

**Evaluación de heno de pasto estrella
(*Cynodon nfluensis*) amoniado como
sustituto de fuente proteica en la formulación
de alimento concentrado para vacas de
producción media**

Porfirio José Lobo García

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Evaluación de heno de pasto estrella
(*Cynodon nfluensis*) amoniado como
sustituto de fuente proteica en la formulación
de alimento concentrado para vacas de
producción media**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en
el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Porfirio José Lobo García

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2016

Evaluación de heno de pasto estrella (*Cynodon nfluensis*) amoniado como sustituto de fuente proteica en la formulación de alimento concentrado para vacas de producción media

Porfirio José Lobo García

Resumen. El alimento concentrado en bovinos es usado como un suplemento para alcanzar los requerimientos alimenticios y nutricionales de estos u otras especies animales que están sometidos en un sistema de producción. La soya es la fuente de proteína más usada en la formulación de alimentos concentrados y también es el insumo más caro de la ración. El objetivo de estudio fue evaluar el proceso de amoniatación en heno de bajo valor nutricional y utilizarlo en un alimento concentrado como fuente de proteína y buscar reemplazar la cantidad de soya en la formulación para reducir costos. Se comparó el aporte nutricional de heno de pasto estrella (*Cynodon nfluensis*) y este mismo heno sometido al proceso de amoniatación. El heno amoniado se evaluó en el concentrado final en concentraciones de 0, 5, 10, 15 y 20% para determinar el tratamiento con mayor aporte de proteína cruda en la formulación. Según los resultados obtenidos todas las concentraciones alcanzaron el nivel de proteína necesario para llenar los requerimientos del animal. Se determinó que el tratamiento con una concentración de 20% de heno amoniado fue el que aportó un mayor porcentaje de proteína. A medida que el porcentaje de heno amoniado aumentaba en la formulación, la cantidad de harina de soya y harina de maíz disminuía al igual que el costo total debido al aporte de proteína cruda y de materia seca que aportó el heno amoniado. En concentraciones de 5 a 20% de heno amoniado se aportó el nivel requerido de proteína cruda para ser considerada una fuente de proteína en un alimento concentrado para lograr un desempeño satisfactorio en vacas de producción media de 15 L/día.

Palabras Clave: Amoniatación, Concentrados, Heno, Nutricion Animal, Proteína.

Abstract. Bovine animal feed is used as a supplement to fulfill their food and nutritional requirements especially those that are in an extensive production system. Soy bean is the main source of protein in any animal feed, but it is the most expensive ingredient. The objective of this study was to measure the process of ammoniation in low nutritional quality hay and use it in animal feed as source of protein and try to substitute soy bean in its formulation to reduce costs. The nutritional value of star grass (*Cynodon nfluensis*) hay and ammoniated star grass hay were compared. The ammoniated hay was later evaluated in the final animal feed in concentrations of 0, 5, 10, 15 and 20% where the treatment with more protein in the formulation was determined. The results obtained in this study showed that every concentration provided enough protein to fulfill the animal's requirements. It was determined that the treatment with a concentration of 20% ammoniated hay had better protein input. As the amount of ammoniated hay increased in the formulation, the amount of soy and corn flour decreased as well as total cost of the ration due to the new amount of protein and dry matter in ammoniated hay. In concentrations of 5 to 20% of ammoniated hay, the required amount of protein was provided enough to be considered a source of protein in animal feed to achieve a good performance in cows with a mean production of 15L/day.

Key Words: Ammoniation, Animal Feed, Animal Nutrition, Hay, Protein.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1 INTRODUCCION.....	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3 RESULTADOS Y DISCUSION.....	13
4 CONCLUSIONES.....	22
5 RECOMENDACIONES.....	23
6 LITERATURA CITADA.....	24
7 ANEXOS.....	27

INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Diseño experimental para evaluación de tratamientos de heno amoniado y heno no amoniado.	3
2. Diseño experimental de la fase II de concentración de heno amoniado en la ración final de concentrado para vacas de producción media de 15 L/día.	4
3. Pesos de materia prima de amoniación de heno de pasto estrella (<i>Cynodon nfluensis</i>).	5
4. Efecto de la amoniación al 6% de urea en pasto estrella (<i>Cynodon nfluensis</i>) en el contenido de materia seca (%), fibra neutro detergente (%FND), fibra acida detergente (%FAD).	15
5. Efecto de la amoniación al 6% de urea en pasto estrella (<i>Cynodon nfluensis</i>) en el contenido de energía (kcal/kg) y proteína cruda (%).	16
6. Formulaciones de tratamiento testigo y tratamientos de heno amoniado en concentrado para vacas de producción media de 15 L/día.	17
7. Análisis de humedad (%), cenizas (%) y grasa cruda (%) de las dietas de heno amoniado en concentrado para vacas de producción media de 15 L/día.	19
8. Análisis de fibra cruda (%), y proteína cruda (%) de las dietas de heno amoniado en concentrado para vacas de producción media de 15 L/día.	20
9. Comparación de porcentaje de proteína requerido y esperado en la formulación (%PC esperado) con el porcentaje real del concentrado (%PC real).	20
10. Aporte de proteína cruda de los diferentes ingredientes del alimento concentrado.	21
11. Costos variables (Lempiras/ kg) de las dietas de 0, 5, 10, 15 y 20% de heno amoniado para vacas de producción media de 15 L/día.	22
12. Datos económicos de dietas con heno amoniado para vacas de producción media de 15 L/día.	23

Figuras Página

1. Flujo de proceso de elaboración de concentrado con heno amoniado. ... 12
2. Análisis sensorial de los diferentes tratamientos usando como medida de preferencia el tiempo de consumo. 23

Anexos Página

1. Establecimiento del sitio y colocación de las pacas en la unidad de ganado lechero. 29
2. Pesado de materias primas. 30
3. Aplicación de la mezcla en las pacas de heno. 30
4. Sellado de las pacas..... 31
5. Muestras de la fase I..... 31

1. INTRODUCCION

Siendo los alimentos concentrados un suplemento para el buen desempeño y producción eficiente de bovinos, el conocimiento de su composición y posibles mejoras es importante en el área de producción de bovinos. Estos suplementos aportan nutrientes y minerales que los forrajes no aportan. La mayoría de los alimentos concentrados para bovinos en la actualidad no proveen una fuente viable de nitrógeno siendo este un elemento vital para el mantenimiento de la flora ruminal de estos animales produciendo así proteínas. La administración de este elemento en bovinos mejora el desempeño y aprovechamiento de los alimentos mejorando de esta manera la ganancia de peso y conversión alimenticia de los bovinos.

Para asegurar una fuente de nitrógeno para la producción de proteínas en la dieta de los bovinos y mejorar la digestibilidad y aprovechamiento de nutrientes, se implementó un proceso utilizado en la conservación de forrajes como lo es el amoniado. “El amoniado tiene la ventaja que se puede hacer con múltiples materiales, escogiendo los de mayor disponibilidad, estabilidad, seguridad y los de menor precio de compra y venta, manipulación, transporte y picado puesto en el comedero, dependiendo de la distancia entre los sitios de abastecimiento y suministro” (Mancilla SF). “El efecto de la amoniación es aumentar la digestibilidad del material y su contenido de nitrógeno como proteína cruda, puesto que después del tratamiento con urea, una parte de ésta se fija a carbohidratos estructurales” (Plasencia 2010).

“La flora microbiana del rumen necesita como mínimo 1% de nitrógeno en la dieta para que exista una digestión adecuada de la fibra” (Araque 2001). La amoniación de forrajes nos provee una fuente de nitrógeno a base de ureas necesarias para la alimentación de esta flora microbiana. “Este mismo amoniaco liberado en el rumen se combina con los cetoácidos para formar aminoácidos que se incorporan a la proteína microbiana que luego es degradada en el intestino delgado a aminoácidos libres que serán absorbidos por el animal” (Araque 2001). El rango de proteínas necesarias en un alimento concentrado para bovinos se encuentra entre el 18 a 24% de proteína cruda.

El mercado de concentrados en Latinoamérica está experimentando un lento crecimiento según Ruiz (2011), debido al alza en el precio de granos, el auge de la industria del biodiesel como también un aumento en la seguridad alimentaria de nuestro continente y el mundo. Debido a esto, la disponibilidad de estos granos disminuye y el precio del mismo aumenta. La soya es la mayor fuente de proteína en alimentos balanceados, y al mismo tiempo es el ingrediente más caro de la formulación. Su disponibilidad es baja y su precio promedia de L.600 a 650. Dando positiva la hipótesis de este estudio, se podrá reducir la proporción de soya en la formulación, compensando esa proteína, con la proteína del heno amoniado.

Las pacas de heno utilizadas en este estudio están compuestas de pasto estrella africano (*Cynodon nfluensis*). La calidad nutricional de este pasto vario por la etapa en la que fue cortado y la fertilización, agua y suelo en el cual fue establecido. Ya que el pasto de este heno fue cortado en su etapa de 18 días, su composición oscilará entre 31.3% de materia seca y 6.5% de proteína cruda. Esto cambiará al realizarse el proceso de amoniatación ya que se busca aumentar su proteína cruda y su digestibilidad.

La complementación de heno amoniataado a alimentos concentrados para bovinos, nos proveerá esa fuente de nitrógeno necesaria para el buen funcionamiento de la flora microbiana del rumen mejorando la conversión alimenticia y creando una fuente proteica. Aparte de aportarnos una fuente de nitrógeno, la amoniatación provee un incremento en la digestibilidad de esta fibra mejorando así el aprovechamiento de este alimento. Considerando el heno amoniataado un complemento en el alimento concentrado, se estaría aprovechando la suplementación de fibra y materia seca en la dieta del animal al mismo tiempo. Esta complementación proveerá un aumento de sabor para el alimento por parte de los animales.

En el estudio de Zaldívar (1997), se evaluó el aumento de productividad de vacas de doble propósito utilizando amoniatación de rastrojos, este estudio se llevó a cabo con paja de arroz amoniataado, se comprobaron las ventajas que da la amoniatación de forrajes. El contenido de proteína cruda de los residuos de cosecha y de los henos madurados de gramíneas es frecuentemente menor a un 6%. Un estudio de 36 ensayos mostró que el contenido de proteína cruda incrementó en 7.3% unidades de porcentaje por el tratamiento con amoniaco. El porcentaje de nitrógeno amoniacoal retenido y analizado como proteína cruda fue de 39% (Kunkle 1987). Este estudio afirma el aporte proteico que da la amoniatación en forrajes y que puede ser utilizado como sustituto de materias primas proteicas.

Actualmente las materias primas usadas como fuente de proteínas principalmente las leguminosas están en una baja oferta y una alta demanda por parte de las grandes empresas de alimentos para animales. Debido al alto precio de estas materias primas por su alta demanda, es necesario encontrar una segunda opción más económica y accesible que en este caso es la amoniatación de forrajes

En este estudio se establecieron los siguientes objetivos:

- Determinar la concentración adecuada de suplemento amoniataado para asegurar una fuente proteica en el alimento concentrado.
- Evaluar y comparar la concentración de proteínas en las diferentes formulaciones de suplemento amoniataado con el alimento concentrado.
- Determinar el costo directo de la mejor alternativa de utilización del suplemento.

2. MATERIALES Y METODOS

Localización. El presente estudio se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, en el valle de Yeguaré, municipio de San Antonio de Oriente, en el departamento de Francisco Morazán, Honduras. La escuela se encuentra a una elevación de 800 msnm, con precipitaciones anuales de 1023 mm, con una temperatura media anual de 23.3°C. En la unidad de ganado lechero para la amoniatación de las pacas de heno, la planta de concentrados para la elaboración de la ración y en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) para el análisis del heno amoniado y posteriormente de la ración.

Se determinó usar heno de pasto estrella (*Cynodon nfluensis*) debido a su alta disponibilidad, acceso y buen desempeño en el trópico. El heno fue obtenido de los pastizales de la unidad de ganado de carne de la escuela que fue cosechado en el año 2015. El amoniado del heno se llevó a cabo en la unidad de ganado lechero.

Diseño experimental. La primera parte de la investigación consistió en el análisis del heno amoniado y no amoniado que se observa en el cuadro 1. Para esta fase se realizó una prueba T para muestras independientes, con un arreglo factorial de 2×2 . En esta fase los factores son los dos tratamientos, heno amoniado (HA) y el heno no amoniado (H), con 2 repeticiones por tratamiento resultando 4 unidades experimentales.

Cuadro 1. Diseño experimental para evaluación de tratamientos de heno amoniado y heno no amoniado.

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2
Heno Amoniado	HA R1	HA R2
Heno No Amoniado	H R1	H R2

En el análisis estadístico de la fase II se desarrolló usando un Diseño Completamente al Azar (DCA) el cual se observa en el cuadro 2 y un análisis de varianza con una separación de medias Duncan. Se determinaron los cinco tratamientos de formulación del alimento concentrado que son el tratamiento control (HA-0) sin heno amoniado y cuatro diferentes concentraciones de heno amoniado de 5% (HA-5), 10% (HA-10), 15% (HA-15) y 20% (HA-20). Se utilizó un estudio con tres repeticiones resultando 15 unidades experimentales.

Cuadro 2. Diseño Experimental de la Fase II de concentración de heno amoniado en la ración final de concentrado para vacas de producción media de 15 L/día.

%Heno	Tratamientos		
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
0	HA-0 R1	HA-0 R2	HA-0 R3
5	HA-5 R1	HA-5 R2	HA-5 R3
10	HA-10 R1	HA-10 R2	HA-10 R3
15	HA-15 R1	HA-15 R2	HA-15 R3
20	HA-20 R1	HA-20 R2	HA-20 R3

Amoniación del heno. A diferencia de los otros henos comunes, el heno de este estudio fue expuesto al proceso de amoniación. Se recomienda hacer el amoniado bajo techo o bajo la sombra densa de árboles ya que existe el riesgo de que por el excesivo y continuo sobrecalentamiento del material amoniado húmedo no compactado, almacenado herméticamente y expuesto al sol directo, se produzca una sustancia tóxica llamada metilimidazole, que causa incoordinación motora e histeria en los rumiantes que consumen los materiales amoniados (Preston y Leng 1989). Se procedió a nivelar el sitio donde se determinó amoniatar el heno hasta lograr un lugar limpio, libre de rocas y totalmente nivelado. Se escogió un lugar plano bajo el recubrimiento y sombra de árboles.

Se escogieron aleatoriamente 30 pacas de heno ubicadas en el henil de la unidad de ganado lechero asignadas para la elaboración del estudio. Se colocó un nylon en la zona nivelada asignada para el amoniado. Cada paca de este estudio se pesó para estimar a exactitud la cantidad necesaria para un amoniado correcto. Se colocaron sobre el nylon tres grupos de diez pacas donde después se calculó la cantidad de urea, frijol molido y agua a aplicar. La cantidad de las materias primas de cada uno de los tres grupos esta ilustrada en el cuadro 3.

“En condiciones tropicales, un nivel de urea de 5%, a temperatura ambiente y el tiempo de reacción de 14 a 21 días y humedades de 40% son suficientes para lograr un buen tratamiento de pajas y otros residuos lignocelulosicos con la solución de urea” (Neher y Parra 1988). El total de urea que utilizamos fue de 6% del peso total de las pacas a amoniatar ya que en el estudio de Mendoza & Morales se concluyó que con un 6% de urea este heno aporta mayor disponibilidad de nutrientes. Se usó como fuente de ureasa el frijol molido en una proporción de 2% con la cantidad de urea requerida. La urea luego se diluyó en agua en una proporción 0.45 kg: 1 L. Se agregó el frijol molido a la urea diluida en agua, se mezcló hasta reducir las partículas de urea y luego se regó uniformemente con pailas por todo el material. Al terminar de agregar los ingredientes, se procedió a tapar herméticamente con tierra y piedras las orillas del nylon grueso para evitar la pérdida de amoniaco.

Cuadro 3. Pesos de materia prima de amoniación de heno de pasto estrella (*Cynodon nfluensis*).

Capa #	Peso			
	Heno (kg)	Urea (kg)	Frijol Molido (kg)	Agua (L)
1	157.04	9.41	0.188	21
2	160.52	9.63	0.192	21
3	148.88	8.9	0.178	20
Total	466.44	27.94	0.558	62

Al alcanzar el día 21, el material amoniado ya estaba listo para su uso. Al tener el heno amoniado listo, se procedió a picarlo hasta convertirlo en tamaño similar apto para mezclarlo con el alimento concentrado y para luego realizar el análisis proximal. En esta etapa del estudio, se decidió hacer un análisis proximal del heno sin amoniatar y el heno amoniado para lo cual se tomaron dos muestras aleatorias de cada uno de los tratamientos. Cada muestra por tratamiento era de aproximadamente 30 g y se introdujeron en bolsas plásticas y fueron llevadas al Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano donde fueron molidas en una criba de 3 mm.

Al tener el alimento concentrado ya listo se procedió a agregar el heno amoniado en la ración. Previo al mezclado del concentrado, se usó un molino para disminuir lo más posible el heno amoniado. Se procedió a preparar las unidades experimentales (qq concentrado). Los primeros cuatro tratamientos consistían de heno amoniado en concentraciones de 5, 10, 15 y 20% más un tratamiento testigo de la formulación sin heno. Se realizaron 3 repeticiones \times 5 nos da un total de 15 unidades experimentales. Para la siguiente etapa del proyecto se pesaron 1.36 kg de muestra de cada una de las unidades experimentales y se realizaron los análisis fisicoquímicos y composición nutricional. Los análisis de la fase II también se efectuaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano donde fueron molidos en una criba de 3mm.

Según estos resultados se pudo corroborar lo señalado por Ojeda & Ledezma (2010) que los mejores resultados en la amoniación se obtienen con materiales de muy bajo valor alimenticio.

Análisis Físicoquímicos. El análisis fisicoquímico se dividió en dos fases, la primera consistió en el análisis proximal del heno amoniado y no amoniado en el cual se analizó:

- Materia Seca.
- Fibra Neutro Detergente.
- Fibra Acido Detergente.
- Energía.
- Proteína Cruda.

Fase I. En los análisis fisicoquímicos del heno se dividió en dos tratamientos siendo el tratamiento 1 (HA) referente al tratamiento de heno amoniado y el tratamiento 2 (H) siendo el tratamiento de heno no amoniado. De cada uno de los tratamientos se realizaron dos repeticiones en cada una de las pruebas. En la prueba de proteína cruda y de energía mediante el calorímetro se realizó un duplicado de cada una de las repeticiones.

Materia Seca (AOAC 945.15/950.46B). Los crisoles usados en este análisis se lavaron y se pusieron a secar en el horno de 105 °C por 24 horas previo a su uso. El siguiente paso fue identificar y pesar cada crisol utilizado. En cada crisol se agregó una cantidad de muestra de 3 ± 0.0099 g. Se utilizaron cuatro crisoles, dos por cada tratamiento y se colocaron nuevamente en el horno de 105 °C por 24 horas. Al concluir el secado en el horno, se dejaron enfriar los crisoles en un secuestrador de humedad por 30 min para luego ser pesados. Para obtener un resultado de materia seca se parte de la determinación de humedad que es obtenida mediante la ecuación 1:

$$\%H = \frac{(\text{Peso de Crisol} + \text{Peso de Muestra}) - (\text{Peso de Crisol} + \text{Peso de Muestra Secada})}{\text{Peso de Muestra}} \times 100 \quad [1]$$

Al obtener el porcentaje de humedad se procede a usar la ecuación 2:

$$\%Materia\ Seca = 100 - \% \quad [2]$$

Fibra Neutra Detergente (FND) (AOAC 2002.04). En el análisis de fibra neutra detergente, se utilizó una muestra de cada una de las dos repeticiones de cada tratamiento. Para este análisis se necesitaba una cantidad de muestra que este en el rango de 0.45-0.55 g en una bolsa de filtro diseñada especialmente para esta prueba. Al terminar de pesar las muestras se procedió a hacerle un sello caliente a cada bolsa. Para una mejor exactitud se incluyó una bolsa de filtro vacía como blanco. En el equipo se agregó 1900 a 2000 ml de solución neutro detergente la cual incluye 30 g de Sulfato dodecyl de Sodio, USP; 18.61 Sal di sódica Ethylenediaminetetraac di hidrato; 6.81 g Borato de Sodio; 4.56 g Sodio fosfato di básico anhidro y 10.0 ml de Triethylene glicol en 1 L de H₂O destilada. Se encendió el equipo y se programó en 75 minutos.

Al terminar el proceso se sacaron las muestras y gentilmente se les presionaron para remover el exceso de agua de cada una. Se colocaron en un beaker de 250 ml y se le agrego suficiente acetona hasta cubrir todas las muestras. Se esperó 5 minutos para retirar las muestras y después colocarlas en el horno a 104 °C por un periodo de 2 a 4 horas. Al concluir el secado se retiraron las muestras y se dejaron enfriar un poco a temperatura ambiente y luego se pesaron. Los cálculos para tener los resultados se obtuvieron mediante la ecuación 3:

$$\%FND = \frac{(W3 - (W1 \times C1))}{W2} \times 100 \quad [3]$$

En donde:

$W1$ = Peso de bolsa.

$W2$ = Peso de muestra.

$W3$ = Peso seco de bolsa con fibra después del proceso de extracción.

CI = Corrección bolsa blanco (peso final después de secado dividido por peso original de bolsa).

Se realizó la determinación de esta fibra ya que “la FND se utiliza como índice de volumen de la ración y supone un límite a la capacidad de ingestión de la ración” (Calsamiglia 1997). Este dato nos sirvió en la formulación del concentrado.

Fibra Acido Detergente (FAD). Para complementar el análisis de FND, se realizó el análisis de Fibra Acido Detergente (FAD). Antes de pesar las muestras se pesó cada una de las bolsas de filtro. Para este análisis se tomó una muestra de cada una de las dos repeticiones de cada tratamiento y se pesó en un rango de 0.45-0.55g. Luego de pesar cada bolsa se procedió a sellarlas con calor. Al igual que en la prueba de FND se incluyó una bolsa de filtro vacía como blanco. Después de colocar las muestras en el equipo, se le agregó de 1900 a 2000 ml de solución ácido detergente a temperatura ambiente. Esta solución contiene 20g de Bromuro cetil trimethylammonio en 1 L de H_2SO_4 . Se encendió el equipo y se programó el proceso a 60 minutos.

Al finalizar la extracción y después de su lavado se extrajeron las muestras y se les presionó gentilmente para remover el exceso de agua del lavado. Se colocaron todas las muestras en un beaker de 250 ml y se les agregó acetona hasta cubrir todas las muestras. Se reposaron por 5 minutos en la acetona y luego se retiraron. Se colocaron en el horno a una temperatura de 104 °C por un periodo de 2 a 4 horas. Se retiraron del horno y se dejaron enfriar a temperatura ambiente y luego se procedió a pesar cada muestra. Al tener todos los datos se procedió a calcular utilizando la ecuación 4:

$$\%FAD = \frac{(W3 - (W1 \times C1))}{W2} \times 100 \quad [4]$$

$W1$ = Peso de bolsa.

$W2$ = Peso de muestra.

$W3$ = Peso seco de bolsa con fibra después del proceso de extracción.

CI = Corrección bolsa blanco (peso final después de secado dividido por peso original de bolsa).

Según Carpenter (SF) la FAD se utiliza para calcular la energía que derivara de la comida ingerida por el animal lo cual también ayudara para determinar cuanta comida se debe administrar. Este dato también ayudara en la formulación del concentrado.

Calorimetría (Energía) (Parr Modelo 1241EB). Para el análisis de energía mediante la utilización del calorímetro se hizo un duplicado de las dos repeticiones de ambos tratamientos. El primer paso fue el de pesar muestras de 7 ± 0.0099 g en papel de parafina. Cada una de las muestras tuvo que ser compactada hasta formar un pellet en la prensa Pellet Press 2811 para ser utilizada en el calorímetro. Al terminar cada pellet estos se pesaron antes de seguir con el procedimiento. Cada pellet se colocó en una bomba calorimétrica donde se le hizo contacto con un alambre de Ni & Cr lo cual quemará el pellet en el proceso y se medirá su longitud antes y después. Después de establecer el pellet y el alambre, se cierra la bomba y se le aplica 25 atmósferas de oxígeno. La bomba luego se colocó en una jarra con agua a una temperatura de 24 a 25 °C y esta se introdujo dentro del calorímetro y se tomó la temperatura inicial antes de empezar el proceso.

El proceso tuvo una duración de 7 minutos promedio por repetición. Al final de los 7 minutos se tomó la temperatura final del agua. Al terminar el proceso en el calorímetro, se extrajo la bomba calorimétrica para extraer los residuos del pellet y del alambre. Se lavó cada vez con agua destilada la cual fue utilizada en la titulación con Carbonato de Sodio (Na_2CO_3). Al agua destilada se le agregó dos gotas de Rojo de Metil para luego ser titulado con el Carbonato de Sodio hasta lograr un color amarillo. Al momento del cambio de color se anota la cantidad de ml de Carbonato de Sodio utilizado. El alambre fue medido para ver cuánto resto después de la combustión. Al tener todos los datos se utilizó la ecuación 5 para obtener los resultados:

$$HG = \frac{T^\circ \times W - e1 - e3}{m} \quad [5]$$

HG: Calor de combustión.

T[°]: T[°] final – T[°] inicial.

W: 3027.346 constante.

e1: Titulación con carbonato de sodio (Na_2CO_3).

e2: Medida del alambre níquel-cromo restante del proceso.

m: Peso del pellet.

Los resultados de este análisis servirán para la formulación del concentrado para tomar en cuenta la energía que aportan ambos tratamientos en complementación con los resultados del análisis de FAD.

Análisis de Proteína Cruda (Kjeltec AOAC 2001.11). En el análisis de proteínas se elaboró un duplicado de cada una de las dos repeticiones de cada tratamiento dando en total ocho muestras. Cada muestra se pesó en papel parafina con un peso requerido de 1 ± 0.0099 g y se dobló el papel de manera que pudiera contener la muestra. Cada muestra se colocó en un tubo FOSS de vidrio al cual se le agrego dos tabletas Kjeltabs Cu/3.5 y 12 ml de ácido sulfúrico. Al tener los tubos listos, previo a colocarlos se encendió el digestor hasta llegar a una temperatura de 420 °C. Al alcanzar la temperatura deseada se colocó la raqueta con los tubos de muestra para empezar el proceso de digestión el cual tomó aproximadamente una hora.

Al terminar el proceso de digestión se procedió a realizar la destilación en el equipo Kjeltex. Para cada tubo de muestra se le asignó un Erlenmeyer al cual se le agregó ácido bórico. En el equipo se colocó primero el tubo de muestra y luego el Erlenmeyer. Este proceso dura 5 minutos promedio por tubo. Cabe recalcar que también se incluyeron dos tubos blancos únicamente con papel parafina y dos Kjeltabs. Al terminar la destilación se procedió a titular los dos tubos blancos para tomarlos como base. La titulación se realizó con ácido clorhídrico (HCL). Luego de titular los tubos blancos se titularon los ocho tubos de muestra y se apuntó la cantidad de HCL que tomó hasta lograr un color morado. Después de obtener todos los datos se procedió a calcular la proteína cruda primero con la ecuación 6 de porcentaje de Nitrógeno (%N).

$$\%N = \frac{(Volumen\ de\ HCL - Volumen\ de\ Blanco) \times Concentracion\ de\ HCL \times 14.01 \times 100}{(100 \times Peso\ de\ Muestra)} \quad [6]$$

Al tener el porcentaje de proteína este se usó en la ecuación 7:

$$\%PC = \%N \times 6.25 \quad [7]$$

El método Kjeldahl se caracteriza por el uso de ebullición, ácido sulfúrico concentrado que efectúa la destrucción oxidativa de la materia orgánica de la muestra y la reducción del nitrógeno orgánico a amoníaco el amonio es retenido como bisulfato de amonio y puede ser determinado *in situ* o por destilación alcalina y titulación. (Romero 2010).

Fase II. En la segunda fase se evaluó el efecto de las tres diferentes concentraciones de heno amoniado en el alimento concentrado queriendo obtener la composición nutricional. El Análisis fisicoquímico de las muestras se llevó a cabo en el laboratorio de análisis de alimentos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Los análisis realizados en esta fase fueron los siguientes:

- Humedad.
- Cenizas (minerales).
- Proteína Cruda.
- Fibra Cruda.
- Grasa Cruda.

Humedad (AOAC 945.15/950.46B). Para este análisis se utilizaron los primeros pasos del análisis de materia seca. Los 27 crisoles usados previamente se lavaron y se pusieron a secar en el horno a 105 °C por 24 horas previo a su uso. El siguiente paso fue identificar y pesar cada crisol utilizado. En cada crisol se agregó una cantidad de muestra de $3 \pm 0.0099g$. Luego de ser pesados se colocaron nuevamente en el horno de 105 °C por 24 horas. Al concluir el secado en el horno, se dejaron enfriar los crisoles en un secuestrador de humedad por 30 minutos antes para luego ser pesados. Para obtener un resultado de materia seca se

parte primeramente de la determinación de humedad que es obtenida mediante la ecuación 8:

$$\%H = \frac{(\text{Peso de Crisol} + \text{Peso de Muestra}) - (\text{Peso de Crisol} + \text{Peso de Muestra Secada})}{\text{Peso de Muestra}} \times 100 \quad [8]$$

Cenizas (AOAC 923.03). En esta prueba se utilizaron los crisoles con las muestras utilizadas en la prueba de humedad. Todos los crisoles se colocaron en una mufla a una temperatura de 500 °C por 5 horas hasta terminar en cenizas. Luego del secado se colocaron en un desecador donde se dejaron enfriar por 30 minutos para luego ser pesadas. Al tener el peso de las cenizas se utilizó la ecuación 9 para obtener el porcentaje:

$$\%Cenizas = \left(\frac{\text{Cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} \right) \times 100 \quad [9]$$

Proteína cruda (Kjeltec AOAC 2001.11). En la segunda fase se utilizó el mismo procedimiento utilizado en la primera fase. Lo único que difirió fue la cantidad de tubos utilizados siendo en su totalidad 27 debido a la cantidad de tratamientos y repeticiones de la fase II.

Fibra cruda (AOAC 962.09). Para este análisis se ocuparon la cantidad de 2 ± 0.0099 g en un beaker de 600 mL, a cada muestra se le agregaron 200 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 1.25% hirviendo. Se dejaron hervir las muestras por 30 minutos para filtrarlas después al vacío en papel filtro. Luego a las muestras filtradas se les agregó 200 mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 1.25% hirviendo por 30 minutos. Al terminar el hervido se filtraron nuevamente al vacío por papel filtro. Las muestras se colocaron dentro de un crisol y se dejaron en el horno durante 2 horas a 105 °C. Al terminar el secado se pesaron las muestras y se colocaron en la mufla durante 35 minutos a 500 °C. Después de esto se dejaron enfriar en el desecador por 20 minutos y luego se pesaron. Al tener todos los pesos se sacó el porcentaje de fibra cruda con la ecuación 10:

$$\%FC = ((\text{fibra cruda} - \text{peso cenizas}) - \text{peso promedio de dos blancos}) \times \frac{100}{\text{peso de muestra}} \quad [10]$$

Grasa cruda (AOAC 2003.06). Para este análisis se pesaron 5 ± 0.0099 g de cada muestra en un dedal con arena. Cada muestra se secó por 1 hora, se dejaron enfriar en un desecador por 20 minutos y se pesaron. Luego de esto se pesaron las tazas de cada muestra las cuales fueron secadas durante 24 horas en el horno a 105 °C. Al tener todo listo se colocaron las muestras en las tazas y estas en el equipo para empezar el análisis. Este análisis duro 1 hora con 5 minutos. Al terminar la extracción en el equipo, se retiraron las muestras y se pusieron a secar durante media hora en el horno a 105 °C y luego se pesaron. Al tener los pesos se utilizó la ecuación 11 para calcular el extracto etéreo y el porcentaje de grasa:

$$\text{Extracto Etereo} = (\text{Peso de taza con EE}) - (\text{Peso de taza sin EE})$$

$$\%Grasa = \frac{\text{Extracto Etereo}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad [11]$$

Formulación de la ración. Al tener los resultados de la primera fase, se procedió a formular la ración final. En la formulación se utilizaron los dos tratamientos tomando en cuenta las cinco concentraciones que se determinaron (0, 5, 10, 15 o 20%). La ración se formuló con la plantilla de dieta tradicional de producción de 15 L/día elaborada por el Ingeniero Héctor Cuestas. En este programa se incluyeron los aportes nutricionales del tratamiento de heno no amoniado y del heno amoniado al igual que su costo. En esta plantilla los datos nutricionales de los demás ingredientes ya estaban determinados al igual que su costo.

Esta plantilla formula el concentrado en base a los requerimientos no suplidos por el forraje administrado al animal. Según Vélez *et al.* (2002), los forrajes representan el mayor porcentaje de las dietas en las fincas de producción bovina y son la fuente de nutrientes que se puede encontrar en el medio. Partiendo de la cantidad de forraje consumido del animal, se formula la ración hasta alcanzar los niveles óptimos de materia seca, proteína cruda y energía neta de lactancia. Para realizar la formulación, se determinó que el forraje consumido de las vacas sería un pasto estrella (*Cynodon nfluensis*) de 27 días sin fertilizar. Este pasto tiene 21% de materia seca, 11.10% de proteína cruda, una energía neta de lactancia de 1.16 y un porcentaje de FND de 67.72%. La cantidad requerida de este forraje en base al peso vivo fue de 42 kg por día lo cual es necesario para el desempeño de una vaca de producción media de 15 L. Se escogió este pasto considerando su alta disponibilidad, bajo costo de mantenimiento y por ser uno de los pastos más comunes en la región.

Se formuló una dieta para cada uno de los tratamientos de heno amoniado y no amoniado. El primer paso a tomar era la determinación de la ingesta de forraje necesaria para el correcto desempeño de este nivel de producción. Era necesario estar dentro del rango de 1.8 a 3.0% de consumo de materia seca de forraje por peso vivo del animal al igual que en un rango de 0.9 a 1.2% de consumo de FND por peso vivo del animal. Se utilizó un peso vivo de 500 kg por vaca como base. Se encontró que a 42 kg de pasto estrella de 27 días sin fertilizar se cumplía un 1.8% de consumo de materia seca de forraje por peso vivo, lo cual está dentro del rango aceptable. Se obtuvo un 1.2% de consumo de FND por peso vivo del animal, lo cual también está dentro del rango aceptable.

“Los pastos por si solos rara vez suplen las necesidades de energía, proteína y minerales de la dieta animal, por lo que es necesario usar suplementos para el correcto funcionamiento del animal” (Miranda y Osorio 2012). Luego de determinar la cantidad de forraje se procedió a balancear cada dieta según la cantidad de heno amoniado o no amoniado de cada tratamiento. La cantidad de forraje de 42 kg se usó como base para la formulación de cada una de las dietas de los tratamientos. Se determinó un requerimiento de 1.7 kg de proteína al día el cual será suplido por el pasto y el concentrado. El porcentaje de proteína requerido en el concentrado se estableció en un rango de 10 a 11% para suplir el requerimiento. Como ingredientes de la ración se utilizaron los siguientes:

- Harina de Maíz.
- Harina de Soya.
- Melaza.
- Harina de coquito.
- Harina de heno amoniado o harina de heno no amoniado.

Elaboración del concentrado. Al determinar las dietas para cada tratamiento, se procedió a elaborar el concentrado final. El primer paso fue moler el heno amoniado. Esto se realizó en la unidad de ganado lechero con la picadora de la unidad de ganado de carne. Se picó con una zaranda grande y se le dio una segunda picada con una zaranda más pequeña. Luego de picar todo el heno amoniado se transportó a la planta de concentrados. Como se puede ver en la figura 1, en la planta de concentrados se picó el heno picado por el molino de martillo para reducir una vez más su tamaño hasta tenerlo parecido a los otros ingredientes del concentrado.

Se pesó cada uno de los ingredientes en base a la dieta de los tratamientos y se mezclaron uno por uno en la mezcladora de 5 quintales. Luego se colocaron en sacos hasta tener un peso de 45.4 libras. Al terminar todo el proceso se retiró una muestra de 1.36 kg de cada uno de las unidades experimentales para luego ser analizadas.

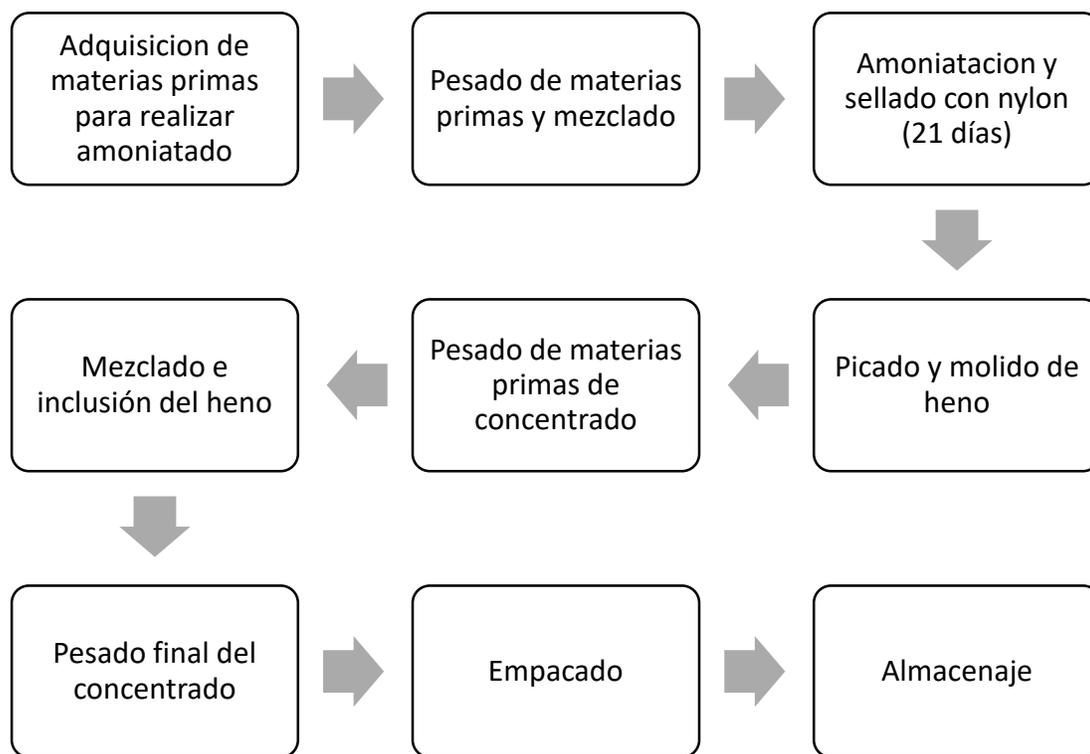


Figura 1. Flujo de proceso de elaboración de concentrado con heno amoniado.

Costos. Se realizó un análisis de costos para determinar la mejor alternativa de utilización del suplemento. Para este análisis no se tomó en cuenta los costos del forraje sino únicamente de los ingredientes del concentrado. Como cada tratamiento obtuvo su propia dieta, cada uno obtuvo diferente costo de producción. Se evaluaron los tratamientos según el precio de los ingredientes y la cantidad de cada uno de ellos y se compararon los costos finales por tratamiento para identificar el tratamiento con menor costo. Se determinó también el costo directo del mejor tratamiento del concentrado.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Este estudio se dividió en dos fases, se discutirán primero la Fase I y luego la Fase II. La Fase I consistió en la elaboración y análisis de heno amoniado y no amoniado, la Fase II en la elaboración del alimento balanceado a partir de los resultados de la fase I, a esta también se le realizaron los análisis químicos respectivos.

Materia seca. En el cuadro 4 se observan los resultados de este análisis los cuales no variaron mucho para ambos tratamientos. Se observó que el tratamiento con mayor porcentaje de materia seca fue el del heno no amoniado. Esto se debe a que no se le agregó agua como sucedió en el tratamiento del heno amoniado. Aparte de no haberse agregado agua, el heno no amoniado estuvo expuesto al aire, lo cual también reduce su humedad y así dando el resultado de un mayor porcentaje de materia seca. En el estudio de Raudales (1990), también se determinó una disminución en el material amoniado en un rastrojo de 89% de materia seca a un rastrojo amoniado de 88%.

A pesar de agregar agua al tratamiento de heno amoniado, este tuvo un porcentaje de materia seca alto. Hay que recordar que un componente básico de la dieta es la materia seca, cuyo valor se debe conocer para formular a perfección una dieta (FAO 2007). Este dato es importante porque ayudara en la formulación del alimento concentrado siendo que los alimentos concentrados tienen un alto porcentaje de materia seca.

Fibra Acida Detergente (FAD). Según Rodríguez *et al.* (2002), la amoniación de heno por medio de tratamientos con 6% de urea provocó una disminución en las fracciones FND, FAD, celulosa y lignina relativa al tratamiento 0% de urea. Los resultados en el cuadro 4 no concuerdan con los de Rodríguez y colaboradores debido a que no hubo diferencia significativa entre el tratamiento de heno amoniado y el de heno no amoniado en cuanto a porcentaje de FAD, pero si concuerda en el estudio en cuanto a la disminución ya que el tratamiento de heno amoniado tiene un menor porcentaje. Esto se puede corroborar con el estudio de Mendoza & Morales (2014) donde no se observó una diferencia en la fibra acida detergente al agregar urea.

Fibra Neutra Detergente (FND). Según Mendoza & Morales (2014) la FND disminuye cuando el porcentaje de urea aumenta. Los resultados de esta prueba que se observan en el cuadro 4, son similares ya que el tratamiento de heno amoniado tiene un menor porcentaje de FND en comparación al heno no amoniado. Rodríguez *et al.* (2002) también observó que el FND disminuye al aplicar 6% de urea en comparación al testigo y una aplicación al 3% de urea. En el estudio de Zapana (1990) también se encontró una disminución en el porcentaje de FND evaluando el proceso de amoniación en olote de maíz donde su testigo tuvo un promedio de 91% y en el olote amoniado a 6% de urea encontró una disminución significativa a un 86.7% de FND. Esta disminución se debe según Klopfenstein (1978) que la disminución en el contenido de pared celular, medido como FND, por efecto de la Amonificación se atribuye principalmente a la solubilización de la celulosa.

Cuadro 4. Efecto de la amoniación al 6% de urea en pasto estrella (*Cynodon nfluensis*) en el contenido de Materia seca (%), Fibra neutro detergente (%FND), Fibra acida detergente (%FAD).

Tratamiento	Materia Seca Ω	FND β	FAD β
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Heno Amoniado	82.39 \pm 0.37	53.47 \pm 1.84	35.52 \pm 0.17
Heno no Amoniado	87.47 \pm 0.82	56.19 \pm 1.26	39.24 \pm 2.73
Probabilidad de igualdad de varianzas	0.0399	0.2267	0.1950

Ω = Si existen diferencias significativas.

β = No existieron diferencias significativas.

Energía. En cuanto a esta propiedad, podemos observar en el cuadro 5 que el tratamiento con mayor porcentaje de proteína es el tratamiento de heno amoniado en comparación al no amoniado. Esto se debe a que la amoniación con urea permite conservar los almidones y azúcares, de alto valor energético, en la forma original en la que se encuentran en el alimento, evitando su pérdida por fermentación al convertirse en alcoholes (Preston & Leng 1989). Al conservar estos carbohidratos, se aumenta la cantidad de energía disponible como se puede observar en el tratamiento uno que tiene una mayor cantidad de Kcal/kg que el tratamiento de heno no amoniado. Este aumento en energía también se observó en el estudio de Raudales (1990) donde se incrementó la energía en Mcal/kg de un rastrojo sin amoniar de 2.22 Mcal/kg a un 2.93 Mcal/kg mediante el proceso de la amoniación. La amoniación también es responsable del aumento de energía gracias a la disminución de fibra acida detergente ya que estas van de la mano en el momento de formular.

Proteína. Se obtuvieron resultados positivos comparando los dos tratamientos los cuales se pueden observar en el cuadro 5. En este análisis el heno de pasto estrella tuvo un porcentaje de proteína cruda de 7.6% con una desviación estándar de \pm 1.97 Estos resultados son positivos porque según Sanchez *et al.* (2007) el contenido de proteína cruda del pasto

estrella varia de 5.7 a 15.7% en promedio dependiendo de la edad, tipo de suelo y época del año pero que en su etapa final solo contiene un 6.5%. Según los resultados del análisis, el tratamiento de heno amoniado obtuvo un promedio de 16.2% de proteína cruda.

En el estudio de Ojeda y Ledezma (2010), investigando el efecto de amoniación sobre la composición química de la paja de sorgo (*Sorghum bicolor*) encontraron niveles de proteína cruda de 4.1% en paja sin tratar y 18% en paja tratada con 4% de urea. En el estudio de Raudales (1990) se determinó un aumento en proteína cruda de un rastrojo sin amoniatar de 4.5 a un rastrojo amoniado con 19.8%. Zapana (1990) encontró este mismo aumento en el amoniado de olote de maíz que poseía un 2.6% y gracias a una amoniación de 6% de urea logro alcanzar 12.9% de proteína cruda. Mendoza & Morales (2014) obtuvieron resultados al amoniatar pasto estrella (*Cynodon nfluensis*) a un 6% de urea obtuvieron un 10.7% de proteína cruda de un pasto estrella con un porcentaje original de 4.2%. El porcentaje de proteína cruda aumentó considerablemente gracias al proceso de amoniación, estos resultados apoyan este estudio demostrando que el heno amoniado podrá ser una fuente de proteína en la formulación de un concentrado.

Cuadro 5. Efecto de la amoniación al 6% de urea en pasto estrella (*Cynodon nfluensis*) en el contenido de Energía (Kcal/kg) y Proteína Cruda (%).

Tratamiento	Energía β	Proteína Cruda Ω
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Heno Amoniado	4414 \pm 506.4	16.28 \pm 0.19
Heno no Amoniado	3794 \pm 371.3	7.60 \pm 1.83
Probabilidad de igualdad de varianzas	0.1909	0.0001

Ω =Si existen diferencias significativas.

β = No existieron diferencias significativas.

Resultados Fase II. La fase II consistió en la elaboración de la ración totalmente mezclada. La ración totalmente mezclada consiste del concentrado más la inclusión del mejor tratamiento de la fase I el cual fue el de heno amoniado. Se elaboraron unas dietas utilizando heno no amoniado como material de comparación. Se elaboraron 15 unidades experimentales a las cuales se les retiro una muestra para realizar un análisis bromatológico.

Formulaciones. En el cuadro 6 se observan las formulaciones de las dietas donde se vio que al aumentar el contenido de heno amoniado, el contenido de harina de maíz y harina de soya disminuyeron. En cuanto a la harina de maíz en dietas de heno amoniado varió en un rango de 74 a 60% de la concentración más baja a la más alta de heno amoniado. La cantidad de harina de maíz disminuyo un 14% en las dietas de heno amoniado esto se debe a que el maíz también es una fuente de materia seca en la dieta, y al aumentar el contenido de heno se debía reducir la cantidad de maíz para no sobrepasar el límite de materia seca en la dieta.

La cantidad de melaza en las dietas de heno amoniado estuvo en el rango de 8 a 7% variando en tan solo un tratamiento. Este ingrediente no varió mucho por mantener bajo el límite de 10% dentro de una ración. La harina de coquito también obtuvo cantidades estables en todos los tratamientos. En las dietas con heno amoniado varió en un rango de 8 a 9%. Las cantidades de este ingrediente se mantuvieron casi estáticas por su alto contenido de fibra y energía que al aumentarlo sacaría fuera del límite de materia seca y energía neta de lactancia a la dieta.

En harina de soya se obtuvieron resultados positivos en las dietas de heno amoniado ya que se redujo un 4% desde el tratamiento con un 5% al tratamiento con 20%, estos datos concuerdan con los obtenidos por Mendoza y Morales (2014) donde obtuvieron la misma reducción en este ingrediente. Este resultado es positivo ya que se redujo el insumo más caro por uno más barato el cual es el heno amoniado dando soporte al proceso de amoniado y así ayudando al objetivo general de este estudio de determinar la concentración adecuada de heno amoniado. Al ver los resultados de las formulaciones se determinó realizar únicamente las dietas con heno amoniado ya que se observó en la fase I que es el tratamiento con mayor aporte nutricional.

Cuadro 6. Formulaciones de tratamiento testigo y tratamientos de heno amoniado en concentrado para vacas de producción media de 15 L/día.

Ingredientes	Tratamientos (%)				
	HA-0	HA-5	HA-10	HA-15	HA-20
Harina Maíz	77	74	69	64	60
Harina Soya	7	6	5	4	3
Melaza	8	7	8	8	8
Harina de Coquito	8	8	9	9	9
Heno Pasto Estrella A 6% U	0	5	10	15	20
Total	100	100	100	100	100

Humedad. En los concentrados es requerido un bajo porcentaje de humedad debido a la proliferación de hongos dando como resultado una degradación nutricional del producto. Como regla general, el porcentaje de humedad tendría que ser menor al 13% (Baca 2015). Arriba de esta humedad se puede dar proliferación de hongos lo cual reducirá grandemente la calidad de nuestro concentrado al igual que su vida útil. Según los datos del cuadro 7, las dietas debajo de 15% de heno amoniado están en el rango aceptable debajo de 13%. Las dietas de 15 y 20% de heno amoniado presentaron porcentajes de humedad arriba del 13% pero hasta un límite superior de 14% esto es debido a la humedad del heno amoniado.

Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) donde se encontró que al aumentar la concentración de heno, se aumenta la humedad en el concentrado. Esto se debe

principalmente a la humedad del heno amoniado el cual es más alto que los demás ingredientes de la formulación con 17.61% de humedad. Aunque las dietas en estas concentraciones presentan un grado arriba del límite se conoce que el proceso del amoniado aumenta el pH lo que lo hace un buen fungicida permitiendo al concentrado ser almacenado a esta humedad (Molina 1993).

Cenizas. Sabiendo que la cantidad de cenizas representa el contenido total de minerales en los alimentos (Peña 2010) juega un papel importante en el alimento balanceado. Uno de los minerales más importante en la alimentación son el calcio, el fósforo y el magnesio. Cada uno juega un papel importante en el desarrollo y funcionamiento del organismo del animal. “El calcio ayuda en la estructura y formación de huesos, regula los latidos del corazón y es el principal elemento en la leche” (Ganasal 2012). “El fósforo es el principal componente del esqueleto, forma parte de la membrana celular y ayuda en la formación de los ácidos nucleicos” (Ganasal 2012). “El magnesio se almacena principalmente en los huesos y participa en las contracciones musculares” (Ganasal 2012).

En el cuadro 7 se observa que los tratamientos mostraron resultados dentro del rango de ceniza. El tratamiento con mayor porcentaje de ceniza fue el tratamiento testigo y el de menor contenido fue el tratamiento 5 con 20% de heno. Al aumentar la cantidad de heno, se disminuyó la cantidad de ceniza, esto debido a que los granos aportan más minerales que el pasto. La FAO (1993) que declara que el rango aceptable es de 9 a 11%. Si existieron diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0.05$) debido al cambio en la concentración de heno. Se observó que al aumentar la concentración de heno amoniado en la formulación, se disminuía el porcentaje de cenizas, esto debido al bajo contenido de minerales que posee el heno amoniado.

Grasa cruda. El extracto etéreo es vital en el aporte energético de la ración. Las vacas de producción de leche son las que más requieren de energía para su completo rendimiento. Según Fernández (2013) la cantidad de grasa que se requiere desde terneros a vaquillonas de 2 meses antes del parto es de 2 a 3%. Como se presenta en el cuadro 7, todos los tratamientos estuvieron dentro del rango. El tratamiento con mayor cantidad de grasa cruda (2.97%) fue el tratamiento con 0% de heno, el de menor cantidad (2.28%) fue el tratamiento con 5% de heno. Si existieron diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0.05$) debido a la concentración de heno y disminución de granos los cuales tienen contenido moderado de grasa.

Cuadro 7. Análisis de Humedad (%), Cenizas (%) y grasa cruda (%) de las dietas de heno amoniado en concentrado para vacas de producción media de 15 L/día.

Tratamiento	Análisis		
	Humedad	Cenizas	Grasa Cruda
HA-0	11.69±0.41 c	8.54±0.05 a	2.97±0.30 a
HA-5	11.86±0.57 c	8.49±0.05 a	2.48±0.11 ab
HA-10	12.64±0.31 b	8.40±0.03 b	2.46±0.12 ab
HA-15	13.94±0.27 a	8.23±0.02 c	2.39±0.05 ab
HA-20	14.44±0.20 a	8.20±0.01 c	2.28±0.49 b
CV (%)	2.93	0.49	10.8
Pr > F	0.0001	0.0001	0.0089

abc: medias seguidas por diferente letra son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Fibra cruda. En cuanto a contenido de fibra cruda se observa en el cuadro 8 que el tratamiento de 20% de heno amoniado aportó una mayor cantidad de fibra a la dieta con un 6.59%. La cantidad de fibra cruda aumenta a medida se aumenta la concentración de heno amoniado, esto se debe a la cantidad de fibra que este mismo está aportando. Es por esto que el tratamiento con menor porcentaje de fibra cruda fue el testigo con 5.92% ya que no contenía heno amoniado. Según los resultados de la fase I los tratamientos con heno no amoniado tenían un 56.2% en contra de un 53.47% del heno amoniado.

Proteína cruda. Según Infoagro (SF) la proteína cruda requerida en la mezcla de concentrados depende del tipo de forraje en la ración. Forrajes que tienen alto contenido de proteína cruda como leguminosas pueden ser combinados con una mezcla de concentrados de baja proteína. Partiendo de esta aclaración, un punto importante de este estudio era incrementar el porcentaje de proteína del heno para así disminuir la cantidad requerida de proteína del concentrado y así reducir costos. También, Infoagro reporta, cuando el forraje es una leguminosa o un pasto bien fertilizado, cada uno en su etapa inicial de madurez, o una mezcla de ambos, la proteína necesaria en el concentrado puede variar entre 12 y 14%. Finalmente, por dietas basadas en forrajes de baja calidad, (residuos de cosechas y ensilaje de maíz) los cuales tienen un bajo contenido de proteína cruda, la cual debe estar en el rango de 18 a 24%.

Cuadro 8. Análisis de Fibra Cruda (%), y Proteína Cruda (%) de las dietas de heno amoniado en concentrado para vacas de producción media de 15 L/día.

Tratamiento	Análisis	
	Fibra Cruda	Proteína Cruda
HA-0	5.92±3.36 c	10.29±0.15 a
HA-5	6.04±1.92 c	10.39±0.47 a
HA-10	6.13±1.39 bc	10.52±0.42 a
HA-15	6.38±1.64 ab	10.81±0.19 a
HA-20	6.59±2.64 a	10.84±0.10 a
CV (%)	3.71	2.91
Pr > F	0.0321	0.0514

abc: medias seguidas por diferente letra son estadísticamente diferentes (P<0.05).

En el cuadro 8 se observa que no existieron diferencias significativas entre tratamientos. Según la plantilla el requerimiento de proteína cruda para una vaca de 500 kg con una producción de 15 L/día es de 1.7 kg al día. En la dieta, el pasto estrella de 27 días sin fertilizar aporta 1 kg de proteína cruda el cual es el 59% del requerimiento. El alimento concentrado aporta un 0.7 kg de la proteína cruda requerida el cual es el 41%. En el cuadro 8 se presentan los porcentajes de proteína cruda teóricos que debe aportar el alimento concentrado para llenar los requerimientos de la dieta respectiva de cada tratamiento. Este porcentaje es el requerido que debe de tener el concentrado de cada uno de los tratamientos. En este cuadro se observa que los resultados de laboratorio se acercan al porcentaje de proteína cruda esperado.

Al observar el cuadro 9 se pudo constatar que todos los tratamientos aportaron lo necesario para llenar los requerimientos de proteína cruda. Para cumplir con el objetivo de este estudio se analizó el aporte proteico individual por tratamiento. El aporte proteico del heno aumentaba al elevar su concentración como se observa en el cuadro 10; por esto, el tratamiento con mayor aporte de proteína fue el tratamiento de 20% de heno amoniado con 0.17 kg. Por lo tanto, para sugerir el mejor tratamiento deberán considerarse costos y apariencia.

Cuadro 9. Comparación de porcentaje de proteína requerido y esperado en la formulación (%PC Esperado) con el porcentaje real del concentrado (%PC Real).

Tratamiento	Aporte de Proteína Cruda	
	%PC Esperado	%PC Real
TRT1	11.02	10.30
TRT2	10.29	10.39
TRT3	10.90	10.52
TRT4	10.95	10.81
TRT5	10.82	10.84

Ya que en la ración los tratamientos de heno amoniado presentan un forraje con una buena cantidad de proteína cruda, los tratamientos con concentraciones altas tendrán un mayor efecto positivo en la producción de leche. Sabiendo que los tratamientos con heno amoniado tuvieron mayor aporte de proteína cruda, dentro de estos la mejor concentración usada fue la de 20% como se puede ver en el cuadro 9. En esta concentración se aporta la mayor cantidad de proteína cruda por parte del heno, siendo esta la mejor ración determinada por este estudio.

Cuadro 10. Aporte de proteína cruda de los diferentes ingredientes del alimento concentrado.

Ingrediente	Tratamientos				
	HA-0	HA-5	HA-10	HA-15	HA-20
Maíz	0.39	0.40	0.35	0.33	0.31
Soya	0.22	0.19	0.15	0.13	0.11
Melaza	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Coquito	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Heno		0.05	0.09	0.13	0.17

En el cuadro 10 se puede apreciar el incremento en el aporte de proteína por parte del heno amoniado causando así una disminución en el aporte del maíz y soya. Estos resultados son los que sustentan que el heno amoniado sí puede considerarse una fuente de proteína en concentrados, ya que suple la proteína cruda que el maíz y la soya dejan de aportar a medida que se aumenta la cantidad de este ingrediente. Estos datos se respaldan en los resultados de proteína cruda real donde el concentrado alcanza los niveles requeridos en cada uno de los tratamientos a pesar de la disminución del maíz y la soya que en el tratamiento 2 con menor porcentaje de heno aportaban el 82% de la proteína y en el tratamiento 5 bajaron su aporte a 62%.

Con estos resultados podemos concluir que el heno amoniado si puede considerarse un sustituto de fuente proteica en la formulación de alimentos concentrados ya que aportó la proteína cruda que la harina de maíz y harina de soya dejó de aportar al disminuir su concentración en la formulación.

Costos. En el análisis de costos se compararon los costos variables de los ingredientes de cada dieta de los tratamientos de heno amoniado y heno no amoniado, los cuales se presentan en el cuadro 11. En el tratamiento testigo (HA-0) se estimó un precio de L. 296.3 (\$12.88). Se puede observar que a medida se aumenta la cantidad de heno independientemente del tratamiento, se disminuye el precio final del concentrado. En el tratamiento de heno amoniado los costos variables disminuyeron L. 30.3 (\$1.37) al agregar 20 libras de heno amoniado. En el tratamiento de heno no amoniado los costos variables disminuyeron L. 24.03 (\$1.04) al agregar 20 libras de heno no amoniado.

La disminución en el precio del concentrado en las dietas de heno amoniado se debe a la reducción de la cantidad de soya en la dieta. La harina de soya tiene un precio de L. 13.2 por kilogramo el cual lo hace el ingrediente más caro. Debido a la cantidad de proteína en el heno amoniado, se redujo la cantidad de soya y también se reducía la cantidad de maíz porque también se aporta materia seca y energía. Estos resultados comprueban que el proceso y la inclusión del heno amoniado como fuente de proteína es una práctica muy rentable en la producción de concentrados.

Las dietas con el tratamiento de heno no amoniado también tuvieron una reducción de costos aunque la cantidad de soya se mantuvo. La reducción en los costos fue debido a la sustitución de la harina de maíz, a medida que se aumentaba el contenido de heno, se reducía el contenido de harina de maíz. La harina de maíz tiene un precio de L. 6.60 por kilogramo y es el segundo ingrediente más caro. La cantidad de materia seca del heno causó la disminución de la harina de maíz.

El tratamiento más económico fue el HA-5 que tiene un contenido de 20% de heno amoniado con un costo variable de L. 266 (\$11.57). Este tratamiento fue el que más redujo la cantidad de harina de soya. Este tratamiento también fue el que más aporte tuvo como fuente de proteína en el concentrado, haciéndolo la mejor alternativa de utilización del heno amoniado en concentrados.

Cuadro 11. Costos variables (Lempiras/ kg) de las dietas de 0, 5, 10, 15 y 20% de heno amoniado para vacas de producción media de 15 L/día.

Ingredientes	Tratamientos (Lempiras/ kg)				
	HA-0	HA-5	HA-10	HA-15	HA-20
Harina Maíz	231	222	207	192	180
Harina Soya	42	36	30	24	18
Melaza	7.27	6.36	7.27	7.27	7.27
Harina de Coquito	16	16	18	18	18
Pasto Estrella A 6% U	0	10.68	21.36	32.05	42.73
Total	296.3	291.0	283.6	273.3	266.0
Total USD \$	12.88	12.65	12.33	11.88	11.57

La plantilla de balance de raciones para ganado lechero elaborada por el ingeniero Héctor Cuestas también estima datos económicos los cuales se presentan en el cuadro 12 de la producción en base a la ración. Los datos económicos que proporciona son: costo de alimentos L/vaca/día, lempiras de alimento por litro de leche, litros necesarios para pagar costo de alimentos, lempiras libres por litro después de alimentar e ingreso después de costos de alimentación. El tratamiento con mayor costo de alimento en Lps/vaca/día fue el tratamiento testigo con L. 42.24 (\$1.83) y el de menor costo fue el TRT5 de 20% de heno amoniado con L. 38.89 (\$1.69). Los mismos tratamientos son relativos para el ingreso después de costos de alimentación.

Cuadro 12. Datos económicos de dietas con heno amoniado para vacas de producción media de 15 L/día.

Datos económicos	Tratamiento				
	HA-0	HA-5	HA-10	HA-15	HA-20
Costo alimentos: Lps/vaca/día	42.24	44.06	40.46	39.40	38.89
Lempiras de alimentos por L	2.82	2.94	2.70	2.63	2.59
Litros necesarios para alimentos	3.77	3.93	3.61	3.52	3.47
Lempiras libres x L después de alimentar	11.23	11.07	11.39	11.48	11.53
IDCA	125.76	123.94	127.55	128.60	129.11

Análisis sensorial. Se realizó un análisis sensorial en vaquillas, donde todos los tratamientos fueron aceptados, por lo cual se definió usar el tiempo de consumo como medida de preferencia entre los tratamientos. Se puede observar en la figura 2, que el tratamiento preferido por las vaquillas fue el tratamiento 1 con 0% de heno amoniado, esto debido a la costumbre de consumo que poseen estas vaquillas. Los tratamientos de heno amoniado presentaron tiempos de consumo mayores, ya que las vaquillas fueron más selectivas al momento de consumirlos y se ve una relación en cuanto a porcentaje de heno amoniado y preferencia de los animales, donde el tiempo de consumo aumento a medida que se aumenta el porcentaje de heno amoniado.

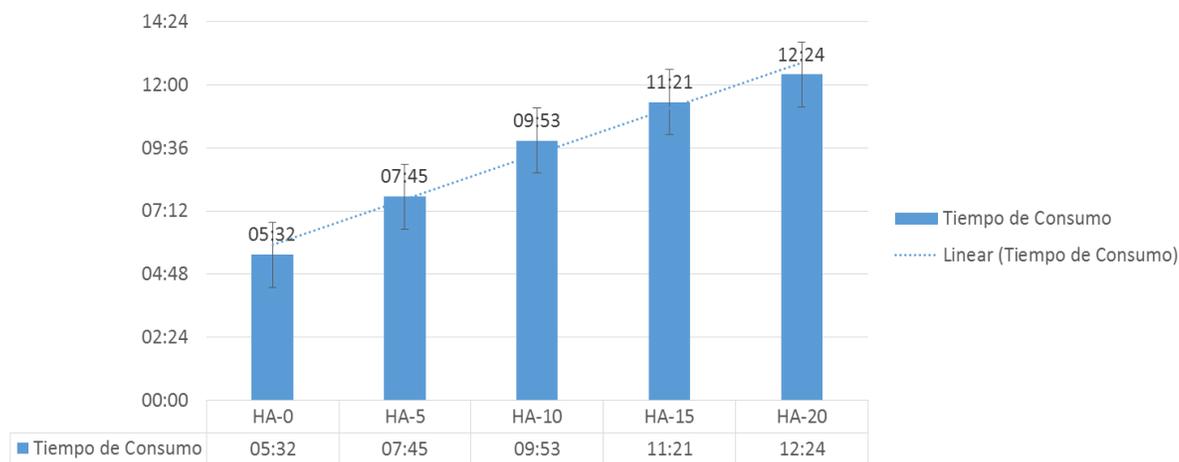


Figura 2. Análisis sensorial de los diferentes tratamientos usando como medida de preferencia el tiempo de consumo.

4. CONCLUSIONES

- En concentraciones de 5 a 20% de heno amoniado se aportó el nivel requerido de proteína cruda para ser considerada una fuente de proteína en un alimento concentrado y lograr un desempeño satisfactorio en vacas de producción media de 15 L/día.
- El tratamiento con una concentración de 20% de heno amoniado fue el que más aporte proteico obtuvo de los demás tratamientos al suplir la proteína aportada por la harina de maíz y harina de soya.
- El costo directo de la mejor alternativa de utilización de formula con heno amoniado fue el de una concentración de 20%, el cual tiene un precio de L. 266 (\$11.57) por unidad.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar el efecto de este alimento concentrado en la producción de leche.
- Realizar y evaluar la pelettización de la ración totalmente mezclada de este estudio.
- Realizar un estudio de vida de anaquel del mejor tratamiento encontrado por este estudio.
- Evaluar el consumo de este alimento concentrado en cuanto a preferencia del animal.
- Evaluar la calidad de la leche en cuanto a composición de aminoácidos en vacas alimentadas con este alimento concentrado.
- Analizar el pH del alimento concentrado para confirmar su resistencia a la proliferación de hongos

6. LITERATURA CITADA

Araque C. 2001. De la urea en la alimentación de rumiantes. Centro de investigaciones agropecuarias del estado Táchira, Venezuela. [Consultado 2016 agosto 09]. http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd50/urea.htm.

Calsamiglia S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. Universidad autónoma de Barcelona – España. [Consultado 2016 agosto 09]. 3p. http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Uso_de_Fibra_en_Rumiantes.pdf.

Carpenter ME. SF. Diferencias entre una fibra detergente acida y una fibra detergente neutra. [Consultado 2016 julio 25]. http://www.ehowenespanol.com/diferencias-fibra-detergente-acida-fibra-detergente-neutra-info_279593/.

Fernández EC. 2013. Formulación de alimentos balanceados y mejoramiento genético en ganado lechero. Guía técnica. Agrobanco (Servicios financieros para el Perú rural). Perú. 27p.

Ganasal. 2012. Los minerales en la alimentación en ganado bovino. Salesganasal. [Consultado 2016 septiembre 11]. <http://salesganasal.com/2012/06/26/los-minerales-en-la-alimentacion-en-ganado-bovino/>.

Infoagro. SF. Alimentación: Concentrados. Infocarne. [Consultado 2016 septiembre 11]. http://www.infocarne.com/bovino/alimentos_concentrados.asp.

Klopfenstein T. 1978. Chemical treatment of crop residues. Journal of animal science, 46. 841-847p.

Kunkle WE. 1987. Ammonia treatment of perennial forages. International conference on livestock and poultry in the tropics. University of Florida, Gainesville. 19-26 p.

Miranda JL, Osorio JL. 2012. Análisis de gramíneas tropicales y simulación de producción potencial de leche. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano – Honduras. 33p.

Molina B. 1993. Efecto de la suplementación proteica sobre la utilización de rastrojo de maíz amoniado con urea. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano – Honduras. 46 p.

Morales EJ, Mendoza HE. 2014. Desarrollo de dos alimentos balanceados utilizando pasto amoniado como sustituto proteico para ganado bovino de producción lechera media (15 y 18L/día). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano – Honduras. 38 p.

Neher A, Parra R. 1988. Mejoramiento del valor nutritivo de pajas por medio de la amonificación. En: IV cursillo sobre bovinos de carne. Universidad central de Venezuela. Facultad de ciencias veterinarias. Maracay, Venezuela. 263-287p.

Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). 1993. Atlas de ubicación de productos agropecuarios utilizables en la planificación y desarrollo para la agricultura en México. Segunda Edición. México.

Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). 2007. Alimentación Animal. [Consultado 2016 septiembre 11]. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1564s/a1564s03.pdf>

Peña CM. 2010. Determinación de cenizas totales o residuo mineral. Avibert. [Consultado 2016 agosto 09]. <http://avibert.blogspot.com/2010/12/determinacion-de-cenizas-totales-o.html>

Plasencia F. 2010. Ganaderos organizados de charro. México [Consultado 2014 junio 09]. http://utep.inifap.gob.mx/imagenes/ACASOS_EXITO_2009/MICHOACAN/GGAVATT_EXITOSO_CHARO.pdf

Preston TR, Leng RA. 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Consultorías para el desarrollo rural integrado en el trópico. Cali, Colombia. 107-180 p.

Raudales JA. 1990. Efecto de la amoniatación con urea del rastrojo de maíz sobre su calidad alimenticia para corderos. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano – Honduras. 72 p.

Rodríguez N, Araujo O, González B, Vergara J. 2002. Efecto de la amonificación con urea sobre los componentes estructurales de la pared celular de heno *Brachiaria humidicula* (Rendle) Schweik a diferentes edades de corte. 10 (1): 7-13. Universidad de Zulia, Venezuela. 13 p.

Romero N. 2010. Métodos de determinación de nitrógeno total. Depósito de documentos de la FAO. [Consultado 2014 junio 19]. <http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/ah833s17.htm>.

Ruiz B. 2011. Producción de alimentos balanceados en América latina. Industria avícola. [Consultado 2016 agosto 09]. <http://www.wattagnet.com/articles/9928-produccion-de-alimentos-balanceados-en-america-latina>.

Sanchez L, Martínez JJ, Garcia CG, Izaguirre F, Martínez G, Torres G. 2007. El efecto de un Ionoforo en la productividad de bovinos pastoreando zacate estrella de África (*Cynodon plectostachyus*). Universidad de Chiapas, México. [Consultado 2016 agosto 09]. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592007000300006.

Vélez M, Hincapié JJ, Matamoros I, Santillán R. 2002. Producción de ganado lechero en el trópico. Cuarta Edición. Zamorano Academic Press, Zamorano – Honduras. 326 p.

Zaldívar S. 1997. Aumento en la productividad de vacas de doble propósito utilizando amoniatación de rastrojos. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 7-9 p.

Zapana JC. 1990. Amoniatación de residuos agrícolas con urea. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano – Honduras. 109 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Establecimiento del sitio y colocación de las pacas en la unidad de ganado lechero.



Anexo 1. Pesado de materias primas.



Anexo 3. Aplicación de la mezcla en las pacas de heno.



Anexo 4. Sellado de las pacas.



Anexo 5. Muestras de la fase I.

