

AGENTES ENDURECEDORES Y SU EFECTO SOBRE LA ELABORACIÓN DE BLOQUES NUTRICIONALES⁴

[HARDENING AGENTS AND THEIR EFFECT ON ELABORATION OF NUTRITIONAL BLOCKS]

Julio César Vinay-Vadillo¹, Erika Belem Castillo-Linares^{2§}, Yuri Villegas-Aparicio³, Javier Francisco Enríquez-Quiroz¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Posta. Km 22.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba. Veracruz, México. C.P. 94277. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Huimanguillo. Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas; Tabasco, México. C.P. 86400. ³Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Tecnológico Nacional de México. Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C.P. 71230.

[§]Autor para correspondencia: (castillo.erika@inifap.gob.mx).

RESUMEN

La escasez de forrajes durante épocas críticas y su baja calidad nutricional limitan la producción de leche y carne en las regiones tropicales. Los bloques suministran nutrientes que el forraje no aporta, pero es necesario que estos bloques sean de fácil manejo y consumidos por los rumiantes. El objetivo fue determinar el porcentaje de melaza, la mezcla endurecedora y el tipo de endurecedor óptimos en la elaboración de bloques nutricionales. 1. Se utilizaron tres niveles de melaza (40, 45 y 50%) y tres agentes endurecedores (cal, cemento y cal/cemento). 2. Se evaluaron tres niveles de endurecedor (8, 10 y 12%), y seis mezclas endurecedoras (cemento, cemento/bentonita, cemento/cal/bentonita, cal/bentonita, cemento/sebo, cal/sebo). La variable de respuesta fue la resistencia a la penetración o dureza kgf/cm². La cual se midió durante 24 días de almacenamiento en el primer experimento; y 42 días en el segundo. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas (p<0.05) entre los niveles de melaza, pero no entre la mezcla cal/cemento y cemento. El nivel 12% de endurecedor mostró la dureza adecuada con las mezclas cemento/bentonita y cemento/sebo. La inclusión de melaza al 45%, nivel de endurecer 12% y cemento, bentonita y sebo en sus combinaciones, conforman un bloque con características adecuadas.

Palabras clave: Aditivos, resistencia a la penetración, suplemento alimenticio.

ABSTRACT

Forage shortages during critical times and their poor nutritional quality limit milk and meat production in tropical regions. The blocks provide nutrients that the forage does not provide, but it is necessary that these blocks are easy to handle and consumed by ruminants. The objective was to determine the appropriate level of molasses, hardener mix and the type of hardener in the elaboration of nutritional blocks. 1. Three levels of molasses (40, 45 and 50%) and three hardening agents (lime, cement and lime/cement) were used. 2. Three levels of hardener (8, 10 and 12%), and six hardener mixtures (cement, cement/bentonite, cement/lime/bentonite, lime/bentonite, cement/tallow, lime/tallow) were evaluated. The response variable was resistance to penetration or hardness kgf/cm², which was measured during 24 days of storage of the first experiment; and 42 days for the second. Statistically significant differences (p<0.05) were found between the levels of molasses, but not between the lime/cement mix and cement. The 12% hardener level showed adequate hardness with cement/bentonite and cement/tallow mixtures. The inclusion of molasses at 45%, level of hardening 12% and cement, bentonite and tallow in their combinations, make up a block with the appropriate characteristics.

⁴ Recibido:23 de agosto de 2021

Aceptado:30 de noviembre de 2021

Index Words: Additives, penetration resistance, food supplement.

INTRODUCCIÓN

En las regiones tropicales de México, la alimentación de los bovinos se basa principalmente en el pastoreo; no obstante, durante épocas climáticas críticas, como la sequía, tanto la disponibilidad de forraje como su calidad nutricional se ven limitadas, lo que ocasiona un impacto negativo en la producción de leche y carne (Espinosa *et al.*, 2015; Vera *et al.*, 2015). La elaboración de bloques nutricionales o suplementos alimenticios sólidos representa una opción para proveer energía metabolizable, proteína cruda y minerales que el forraje no puede aportar a los rumiantes (Ku *et al.*, 2015; Fariñas *et al.*, 2009).

Dentro de las materias primas más utilizadas para su elaboración destacan: la melaza de caña de azúcar (que proporciona un sustrato fermentable, minerales y oligoelementos), la urea (como proveedora de nitrógeno no proteico), las sales minerales (que aportan los minerales esenciales), la cal viva (como fuente de calcio y para dar consistencia sólida al bloque), y el salvado de trigo o arroz (que suministra proteína, fósforo, energía y actúa como agente absorbente de la melaza) (Sansoucy, 1986; Sansoucy, Aarts y Leng, 1988).

Los bloques se presentan como una masa sólida que no puede ser consumida en grandes cantidades por su dureza, debido a un material cementante que también se agrega en su preparación: óxido de magnesio, bentonita, óxido de calcio, hidróxido de calcio o cemento, entre otros (Fariñas *et al.*, 2009; Sansoucy *et al.*, 1988).

La elaboración de suplementos sólidos no es nueva. Existe una generación de suplementos sólidos alimenticios que producen que el bloque endurezca rápido. Esto se basa en un proceso de reacción exotérmica (Schroeder y Appleman, 1977), lo cual hace que endurezca en pocas horas y manifieste una dureza tal, que permita a los bovinos lamer en lugar de morder, logrando que el animal consiga los nutrientes en pequeñas dosis. La proporción de los ingredientes empleados en su elaboración es determinante de la dureza, ya que valores mayores de 6.0 kg fuerza (kgf/cm²) hacen demasiado duro el bloque nutricional y disminuyen su consumo, mientras que cifras por debajo de 5.0 kgf/cm², no permiten una conformación adecuada del bloque (Sansoucy, 1986).

Su elaboración es una práctica sencilla a nivel de finca, por lo que puede ser adoptada con facilidad por los productores, sin incurrir en costos elevados. Además de la baja dificultad para su elaboración, también resulta sencillo suministrarlos en los potreros, por lo que su uso permite incluir una gran variedad de componentes sólidos y líquidos, dependiendo de su disponibilidad local, valor nutritivo, precio, instalaciones existentes para su uso, y su influencia en la calidad de los bloques (Sansoucy *et al.*, 1988). El objetivo de este trabajo fue determinar el porcentaje de melaza, la mezcla endurecedora y el tipo de endurecedor que permiten obtener bloques nutricionales con una resistencia satisfactoria a la penetración.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de nutrición animal del Campo Experimental La Posta, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, localizado en las coordenadas 19° 00' 49" N y 96° 08' 19" O (INEGI, 2009). El clima predominante en el área corresponde al Aw₂ tropical sub-húmedo (Vidal, 2005); con una precipitación pluvial de 1,461 mm, y humedad relativa de 77.4%. Así como, en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos del Instituto Tecnológico de Veracruz, donde se realizaron dos experimentos. En el primero se evaluaron tres niveles de melaza (40, 45 y 50%) y cuatro diferentes endurecedores al 12% (cemento, cal, yeso y la mezcla cal+cemento en partes iguales), de los cuales se descartó el yeso, dado no aportó la consistencia requerida para que los bloques se pudieran utilizar. Los ingredientes fijos fueron: urea 9%, ácido fosfórico 4%, salvado

de trigo 18%, sal común 5%; y los ingredientes de relleno: pasta de soya y sorgo hasta completar el 100% en base húmeda.

El mezclado de los ingredientes se realizó en una revolvedora, accionada por un motor de 8 caballos de potencia con capacidad de 255 L y 20 rpm. La mezcla elaborada de 50 kg se depositó en moldes de plástico (cubetas) con capacidad de 8 kg aproximadamente. Al tercer día se retiraron las preparaciones de los moldes y se almacenaron en un cuarto a temperatura de 28.1 ± 1.1 °C. Se realizaron mediciones de la resistencia a la penetración (dureza del bloque en kgf/cm^2) a partir del tercer día de fabricación, cada tres días hasta el día 18; y después, cada 6 días hasta el día 42. Éstas se efectuaron con un texturómetro marca Instron modelo 1140, con sensor de 5 a 50 kg. El diseño experimental fue un completamente al azar en un arreglo factorial de 3 x 3 con un total de nueve tratamientos y seis repeticiones cada uno.

Derivado de los resultados del primer experimento, se planteó un segundo experimento, donde se evaluaron tres diferentes niveles de endurecedores: 8, 10 y 12% y seis mezclas endurecedoras. Los endurecedores empleados para preparar las mezclas fueron: cemento, cal, bentonita y sebo de res. Los ingredientes fijos utilizados se muestran en el Cuadro 1. En el Cuadro 2 se muestran los 18 tratamientos que se elaboraron, utilizando ingredientes variables como cemento, cal, bentonita, sebo y maíz molido para ajustar la formulación.

Cuadro 1. Ingredientes fijos en porcentajes base húmeda, en la elaboración de bloques nutricionales.

Ingredientes fijos	Porcentaje
Melaza de caña, >85 °Brix	45
Sal mineral	5
Ácido fosfórico	4
Urea, fuente nitrógeno no proteico	9
Pasta de soya, proteína verdadera	6
Salvado, fuente de fibra	18

Cuadro 2. Ingredientes variables (13%) en porcentaje base húmeda, en la elaboración de bloques nutricionales.

Tratamiento	Cemento	Cal	Bentonita	Sebo	Maíz
1	6	0	6	0	1
2	3	6	3	0	1
3	0	6	6	0	1
4	12	0	0	0	1
5	6	0	0	6	1
6	0	6	0	6	1
7	5	0	5	0	3
8	2.5	5	2.5	0	3
9	0	5	5	0	3
10	10	0	0	0	3
11	5	0	0	5	3
12	0	5	0	5	3
13	4	0	4	0	5
14	2	4	2	0	5
15	0	4	4	0	5
16	8	0	0	0	5
17	4	0	0	4	5
18	0	4	0	4	5

Para la elaboración de los bloques nutricionales, se utilizaron cubetas de plástico de 8 kg de capacidad; el mezclado se realizó con la siguiente secuencia:

1. Los endurecedores se disolvieron en agua y se vertieron en la cubeta de 8 kg.
2. Para el caso del endurecedor sebo de res, se fundió.
3. Se adicionó melaza de caña con un mínimo de 85 °Brix, con mezclado manual.
4. Se agregó el ácido fosfórico lentamente, debido a la reacción exotérmica que provoca.
5. Adición de la fuente de nitrógeno no proteico, urea.
6. Adición de fuente de proteína verdadera, pasta de soya.
7. Finalmente, los ingredientes de relleno o fibra, salvado y maíz molido.

Para la evaluación de la facilidad y envasado del bloque nutricional, se tomó en cuenta la siguiente escala de valoración para cada variable:

Facilidad de mezclado: 1=muy mala, 2=mala, 3=regular, 4=buena y 5=muy buena.

Facilidad de vaciado: 1=muy mala, 2= mala, 3=regular, 4=buena y 5=muy buena.

Consistencia: 1=seca, 2=viscosa/seca, 3=viscosa.

Compactación: 0=requirió compactación, 1=no requirió compactación.

Solidificación: 0=No, 1=Sí.

Las mezclas obtenidas de cada tratamiento se depositaron en moldes de un kg, facilitando su manejo. Se tomaron muestras para análisis de materia seca, proteína cruda, calcio, fósforo (AOAC, 1999); y fibra ácido detergente por el método de Van Soest *et al.* (1991). Los bloques permanecieron en el molde en el laboratorio de nutrición animal hasta el día 4 que se sacaron del molde. Se trasladaron al laboratorio de alimentos del Instituto Tecnológico de Veracruz, donde se efectuaron las mediciones de resistencia a la penetración (kgf/cm^2), con un texturómetro modelo Instrom 1140, con un sensor de 20 kg y un punzón de 1/4". Las mediciones se realizaron al inicio (día 4 de fabricación), cada 10 días hasta el día 34. Cabe aclarar que las mediciones de resistencia a la penetración durante el tiempo, se hicieron sobre los mismos bloques. Los datos de resistencia a la penetración, se analizaron bajo un diseño completamente al azar en un arreglo factorial de 3 (niveles de endurecedor) x 6 (diferentes mezclas de endurecedores) con 6 repeticiones por tratamiento.

Los análisis de varianza de los dos experimentos se realizaron con el procedimiento GLM del software MINITAB v17 y la comparación de medias, con el método de Tukey con una $\alpha=0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

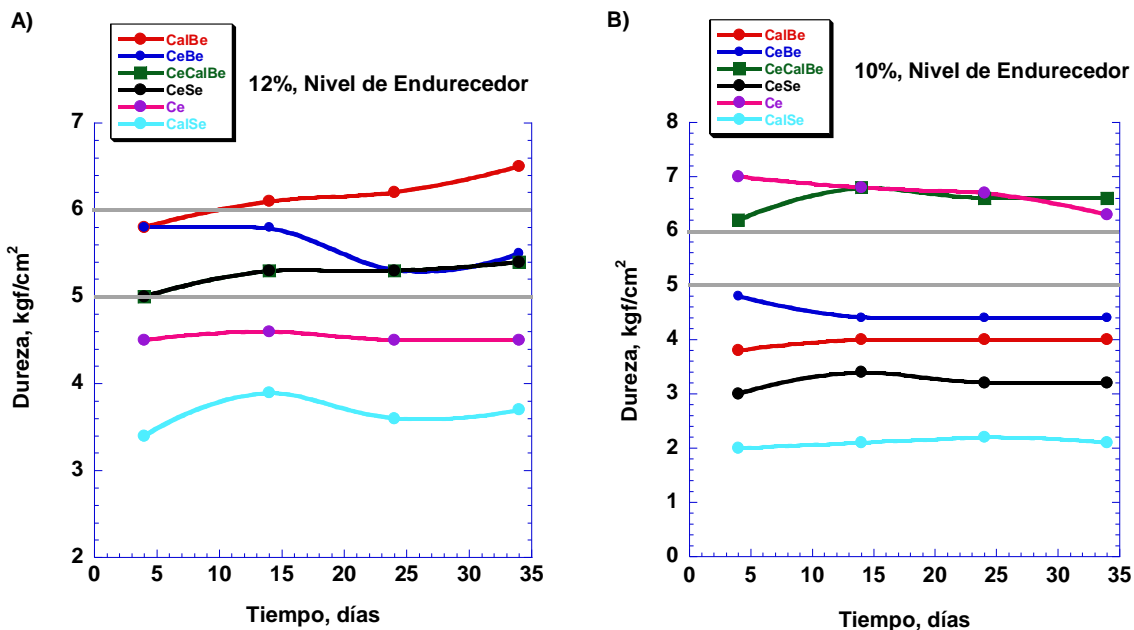
Los resultados del primer experimento indican que, prácticamente desde del día de la fabricación, las mezclas que incluían yeso no tuvieron consistencia para ser retiradas de los moldes, por lo consiguiente, no se realizaron las mediciones de resistencia a la penetración, y esos tratamientos se descartaron del experimento. Los análisis realizados al resto de los tratamientos, durante el tiempo de almacenamiento, indican que los bloques nutricionales no sufrieron cambios significativos ($p>0.05$) hasta el día 24. La adición de melaza en diferentes niveles, sí mostró un efecto significativo ($p<0.05$) sobre la resistencia a la penetración, con valores de 7.61^a, 5.19^b, y 2.46^c kgf/cm^2 para 40, 45 y 50%, respectivamente. Se observó una tendencia a disminuir la dureza del bloque a medida que los niveles de melaza se incrementan, cabe hacer mención que la melaza tiene un efecto endurecedor, pero que llevaría más tiempo llegar a la dureza adecuada, por lo que es indispensable la adición de endurecedores, que catalicen, ya sea por elevación de temperatura debida a una reacción exotérmica, o por medios mecánicos. Por lo anterior, la melaza de caña de azúcar, es un ingrediente fundamental en la elaboración de los bloques nutricionales, por coadyuvar al endurecimiento y por su aporte energético. Por otra parte, analizando el efecto de los endurecedores empleados y sus mezclas, no se detectó diferencia estadística significativa ($p>0.05$) entre la mezcla cal/cemento y cemento solo, con cifras de 4.14^a y 4.50^a kgf/cm^2 ; sin embargo, ambos resultaron diferentes ($p>0.05$) cuando se compararon con el uso de cal sola, y con un registro de la dureza fuera de los niveles

adecuados para usarlo como un suplemento sólido para la alimentación de rumiantes, con un registro de 6.63^b kgf/cm².

En la figura 1a se muestra el comportamiento de la dureza de los bloques nutricionales elaborados con diferentes mezclas endurecedoras: cal/bentonita (CalBe), cemento/bentonita (CeBe), cemento/cal/bentonita (CeCalBe), cemento/sebo (CeSe), cemento (Ce) y cal/sebo (CalSe), durante 34 días. En la figura A, se puede apreciar que la dureza de los bloques del nivel de 12%, para las mezclas de Ce y CalSe no sufrieron cambios, manteniendo esta variable en valores de 4.6 kgf/cm² para Ce y entre 3.4-3.8 kgf/cm² para CalSe. No obstante, ambas mezclas tuvieron valores más bajos de lo que se recomienda que debe tener un bloque con respecto a su dureza, de tal manera que se permita un buen manejo y mantener la consistencia para que los rumiantes puedan lamerlo y no morderlo.

Para las mezclas CeBe, CeCalBe y CeSe, los valores de dureza no sufrieron cambio alguno a través del tiempo, y se mantuvieron dentro del intervalo deseado para un bloque destinado a la suplementación proteico-energético en la alimentación de rumiantes en pastoreo (5-6 kgf/cm²). Es importante mencionar que la inclusión de cemento al 6%, combinado al mismo porcentaje con bentonita o sebo de res, muestra resultados de dureza adecuados, como ya se mencionó anteriormente; y también, se obtienen buenos resultados con inclusión de cemento al 4%, combinado con cal y bentonita a la vez (Figura 1a).

En la figura 1b se presentan los resultados de la variable dureza con el nivel de 10% de endurecedor a través de tiempo. Se observa que las mezclas endurecedoras CeCalBe y CeBe, mantienen la dureza que adquirió el bloque desde el cuarto día de fabricación, con un valor arriba de 6 kgf/cm²; mientras que las mezclas restantes, presentaron valores inferiores a los 5 kgf/cm². En la figura 1c se muestra el comportamiento de la dureza al nivel 8% de endurecedor, donde se aprecia que todas las mezclas probadas con este nivel de endurecedor, presentaron una dureza que está por debajo de 5 kgf/cm².



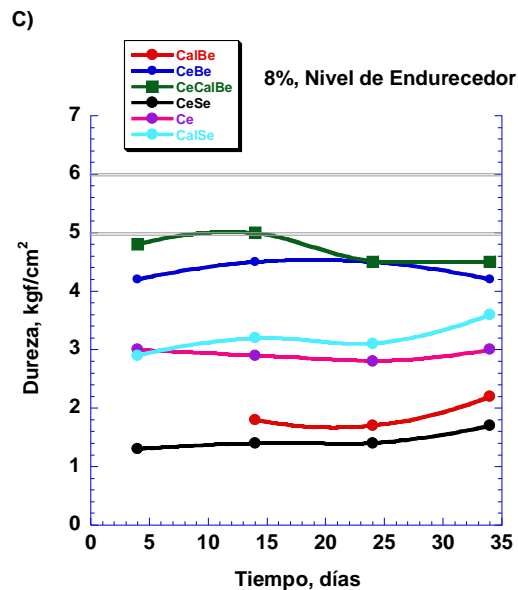


Figura 1. Comportamiento de la dureza de los bloques nutricionales: a) 12%, b) 10% y c) 8%, de nivel de endurecedor durante 34 días de almacenamiento a 28.1 °C.

Los resultados de la evaluación de facilidad y envasado del bloque nutricional de los 18 tratamientos, es producto de la sumatoria de las variables utilizadas (facilidad de mezclado, vaciado, consistencia, compactación y solidificación), y entre mayor es el valor total de la sumatoria (15), mejor calificación tiene. La facilidad de mezclado y vaciado en todas las mezclas endurecedores a diferentes niveles, presentaron valores que estaban entre buena (4) y muy buena (5). Para el caso de la consistencia y compactación, el incluir sebo de res y bentonita, combinados con el cemento, permitieron mejorar la firmeza, adquiriendo una consistencia viscosa (3), así como también, no se requirió hacer compactación en el molde. Para el caso de la solidificación, todos los bloques en los tres niveles ensayados solidificaron. Estos resultados fueron similares a los publicados por Sansoucy (1986). Los bloques nutricionales se pudieron manipular adecuadamente a partir del cuarto día, reduciendo en tiempo a lo encontrado por otros autores (Ayala, 1989; Sansoucy, 1986), que reportan como un mínimo una semana para poder manipularlos o utilizarlos. En el cuadro 3 se muestra que las mezclas de endurecedores Cemento/Bentonita y Cemento/sebo de res presentaron los mejores valores en los tres niveles estudiados.

Cuadro 3. Resultados de la evaluación total de la facilidad y envasado del bloque nutricional durante su elaboración.

Endurecedores	Nivel de endurecedor (%)		
	12	10	08
Cemento/bentonita	14	13	15
Cemento/cal/bentonita	10	08	12
Cal/bentonita	09	11	11
Cemento	10	09	09
Cemento/sebo de res	15	14	15
Cal/sebo de res	10	13	11

La resistencia a la penetración o dureza de los bloques nutricionales preparados a diferentes niveles endurecedores, presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) con valores de 5.08^a, 4.47^b y 3.12^c con respecto a 12, 10 y 8% de los niveles de endurecedor.

En el cuadro 4 se presentan los resultados de la resistencia a la penetración o dureza del bloque de los tratamientos analizados, niveles de endurecedor y mezcla endurecedora. Tomando como valores referenciales y a la vez evaluados por Saunsoucy (1986), quien encontró que la dureza de los bloques debe tener valores de 5 a 6 kgf/cm², de tal manera que los rumiantes puedan lamer y consumir los nutrientes necesarios. En relación a lo anterior, se encontró que los valores mayores de dureza se presentaron en las mezclas CeCalBe y Ce, con 6.68 y 6.61 kfg/cm² respectivamente, con el 10% de endurecedor, además fueron iguales entre si estadísticamente (p>0.05), pero diferentes a todas las mezclas evaluadas (p<0.05). Por su parte, las mezclas de CeBe, CalBe y CeSe mostraron valores decrecientes y significativos (p<0.05) a medida que el nivel de endurecer disminuía. La inclusión del sebo de res en menor proporción, disminuyó la dureza de los bloques, con valores de 5.18^a, 2.09^b y 1.41^c kgf/cm²; el mismo efecto presentó la bentonita en combinación con la cal y el cemento. La mezcla CalSe no presentó ningún efecto significativo (p>0.05) al disminuir el nivel de endurecedor, tuvo valores de resistencia a la penetración de 3.72, 3.13 y 3.34 kgf/cm². El sebo de res no presentó el mismo efecto como en el cemento. Las mezclas endurecedoras que presentaron los valores adecuados a los referenciales fueron las mezclas CeBe, CeSe y CeCalBe a un nivel de 12% de endurecedor.

Cuadro 4. Resistencia a la penetración (kgf/cm²) de los tratamientos de la combinación de diferentes mezclas y niveles de endurecedores de los bloques nutricionales.

Endurecedores	Nivel de endurecedor (%)		
	12	10	08
Cemento/bentonita	5.77 ^b	4.42 ^{de}	1.87 ^h
Cemento/cal/bentonita	5.20 ^c	6.58 ^a	4.74 ^{cd}
Cal/bentonita	6.10 ^b	4.00 ^e	4.43 ^{de}
Cemento	4.52 ^d	6.61 ^a	2.91 ^g
Cemento/sebo de res	5.18 ^c	2.09 ^g	1.41 ^h
Cal/sebo de res	3.72 ^f	3.13 ^g	3.34 ^{fg}

Letras diferentes entre columna y reglón, son estadísticamente diferente (P<0.05), comparación de medias por el método de Tukey con una alfa de 0.05. Error Estándar de la Media=0.94.

Las medias, desviación estándar, valores mínimos y máximo del análisis químico de los bloques nutricionales, con los niveles de endurecedor de 8, 10 y 12%, se presentan en los Cuadros 5, 6 y 7.

Cuadro 5. Composición química de los bloques nutricionales con el nivel 12% de endurecedor en Porcentaje Base Seca.

Componente (%)	N	Media	DevSt	Mínimo	Máximo
Materia seca	6	87.05	1.55	84.4	88.40
Proteína cruda	6	38.83	1.25	36.9	39.80
Calcio	6	4.45	1.03	3.27	5.75
Fósforo	6	3.14	0.06	3.02	3.18
FAD	6	2.72	0.25	2.53	3.18

DevSt = Desviación Estándar; FAD = Fibra ácido detergente; N = número de observaciones

Se muestra que el contenido de humedad en los tres niveles fue similar, aproximadamente de 13%, con valores mínimo de 11 y máximo de 18%, lo que no afectó el desarrollo de la dureza o resistencia a la penetración, lo cual fue debido al efecto de los endurecedores. El contenido de la proteína cruda en los bloques nutricionales de los tres niveles de endurecedor fue de 39% en base seca, donde el aporte de la proteína verdadera fue de un 6%, proporcionado por la pasta de soya, salvado de trigo y maíz molido, el resto como fuente de nitrógeno no proteico.

Cuadro 6. Composición química de los bloques nutricionales con el nivel 10% de endurecedor en Porcentaje Base Seca.

Componente (%)	N	Media	DevSt	Mínimo	Máximo
Materia Seca	6	87.03	2.05	82.9	88.3
Proteína cruda	6	39.08	1.23	37.5	40.7
Calcio	6	3.94	0.87	2.93	5.01
Fósforo	6	3.01	0.089	2.89	3.11
FAD	6	2.40	0.56	2.03	3.48

DevSt = Desviación Estándar; FAD = Fibra ácido detergente; N = número de observaciones.

Cuadro 7. Composición química de los bloques nutricionales con el nivel 8% de endurecedor en Porcentaje Base Seca.

Componente (%)	N	Media	DevSt	Mínimo	Máximo
Materia Seca	6	87.60	1.06	87.75	89.00
Proteína cruda	6	39.98	0.65	39.80	40.80
Calcio	6	3.27	0.71	3.19	4.13
Fósforo	6	2.99	0.06	3.00	3.04
FAD	6	2.52	0.40	2.43	3.16

DevSt = Desviación Estándar; FAD = Fibra ácido detergente; N = número de observaciones.

Una de las ventajas de los bloques nutricionales es regular el consumo del nitrógeno no proteico, evitando toxicidad al rumiante y dotando de los requerimientos de microorganismos en el rumen. Con respecto al contenido de calcio y fosforo total en los bloques nutricionales, se presenta en una relación calcio/fósforo de 1.4, 1.3 y 1.1 para los niveles de 12, 10 y 8% del nivel de endurecedor, tomando en cuenta que contribuyen como parte del proceso de endurecimiento de los bloques, esto contenidos pudieron no influir en el efecto que produjeron los endurecedores. Los contenidos de celulosa y lignina, medido a través de la Fibra Ácido Detergente, son muy bajos (2.5% base seca), por lo que se considera que los bloques nutricionales elaborados tienen una buena digestibilidad de la materia seca.

CONCLUSIONES

La inclusión de 45% de melaza, más la adición de la mezcla endurecedora cal+cemento o con cemento solo, permiten preparar una mezcla que presente una resistencia satisfactoria a la penetración, por lo que es adecuada para la elaboración de un bloque nutricional. Las mezclas de endurecedores cemento+bentonita y cemento+sebo de res con un nivel del 12 y 45% de melaza de caña, presentaron las mejores características de resistencia a la penetración y una facilidad de elaboración y envasado de los bloques nutricionales.

LITERATURA CITADA

- The Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1999. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (16th Ed.). Washington, D.C.
- Ayala, B.A. 1989. Uso de bloques melaza-urea en la suplementación alimenticia de rumiantes. En: Segunda Reunión sobre producción animal tropical. Universidad de Yucatán y Colegio de Postgraduados. Mérida. México.
- Espinosa, J., S. Góngora, A. García, F. Cervantes, M. Moctezuma, M. Mancilla y L. Velázquez. 2015. Aspectos socioeconómicos de la ganadería bovina tropical. En: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y Red de Investigación e Innovación Tecnológica para la Ganadería Bovina Tropical. México. pp. 230–250. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

- Fariñas, T., B. Mendieta, N. Reyes, M. Mena, J. Cardona y D. Pezo. 2009. Manual técnico No 92. ¿Cómo preparar y suministrar bloques multinutricionales al ganado? Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza. Managua. Nicaragua.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades. México. Disponible en <http://mapserver.inegi.org.mx/mgn2k/?s=geo&c=1223>.
- Ku, V.J.C., L.F.I. Juárez, M.G.D. Mendoza, M.J.L. Romano y M.A.S. Shimada. 2015. Alimentación del ganado bovino en las regiones tropicales de México. En: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y Red de Investigación e Innovación Tecnológica para la Ganadería Bovina Tropical. México. pp. 69–98. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Minitab, I. 2014. MINITAB release 17: statistical software for windows. Minitab Inc, USA, 371.
- Sansoucy, R. 1986. Fabricación de bloques de melaza y urea. *Revista Mundial de Zootecnia*, (57) 40–48.
- Sansoucy, R., G. Aarts and R.A. Leng, 1988. Molasses-urea blocks as a multnutrient supplement for ruminants. *FAO Animal Health and Production*, (72) 263–279.
- Schroeder, J.J. and M.D. Appleman. 1977. Solid animal feed supplement. U.S. Patent 4, 027.043
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10).
- Vera, A.H.R., G.A. Villa, S.H. Jiménez, G.H. Álvarez, S.J.F. De la Torre y A.C.G. Gutiérrez. 2015. Eficiencia reproductiva de los bovinos en el trópico. En: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y Red de Investigación e Innovación Tecnológica para la Ganadería Bovina Tropical. México. pp. 153–192. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Vidal, Z.R. 2005. Las regiones climáticas de México. Colección: Temas Selectos de Geografía de México. Tesis UNAM. México.