



Artículo científico

DOI:10.5281/zenodo.10694794

Evaluación del efecto de heno de Vigna (*Vigna sinensis* L.) y dos niveles de proteína no degradable en el rumen en la alimentación de novillas Holstein en desarrollo sobre el consumo, crecimiento y eficiencia de nutrientes

Evaluation of the effect of Vigna hay (*Vigna sinensis* L.) and two levels of non-degradable protein in the rumen in the feeding of developing Holstein heifers on consumption, growth and nutrient efficiency

Moreno-Minero, C.A.¹, Martínez-Mejía, A.M.¹, Alvarado, M.E.¹, Rodríguez-Melara, J.A.¹, Mendoza, M.V., López, F.², Corea-Guillén, E.E.¹

Correspondencia:

losmilagrosexisten2011@hotmail.com
carlos07_amm@hotmail.com
andremmejia@hotmail.com
jorge.rodriguezvet@gmail.com
elmercorea@hotmail.com
manuel.mendoza@ues.edu.sv

Presentado:

12 de febrero de 2021

Aceptado:

1 de abril de 2021

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia.

2 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Química Agrícola.

RESUMEN

La investigación se desarrolló de febrero a julio 2018 y consistió en evaluar el crecimiento, consumo y digestibilidad de nutrientes en 32 novillas Holstein en desarrollo con 6.5 meses de nacidas y 168 kg de peso vivo. El estudio se realizó en el departamento de Sonsonate, El Salvador. 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 examinaron con un modelo general lineal y un arreglo factorial de 2 x 2 con 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 orina 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 kilogramo de peso ganado. Las 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 kilogramo 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.

ABSTRACT

The research was conducted from February to July 2018 and consisted of evaluation of growth, feed intake and nutrient digestibility in 32 developing Holstein heifers at 6.5 months after birth and 168 kg live weight. The study took place in the department of Sonsonate, El Salvador. Four treatments were used utilizing two different forage sources: Vigna (*Vigna sinensis*) or Pangola (*Digitaria decumbens*) at 25% dry matter (DM) and two levels of rumen undegradable protein (RUP): 26% and 36% crude protein (CP), respectively. The diets contained 35% King Grass (*Pennisetum purpureum*). The trial lasted 10 weeks. Dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), ash, nitrogen and creatinine were determined. Data were analyzed by a general linear model and a 2 x 2 factorial arrangement with SAS 9.4 (<0.05). The main results were that the inclusion of Vigna hay increased DM (6.94 to 7.37kg), organic matter (OM) (6.18 to 6.54kg), CP (896 to 951g) and NDF (1.72 to 1.84kg). At the level of total apparent digestibility, there were increases in DM (63.6 to 67.6 %), OM (66.5 to 70.2 %), NDF (55.9 to 59.7 %) and FAD (49.5 to 55.1 %). At the level of excretion, there was an increase in urine and a decrease of fecal excretion. Regarding performance, efficiency and cost, there was a positive effect of the use of Vigna on daily weight gain and on feed cost per kilogram of weight gained. The main conclusions were that the inclusion of Vigna hay in the diet improved daily weight gain and decreased feed cost per kilogram of daily weight gain. In addition, substitution of Pangola Grass for Vigna in the diet increased nutrient intake and digestibility, as well as improved efficiency and performance in developing Holstein heifers.

Key words: Vigna, Holstein heifers, RUP, Pangola, consumption, efficiency, growth.

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 USD \$18,499,122, mientras que las importaciones alcanzaron cifras de USD \$223,673,312 (MAG 2018). Esto indica que hay una gran demanda no cubierta por la producción local, por tanto, es necesario incrementar la productividad por medio de estrategias que permitan optimizar la alimentación para propiciar mayor crecimiento y producción láctea, siendo necesario explorar fuentes alternas de proteínas disponibles localmente y a bajo costo, por ejemplo: las leguminosas (Arteta y Zamora 2005), cómo vigna (*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).

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 (2001)

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 de proteína cruda: 1 Mcal ME/Kg aumentó las tasas de crecimiento y mejoró la eficiencia alimenticia (Lammers 1998).

Además de la adición de leguminosas, la calidad de la proteína juega un papel importante en el desempeño del ganado lechero. Un estudio realizado en Brasil por Silva *et al.* (2018a) reportó que 51% de proteína no degradable en el rumen (en relación a la proteína total de la dieta) parece ser adecuada en la dieta de las vaquillas en crecimiento, ya que optimiza la retención de nitrógeno y el rendimiento en el crecimiento en comparación con 30, 44 y 58%.

En un estudio previo se mostró 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). En vacas Holstein de baja producción con condiciones deficientes, aumentaron las cuatro variables en estudio antes mencionadas y

obtuvieron los mejores resultados los animales que incluían vigna en su alimentación (Castro Montoya *et al.* 2017). No obstante, en novillas en desarrollo no hay información disponible al respecto, a pesar de que la crianza 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). Debido a esto es importante evaluar también la respuesta biológica de las novillas con respecto a la alimentación con heno de vigna y su impacto sobre el crecimiento 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.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 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, El Salvador, con una latitud: 13°43'08" N, longitud: 89°43'27" O, a una altitud sobre el nivel del mar de 235 m. La fase de laboratorio se ejecutó en el Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. 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 ± 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, peso y 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 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.

Metodología de campo.

Distribución de tratamientos

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

Los forrajes utilizados fueron heno de pangola (*Digitaria decumbens*) y heno de vigna (*Vigna sinensis*) en una proporción al 25 % en la MS y zacate King Grass (*Pennisetum purpureum*) 35 % en la MS, todos cortados a un tamaño de dos centímetros.

Los concentrados se formularon con 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) o 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).

La dieta fue balanceada según los requerimientos nutricionales del NRC (2001), para terneras de 160 kg con una ganancia diaria de 800 g/d, para ser isoenergéticas e isoprotéicas, con una relación de forraje a concentración de 60:40 (**Cuadro 1**).

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

Muestreo y toma de datos

Se registró el alimento ofrecido y rechazado por cada ternera, este se pesaba dos veces en la semana durante las primeras siete semanas y diariamente durante los últimos siete días de la investigación, para ello se usó una balanza electrónica (Defender 3000 Series D31P150BL, Ohaus, Shanghai, China). El consumo de alimento se determinó pesando lo ofrecido y restando lo rechazado diariamente durante la semana de muestreo.

Cuadro 1. Descripción de las dietas experimentales

	Tratamientos			
	<i>Heno Pangola</i>		<i>Heno Vigna</i>	
	26% PNR	36% PNR	26% PNR	36% PNR
Ingredientes, %				
Materia seca				
Soya	7.43	9.9	2.7	5.16
Afrecho de trigo	8.25	8.25	8.25	8.25
Melaza	6.7	6.7	6.7	6.7
Maíz	13.9	9.62	20.0	15.8
Mineral	0.67	0.67	0.67	0.67
Carbonato de calcio	0.44	0.44	0.44	0.44
Cloruro de sodio	0.44	0.44	0.44	0.44
Grasa sobrepasante	14.3	14.3	-	-
Urea	0.75	-	0.75	-
Harina de pescado	-	2.58	-	2.58
King grass	35	35	35	35
Heno Vigna	-	-	25	25
Heno Pangola	25	25	-	-
Composición nutricional *				
Materia Seca, g/kg	37.1	37.9	37.7	36.9
PC, % MS	12.6	12.6	12.7	12.9
Fibra Neutro Deterg, % MS	51.6	52.0	48.0	49.5
Fibra Acido Deterg, % MS	24.0	23.6	24.7	24.6
Energía Metabolizable Mj/kg	9.9	9.9	10.2	10.2
PNR % PC	28.1	35.9	28.0	36.0

*según análisis de laboratorio.

Materia seca (MS), proteína cruda (PC), proteína no degradable en el rumen (PNR).

En la última semana de la investigación, se recolectaron diariamente 200 gramos de muestras fecales directamente desde el recto de cada ternera y se congeló a -20°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.

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, las cuales se congelaron a -20°C hasta su análisis.

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

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

El análisis del alimento incluyó una muestra de 600

gr 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.

Metodología de laboratorio

Análisis de laboratorio

Las muestras de heces y orina fueron descongeladas en el laboratorio y se combinaron en cantidades iguales por cada día de muestreo para ser utilizados en los análisis.

Las muestras de alimento y heces se secaron en una estufa de aire circulante (100-800, Memmert GmbH and Co. KG, Schwabach, Alemania) a 60°C por 48 horas y fueron molidas a un tamaño de partícula de uno mm en un molino de martillo Wiley (Arthur H. Thomas Company, Philadelphia, PA).

El nitrógeno (N) se analizó en alimento seco (rechazos) y en las heces recién descongeladas para estimar la proteína cruda por el método de Kjeldahl, multiplicando la concentración de N por 6.25. El procedimiento se realizó en un equipo de digestión DK y destilación UDK 129 (VELP Scientifica, Italia).

En alimentos, rechazos y heces se determinó fibra neutro detergente (FND, usando amilasa) y fibra ácido detergente (FAD) siguiendo el procedimiento descrito por Van Soest *et al.* (1994) a través de 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 h (AOAC 1990).

En las muestras de orina se determinó nitrógeno por método Kjeldahl y también creatinina y ácido úrico por espectrofotometría.

Metodología estadística

Análisis estadístico.

Se utilizó el software SAS 9.4 (SAS institute Inc. Cary, NC, EE. UU.). Los datos se analizaron en un modelo

general lineal en un arreglo factorial dos x dos con cuatro tratamientos y ocho repeticiones y se usó el siguiente modelo matemático:

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

Donde Y_{ijk} = variable dependiente, μ = 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 diferencias se consideraron significativas a una probabilidad de $P < 0.05$, mientras que una tendencia se declaró en $P \geq 0.05$ a < 0.10 .

Parámetros calculados:

Consumo de alimento (kg MS/d, % de peso vivo); ingesta y excreción fecal de MS, MO, FND, FAD y N (kg/d); digestibilidad aparente total de MS, Cz, FND, FAD y N (%); balance de nitrógeno: N en orina (g/d), N en heces (g/d), N retenido (g/d); ganancia diaria de peso vivo (g/d); eficiencia de conversión (consumo de MS, MO/ganancia de peso).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Consumo

La sustitución de heno de pangola por heno de vigna en las dietas de las novillas incrementó 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 aumentó el consumo de MS en proporción del peso vivo (3.15 a 3.31 g/kg PV) (Cuadro 2). Sin embargo, no afectó el consumo de FND (3.58 kg para Pangola y 3.55 kg para Vigna).

El consumo de FND fue 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, permitió a las novillas consumir más MS, MO y PC.

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 que consumieron 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.

No se observaron efectos significativos de la PNR ni de la interacción Forraje * PNR sobre el consumo de nutrientes.

Cuadro 2. 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 PNR/kg; PNR 360= 360 gr PNR/kg PC

MS= Materia seca, PV= Peso Vivo; MO: Materia Orgánica; PC: Proteína Cruda; FND: Fibra Neutra Detergente; FAD: Fibra Ácido Detergente; EEM= Error Estándar de la Media.

Digestibilidad

Se encontró un efecto significativo ($p=0.01$) del forraje sobre la digestibilidad total aparente de los nutrientes (Cuadro 3), 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).

No se observa un cambio de 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 observan interacciones de los efectos estudiados sobre la digestibilidad de nutrientes.

La digestibilidad aparente total del tracto de MS, MO, FND y FAD presentan un aumento significativo cuando se sustituye heno de Pangola por heno de vigna en la dieta de las novillas. Se reportó que la

digestibilidad de vacas lecheras aumenta 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.* 2017).

Excreción

En el Cuadro 4 puede observarse una leve tendencia de disminución en la cantidad de heces excretadas en los tratamientos que contenían vigna en comparación con los que contenían heno de Pangola, esto debido a una mayor digestibilidad del heno de Vigna en la dieta.

Se observó un aumento significativo en la cantidad de litros diarios de orina y el consumo de nitrógeno que tienden a ser mayores cuando se sustituye heno de pangola con heno de vigna, probablemente debido a que la vigna aumentó el consumo de nitrógeno.

Un estudio de (Corea *et al.* 2017), demostró que la

Cuadro 3. 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.

	Heno Pangola		Heno Vigna		EEM	P. Valor		
	PNR 280	PNR 360	PNR 280	PNR 360		Forraje	PNR	Forraje*PNR
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.

excreción de heces, disminuyó significativamente en las dietas que 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.

En el presente estudio, no hubo efectos de los factores en estudio sobre el balance de nitrógeno en las novillas ni en cantidades por día ni en porcentaje del nitrógeno consumido.

Además, el Cuadro 4 muestra un efecto significativo del forraje sobre el consumo de nitrógeno, es decir, que al incluir heno de vigna en la dieta incrementa el consumo de nitrógeno, lo cual se relaciona con el mayor consumo de materia seca.

Una investigación realizada por Silva *et al.* 2018b, reportó que al incrementar las cantidades PNR en la dieta disminuyó la excreción urinaria de N, como también fue descrito por (Batista *et al.* 2016), sin embargo, las diferencias de concentraciones de PNR entre tratamientos del presente estudio fueron menores (10%) y esto pudo impedir la observación de diferencias en el balance de N.

Las diferencias en excreciones de nitrógeno pueden deberse 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 de N (Archibeque 2007; Hristov *et al.* 2013). Al confrontarlo con el estudio en curso puede afirmarse que la inclusión de vigna cambió el consumo, pero no el balance (partición en heces, orina y retenido) de nitrógeno.

Desempeño, eficiencia y costo.

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 5) 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 observó una tendencia a incrementar la GPD y un efecto significativo sobre la eficiencia de conversión de la MO con mayor concentración de PNR en la dieta. Sin embargo, esto aumenta el costo de la ración diaria y tiende a aumentar el costo por kg de peso vivo ganado. Las novillas que se alimentan con heno de vigna y 360 g de PNR/kg de PC, muestran una ganancia de peso diaria superior (111 g/d) con respecto a las novillas que se alimentan con heno de vigna y 260 g de PNR/kg de PC lo cual indica que las dietas con vigna son deficientes en PNR y su adición optimiza la inclusión de vigna en la dieta.

La meta de peso vivo de una novilla a los seis meses de edad es de 160-170 kg (29-30% del peso adulto) (Lanuzza 2006) indica que para dicho período se

Cuadro 4. Excreción de heces, orina y nitrógeno en novillas en desarrollo que consumen dos niveles de proteína sobrepasante y dos tipos de heno.

	Heno Pangola		Heno Vigna		SEM	P. Valor		
	PNR 280	PNR 360	PNR 280	PNR 360		Forraje	PNR	F*PNR
Heces MS Kg/d	2.58	2.48	2.35	2.43	0.09	0.12	0.82	0.16
Orina L/d	16.73	15.19	21.05	21.29	0.07	<0.01	0.67	0.57
Consumo de N g/d	142.54	144.32	151.6	152.66	5.11	<0.01	0.20	0.71
N en heces g/d	42.78	42.1	43.7	44.73	1.14	0.33	0.92	0.64
N en orina g/d	74.83	73.94	79.89	77.91	2.76	0.27	0.72	0.90
N retenido g/d	24.92	28.29	28.07	30.02	2.12	0.54	0.50	0.86
N heces g/100g NC	30.02	29.18	28.79	29.30	1.86	0.33	0.92	0.64
N orina g/100g NC	52.47	51.17	52.64	51.02	4.04	0.26	0.72	0.90
N retenido g/100g NC	17.51	19.65	18.57	19.68	4.18	0.54	0.50	0.86

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

espera una ganancia de peso en las terneras que ronde entre los 0,65 y 0,75 kg/día, en el cuadro 5 se puede observar una ganancia de peso superior a la esperada, obteniendo 0.96 kg diarios con Vigna-PNR 360, esto sucedió en el tratamiento donde la alimentación incluía heno de Vigna y harina de pescado, con una mayor 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.

Se observó un incremento en el costo del alimento en las dietas con 36% de PNR debido al precio de la harina de pescado en la dieta por lo que se recomienda la búsqueda de otras alternativas de PNR a precios más accesibles que mejoren la rentabilidad en la alimentación.

Cuadro 5. 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	P. Valor		
	PNR 280	PNR 360	PNR 280	PNR 360		Forraje	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.

CONCLUSIONES

La adición de vigna en la dieta, aumenta el consumo de N, MS, MO y FAD, debido a su bajo nivel de FND, lo que provoca en el animal una mayor ingesta de nutrientes.

La digestibilidad de la vigna fue superior al 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.

La inclusión de heno de vigna a la dieta de novillas prepuberales, generó una mayor ganancia de peso que las novillas que en su dieta se incluía heno de Pangola.

El incremento de PNR de 26% a 36% por medio del uso de harina de pescado, puede mejorar la ganancia diaria de peso y la eficiencia en la conversión de la materia orgánica, sin embargo, eleva el costo de alimentación, por lo que se debe buscar alguna fuente alternativa de PNR a mejor costo.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Archibeque, S. 2007. The Influence of Oscillating Dietary Protein Concentrations on Finishing Cattle. II. Nutrient Retention and Ammonia Emissions, *Journal of Animal Science*. 85(6):1496-503

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

Batista, ED; Detmann, E; Titgemeyer, EC; Valadares Filho, SC; Valadares, RFD; Prates, LL; Rennó, LN; Paulino, MF. 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.

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, JM; EA Alas; JM Flores; R, Sosa; RA Garcia; EE, Corea, Guillen. 2017. Dairy cows fed on tropical legume forages: Effects on milk yield, nutrient efficiency and profitability. *Tropical animal health and production*. DOI <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1505-3>

Corea, EE; Aguilar, JM; Alas, NP; Alas, EA; Flores, JM and Broderick, GA. 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 EE; Aguilar JM; Alas NP; Alas EA; Flores JM; Broderick GA 2017. Effects of dietary cowpea (*Vigna sinensis*) hay and protein level on milk yield, milk composition, N efficiency and profitability of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol*. 226, 48-55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.02.002>

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

Hoffman, PC; and LM, 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, J; 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

Lammers, BP. 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. *J Dairy Sci* 1999 Aug;82(8):1753-64.

Lanuzza, 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.

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 (en línea) consultado el 27 de marzo de 2018. Disponible en: http://www.mag.gob.sv/download/anuario-de-estadisticas-agropecuarias-2017_2018/

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. (en línea) consultado el 10 de abril de 2018. Disponible en: <https://profsite.um.ac.ir/~kalidari/software/NRC/HELP/NRC%202001.pdf>

Silva, AL; Detmann, E; Rennó, LN; Pedroso, AM; Fontes, MMS; Morais, VC; Sguizzato, ALL; Abreu, MB; Rotta, PP; Marcondes, MI. 2018a. Effects of rumen undegradable protein on intake, digestibility and rumen kinetics and fermentation characteristics of dairy heifers. Anim. Feed Sci. Tech. 244: 1-10.

Silva, AL; Detmann, E; Dijkstra, J; Pedroso, AM; Silva, LHP; Machado, AF; Sousa FC; dos Santos, GB; Marcondes, MI. 2018b. Effects of rumen-undegradable protein on intake, performance and mammary gland development in prepuberal and puberal dairy heifers. J. Dairy Sci. 101: 5991-6001.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca, NY.