibilidad Aparente de Materia Seca	43
Cuadro A2. Consumo de MS	43
Cuadro A3. Digestibilidad Aparente FAD	44
Cuadro A4. Consumo de Nitrógeno	44
Cuadro A5. Costo de alimento	45
Cuadro A6. Ganancia de peso diaria	45

## Índices de Figuras

Figura 1. Fotografía demostrativa del orden de las novillas según sus tratamientos.	12
Figura 2. Esquema de ubicación de los tratamientos	13
Figura A1 . Descarga de King Grass. Para su posterior mezcla y distribución.	36
Figura A2. Recolección de rechazo para su posterior pesaje.	36
Figura A3. Recipiente izq. Mezcla de: concentrado + King Grass + heno de Vigna recipiente der. Mezcla de: concentrado + King Grass + heno Pangola	37
Figura A4 . Recipientes con muestras de heces, previo a su pesaje.	37
Figura A5. Limpieza de comederos y bebederos.	38
Figura A6. Heno de Vigna y Pangola picado.	38
Figura A7. muestras de: Ración Total Mezclada de todos los tratamientos.	39
Figura A8. Uso de estufa para desecación de muestras.	39
Figura A9. Muestras de orina previa a su análisis de N.	40
Figura A10. Medición de Ph en orina a la cual se añadió HCL para reducir su pH	40
Figura A11. Método de Micro Khejndal. Para análisis de Nitrógeno.	41
Figura A12. Vista Lateral de un módulo de dos jaulas	42
Figura A13. Vista dorsal de un módulo de dos jaulas	42
Figura A14. Vista anterior de un módulo de dos jaulas	42

## Índice de Anexos

A1. Determinación Humedad Total (H.T.)	30
A2. Determinación de Cenizas (Cz)	30
A3. Método De MiCro - Kjeldahl	31
A4. Determinación de Fibra Cruda (Fc)	33
A5. Determinación de Fibra Neutro Detergente (FND).	33
A6. Determinación de fibra ácido detergente (FAD)	34



## 1. INTRODUCCIÓN

En El Salvador, uno de los rubros económicos más importantes actualmente es la ganadería lechera, ya que en el año 2017 las exportaciones anuales de lácteos y derivados alcanzó la cifra de \$18,499,122 y por el contrario las importaciones alcanzaron cifras de \$223,673,312 (MAG,2018), estos datos nos hacen concluir sobre la alta demanda de este producto en nuestro país, y los altos costos de importación que presenta, por lo que se hace necesario la exploración de fuentes alternas de proteínas disponibles localmente y a bajo costo, tal es el caso de las leguminosas (Arteta y Zamora 2005) como (*Vigna sinensis L.*) que presentan buenas características y han sido mezcladas con sorgo o maíz en ensilados para incrementar el contenido proteico (Castillo *et al* 2009).

Estudios previos realizados, demostraron que la implementación de *Vigna* en la materia seca (MS) para alimentación de vacas lecheras, 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 (Aguilar *et al.* 2014), sin embargo la crianza de novillas permanece como una parte integral de la operación lechera porque es el método más económico para asegurar la disponibilidad de novillas de reemplazo. (Morales y Ramírez 2014) Por tanto es importante evaluar también la respuesta biológica de las novillas con respecto a la alimentación con heno de *Vigna* y su impacto en la composición de la leche y la rentabilidad, que es lo más importante en el desarrollo de una estrategia de alimentación.

El presente estudio tuvo como objetivo, evaluar el impacto del uso de heno de *vigna* y dos niveles de proteína no degradable en el rumen sobre el consumo y la digestibilidad de nutrientes, el balance de nitrógeno y el crecimiento en novillas lecheras en desarrollo.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Situación actual de la ganadería lechera en El Salvador.**

En El Salvador la producción bovina forma un elemento importante dentro de la estructura social y económica nacional. Día a día, una buena parte de la población consume productos y subproductos de los bovinos, por ser fuente de proteína y de energía (MAG 2003).

#### **2.1.1 Los sistemas de producción en El Salvador.**

Los sistemas de producción de ganado en El Salvador están constituidos por un 67% de fincas dedicadas a la ganadería de subsistencia, cuya producción no alcanza los dos l/vaca/día. Se estima que existe alrededor de 30% de ganado en doble propósito, los cuales producen el 60% de leche fluida (producción promedio de leche/vaca/día de tres l) y un aporte del 60% de carne al país. Existe poca especialización de los sistemas de producción de leche, donde se estima que solamente el 3% de las ganaderías son de lechería especializada (MAG 2003).

En El Salvador, se pueden encontrar tres tipos de sistemas que tienen por objetivo la generación simultánea de productos básicos:

##### **2.1.1.1 Sistemas de subsistencia familiar.**

Poseen mayormente ganado criollo o de encaste ejemplo: Brahman, Gyr, Guzerat, Indobrasil, Nellore, Simmental, siendo los más frecuentes Brahman y Pardo Suizo. Todos son grupos muy heterogéneos, de pastoreo en zonas aleañas, sin control sobre la nutrición. Producen un promedio de dos a seis l/vaca/día (Martínez 1999).

##### **2.1.1.2 Sistemas de doble propósito.**

Realizan prácticas de pastoreo rotacional y alimentan al ganado con raciones balanceadas, en su mayoría provenientes de fábricas de concentrados con formulaciones comerciales; en la época seca ofrecen cantidades insuficientes de sales minerales, con adiciones mínimas de proteína y energía en el concentrado, restringiéndola en la época lluviosa. Se cría al ternero al pie de la vaca con prácticas de amamanto restringido (MAG 2004).

##### **2.1.1.3 Sistemas especializados.**

Se caracterizan por aplicar manejo técnico bajo el sistema de estabulación completa o semi-estabulado, tienen un buen control en la nutrición y salud, utilizan eficientemente la tecnología y la inseminación artificial y sus rebaños tienen alto potencial genético para producción (IICA 2012)

### **2.2 Crianza de reemplazos.**

La crianza de novillas es una inversión financiera. El número total de terneras y el número de novillas a primer parto producidas por año en el hato de reemplazo lechero tiene una influencia fuerte en la rentabilidad del hato (Wattiaux 2003).

El mayor costo de crianza en novillas es la alimentación, esto se debe a que en esta etapa se utilizan alimentos balanceados de mayor calidad nutricional, los cuales en la mayoría de los

casos son productos de importación como los pre-iniciadores e iniciadores; además se utilizan otros productos de alto costo como la leche íntegra, lacto reemplazadores, suplementos vitamínicos, minerales y forraje (Rivera 2000).

Por lo que el objetivo de todo ganadero es que las novillas alcancen el peso adecuado, madurez sexual con una buena nutrición a un bajo costo (Hare *et al.* 2006). Si la edad al primer parto llega tarde a la hembra, implica que habrá una reducción del valor económico de éste, ya que tendrá un número menor de descendencia durante su vida productiva (Grajales *et al.* 2006).

La edad al primer parto puede ser influenciada por el tamaño corporal y el inicio de la actividad hormonal del sistema reproductivo. Aunque se considera que la edad a la pubertad no está determinada por un peso en particular, sí lo está por un orden indeterminado de condiciones fisiológicas que resultan de un peso dado (Grajales *et al.* 2006).

Se describen ventajas sobre llegar al primer parto a edad temprana como aumentar los años de vida productiva y mejorar la producción de leche, es por eso que se recomienda que las novillas tengan su primer parto entre 23 y 25 meses de edad (Rodríguez *et al.* 1998).

### **2.3 Alimentación de novillas.**

En El programa nutricional de terneras y novillas, se ve reflejado uno de los criterios que es importante en el manejo y la alimentación de los reemplazos que es: reducir los costos de desarrollo al disminuir la edad al primer parto, lo cual implica una necesidad de mejorar la nutrición del animal desde temprana edad (Campabadal 2000).

Los requerimientos nutricionales y la capacidad de consumo cambian según la edad de las novillas en desarrollo. Estas deben alimentarse con forrajes de buena calidad y con concentrado ya que está en desarrollo su capacidad ruminal (Arévalo 2000). La deficiencia nutricional puede deprimir la función inmune y por lo tanto aumentar la susceptibilidad a las enfermedades en novillas (Almeyda 2011).

Una nutrición adecuada para rumiantes se basa en energía, proteína, minerales, vitaminas, carbohidratos y agua. La energía es responsable de las funciones de crecimiento, mantenimiento y de la generación de calor del animal. Los requerimientos alimenticios más complicados de cubrir son los energéticos, lo que interviene en el valor nutritivo de un alimento (Almeyda 2011).

La poca atención que se dedica al manejo y nutrición de las novillas, se refleja en una serie de problemas que pasan desapercibidos hasta que comienzan a producir leche e incluso, la mayoría de productores no establece una relación entre lo que pasó en la época de crianza con el desempeño productivo y reproductivo del animal adulto. En la mayoría de los casos, la baja producción de una vaca se atribuye a factores genéticos o de alimentación y raras veces a problemas ocurridos durante la etapa de crianza y desarrollo (Martínez 2003). En este sentido, es necesario establecer y satisfacer los requerimientos de los animales de la mejor forma posible, para buscar el bienestar y productividad de los mismos.

Por tal motivo, una buena alimentación permite una mejor sanidad, mayor incremento de peso y mayor vida productiva (Almeyda 2011).

### **2.3.1 Manejo de novillas.**

#### **2.3.1.1 Destete de terneras hasta los seis meses de edad.**

La alimentación de una ternera lactante es una etapa crítica, ya que durante los primeros 30 a 60 días de vida, su anatomía y fisiología es muy parecida a la de un animal monogástrico, por ende, su sistema digestivo no es capaz de procesar alimentos como pastos y forrajes. Alrededor de los 6 a 8 meses de edad, la ternera ya es capaz de consumir pasto o forraje de forma limitada (Almeyda 2011).

Se puede prescindir del suministro de heno durante la lactancia, pero es aconsejable darlo en los últimos días de este periodo. Hay que proporcionar forraje bajo en lignina los últimos días antes del destete, el heno debe ser verde, seco o se puede usar salvado (afrecho) de trigo. El heno, si es seco, puede estar a libre acceso, el salvado puede ser mezclado con el concentrado y el heno verde puede ser retirado media hora después de suministrado (Martínez 2000).

#### **2.3.1.2 Terneras de seis meses de edad hasta la cubrición.**

Cuando una ternera llega a la edad de seis meses, su rumen funciona completamente y tiene una gran capacidad, por lo que estas terneras son capaces de consumir grandes cantidades de forraje. Las prioridades de la alimentación durante este tiempo son para suministrar una dieta balanceada, en el cual puedan crecer y mantenerse con buena salud para que puedan ser servidas a los 13 a 15 meses de edad y mantener su preñez (Heinrichs 2012).

La meta de peso vivo a lograr a los seis meses es de 160-170 kg (29-30% del peso adulto). En el periodo comprendido desde los seis meses hasta la cubrición, alguna limitación nutricional en esta etapa puede afectar la reproducción, el desarrollo armónico de la musculatura y el aparato óseo. Por ejemplo, un déficit de proteína con relación al consumo de energía, puede afectar el desarrollo muscular y conducir a un estado de gordura o condición corporal excesiva (reserva de grasa), que provocará problemas de fertilidad y enfermedades metabólicas en el período siguiente de gestación. La meta productiva para este período, es una ganancia de peso entre 0,65 y 0,75 kg/día (Lanuza 2006).

Las hembras de reemplazo alcanzan un tamaño y vigor adecuado para la competencia en el pastoreo con el resto del hato. La separación de los animales en grupos similares es una buena medida de manejo. Esto implica que no haya una deficiente alimentación (Guerra 1987).

### **2.4 Nutrientes importantes en el desarrollo de novillas.**

La nutrición y el manejo tienen un gran impacto sobre la salud y la velocidad de crecimiento y desarrollo de novillas. Dado que las novillas representan el futuro del rebaño, es imprescindible que reciban un buen manejo que les permita optimizar su potencial genético. Los sistemas óptimos de cría de novillas serán aquellos que minimicen el tiempo y las

inversiones, al tiempo que desarrollan animales productivos y en los plazos previstos para la reposición del rebaño de vacas de leche (FEDNA 2007).

Las novillas que carecen de cantidades adecuadas de energía, proteínas, vitaminas o minerales crecen más lentamente y, a menudo tienen una menor eficiencia que la cría de novillas alimentadas correctamente (Lanyasunya 2005).

Muchas investigaciones realizadas han demostrado que la energía, proteína, vitaminas y minerales son los elementos más importantes en la dieta de los animales, que afectan la reproducción y, por tanto, la producción de leche. Los ciclos reproductivos e intervalos de partos, demuestran estar correlacionados entre sí. La energía y proteína han demostrado que mantienen niveles esenciales de colesterol en la sangre y el mejoramiento de la preñez entre el 42 a 72% (Chase y Smith 2008).

En la Universidad Estatal de Pennsylvania se completó un estudio que investigó las proporciones de proteína - energía en las dietas de novillas prepúberes. Evaluaron los efectos de proteína - nivel de energía en la dieta arriba de las recomendaciones del NRC (1989) en novillas entre seis y 12 meses de edad. El estudio reporta que el incremento de la proteína - energía en dieta de cinco a 6.12 PC (Proteína Cruda): 1 Mcal ME/Kg aumentó las tasas de crecimiento y mejoró la eficiencia alimenticia (Lammers 1998). Como se presenta en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Requerimientos nutricionales de hembras en crecimiento.**

Razas Grandes.						
Peso vivo (kg)	Ganancia (g)	Consumo materia seca (kg)	Energía Digestible (Mcal)	Proteína Cruda (g)	Calcio (g)	Fósforo (g)
100	600	2.63	8.13	421	17	9
100	700	2.82	8.72	454	18	9
100	800	3.02	9.32	483	18	10
150	600	3.51	10.61	562	19	11
150	700	3.75	11.33	600	19	12
150	800	3.99	12.07	639	20	12
200	600	4.39	12.99	631	21	14
200	700	4.68	13.84	686	22	14
200	800	4.97	14.71	741	22	15

Razas Pequeñas.						
Peso vivo (kg)	Ganancia (g)	Consumo materia seca (kg)	Energía Digestible (Mcal)	Proteína Cruda (g)	Calcio (g)	Fósforo (g)
100	400	2.41	7.35	386	15	8
100	500	2.64	8.03	422	16	8
100	600	2.86	8.71	458	17	9
150	400	3.31	9.78	512	17	10
150	500	3.89	10.63	567	18	11
150	600	4.24	11.50	622	19	11
200	400	4.60	12.16	513	19	13
200	500	4.96	13.19	562	20	13
200	600	4.96	14.23	611	20	14

Fuente: (NRC 2001)

La respuesta a las cantidades abomasales de suplemento de proteína y aminoácidos sugiere que el potencial genético del ganado bovino y ovino durante el crecimiento y periodos de engorda temprana está limitado por la cantidad inadecuada de aminoácidos absorbibles (Broderick *et al.* 1970; Chalupa *et al.* 1973).

En un estudio realizado en Brasil se encontró que la cantidad de 51% de proteína no degradable en el rumen en la dietética total parece ser adecuada en la dieta de las vaquillas en crecimiento, ya que optimiza la retención de nitrógeno y el rendimiento en el crecimiento (Silva *et al.* 2018).

Experimentos realizados por sobre crecimiento en animales alimentados con fuentes de proteína procesada, tales como alfalfa deshidratada, granos secos de destilería, harina de gluten de maíz, harina de sangre y harina de carne en dietas de energía media han demostrado una tendencia hacia el incremento de ganancia de peso (Krause y Klopfenstein 1976).

## 2.5 Leguminosas.

En el trópico mundial es ampliamente conocido el papel de las leguminosas en la producción animal. Su contribución al mejoramiento del ecosistema pastizal está representado por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y a través de su transferencia al suelo garantizan el crecimiento de las gramíneas acompañantes; además de incrementar el valor nutritivo y valor alimenticio de las pasturas (Chacón *et al.* 2000).

Las leguminosas son una fuente importante de proteínas de buena calidad, dado que poseen una amplia gama de aminoácidos esenciales que las hacen superiores a las gramíneas tropicales, presentan una concentración de nitrógeno en las hojas mayor al de las gramíneas; además, sus contenidos de proteína tienden a disminuir más gradualmente que en las gramíneas, en lo referente con la edad de la planta; son plantas ricas en calcio y presentan bajos niveles de fibras, en comparación con las gramíneas tropicales (Sánchez 2001).

Muchos ganaderos se mantienen en una constante búsqueda de opciones de alimentos para satisfacer las necesidades de su hato, por esa razón utilizan leguminosas en la dieta de sus animales, ya que éstas existen en gran variedad de especies en casi todo el mundo (Sánchez 2001).

Diversos estudios han demostrado que el consumo de especies leguminosas mejora la degradabilidad de la fibra, el consumo de materia seca y aumenta la población de microorganismos ruminales, los cuales son indispensables para que los rumiantes mejoren el aprovechamiento de los recursos fibrosos (Clavero 2011).

En un estudio realizado en el país (Corea *et al.* 2017) observaron que la inclusión de heno vigna como un ingrediente dietético de forraje en condiciones tropicales redujo la necesidad de ingredientes de proteína de alto costo sin bajar el consumo de MS. Por lo que sugirió en la alimentación la adición de heno vigna, ya que mejora la eficiencia, alimentación y digestibilidad.

### **2.5.1 Vigna, frijol mono o caupí.**

*Vigna* spp es una hierba anual de germinación epigea. El sistema radical se compone de una raíz principal, fuerte y profunda, y de numerosas raicillas laterales que portan muchos nódulos (León 2000).

Es una de las leguminosas más importantes de la familia Fabaceae usadas como alimento y forraje en las sabanas semi-áridas tropicales, debido a su tolerancia a la sequía y a su capacidad para crecer en suelos de calidad pobre y es, a la vez, un cultivo valioso para agricultores (Timko *et al.* 2007).

Se ha mostrado que *Vigna* spp. tiene potencial productivo y nutricional tanto fresca, ensilada, como en heno para alimentar vacas (Corea *et al.* 2010a) ya que su adición al forraje de sorgo reduce la concentración de fibra neutra detergente (FND) e incrementa la proteína.

Estudios previos realizados, demostraron que la inclusión de vigna en la alimentación de vacas lecheras, 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 (Corea *et al.* 2017).

La *Vigna* también se puede utilizar para la producción de heno o ensilaje de alta calidad, cuando se mezcla con cultivos como el maíz o el sorgo, o puede utilizarse para la rotación de pasto. La *Vigna* puede producir alrededor de dos toneladas de materia seca por acre. Cada tonelada contiene aproximadamente 60 libras de nitrógeno (Valenzuela y Smith 2002a).

Tiene palatabilidad alta; el contenido de PC en el follaje es de 14 a 21%, y en el grano puede estar entre 18 a 26%. La digestibilidad en el material verde está por encima de 80%; y para el residuo después de la cosecha de grano de 55 a 65% (Franco *et al.* 2010).

Las dietas conteniendo leguminosas en ganado lechero, producen una tendencia a mayor consumo de materia seca y proteína cruda. El costo de las dietas con leguminosas es menor;

la producción tiende a ser mayor y el ingreso sobre el costo de alimentación también es mayor con el uso de leguminosas (Castro 2018).

### **2.6 Proteína sobre pasante o no degradable en el rumen (PNR).**

La proteína que escapa al rumen (llamada proteína sobrepasante o de sobrepaso ruminal) provee de aminoácidos al animal; cuando la degradación de la proteína es rápida, los microorganismos ruminales no pueden utilizar todos los péptidos, aminoácidos y amoniaco liberados y entonces más proteína es degradada que sintetizada, constituyendo una pérdida de proteína (en forma de amoniaco) (Broderick 1996).

Un ejemplo de proteína no degradada en el rumen es la harina de pescado, los hidrolizados de proteína de pescado y los concentrados de proteína de pescado son sustitutos potenciales para la alimentación de novillas por su valor nutricional, la digestibilidad y por los resultados en la ganancia de peso (Church 1996).

El componente nutritivo más valioso de la harina de pescado es la proteína. Tiene una proporción ideal de aminoácidos esenciales altamente digestibles, que varía relativamente poco con el origen de la harina. La harina de pescado se considera una excelente fuente de proteína, lisina y metionina sobre pasante en rumiantes, aunque por su baja palatabilidad su uso en vacas lecheras debe limitarse a 0,5 kilogramo por día (Church 1996).

En un estudio realizaron en Brasil la cantidad de 51% de proteína no degradable en el rumen en la dietética total parece ser adecuada en la dieta de las vaquillas en crecimiento, ya que optimiza la retención de nitrógeno y el rendimiento en el crecimiento (Silva et al. 2018). (Silva et al. 2018).

### **2.7 Costo del desarrollo de novillas al parto.**

Se estima que en El Salvador el costo de desarrollo de una novilla al parto es de USD 1,275.69, en ganaderías con manejo adecuado y USD 1,418.06 en las de manejo menos adecuado en dos etapas. La alimentación constituye entre el 75% y el 82% de estos y la mano de obra entre el 6 y el 11%. El mayor porcentaje del costo dentro las ganaderías con manejo adecuado se observó en la fase de concepción a parto, a diferencia en las ganaderías con manejo menos adecuado donde encuentra en la fase de seis meses a concepción, debido a la larga duración de esta etapa (Benítez y Ramírez 2011).

Con relación al crecimiento, Benítez y Ramírez (2011) realizaron una comparación entre los pesos al final de cada fase, se encontró que hubo diferencias significativas en todos los meses con respecto a la ganancia de peso, altura y rentabilidad. Las diferencias de manejo parecen ser más evidentes después de los seis meses.

En Costa Rica, se determinó que, en el costo total promedio para criar una ternera en el trópico hasta los cuatro meses de edad bajo el sistema de crianza, el rubro de mayor impacto del costo total promedio de producción resultó ser la alimentación con un 64.45%; del cual, 24.57% corresponde al gasto de alimento balanceado promedio. Seguidamente, se encuentra el costo



promedio por concepto de lactoreemplazador y de leche íntegra, los cuales representan un 20.53 y 13.76%, respectivamente (Elizondo y Vargas 2015).

### **2.8 Evaluación de la eficiencia en la alimentación.**

En los sistemas de producción bovina, se hace cada vez más necesario la evaluación del crecimiento de los animales para mejorar y evaluar la eficiencia y rentabilidad. El crecimiento es una función importante, debido a que presenta una relación directa con la capacidad productiva de los animales en su vida adulta y con la calidad del producto final. La mejor manera de evaluar el crecimiento es a través de las curvas de crecimiento (Marques da Silva *et al.* 2002).

La meta de peso vivo a lograr a los seis meses es de 160-170 kg (29-30% del peso adulto), en las ganaderías con manejo adecuado y menos adecuado según edades en el período comprendido desde los seis meses hasta la cubrición, alguna limitación nutricional en esta etapa, puede afectar la reproducción y el desarrollo de la musculatura y el aparato óseo. La meta productiva para este período, es una ganancia de peso entre 0,65 y 0,75 kg/día (Lanuza 2006).

Si la ganadería está sometida a un sistema de producción de crianza intensiva se recomienda agrupar a los animales en diferentes categorías según su edad o estado fisiológico con la finalidad de facilitar y optimizar la aplicación de los programas de alimentación, manejo y sanidad (Lanuza 2006).

### **2.9 Crecimiento de novillas.**

El éxito de los programas de alimentación y manejo para novillas, no debe ser medido únicamente en términos de crecimiento y desarrollo corporal, también debe ser evaluado de manera importante por el potencial futuro de producir leche. Lo recomendable es un programa adecuado de alimentación tal que permita ganancias de peso de 800g/día como indicador óptimo para la recría de novillas (Almeyda y Parreño 2011). Como se presenta en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Propuesta de programa de alimentación de novillas desde los cinco hasta los doce meses de edad.**

Parámetros	Meses							
	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso promedio de novillas (Kg)	150	177	204	232	255	277	297	318
Consumo de materia seca (Kg/cabeza/día)	4.5	4.8	5.3	5.7	6.1	6.6	7.1	7.5
Consumo de forraje verde (Kg/cabeza/día)	19	21	23	25	27	29	31	33

**Fuente:** Almeyda y Parreño 2011.

A las novillas se les debe ofrecer un alimento de inicio de calidad desde los primeros días de edad debido que el consumo del alimento de inicio estimula el desarrollo del rumen por incremento del número y de la variedad de bacterias y protozoarios; los rangos de crecimiento de los novillas dependen en gran medida del consumo de granos y de heno (Heinrich 1985).

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación) publicó en el año de 1995, un acceso libre al agua limpia y fresca es una buena práctica fundamental para sostener un buen consumo. Este consumo depende de la categoría y el tamaño del animal, la raza, la dieta, la producción láctea, la humedad y la temperatura ambiente. El agua retenida por mucho tiempo permanece, generalmente, más sucia y menos fresca. La provisión de agua debe tener capacidad para ofrecer con seguridad al menos 70 litros/animal/día en época seca y la mitad en época de lluvias para vacas o novillos en terminación. Como dato de referencia se utiliza el valor de 10 litros/50 kg de peso vivo.

## **2.10 Excreción.**

### **2.10.1 Excreciones de heces**

Las heces, deposiciones fecales, estiércol del bovino están compuestas principalmente por agua y por los elementos no digeridos, ya sea por fibra lignificada indigerible o por granos con cubierta muy firme, o por otras fracciones alimenticias que podrían ser digeridas, pero que no lo son por un pasaje muy rápido por el tracto intestinal, así como alimentos en partículas muy finas, algunos sectores de fibra del forraje, alimentos muy digestibles (tiernos), granos enteros (Bavera y Peñafort 2006).

El método tradicional de colección total de heces (CTH) es el más confiable, ya que involucra factores directos del alimento con el animal. Lo ofrecido al animal, lo rechazado y muestras de heces son analizados en laboratorio y así, determinar la digestibilidad del nutriente en cuestión (Lachmann y Araujo 2009).

El contenido de nutrientes en las heces varía actualmente debido a las limitaciones en la producción de granos y alto costo de estos. Los especialistas en nutrición animal están optando por un mayor uso de subproductos agroindustriales (García 1981).

### **2.10.2 Excreciones Urinarias**

El conocimiento de la excreción urinaria se torna necesario para la determinación de diversas variables contempladas en la nutrición de rumiantes, como son el balance de nitrógeno, el

valor de energía metabolizable de la dieta y la síntesis de proteína microbiana a partir de la excreción de derivados de purina. Cuando las investigaciones son realizadas con animales confinados, especialmente machos, y mantenidos en jaulas metabólicas, la recolección total de orina representa un procedimiento relativamente simple (Posada y Noguera 2012).

La colección de orina por 24 horas puede realizarse mediante un arnés especial que permite registrar la frecuencia de micción y el volumen de orina. La orina también puede ser colectada desde hembras bovinas durante la micción espontánea o inducida por estimulación manual de la vulva o del perineo, o bien mediante masaje rectal de la vejiga (Gonda y Lindberg 1994).

### **2.11 Digestibilidad.**

La digestibilidad estima la proporción de nutrientes en una ración que presumiblemente son absorbidos por el animal. Ésta depende en gran parte de la composición nutritiva de la ración en estudio, aunque su medición se complica porque las heces tienen cantidades de materiales que no provienen de la dieta (compuestos nitrogenados, lipídicos, minerales y glúcidos no fibrosos de origen endógeno). Por esta razón, los coeficientes de digestibilidad son “aparentes” ruminal y total, sin embargo, son de gran utilidad (Lachmann y Araujo 2009).

La digestibilidad puede ser medida in vivo o in vitro. En el primer caso se estima bajo cierto número de animales, mientras que, en el segundo, se simula el proceso natural de digestión en laboratorio, habiendo complicaciones de tipo práctico en ambas. En el consumo de forrajes, la digestibilidad in vivo, se ve alterada por: la capacidad de selección del animal en función de la oferta de material, la disponibilidad de agua, la tasa de pasaje del alimento y la eficiencia metabólica animal (Rodríguez *et al.* 2007).

### **2.12 Eficiencia en el uso de nutrientes.**

La proteína es un nutriente de gran importancia para las terneras ya que suministra los aminoácidos necesarios para la síntesis de la proteína del cuerpo y es también una fuente importante de nitrógeno para los microorganismos del rumen. Una cantidad inadecuada de este nutriente en la dieta, disminuirá el desempeño de los animales y la resistencia a las enfermedades. Por lo tanto, establecer adecuadamente los requerimientos proteicos de las terneras, ayudará a los productores a proveer dietas que llenen las demandas para un óptimo desarrollo y buena salud de los animales (Elizondo y Vargas 2013).

Los carbohidratos son sustancias importantes que se consumen como energía, se encuentran en los músculos en forma de glucógeno. Los carbohidratos en las plantas se presentan en forma de monosacáridos, disacáridos, almidones, celulosa y lignina. Las enzimas digestivas en los animales no pueden digerir la celulosa y la lignina, pero en el caso de los herbívoros, como las vacas y caballos los microorganismos juegan un papel muy importante en el tracto digestivo estos funcionan para la descomposición y digestión de los alimentos (INATEC 2016).

La fibra es uno de los principales componentes en las dietas de rumiantes. 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. Por otro lado, cuando el aporte de fibra es bajo, existe riesgo de problemas como acidosis, laminitis o desplazamiento de abomaso (Bargo *et al.* 2006).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1. Ubicación de la zona y descripción del estudio.

La investigación se realizó en la Hacienda San Ramón ubicada en el cantón Agua Caliente, municipio de Caluco, del departamento de Sonsonate, con una latitud: 13°43'08" N, longitud: 89°43'27" O, a una altitud sobre el nivel del mar de 235 m. Se desarrolló entre los meses de febrero a septiembre de 2018.

Se utilizaron 32 novillas Holstein de 6.5 meses de edad con peso promedio de  $168 \pm 1.8$  kg de peso vivo al inicio del experimento. Los animales fueron escogidos por tener historias normales de salud y por ser homogéneas en edad y peso por su genética.

Las novillas se dividieron en cuatro grupos de ocho animales y se alojaron en módulos de dos jaulas individuales, construidos con tubos de hierro y piso de madera a 0.25 m del suelo para la alimentación de individual. Las jaulas se colocaron en una galera de 30 metros de largo x diez metros de ancho, con techo de lámina y piso de concreto descrito con el siguiente esquema.



Figura 1. Fotografía demostrativa del orden de las novillas según sus tratamientos.

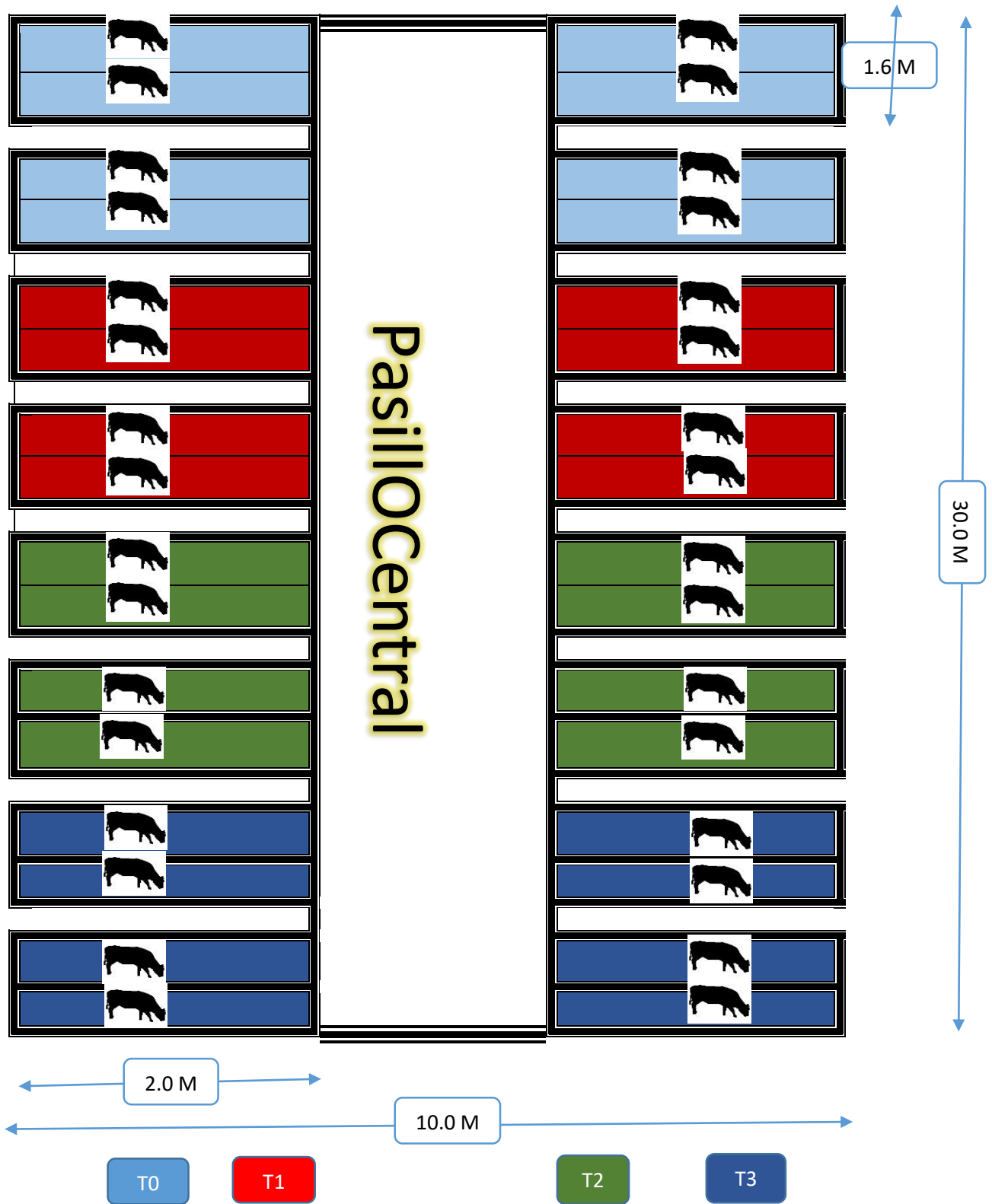


Figura 2. Esquema de ubicación de los tratamientos

El experimento de campo tuvo una duración de diez semanas, las primeras dos semanas fueron usadas para adaptar los animales al manejo y las dietas. Las novillas recibieron alimento y agua a libre consumo, el alimento ofrecido se ajustó semanalmente según la demanda de los animales.

Se registró el alimento ofrecido y rechazado por novilla pesando dos veces en la semana durante 53 días y diariamente durante los últimos siete días de la investigación en una balanza electrónica.

Los animales fueron pesados cada dos semanas durante el experimento en dos días consecutivos en una báscula para ganado marca Gram Zebra, K3 8-3T, España. La eficiencia de la fórmula alimenticia se determinó a través de la medición del consumo de alimento entre la ganancia media diaria del peso de cada animal.

Para estimar el consumo real de alimento se cuantificó lo ofrecido y se restó lo rechazado.

Para el análisis del alimento se tomó una muestra de 200 g de pasto de corte, heno de Pangola, heno de Vigna, los cuatro concentrados y de la ración total de la dieta cada dos semanas. La última semana se utilizó para toma de datos y muestreos de heces, orina, alimento por tratamientos, así como el pesaje de animales. Análisis de heces: durante la última semana de la investigación, se recolectó diariamente 200 g de muestras fecales directamente desde el recto de cada ternera y se congeló para preservarlas hasta el momento de su análisis. Posteriormente se descongelaron en el laboratorio y se realizó una mezcla de las de heces recolectadas.

Toma de muestras para análisis de orina: durante la última semana las terneras fueron estimuladas por un masaje perineal para obtener muestras de orina, a las cuales se les adicionó ácido sulfúrico para bajar su pH a tres o menos, fueron filtradas y luego diluidas con agua destilada en una relación de uno a cinco. Se tomaron muestras de 15 ml en tubos plásticos con tapón de rosca los cuales se congelaron hasta su análisis.

Pueden observarse las actividades anteriormente mencionadas en los anexos del presente documento.

### **3.2. Distribución de tratamientos**

Los cuatro tratamientos estuvieron formados por la combinación de dos fuentes forrajeras; heno de Vigna, heno de Pangola, con dos niveles de proteína no degradable en el rumen (PNR): 26% o 36%.

La dieta fue balanceada según los requerimientos nutricionales del NRC (2001) para terneras de 160 kg con una ganancia diaria de 800 g/d. con una relación de forraje a concentrado de 60:40. Cuadro 3.

Los forrajes utilizados fueron heno de Pangola (*Digitaria decumbens*) y heno de Vigna (*Vigna sinensis*) todos picados a un tamaño de partícula de dos cm. con una picadora mecánica donde también fue añadido el pasto King grass (*Pennisetum purpureum*) dentro de la mezcla (Pecus 9004, Nogueira Máquinas Agrícolas, São Paulo, Brasil). Las mezclas de concentrados se formularon utilizando harina de maíz, harina de soya, afrecho de trigo y melaza como componentes principales. Se utilizó harina de pescado a 2.58 % de materia seca (MS) con urea a 0.75 % de MS para lograr concentraciones dietéticas similares de nitrógeno (N) y para producir concentrados con proporciones contrastantes de proteína no degradable en el rumen (PNR).

Las terneras recibieron alimento y agua a libre consumo, el alimento ofrecido se ajustó semanalmente para dar lugar a rechazos del 10%.

Se usó un arreglo factorial con cuatro tratamientos formados por la combinación de los factores para formar dietas como se describe en el siguiente cuadro.

**Cuadro 3. Descripción de las dietas experimentales**

<b>Tratamientos</b>				
<b>Proteína no degradable en el rumen (PNR).</b>	<b>Tratamiento 0 26% PNR</b>	<b>Tratamiento 1 36% PNR</b>	<b>Tratamiento 2 26% PNR</b>	<b>Tratamiento 3 36% PNR</b>
<b>Forraje</b>	Pangola		Coupi (vigna)	
<b>Ingredientes, g/Kg</b>				
Materia seca				
Soya	74.3	99	27.5	51.6
Afrecho de trigo	82.5	82.5	82.6	82.5
Melaza	67.3	67.2	67.3	67.3
Maíz	139	96.2	200	158
Sal mineral	6.7	6.7	6.7	6.7
Carbonato de calcio	4.4	4.4	4.4	4.4
Cloruro de sodio	4.4	4.4	4.4	4.4
Grasa sobrepasante	14.3	14.3	0.0	0.0
Urea	7.5	0.0	7.5	0.0
Harina de pescado	0.0	25.8	0	25.8
King grass	350	350	350	350
Heno vigna	0.0	0.0	250	250
Heno pangola	250	250	0.0	0.0
<b>Composición nutricional de las raciones totales mezclados (RTM)</b>	<b>Tratamiento 0 (RTM)</b>	<b>Tratamiento 1 (RTM)</b>	<b>Tratamiento 2 (RTM)</b>	<b>Tratamiento 3 (RTM)</b>
Materia Seca, g/kg	371	379	377	369
PC, g/kg MS	126	126	127	129
EM, MJ/kg MS	9.9	9.9	10.2	10.2
FND, g/kg MS	516	520	480	495
FAD g/kg MS	240	236	247	246
PNR g/kg PC	281	359	280	360

Materia seca (MS), proteína cruda (PC), energía metabólica (EM), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), proteína no degradable en el rumen (PNR).

### **3.3 Muestreo y toma de datos.**

Se registró el alimento ofrecido y rechazado por cada ternera pesando dos veces en la semana durante las primeras siete semanas y diariamente durante los últimos siete días de la investigación en una balanza electrónica (Defender 3000 Series D31P150BL, Ohaus, Shanghai, China). Para estimar el consumo real de alimento se cuantificó lo ofrecido y se restó lo rechazado.

Durante la última semana de la investigación, se recolectó diariamente 2 g de muestras fecales directamente desde el recto de cada ternera y se congeló a  $-20^{\circ}\text{C}$  para preservarlas hasta el momento de su análisis. Además, se realizó una colecta total de heces durante seis días consecutivos en la semana de muestreo.

Además, durante la última semana, las terneras fueron estimuladas por un masaje perineal para obtener muestras de orina de un litro, se utilizó una submuestra de 100 ml a las cuales se les adicionó ácido sulfúrico 20% (v/v) para bajar su pH a tres o menos, fueron filtradas y luego diluidas con agua destilada en una relación de uno a cinco. Se tomaron muestras triplicadas de 15 ml en tubos plásticos con tapón de rosca, también se almacenó una submuestra no diluida de 15 ml los cuales se congelaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis.

La eficiencia de conversión se determinó a través de la relación del consumo de alimento entre la ganancia media diaria del peso de cada animal.

Los animales fueron pesados cada dos semanas durante el experimento en dos días consecutivos en una báscula para ganado (Gram Zebra, K3 8-3T, España).

Para el análisis del alimento se tomó una muestra de 2 kg de King Grass, heno de Pangola, heno de Vigna, los cuatro concentrados y de la ración total de la dieta cada dos semanas y todos los días durante la semana de muestreo.

### **3.4. Metodología de laboratorio**

Las muestras de heces y orina estaban agrupadas según la recolecta diaria de cada animal que se tomaron en el transcurso de la semana de muestreos, luego se descongelaron en el laboratorio, y posteriormente se tomaron todas las muestras de heces de cada día por animal y se realizó una mezcla generando de esta manera una muestra de heces por cada individuo, lo mismo se realizó con las muestras de orina tomadas durante la semana de muestreo, generando una muestra general por cada individuo.

Las muestras de alimento y heces se secaron en bandejas de aluminio en una estufa de aire circulante (100-800, Memmert GmbH and Co. KG, Schwabach, Alemania) a  $60^{\circ}\text{C}$  por 48 horas para determinar materia seca y fueron molidas a un tamaño de partícula de 1 mm en un molino de martillo Wiley (Arthur H. Thomas Company, Philadelphia, PA).

El nitrógeno (N) se analizó en alimentos secos, rechazos y heces recién descongeladas. Para estimar la proteína cruda mediante el procedimiento Kjeldahl se multiplicó la concentración de N por 6.25. El procedimiento se realizó en un equipo de DK y destilación UDK 129 (VELP Scientifica, Italia).



En alimentos, rechazos y heces se determinó fibra neutro detergente (FND, usando  $\alpha$  amilasa) y fibra ácido detergente (FAD) siguiendo el procedimiento descrito por Van Soest *et al.*, (1991) usando un analizador Ankom 200 ((ANKOM technology, Macedon, NY). Se determinó también cenizas por medio de combustión en una mufla (L24/12/P320, Nabertherm, Bremen, Alemania) a 550 °C por 2 horas.

En las muestras de orina se determinó nitrógeno por método Kjeldahl, y también creatinina y ácido úrico por espectrofotometría (Roche, Alemania).

### **3.4.1 Variables a evaluar:**

#### **3.4.1.1 El consumo de alimento (kg MS/d, % de peso vivo).**

Donde kg MS fue calculado mediante la fórmula: Oferta x % MS – Rechazo. Mientras que % de peso vivo es igual al (promedio kg MS/ peso final) x 100.

#### **3.4.1.2 Ingesta y la excreción fecal de MS, MO, FDN, FAD y N (Kg/d).**

La ingesta fue calculada multiplicando la cantidad de alimento rechazado por la concentración de nutrientes menos la cantidad de alimento tal como ofrecido por la concentración de los nutrientes (todo en kg/d).

Por otro lado, la excreción de nutrientes fue estimada mediante la multiplicación de la concentración de nutrientes en heces (g/kg MS) por la excreción diaria de MS.

#### **3.4.1.2 Digestibilidad total aparente de MS, Cz, FND, FAD y N g/100 g.**

La cual fue estimada usando la ecuación: (Nutriente consumido – nutriente excretado en heces) x 100 / nutriente consumido (todos en kg/d).

#### **3.4.1.3 N en la orina (gr/d, g/100 g N consumido).**

Fue estimado como la diferencia del nitrógeno consumido entre el nitrógeno excretado en orina.

#### **3.4.1.4 N en las heces (gr/d, g/100 g N consumido).**

Fue estimado como la diferencia del nitrógeno consumido entre el nitrógeno excretado en heces.

#### **3.4.1.5 N retenido (gr/d, g/100 g N consumido).**

Que es igual a la suma del nitrógeno excretado en heces y orina entre el nitrógeno consumido.

#### **3.4.1.5 Ganancia diaria de peso vivo (g/día).**

Ésta fue estimada durante las 8 semanas del experimento restando el peso inicial de cada novilla de su peso final esto dividido entre el número de días desde el inicio hasta el final del experimento.

#### **3.4.1.6 Eficiencia de conversión (Alimento consumido/ganancia de peso).**

Estimada relacionando la ganancia diaria de peso con la materia seca o la digestibilidad de la materia orgánica diaria de cada novilla respectivamente (ganancia diaria de peso vivo g x kg de ingesta de materia seca o digestibilidad de la materia orgánica.)

### 3.5. Metodología estadística

#### 3.5.1 Análisis estadístico.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software modelo mixtu SAS 9.4 (SAS institute Inc. Cary, NC, EE. UU.). Los datos se analizaron utilizando un modelo aleatorio en un arreglo factorial dos x dos con cuatro tratamientos y ocho repeticiones utilizando el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + PNR_j + F_i * PNR_j + e_{ijk}$$

Fueron  $Y_{ijk}$  = variable dependiente,  $\mu$  = media global,  $F_i$  = efecto forraje,  $PNR_j$  = efecto de PNR,  $F_i * PNR_j$  = interacción de forraje y PNR y  $E_{ijk}$  = error residual.

Las medias de los cuadrados mínimos de los diferentes forrajes en los niveles de PNR se compararon con prueba de tukey a un nivel significativo de  $P < 0.05$ , mientras que una tendencia se declaró en  $P \geq 0.05$  a  $< 0.10$ .

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Composición nutricional de alimentos.

La composición nutricional de los forrajes se presenta en el cuadro 4. Los contenidos de materia seca (MS, 87.1 y 88.1 %) y de materia orgánica (MO, 89.7 y 88 %) de los henos de Vigna y Pangola respectivamente, fueron similares. Se observó que el heno de Vigna contenía una mayor concentración de proteína cruda (PC) y una menor concentración de fibra neutro detergente (FND). Sin embargo, también se encontró mayor contenido de fibra ácido detergente (FAD) en la Vigna en comparación con heno de Pangola. Por otra parte, el King grass que estaba presente en todas las dietas, tuvo el contenido más alto de FND.

**Cuadro 4. Composición química del heno de Vigna (leguminosa) y heno de Pangola (gramínea) implementada en la dieta de novillas (n=6).**

Contenidos	Heno de Vigna	EEM	Heno de Pangola	EEM	King grass	EEM
Materia seca,%	87.1	0.27	88.1	0.29	19.0	0.23
Materia orgánica, % MS	89.7	0.02	87.9	0.05	86.1	0.27
Proteína Cruda %	15.0	0.12	5.5	0.06	6.2	0.04
Fibra Neutro Detergente %	57.9	0.19	68.3	0.15	74.3	0.19
Fibra Acido Detergente %	38.9	0.15	35.1	0.16	37.4	0.16

EEM= Error Estándar de la Media; MS= Materia Seca.

La inclusión de King grass en la dieta fue de 35% en todos los tratamientos. El total de forrajes en la materia seca fue de 60%. Debido a que no se puede ofrecer leguminosas como total del forraje por la presencia de compuestos secundarios como saponinas e inhibidores de tripsinas.

Salinas y Crespín (2010) según su estudio en El Salvador reportaron la MS de la Vigna en floración de 13.18%. Mientras tanto, Corea *et al.* (2010a) determina la MS del pasto de Pangola en 17.4%. Siendo al igual que en el caso de los henos, mayor el contenido de MS del pasto de Pangola sobre el de Vigna.

Las leguminosas forrajeras son caracterizadas por tener contenidos de PC superiores a las gramíneas. El presente estudio según el cuadro 4 demuestra lo anteriormente mencionado al constatar un contenido superior del Heno de Vigna sobre el Heno de Pangola con una diferencia de 9.51%.

Es importante considerar que las leguminosas tienen menores contenidos de FND y FAD que las gramíneas lo cual permite mayores consumos de alimento, por lo que se considera que producen forrajes de mejor calidad (Amiri y Bin Mohamed 2012), sin embargo, no se dio el caso con FAD donde su contenido en el heno de Vigna resultó ser mayor que el del heno de Pangola con una diferencia de 3.81%. Previamente estudios realizados en El Salvador han revelado el contenido de proteína en leguminosas tropicales donde se han logrado observar contenidos de PC en Vigna de 17.21% (Acosta y Hernández 2012), 16.9% (Corea *et al.* 2010a) y 18,66% (Hernández 1993) mientras que en el caso del pasto de Pangola se habría logrado determinar un 10.1% de PC (Corea *et al.* 2010c). En ese mismo estudio en El Salvador Corea *et al.* (2010c) reporta en porcentajes la cantidad de FND en planta completa a la floración para Vigna obteniendo un valor de 54.58%. En el presente estudio puede observarse un contenido un poco superior obtenida en el Heno de Vigna siendo de un 57.98%, probablemente debido a que en este caso se trató de heno mientras que en el anterior era forraje verde el cual no tiene deterioro en su composición como sucede durante el henificado.

**Cuadro 5. Composición química de los concentrados en la dieta de novillas.**

Contenido	Conc 0	EEM	Conc 1	EEM	Conc 2	EEM	Conc 3	EEM
Materia seca %	86.3	0.16	88.2	0.12	84.6	0.15	86.6	0.16
Materia Orgánica %	92.1	0.05	90.3	0.06	92.8	0.05	90.1	0.03
Proteína Cruda %	22.5	0.08	22.5	0.05	17.0	0.08	17.4	0.08
Fibra Neutro Detergente %	21.1	0.13	22.2	0.18	18.8	0.14	22.5	0.23
Fibra Ácido Detergente %	5.4	0.13	4.2	0.07	4.6	0.07	4.3	0.07

EEM= Error estándar de la media; Conc= Concentrado.

Se observa una desemejanza en contenido de PC de los concentrados a pesar que las raciones fueron balanceadas para ser isoproteicas (12.9% PC) obteniendo el contenido de PC considerablemente menor en el heno de Pangola que el en heno de Vigna (cuadro 4), como era de esperarse en los concentrados de las raciones que contenían Pangola (T0 y T1) tuvieron más proteína que de las que contenían Vigna (T2 y T3).

Los concentrados constituyeron el 40% de la MS en todas las dietas, siendo el forraje verde de King grass 25% y el 35% restante de heno de Pangola o Vigna. Sus composiciones químicas determinadas en el laboratorio, fueron similares para MS, MO, FND y FAD. No se observan diferencias en la concentración de PC en los concentrados cuando se cambió urea

por harina de pescado ya que éstas produjeron contrastes en la concentración de proteína no degradable en el rumen (280 a 360 g/kg PNR) pero no en la PC como se presenta en el cuadro 6.

#### 4.2 Consumo de nutrientes.

En el siguiente cuadro puede observarse detalladamente el aumento de consumo de nutrientes que se dio al intercambiar el heno de Pangola con el heno de Vigna y el consumo de materia seca en proporción del peso vivo.

**Cuadro 6. Efecto de la sustitución de heno de Pangola por heno de Vigna y de dos niveles de proteína no degradable en el rumen (PNR) sobre el consumo de nutrientes en novillas.**

	Pangola		Vigna		EEM	P. Valor		
	PNR 26	PNR 36	PNR 26	PNR 36		Forraje	PNR	Forraje*PNR
MS Kg/d	6.88	7.00	7.39	7.36	0.26	<0.01	0.54	0.33
MS % PV	3.14	3.16	3.35	3.27	0.10	0.04	0.58	0.33
MO Kg/d	6.15	6.21	6.58	6.49	0.21	<0.01	0.71	0.26
PC g/d	891	902	948	954	31.88	<0.01	0.20	0.71
FND Kg/d	3.53	3.61	3.51	3.6	0.05	0.61	0.06	0.95
FAD Kg/d	1.72	1.72	1.86	1.83	0.07	<0.01	0.57	0.45

PNR 280 = 280 gr proteína no degradable en el rumen/kg de proteína cruda; PNR 360= MS= Materia seca, PV= Peso Vivo; MO: Materia Orgánica; PC: Proteína Cruda; FND: Fibra Neutro Detergente; FAD: Fibra Ácido Detergente; EEM= Error Estándar de la Media.

La sustitución de heno de Pangola por heno de Vigna en las dietas de las novillas produjo un incremento en el consumo de MS donde se vio una diferencia de 6.94 a 7.37 kg al incluir heno de Vigna, la MO incrementó de 6.18 a 6.54 kg, mientras la PC aumentó de 896 a 951 g y la FAD obtuvo una variación de 1.72 a 1.84 kg ( $p < 0.01$ ), por otro lado, también el consumo de MS en proporción del peso vivo (3.15 a 3.31 g/kg PV) (Cuadro 6). Sin embargo, no afectó el consumo de FND (3.58 kg para Pangola y 3.55 kg para Vigna).

El cambio de PNR 280 a 360 g/kg PC, no afectó el consumo de MS, MO, PC, FAD y produjo una tendencia a incrementar el consumo de FND. Mientras que no se encontró interacciones de los efectos estudiados sobre el consumo de nutrientes.

El consumo de FND y FAD es similar en las novillas que ingirieron tanto heno de Pangola como heno de Vigna para saciar sus requerimientos nutricionales, sin embargo, al contener menor FND y FAD el heno de Vigna, permite a las novillas consumir más MS, MO y PC. Además, se encontró un efecto significativo del forraje sobre incremento del consumo de FAD con la inclusión de Vigna.

El mayor consumo de MS supone un mayor consumo de los demás nutrientes incluidos en la dieta. Sin embargo, la excepción en este estudio fue el consumo de FND que se mantuvo igual mientras los demás nutrientes aumentaron con el uso de Vigna. La FND por su papel en el llenado y su baja digestibilidad, ha sido propuesta como regulador del consumo de MS. Hoffman y Bauman (2013) propusieron que las novillas Holstein regulan su consumo a un valor

cercano de 1% de FND en relación a su peso vivo, de manera que animales consumiendo dietas con mayor FND disminuyen su consumo. En el presente estudio, las novillas comiendo dietas con Vigna que contenían menos FND que las dietas con Pangola con más FND, tuvieron mayor consumo de MS pero igual consumo de FND.

La solubilidad de la proteína de la dieta parece no afectar el consumo de nutrientes. Lascano *et al.* (2012) compararon dietas con diferentes contenidos de proteína soluble y no encontraron diferencias en el consumo de nutrientes. En este estudio, las concentraciones de PNR no afectaron el consumo de MS, MO, PC, FND y FAD. Esto ha sido también observado en estudios recientes en alimentación de terneras Holstein. Silva *et al.* (2018a) y Silva *et al.* (2018b) ofrecieron dietas con PNR que vario desde 38 hasta 57% en relación con la PC sin encontrar diferencias en el consumo de nutrientes.

### 4.3 Digestibilidad aparente total del tracto

Con respecto a la digestibilidad aparente total del tracto, se encontró un efecto significativo ( $p=0.01$ ) del forraje sobre la digestibilidad (cuadro 7), la inclusión de heno de Vigna en lugar de heno de Pangola dio como resultado incremento en la digestibilidad de la MS (63.6 a 67.6 %), MO (66.5 a 70.2 %), FND (55.9 a 59.7 %) y FAD (49.5 a 55.1 %). Pero la digestibilidad de la PC permaneció similar (70.4 para Pangola y 71.0 % para Vigna).

**Cuadro 7. Efecto de la sustitución de heno de Pangola por heno de Vigna y de dos niveles de PNR sobre la digestibilidad aparente de los nutrientes.**

	Pangola		Vigna		EE M	P. Valor		
	PNR 280	PNR 360	PNR 280	PNR 360		Forraje e	PN R	Forraje*PN R
Dap MS %	62.57	64.62	68.25	66.95	2.52	<0.01	0.71	0.13
Dap MO %	65.5	67.59	70.62	69.7	2.29	<0.01	0.56	0.13
Dap PC %	69.98	70.82	71.21	70.7	0.51	0.64	0.88	0.58
Dap FND %	54.17	57.54	58.68	60.77	2.76	<0.01	0.06	0.64
Dap FAD %	47.82	51.11	54.71	55.41	3.51	<0.01	0.24	0.45

Dap MS= Digestibilidad Aparente de Materia Seca; Dap MO= Digestibilidad Materia Orgánica; Dap PC= Digestibilidad Aparente de Proteína Cruda; Dap FND= Digestibilidad Aparente de Fibra Neutro Detergente; Dap FAD= Digestibilidad Aparente de Fibra Ácido Detergente, EEM= Error Estándar de la Media.

No se observó cambio en la digestibilidad de nutrientes (MS, MO, PC y FAD) al incrementar la PNR de 280 a 360 gr/kg PC, pero sí una tendencia al incremento de la digestibilidad de la FND con el incremento de la PNR. Por otra parte, no se observaron interacciones de los efectos estudiados sobre la digestibilidad de nutrientes.

La digestibilidad aparente total del tracto de MS, MO, FND y FAD presentaron un aumento significativo cuando se sustituyó heno de Pangola por heno de Vigna en la dieta de las terneras. Las leguminosas difieren de las gramíneas tanto en términos de composición química como de características de valor nutritivo. Siendo de esta manera las leguminosas las que contienen mayor proteína y menor proporción de componentes en la pared celular (FND); por lo que las vuelve más digestibles (Van Soest 1994; Hacknman 2010). Se ha reportado que la digestibilidad de vacas lecheras aumento con el uso de vigna (Corea *et al.* 2017). Sin embargo,

algunos reportes señalan que Vigna no ha producido mejoras en la digestibilidad pero que ha aumentado en consumo en vacas lecheras (Castro-Montoya *et al.* 2018).

#### 4.4 Excreción y balance de Nitrógeno.

En el cuadro 8 puede observarse una leve tendencia de disminución en la cantidad de heces excretadas en los tratamientos que contenían Vigna en comparación con los que contenía heno de Pangola, esto debido a una mayor digestibilidad del heno de Vigna en la dieta como puede observarse a continuación.

**Tabla 8. Excreción de heces, orina y nitrógeno en novillas en desarrollo que consumen dos niveles de proteína sobrepasante y dos tipos de heno.**

	Pangola		Vigna		SE M	Forraj e	P.	F*PN R
	PNR 280	PNR 360	PNR 280	PNR 360			Valor PNR	
Heces MS Kg/d	2.58	2.48	2.35 21.0	2.43	0.09	0.12	0.82	0.16
Orina L/d	16.73	15.19	5	21.29	0.07	<0.01	0.67	0.57
Consumo de N g/d	142.5 4	144.3 2	151. 6	152.66	5.11	<0.01	0.20	0.71
N en heces g/d	42.78	42.1	43.7 79.8	44.73	1.14	0.33	0.92	0.64
N en orina g/d	74.83	73.94	9 28.0	77.91	2.76	0.27	0.72	0.90
N retenido g/d N heces	24.92	28.29	7 28.7	30.02	2.12	0.54	0.50	0.86
g/100g NC	30.02	29.18	9	29.30	1.86	0.33	0.92	0.64
N orina g/100g NC	52.47	51.17	52.6 4	51.02	4.04	0.26	0.72	0.90
N retenido g/100g NC	17.51	19.65	18.5 7	19.68	4.18	0.54	0.50	0.86

NC= Nitrógeno consumido; MS= Materia Seca; N= Nitrógeno; L/d= Litros/día.

Se encontró un efecto significativo del forraje sobre el consumo de N: la inclusión de heno de Vigna incrementó el consumo de N.

Se observa una mayor cantidad excretada de N en heces y orina en los tratamientos con Vigna, sin embargo, dichos tratamientos de igual manera reflejan un mayor consumo de gramos de nitrógeno diarios en la dieta en comparación de los que contenían heno de Pangola, tal y como se puede observar en el cuadro 8.

(Silva *et al.* 2017), observó que al incrementar las cantidades PNR en la dieta disminuyó la excreción urinaria de N, como también fue descrito por (Batista *et al.* 2016). Este hecho puede ser debido a un mayor equilibrio entre la degradación de proteínas ruminal y la síntesis de proteína microbiana, lo que resulta en la producción de amoníaco ruminal inferior y en consecuencia, una menor excreción urinaria N (Archibeque *et al.* 2007; Hristov *et al.* 2013). Al confrontarlo con el estudio en curso se obtiene que en la interacción de la inclusión de Vigna y PNR aumenta el consumo de N de igual manera en la excreción y retención en orina de este.

(Corea *et al.* 2010b) Demostró que la excreción de heces, disminuyó significativamente en las dietas contenían Vigna, debido a la mayor digestibilidad de la dieta. También, disminuyeron

significativamente los gramos de nitrógeno en las heces y la proporción del nitrógeno consumido, lo cual refleja una mejor utilización del N retenido en el tracto digestivo.

#### 4.5 Desempeño, eficiencia y costo.

Los resultados del desempeño de las novillas con las diferentes dietas del experimento se muestran en el cuadro 9. Los pesos vivos de las novillas en al inicio del experimento fueron similares.

**Cuadro 9. Efecto de la sustitución de heno de Pangola por heno de Vigna y de dos niveles de PNR sobre las variables ganancia de peso y alturas en novillas.**

Variables	Pangola		Vigna		SEM	Forraje	P. Valor	
	PNR 280	PNR 360	PNR 280	PNR 360			PNR	Forraje*PNR
Peso vivo al medio	217	218	216	222	1.92	0.79	0.40	0.51
Ganancia de peso g/d	785	831	845	956	72.31	0.03	0.06	0.41
Costo de Aliment \$/d	2.07	2.45	2.07	2.43	0.22	0.68	<0.01	0.60
Eficiencia MS gr ganancia/Kg Consumo	114	118	114	130	7.57	0.31	0.11	0.37
Eficiencia MO gr ganancia/Kg Consumo	127	134	128	147	9.20	0.21	0.04	0.28
Costo \$/kg de PV ganado	2.65	3.00	2.49	2.57	0.07	0.01	0.07	0.26

g/d= gramos al día; \$/d= dólares al día; MS= Materia Seca; MO= Materia Orgánica; \$/kg= dólares por kilogramo.

Se observó un efecto positivo del uso de Vigna sobre la ganancia de peso diaria (GPD,  $p=0.03$ ) y sobre el costo de alimentación por kg de peso ganado ( $P=0.01$ , cuadro 9) pero el tipo de forraje no produjo efectos sobre el costo diario de alimentación, ni la eficiencia de conversión de la MS y de la MO.

Se encontró una tendencia de la PNR a incrementar la GPD y un efecto significativo sobre la eficiencia de conversión del a MO. Pero aumentó el costo de la ración diaria y tendió a aumentar el costo por kg de peso vivo ganado. Las novillas que se alimentaron con heno de Vigna y 360 g de PNR/kg de PC, mostraron una ganancia de peso diaria superior (111 gr/d) con respecto a las novillas que se alimentaron con heno de Vigna y 260 g de PNR/kg de PC.

La meta de peso vivo a los seis meses de edad es de 160-170 kg (29-30% del peso adulto). (Lanuza 2006) indica que para dicho período se espera una ganancia de peso en las terneras que ronde entre los 0,65 y 0,75 kg/día, en el cuadro 9 se puede observar una ganancia de peso superior a la esperada siendo mayor con 0.96 kg en el cual se alimentaba a las novillas con heno de Vigna y harina de pescado, volviendo más rentable dicho tratamiento (tratamiento 3) debido a la eficiencia en la ganancia de peso que llevaría a la ternera a alcanzar el peso, tamaño y vigor adecuado para hembra de reemplazo en menos tiempo que las de los otros tratamientos. Llevando a una pronta separación de los animales a grupos similares según su tamaño según menciona Guerra (1987) como una buena medida de manejo.

## 5. CONCLUSIONES

La inclusión de heno de Vigna como ingrediente en la formulación de la dieta de novillas prepuberales, generó efectos positivos en el consumo de nutrientes, dando así un mejor aprovechamiento de los mismos sobre las novillas obteniendo una mayor ganancia de peso en menos tiempo que las novillas que en su dieta se incluía heno de Pangola.

La digestibilidad de la leguminosa (heno de Vigna) fue superior al de la gramínea (heno de Pangola) en Materia Seca, Materia Orgánica, Fibra Neutro Detergente y Fibra Ácido Detergente, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la digestibilidad de la Proteína Cruda de una con la otra.

La interacción de Vigna con Proteína No Degradable en el Rumen (PNR) en sus dos niveles 26% y 36% incrementaron el consumo de las novillas, obteniendo de esta manera mayor ganancia de peso diaria las novillas que se alimentaban con heno de Vigna y PNR 36%.

La adición de heno de Vigna en la alimentación aumenta el consumo de Nitrógeno en las novillas, mientras que al incluir PNR a nivel de 36% se incrementa la excreción de N en orina y N retenido con respecto al consumo de N.

Los niveles de PNR son de gran relevancia para determinar el precio de la dieta puesto que al utilizar PNR de 26 a 36% significaría el aumento del costo de alimentación diario hasta en unos 0.38 USD, no obstante, esta alternativa presentaría a pesar de su alto costo una mayor eficiencia y rentabilidad a la producción al obtener mejores resultados sobre la ganancia de peso diaria de las novillas prepuberales, alcanzando su peso ideal para presentar su primer celo y primera monta.

## 6. RECOMENDACIONES

Establecer parcelas en las ganaderías lecheras para el cultivo de *Vigna sinensis*, de manera tal que reduzcan los costos al incluirlo en la dieta de novillas prepuberales, obteniendo mejores resultados en la ganancia de peso de las novillas debido a su eficiencia en relación al consumo y su absorción de nutrientes.

Incluir harina de pescado (proteína no degradable en el rumen 36%), en la dieta de novillas para alcanzar su peso ideal para su primer celo y primera monta más pronto, de tal manera que reduzca los costos de desarrollo de reemplazos en la ganadería.

Buscar otras alternativas de proteína no degradable en el rumen al 36% para obtener los mismos resultados que con la harina de pescado pero que no eleve tanto los costos de alimentación.

Se recomienda la toma de peso a novillas cada dos semanas para garantizar que estén teniendo una ganancia de peso diaria óptima (750 g aproximadamente), de manera tal que garantice el buen crecimiento y desarrollo de las mismas, dando como resultado mayor producción de leche en su etapa adulta.

Cada semana debe reajustarse la fórmula de la alimentación de las novillas, aportando de esta manera los nutrientes que requieran según su desarrollo.

Brindar un manejo adecuado y un plan profiláctico que mejoren las condiciones y salud de las novillas para obtener los resultados esperados a través de la dieta.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

**Acosta Martínez, M; Hernández Gámez, R. 2012.** Cuantificación de taninos por dos métodos espectrofotométricos en muestras forrajeras y raciones totales a base de leguminosas: *Canavalia ensiformis* (Canavalia), *Vigna sinensis* (Frijol Mono) y Gramíneas: *Sorghum vulgare* (Sorgo). Tesis. Lic. Química y Farmacia. San Salvador, SV. UES. 92 p.

**Aguilar, J; Aguilar, K; Alas, N; Colindres, E. 2014.** 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. San Salvador. El Salvador. UES. 119.

**Almeyda, J; Parreño, J. 2011.** Manejo Integrado de Ganado. Oficina Académica de Proyección y Extensión Social. Universidad Nacional Agraria La Molina. PE. Guía Técnica. P 4-5.

**Almeyda, M. J. 2011.** Manejo Integrado de Ganado Vacuno. UNALM – Perú.

**Amiri, F; Bin Mohamed Shariff A. 2012.** Comparison of nutritive values of grasses and legume species using forage quality index. Songklanakarin Journal of Science and Technology 34(5):577-586.

**Archibeque, S, 2007.** The Influence of Oscillating Dietary Protein Concentrations on Finishing Cattle. II. Nutrient Retention and Ammonia Emissions, Journal of Animal Science.

**Arévalo, F. 2000.** Manual de Ganado Lechero 2a ed. Riobamba, Ecuador. Edit ESPOCH, pp. 35, 41.

**Arteta P. D; Zamora W. D. 2005.** Efecto de Dos Tipos de Maíz con Cuatro Leguminosas sobre La Calidad y Producción del Ensilaje en El Zamorano, Honduras. Tesis. 24 p.

**Bargo F; Payadino A; W. Marisa. 2006.** Fisiología digestiva y manejo del alimento. La fibra. Departamento de producción animal. Facultad de agronomía. Buenos Aires, Argentina. P. 3.

**Batista ED; Detmann E; Titgemeyer EC; Valadares Filho SC; Valadares RFD; Prates LL; Rennó LN, 2016** Effects of varying ruminally undegradable protein supplementation on forage digestion, nitrogen metabolism, and urea kinetics in Nellore cattle fed low-quality tropical forage. J Anim Sci; 94:201–216.

**Bavera GA; Peñafort C H, 2006.** Lectura De La Bosta Del Bovino Y Su Relación Con La Alimentación, Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC.

**Benítez I; Ramírez J. 2011.** Evaluación del Crecimiento y Desempeño Reproductivo y Productivo de Novillas Holstein en el Departamento de Sonsonate de El Salvador. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, SV. UES. 109 p.4

**Broderick, G. A.; Merchen, N. R. (1996).** Markers for quantifying microbial synthesis in the rumen. J. Dairy Sci. 75:2618.

**Broderick, GA.; T. Kowalczyk; L. D. satter. 1970.** Milk production response to supplementation with encapsulated methionine per os or casein per abomasum. J. Dairy Sei. 41:933.

**Campabadal, C. 2000.** Alimentación de novillas lecheras de reemplazo. Asociación Americana de Soya México y Centroamérica.

**Castillo, M; Rojas, A; Wingching-Jones, R. 2009.** Valor Nutricional del Ensilaje de Maíz Cultivado en Asocio con Vigna (*Vigna radiata*). Agronomía Costarricense. 33:1, 136-146.

**Castro-Montoya, J; García, R; Ramos, R; Flores, J.M; Alas, E.A; Corea, E.E. 2018.** Dairy cows fed on tropical legume forages: effects on milk yield, nutrients use efficiency and profitability. Tropical Animal Health and Production. 7p. En línea: Consultado 30/marzo/2019 <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1505-3>

**Castro-Montoya, J; Gownipurama ; Mendoz; M.; Solano N.; López F., E.E. Corea, 2019.** Effects of feeding tropical forage legumes on nutrients digestibility, nitrogen partitioning and performance of crossbred milking cows, Animal Feed Science and Technology.

**Chacón, E; Marchena, H; Rodríguez, J; Alvarado, A. 2000.** El uso de leguminosas en sistemas de producción con bovinos de doble propósito en Venezuela. Reporte Técnico. Universidad central de Venezuela, Maracaibo, Venezuela.

**Chalupa, W.; J.E. Chandler; R.E. Brown. 1973.** Abomasal infusion of mixtures of amino acids to growing cattle. J. Anim. Sci. 37:339 (Abstr).

**Church, DC. 1996.** El Rumiante. Fisiología digestiva y Nutrición. Ed. Acribia. S.A. Zaragoza – España.

**Clavero T. 2011.** Agroforestería en la alimentación de rumiantes en América Tropical. Revista de la Universidad del Zulia. Ciencias del Agro, Ingeniería y Tecnología 2: 11-35.consulta: 28/9/2018.

**Corea E. E.; Aguilar J. M.; Alas N. P.; Alas E. A.; Flores J. M.; Broderick G. A. 2017.** Effects of dietary Vigna hay and protein level on milk yield, milk composition, N efficiency and profitability of dairy cows. Animal Feed Science and Technology. 226:48-55.

**Corea E. E.; Flores J. M.; Salinas F. M.; Crespín E. A.; Elizondo-Salazar J. A. 2010a** Yield and quality of grasses and legumes for dairy cattle feeding. J Dairy Sci 93 Suppl 1.

**Corea E. E.; Flores J. M.; Salinas F. M.; Crespín E. A.; Elizondo-Salazar J. A. 2010b.** Quality of ensiled grasses and legumes for dairy cattle feeding. J Dairy Sci 93 Suppl 1.

**Corea-Guillén E.E.; Flores Tensos J. M.; Leyton Barrientos L. B.; Castillo Benedetto G.O.; Castro Montoya J.M.; Elizondo Salazar J.A. 2010c.** Yield and quality of grasses in three different dairy regions of El Salvador. J. Dairy Science. Vol 93 Suppl1.

**Elizondo, J; Vargas, A. 2013.** Requerimientos de Proteína para Terneras de Lechería. Nutrición Animal Tropical 7(1):40-50.

**Elizondo, J; Vargas, A. 2015.** Determinación Del Costo De La Crianza De Terneras Desde El Nacimiento Hasta El Destete En Una Lechería Comercial Especializada. Nutrición Animal Tropical 9(2):1-10.

**FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación). 1995.** Lección 3. Alimentos y agua para rumiantes. Documento electrónico tomado de [www.fao.org/docrep/T0690S/t0690s00.htm#contents](http://www.fao.org/docrep/T0690S/t0690s00.htm#contents).

**FEDNA, 2007.** Nutrición de novillas. J.L. Juaristi.XXIII Curso Especialización FEDNA: Avances Nutrición y Alimentación Animal. 236p

**Franco, J. 2010.** Manual de Buenas Prácticas de Manejo (BPM) para Lecherías en Confinamiento en el Trópico. Tesis. Ing. Agr. Honduras, Zamorano. 31 p.

**García R.A; 1981.** 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 Universidad de El Salvador (en línea). Consultado el 16 de enero de 2018. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/983/1/13101238.pdf>.

**Gonda, H.; Lindberg, J. 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, Animal Science, Section A., 236-245.

**Grajales, H; Hernández, A; Prieto, E. 2006.** Edad y peso a la pubertad y su relación con la eficiencia reproductiva de grupos raciales bovinos en el trópico colombiano. Livestock Research for Rural Development 18 (10) (en línea). Consultado 11 septiembre 2018. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd18/10/graj18139.html>.

**Guerra, C. 1987.** Cría de terneras y levante de novillas. Gobernación de Antioquia secretaria de agricultura. Consultado el 10 de abril de 2018. Disponible en [repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6406/T13.10%20M925i.pdf](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6406/T13.10%20M925i.pdf);

**Hare, E; Norman, H; Wright, J. 2006.** Trends in calving age and calving intervals for Dairy cattle breeds in the United States. J. Dairy Sci. 89(1):365-370.

**Heinrichs J. 2012.** Feeding the Dairy Heifers. Dairy and Animal Science. The Pennsylvania State University. USA

**Heinrichs, A. J.; B. S. Heinrichs. 1985.** A prospective study of calf factors affecting first-lactation and lifetime milk production and age of cows when removed from the herd. J. Dairy Sci. 94:336–341.

**Hernández, A. 1993.** Determinación del contenido nutricional de Vigna forrajera y Dolichos combinados con Maíz H-5 y/o Sorgo Sapó para ser utilizados como forraje en la alimentación de ganado vacuno. Tesis. Lic. Química y Farmacia. San Salvador, SV. UES. 123 p.

**Hoffman, P. C.; L. M. Bauman. 2013.** Strategies to improve milk yield of lactating dairy cows fed red clover silage. Prof. Anim. Sci. 19:178-187.

**Hristov A; Oh J Firkins; JL, Dijkstra; Kebreab E; Waghorn G; Makkar HP; Adesogan AT, 2013.** SPECIAL TOPICS-Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. J Anim Sci 2019;10(1):120-148 143 ;91:5045-5069.

**IICA, 2012.** Caracterización de la cadena productiva de lácteos en El Salvador. (en línea). Consultado el 11 de enero de 2018. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B4160e/B4160e.pdf>.

**INATEC (Instituto Nacional Tecnológico, NI). 2016.** Manual del Protagonista. Nutrición Animal. Nicaragua. INATEC.124 p Manual Técnico.

**Krause, V.;T. Klopfenstein. 1978.** In vitro studies of dried alfalfa and complementary effects of dehydrated alfalfa and urea in ruminant rations. J. Anim. Sci. 46:499.

- Lachmann, M.; Araujo Febres, O. 2009.** La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes. En línea consultado 12/abril/2021 <http://avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/Digestibilidadderumiantes.pdf>.
- Lammers, B.P. 1998.** Effects of accelerated growth rates, estrogen implants, and additional dietary protein in prepubertal heifers on growth, development, and subsequent milk production. PhD. Thesis. Pennsylvania State University. University Park, PA.
- Lanuza, F. 2006.** Crianza de terneros y reemplazos de lechería. In Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores. INIA. Chile. 170 p. Boletín INIA N° 148.
- Lanyasunya, 2005.** Effects of Poor Nutrition on Reproduction of Dairy Stock on Smallholder Farms in the Tropics, Pakistan Journal of Nutrition.
- Lascano C.E. 2012.** Caracterización de las pasturas para maximizar producción animal. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 10(2):126-132.
- León, J. 2000.** Botánica de los cultivos tropicales. Tercera edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). p 200-201. CR.
- Marques da Silva, N.; Aquino, L.; Fonseca, F.; Gomes de Oliveira, A. 2002.** Curvas de crecimiento e influência de fatores não-genéticos sobre as taxas de crescimento de bovinos da raça Nelore (en línea). Consultado el 11 de enero de 2018. Disponible en [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542004000300022](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542004000300022)
- Martínez L. 2003.** Valoración energética de los alimentos. (En línea) Consultado el: 16 de abril de 2018. Texto disponible en: [http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/17\\_17\\_30\\_valoracion\\_de\\_alimentos](http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/17_17_30_valoracion_de_alimentos)
- Martínez M. A. A. 2000.** El Reloj del Éxito de sus Reemplazos. Hoard's Dairyman. Dic: 828-831
- Martínez, H. 1999.** Análisis de la Ganadería a Nivel Nacional y Propuestas de Solución. Programa de Producción Animal. CENTA. El Salvador. B.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2003.** Informe de Coyuntura – Enero – Junio, 2003. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Oficina de Políticas y Estrategias. San Salvador El Salvador.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2004.** Estadísticas de la Dirección General de Economía Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Economía Agropecuaria. San Salvador El Salvador.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2018.** Estadísticas de la Dirección General de Economía Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Economía Agropecuaria. San Salvador El Salvador
- Morales, R.; Ramírez, J. Edición 2014.** Optimización de la crianza de hembras de reemplazo de lechería. Osorno Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín N°297, 96 pp.
- NRC (Nutrient requirement for Dairy). 2001.** (8th ed). National Academy press Washington. DC.
- Posada S. L.; Noguera, 2012** Uso de la creatinina como indicador de la excreción urinaria en bovinos Nelore Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, vol. 25, núm. 1, enero-marzo, 2012, pp. 56-63 Universidad de Antioquia Medellín, Colombia.

**Rivera, A. 2000.** Determinación del retorno de la inversión en la crianza y desarrollo de novillas Jersey a primer parto en la zona de altura de la Meseta Central de Costa Rica. Tesis para optar al grado de licenciatura. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca.

**Rodríguez M., N.; Simoes S., E. O.; Guimaraes J., R. 2007.** Uso de Indicadores para estimar consumo y digestibilidad de pasto. LIPE, lignina purificada y enriquecida. Rev. Col. Cienc. Pec. 2007; 20:4.

**Rodríguez, VA; Omar, V; Berbin, W; Rodríguez, M. 1998.** El gen y formación del ganado tipo Yaracal. Comportamiento productivo y reproductivo. In Astro Data. SA. ed. Mejora de la ganadería mestiza doble propósito. Maracaibo, Venezuela. p. 121-134.

**Sánchez, A. 2001.** Leguminosas como potencial forrajero en la alimentación bovina. Producción bovina de carne. Investigador. (En línea). FONAIAP. Estación Experimental del Estado Falcón. Coro. VE. Consultado: 11 de enero de 2018. Disponible en: [http://www.produccionbovina.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas%20artificiales/38-leguminosas\\_como\\_potencial\\_forrajero.html](http://www.produccionbovina.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/38-leguminosas_como_potencial_forrajero.html).

**Silva, A. et al. 2017.** Effects of rumen undegradable protein on intake, digestibility and rumen kinetics and fermentation characteristics of dairy heifers, *Animal Feed Science and Technology*, 3-7 p.

**Silva, E et al. 2018.** Efectos de la proteína no degradable en el rumen de admisión, rendimiento, y el desarrollo de la glándula mamaria en vaquillas prepúberes y púberes, *J. Dairy Sci.* 101: 5991 a 6001 disponible en: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13230>

**Timko M. P.; Ehlers JD; Roberts PA. 2007.** Cowpea. In: Kole C (ed) *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants, Volume 3, Pulses, Sugar and Tuber Crops*, Springer Verlag Berlin Heidelberg. Pp 49-67.

**Valenzuela, H; Smith, J. 2002a.** Cowpea (En Línea). Consultado el 11 de enero de 2018. Disponible en <https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/GreenManureCrops/cowpea.pdf>

**Van Soest, P.J. (1994)** Nutritional ecology of the ruminant. 2nd Edition, Cornell University Press, Ithaca, 476

**Wattiaux, M. 2003.** Crianza de terneras y novillas: Factores que afectan el tamaño y la productividad del hato lechero de reemplazo USA. Instituto Babcock (en línea). Consultado 11 Enero de 2018. Disponible en: [http://babcock.cals.wisc.edu/downloads/de\\_html/ch26.lasso?locale=es](http://babcock.cals.wisc.edu/downloads/de_html/ch26.lasso?locale=es)

## 8. ANEXOS

### A1. Determinación Humedad Total (H.T.)

#### Introducción:

Esta técnica elimina el agua fuertemente enlazada a la muestra, y sirve el valor para reportar los datos del análisis en base seca.

#### Fundamento del método:

La cantidad de agua se elimina por calentamiento de la muestra en una estufa de vacío a temperatura de 105°C durante cinco horas y presión de 100 mm de Hg

#### Equipo:

- Estufa de vacío
- Balanza analítica
- Desecador de gabinete con desecante

#### Materiales:

- Caja de aluminio para humedad
- Pinza tipo tijera de acero inoxidable
- Termómetro graduado 0 – 150°C.

#### Procedimiento:

- Calentar a 105°C en una estufa corriente la caja de aluminio durante un período de 2 horas. Enfriar en desecador 30 minutos, pesar en balanza analítica (anotar el peso).
- En la misma caja pesar  $\pm$  dos gramos de muestra previamente homogeneizada (anotar el peso).
- Colocar destapada la caja de aluminio más muestra en la estufa de vacío, previamente calentada, a 105°C, durante 5 horas. Ajustar bien la presión del vacío.
- Retirar la caja de la estufa, tapar y poner en desecador para que enfríe durante 30 minutos (anotar el peso).

#### Cálculos:

- a) Peso de caja + muestra antes de secar – Peso de caja vacía = Peso de muestra
- b) Peso de caja más muestra antes de secar – Peso de caja más muestra después de secar = Pérdida de peso

#### Fórmula para calcular % de humedad total

$$\% \text{ de humedad total} = \frac{\text{Pérdida de peso g.} \times 100}{\text{Peso de muestra g.}}$$

### A2. Determinación de Cenizas (Cz)

En las cenizas aparecen todos los minerales menos yodo y selenio porque se volatilizan.

**Definición:** Es el residuo inorgánico de una muestra después de su combustión en horno de mufla a una temperatura de 550°C.

#### Fundamento del método:

Incineración o calcinación de la muestra en un horno de mufla a temperatura de 550°C por un período de dos horas, para quemar todo el material orgánico quedando solo el inorgánico llamado CENIZA que no se destruye a esta temperatura.

**Equipo:**

- Balanza Analítica
- Horno de mufla
- Desecador de gabinete

**Reactivos:**

- Silica gel para el desecador o perclorato de magnesio

**Materiales:**

- Crisoles de porcelana de 50 ó 100 ml.
- Pinzas de metal para crisol
- Brochas para limpiar balanza analítica
- Espátula de acero inoxidable.

**Procedimiento:**

- Colocar el crisol limpio bien identificado en la mufla, calentar a 550°C 1 hora.
- Sacar el crisol del horno, colocar en un desecador y enfriar durante 30 minutos.
- Pesar el crisol vacío, anotar el peso.

**Nota:** En todos estos pasos del análisis tener la precaución de usar pinzas de metal para manejar los crisoles.

- Pesar aproximadamente dos gramos de muestra directamente en el crisol de porcelana.
- Colocar el crisol en el horno de mufla y mantener a temperatura de 550°C durante dos horas; controlar tiempo y temperatura.
- Retirar el crisol del horno de mufla, colocar en el desecador durante 30 minutos y pesar (anotar este peso).
- Guardar la muestra de ceniza para la solubilización y determinación de minerales.

**Cálculos:**

a)  $\text{Peso de muestra g.} = \text{Peso de crisol más muestra} - \text{Peso de crisol vacío}$

a)  $\text{Peso de la ceniza g.} = (\text{P de crisol más muestra} - (\text{Peso de crisol vacío})$   
después de incinerado)

$\text{Porcentaje de ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza g.} \times 100}{\text{Peso de muestra g.}}$
---

**A3. Método De MiCro - Kjeldahl**

**Fundamento:**

1. Destrucción de la materia orgánica por acción del ácido sulfúrico concentrado y caliente. Este actúa sobre la materia orgánica deshidratándola y carbonizándola. El carbón es oxidado y el nitrógeno reducido a amoníaco en presencia de reactivos específicos que actúan como catalizadores.

El amoníaco desprendido queda fijado en el ácido sulfúrico como sulfato de amonio, que permanece en las condiciones de trabajo.

2. Liberación del amoníaco liberado, recogiénolo en un volumen conocido de ácido bórico formándose borato de amonio.

3. El borato de amonio se titula con ácido clorhídrico empleando como indicador una mezcla de verde de bromocresol y rojo de metilo.

### **Equipo:**

- Micro kjeldahl de digestión y destilación. (Marca FOSS y VELP)

### **Material:**

- Tubos Tecator para proteína kjeldahl de 250 ml
- MicroBureta de 10 ml y 25 ml
- Soporte para bureta completa
- Papel filtro o caja de aluminio para pesar la muestra.
- Erlenmeyer de 250 ml

### **Reactivos:**

- Ácido sulfúrico concentrado, libre de nitrógeno densidad 1.84
- Sulfato de potasio (pulverizado) + sulfato de cobre (7 gr + 0.8) mezcla y se conoce como mezcla de catalizador.
- Solución de ácido clorhídrico 0.1 N ó 0.025N.
- Solución de ácido bórico al 4% + solución de indicadores de verde de bromocresol y rojo de metilo en metanol o alcohol etílico.
- Solución de hidróxido de sodio al 40%.
- Alcohol etílico al 95%

### **Procedimiento:**

#### **A) digestión:**

1. Pesar en papel filtro más o menos 0.1 a 0.2 g de muestra y colocarla en un tubo tecator kjeldahl de 250 ml, si la muestra es líquida medir con pipeta volumétrica 1 a 5 ml (dependiendo del tipo de muestra).
2. Agregar al tubo, que contiene la muestra pesada y medida exactamente:
  - 6.0 ml de ácido sulfúrico.
  - 3 g de La mezcla de catalizador (7 g sulfato de potasio y 0.8 g sulfato de cobre, libre de selenio).
3. Agitar durante 1 minutos ésta mezcla y colocar los 6 tubos al mismo tiempo en el aparato de digestión Kjeldhal, al mismo tiempo conectar el sistema de extracción de vapores y condensación de gases. Mover constantemente (por medio de rotación) los tubos y esperar hasta que la solución esté de color azul o verde (según mezcla de catalizador o pastilla kjeltab utilizada).

#### **B) Destilación:**



4. Enfriar los tubos, y después de enfriados agréguele agua destilada más o menos 80 ml, esperar que enfríen nuevamente. (si el equipo de destilación que se utiliza es el modelo VELP, el agua la agrega automáticamente).
5. Agregar 60 mililitros de solución de hidróxido de sodio al 40%. (esta solución la agrega el equipo de destilación automáticamente).
6. En un erlenmeyer de 250 ml colocar 25 ml de la solución de ácido bórico al 4% más mezcla de indicadores (verde de bromocresol y rojo de metilo en etanol al 95%) y colocarlo en el aparato de destilación (solución de color rojo).
7. Recibir el destilado en el erlenmeyer de 250 ml, el que debe estar en el aparato después de 5 minutos de trabajo del mismo (hasta que para su función) que se verá un cambio del indicador de rojo a verde. Deje enfriar el destilado por 20 a 30 min.

### **C) Titulación:**

8. Después de destilar, dejar enfriar lo destilado, y luego titular con solución de ácido clorhídrico 0.1 N ó ácido sulfúrico 0.025 N hasta cambio de color del indicador que va de verde a rojo (según mezcla de indicadores).

### **Cálculos:**

El porcentaje de nitrógeno total se calcula aplicando la siguiente formula:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{ml HC1 muestra} - \text{ml HC1 testigo}) * N * 0.014 * 100}{\text{peso de muestra}}$$

0.014 = Miliequivalentes del Nitrògeno (14 Peso formula del N/1000)

$$\% \text{ de proteína cruda} = \% \text{ Nitrógeno} \times 6.25$$

Este factor de 6.25 se aplica a la mayoría de proteínas animales y vegetales ya que se asume que en su composición poseen entre 16% a 19% de N, cuando se trate de otro tipo de muestra, se debe buscar el factor correspondiente.

$$\% \text{ proteína en base seca} = \frac{\text{Porcentaje de proteína} \times 100}{\text{Porcentaje de materia seca.}}$$

### **A4. Determinación de Fibra Cruda (Fc)**

#### **CÁLCULOS:**

$$\% \text{ F.C.} = \frac{\text{pérdida de peso después de calcinada a } 600^{\circ}\text{C} \times 100}{\text{peso de muestra usada en la determinación de E.E}}$$

### **A5. Determinación de Fibra Neutro Detergente (FND).**

#### **Introducción:**

La muestra se hierve en una solución detergente neutra, la cual es capaz de solubilizar el contenido celular y la pectina. Dejando solo un residuo que es la pared celular que se refiere a celulosa, hemicelulosa y lignina (Maynard, 1981).

**Materiales y equipo:**

- Beakers de berzeliuz de 600 ml.
- Crisoles de Gooch.
- Matraz kitazato
- Sistema de digestión para análisis de fibra.
- Estufa a 100°C.
- Mufla a 500°C.

**Reactivos:**

- Lauril sulfato de sodio 30 g/L
- EDTA 18.61 g/L
- Fosfato de ácido disódico 4.56 g/L
- Borato de sodio 6.81 g/L
- Etilenglicol monometil éter 10.0 ml/L

**Preparación de reactivos:** poner el EDTA y el borato de sodio en un beaker de 1000 ml, luego añádale un poco de agua destilada y calentar hasta disolver el contenido (solución 1). En otro beaker de 600 u 800 ml haga una solución que contenga el lauril sulfato de sodio y el etilenglicol monometil éter (solución 2) y se adiciona a la primera solución antes mencionada y se mezcla (solución 2 en 1).

En otro vaso de precipitado o beaker de 1000 ml poner el fosfato ácido desódico en un poco de agua destilada y calentar hasta disolverlo, esta mezcla se adiciona a las dos soluciones mezcladas anteriormente y luego se afora a un litro

NOTA: es preciso revisar el pH de esta solución, el cual debe oscilar entre 6.9 y 7.1

**Procedimiento:**

- Pese de 0.5 a 1 g de Mx seca y molido y se coloca en el beaker de Berzeliuz
- Luego se le añaden 100 ml de la solución FDN por las paredes.
- Se coloca el beaker en el aparato de digestión de fibra y se calienta hasta que empiece a hervir, luego se reduce la T° para evitar la formación de espuma y luego se mantiene a esta temperatura baja pero siempre con indicios de hervir por una hora.
- Después de transcurrido 1 hora de digestión, se filtra el contenido del beaker en un crisol de gooch previamente pesado, luego se le adiciona abundante agua destilada hirviendo varias veces hasta reducir la formación de espuma o grumo durante el filtrado al vacío.
- Lavar con acetona o alcohol (pequeñas porciones).
- Se pone a secar luego el crisol en estufa a 100 °C durante 8 a 16 horas (toda la noche).
- Seque en desecador y pese el crisol de gooch.

**Cálculos:**

$$\%FDN = \left[ \frac{\text{peso de crisol después de digerir} - \text{peso de crisol vacío}}{\text{Peso de muestra}} * 100 \right]$$

**A6. Determinación de fibra ácido detergente (FAD)**

**Introducción:**

La muestra se pone a digerir en una solución ácido detergente en donde se hidrolizan los contenidos de celulosa que se encuentran libres y aquellas que están combinadas con la lignina, dejando la celulosa y la lignina como fibra detergente ácido (FAD).

**Materiales Y Equipo:**

- Beakers de berzelius de 600 ml.
- Crisoles de Gooch.
- Matraz kitazato
- Sistema de digestión para análisis de fibra.
- Estufa a 100°C.
- Mufla a 500°C.

**Reactivos:**

- Ácido sulfúrico 1N = 27.8 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concen./L
- Bromuro de cetil trimetil amonio (CTAB). = 20 g/L
- Acetona.

**Preparación de reactivos:** Diluya los 27.8 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado en un balón con un poco de agua destilada y lleve a 1 L. (esta es su solución 1 N). Luego disuelva los 20 g de CTAB en el litro de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N.

**Procedimiento:**

- Pese de 0.5 g a 1.0 g de Mx seca y molida y colóquela en el beaker de berzelius.
- Añada 100 ml de la solución FAD al beaker que contiene la muestra y caliéntela en el digestor hasta que hierva y luego bajele la T° para evitar espuma y manténgalo hirviendo por 1 h.
- Filtre la muestra digerida en un crisol de gooch previamente pesado con agua destilada hirviendo, hasta deshacerse de la espuma o grumos.
- Lave con alcohol o acetona para fijar y se coloca en estufa el crisol a 100°C por 8 a 16 horas (toda la noche).
- Enfríe y pese.

**Cálculos:**

$$\%FAD = \left[ \frac{\text{peso de crisol después de digerir} - \text{peso de crisol vacío}}{\text{Peso de muestra}} \right] * 100$$



**Figura A1 . Descarga de King Grass. Para su posterior mezcla y distribución.**



**Figura A2. Recolección de rechazo para su posterior pesaje.**



**Figura A3. Recipiente izq. Mezcla de: concentrado + King Grass + heno de Vigna recipiente der. Mezcla de: concentrado + King Grass + heno Pangola**



**Figura A4. Recipientes con muestras de heces, previo a su pesaje.**



**Figura A5. Limpieza de comederos y bebederos.**



**Figura A6. Heno de Vigna y Pangola picado.**



**Figura A7. muestras de: Ración Total Mezclada de todos los tratamientos.**



**Figura A8. Uso de estufa para desecación de muestras.**



**Figura A93. Muestras de orina previa a su análisis de N.**



**Figura A10. Medición de Ph en orina a la cual se añadió HCL para reducir su pH**

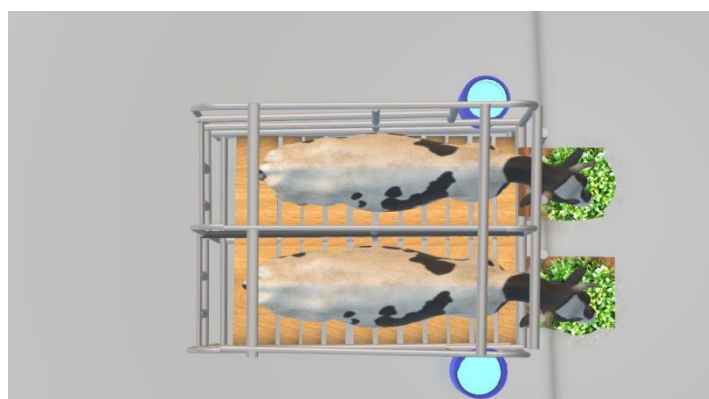




**Figura A11. Método de Micro Khejndal. Para análisis de Nitrógeno.**



**Figura A12. Vista Lateral de un módulo de dos jaulas**



**Figura A13. Vista dorsal de un módulo de dos jaulas**



**Figura A14. Vista anterior de un módulo de dos jaulas**

## Cuadro A1. Digestibilidad Aparente de Materia Seca

The SAS System 10:25 Monday, February 18, 2019 37

The GLM Procedure

Dependent Variable: var1

NAME OF FORMER VARIABLE=DMApD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	151.7250000	50.5750000	5.52	0.0042
Error	28	256.3550000	9.1555357		
Corrected Total	31	408.0800000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	var1 Mean
0.371802	4.612518	3.025812	65.60000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Forage	1	128.0000000	128.0000000	13.98	0.0008
RUP	1	1.2800000	1.2800000	0.14	0.7113
Forage*RUP	1	22.4450000	22.4450000	2.45	0.1286

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Forage	1	128.0000000	128.0000000	13.98	0.0008
RUP	1	1.2800000	1.2800000	0.14	0.7113
Forage*RUP	1	22.4450000	22.4450000	2.45	0.1286

## Cuadro A2. Consumo de MS

The SAS System 10:25 Monday, February 18, 2019 42

The GLM Procedure

Dependent Variable: var1

NAME OF FORMER VARIABLE=DMIKg

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	1.55875937	0.51958646	12.29	<.0001
Error	28	1.18416250	0.04229152		
Corrected Total	31	2.74292187			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	var1 Mean
0.568284	2.873573	0.205649	7.156563

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Forage	1	1.50077813	1.50077813	35.49	<.0001
RUP	1	0.01665312	0.01665312	0.39	0.5354
Forage*RUP	1	0.04132812	0.04132812	0.98	0.3314

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Forage	1	1.50077813	1.50077813	35.49	<.0001
RUP	1	0.01665313	0.01665313	0.39	0.5354
Forage*RUP	1	0.04132812	0.04132812	0.98	0.3314

### Cuadro A3. Digestibilidad Aparente FAD

The GLM Procedure

Dependent Variable: var1

NAME OF FORMER VARIABLE=FADApD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	296.8637500	98.9545833	4.46	0.0111
Error	28	621.2250000	22.1866071		
Corrected Total	31	918.0887500			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	var1 Mean
0.323350	9.011630	4.710266	52.26875

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Forage	1	252.0012500	252.0012500	11.36	0.0022
RUP	1	31.6012500	31.6012500	1.42	0.2427
Forage*RUP	1	13.2612500	13.2612500	0.60	0.4459

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Forage	1	252.0012500	252.0012500	11.36	0.0022
RUP	1	31.6012500	31.6012500	1.42	0.2427
Forage*RUP	1	13.2612500	13.2612500	0.60	0.4459

### Cuadro A4. Consumo de Nitrógeno

The SAS System

10:25 Monday, February 18, 2019 137

The GLM Procedure

Dependent Variable: var1

NAME OF FORMER VARIABLE=Nlgd

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	626.2535375	208.7511792	23.60	<.0001
Error	28	247.6212500	8.8436161		
Corrected Total	31	873.8747875			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	var1 Mean
0.716640	2.012118	2.973822	147.7956

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Forage	1	609.5286125	609.5286125	68.92	<.0001
RUP	1	15.4846125	15.4846125	1.75	0.1965
Forage*RUP	1	1.2403125	1.2403125	0.14	0.7109

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Forage	1	609.5286125	609.5286125	68.92	<.0001
RUP	1	15.4846125	15.4846125	1.75	0.1965
Forage*RUP	1	1.2403125	1.2403125	0.14	0.7109

## Cuadro A5. Costo de alimento

The SAS System

10:25 Monday, February 18, 2019 97

The GLM Procedure

Dependent Variable: var1

NAME OF FORMER VARIABLE=Feedcostd

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	1.11560938	0.37186979	92.28	<.0001
Error	28	0.11283750	0.00402991		
Corrected Total	31	1.22844687			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	var1 Mean
0.908146	2.817881	0.063482	2.252813

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Forage	1	0.00070313	0.00070313	0.17	0.6793
RUP	1	1.11377813	1.11377813	276.38	<.0001
Forage*RUP	1	0.00112812	0.00112812	0.28	0.6009

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Forage	1	0.00070312	0.00070312	0.17	0.6793
RUP	1	1.11377813	1.11377813	276.38	<.0001
Forage*RUP	1	0.00112812	0.00112812	0.28	0.6009

## Cuadro 10A6. Ganancia de peso diaria

The SAS System

10:25 Monday, February 18, 2019 7

The GLM Procedure

Dependent Variable: var1

NAME OF FORMER VARIABLE=ADGDMlgrkg

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	1304.285738	434.761913	2.12	0.1205
Error	28	5749.226250	205.329509		
Corrected Total	31	7053.511988			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	var1 Mean
0.184913	12.02332	14.32932	119.1794

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Forage	1	282.1500125	282.1500125	1.37	0.2510
RUP	1	787.4496125	787.4496125	3.84	0.0602
Forage*RUP	1	234.6861125	234.6861125	1.14	0.2942

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Forage	1	282.1500125	282.1500125	1.37	0.2510
RUP	1	787.4496125	787.4496125	3.84	0.0602
Forage*RUP	1	234.6861125	234.6861125	1.14	0.2942