

# UTILIZACIÓN DE RESIDUOS NO CONVENCIONALES EN LA SUPLEMENTACIÓN DE ALIMENTOS PARA GANADO BOVINO

*Data de aceite: 02/08/2023*

### **Diana Isis Llanes Gil López**

Instituto Tecnológico de Altamira.  
Tecnológico Nacional de México.  
Altamira, Tamaulipas

### **María Elena Sánchez Pardo**

Instituto Politécnico Nacional, ENCB-  
Zacatenco, México

### **Elvia Margarita Romero Treviño**

Instituto Tecnológico de Altamira.  
Tecnológico Nacional de México.  
Altamira, Tamaulipas

### **Jorge Aurelio Lois Correa†**

### **Jorge Hiram García García**

Instituto Tecnológico de Altamira.  
Tecnológico Nacional de México.  
Altamira, Tamaulipas

de los componentes fibrosos de la caña, para ganado bovino, con una granulometría tipo harina acompañado de una adecuada suplementación proteica, con la finalidad de incrementar la digestibilidad del componente fibroso del alimento (lignina, hemicelulosa y celulosa) se implementó un tratamiento químico alcalino a base de hidróxido de sodio (2 N), para detener la reacción alcalina y enriquecer proteicamente se le aplicó miel+urea al 2.0%. En la formulación fueron utilizados cereales como insumos energéticos y arbustos forrajeros. En otra formulación, se suplementó proteicamente con un subproducto de la producción de la enzima Transglutaminasa. Las formulaciones obtenidas fueron evaluadas física y químicamente además de evaluar la digestibilidad *in vitro*, así como parámetros bromatológicos.

**RESUMEN:** La alimentación animal representa uno de los gastos más elevados en la producción pecuaria, significando más del 60% del gasto total, siendo el contenido proteico de un alimento una de las principales variables a tomar en cuenta, en este sentido se presenta el desarrollo de un alimento base pre-digerido a partir

## INTRODUCCIÓN

Teniendo de panorama a los grandes problemas de contaminación que experimenta México, surgen como alternativas, las tecnologías verdes y, dentro de estas, se encuentra el aprovechamiento de uno de los cultivos más promisorios del

siglo XXI. De acuerdo con cifras del Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (Conadesuca), el 28 de julio de 2021 concluyó la molienda de caña de los 49 ingenios que se encuentran en el territorio mexicano, con lo cual la producción nacional de azúcar refinada alcanzó 1 348 267 toneladas ( Pag. Electrónica Gob 2022); aunado a esto en México tenemos un problema de desnutrición importante. De acuerdo con los datos del INEGI, en México mueren cada año aproximadamente 8500 personas a causa de la desnutrición. México es un país en el que se padece hambre. Al respecto la ONU propuso una agenda del desarrollo sostenible para paliar los problemas mundiales más apremiantes. Por lo que este proyecto está alineado a 4 de los 17 objetivos de la agenda 2030 de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU México; 1: fin de la pobreza, 2: Hambre, 6: Agua limpia y saneamiento y 12: Producción y consumo responsable. Ya que, al utilizar el bagazo, un residuo agroindustrial de la caña de azúcar, como materia prima, se disminuye tanto el costo del alimento así como la contaminación ambiental generando un coproducto de valor agregado.

Cabe destacar que la alimentación es el factor que más afecta a la producción de carne de cualquier hato, debido a que se estima en un 75% del costo total de la producción; (García-Contreras AC, 2012).

En la búsqueda de alternativas económicas y técnicamente viables, se buscó dar un aprovechamiento al bagazo de caña de azúcar, así como un residuo de la producción de transglutaminasa microbiana. La Transglutaminasa (R-glutaminil-péptido  $\gamma$ -glutaminil-transferasa) es una enzima que cataliza las reacciones de entrecruzamiento de los grupos  $\gamma$ -carboxiamida de los residuos de glutamina y los grupos  $\epsilon$ -amino de los residuos de lisina.

Algo relevante a mencionar es la relación entre el tamaño de partículas y la digestibilidad del alimento; como ejemplo, se puede citar lo que ocurre con las harinas de subproductos avícolas o cárnicos mal molidos en los que se ha podido determinar una disminución en la digestibilidad del alimento. En este sentido la *American Feed Control Officials* recomienda 100 % de paso en criba No. 7 (USA) y 95% de paso en criba (USA) No. 10 (ref 32), como factores a tener en cuenta en la selección de molinos y cribas.

Esta enzima se utiliza en la tecnología de alimentos para reestructurar los enlaces proteicos de productos cárnicos, lácteos y pescados, por lo que es considerada un eficiente aditivo de unión de proteínas. La Transglutaminasa (TGasa) se ha encontrado en una gran variedad de organismos eucariotas, desempeñando un papel fundamental en las reacciones de coagulación de la sangre, y se ha identificado en la cascada de coagulación como el factor XIII. Sin embargo, TGasa se ha obtenido también de microorganismos del género *Streptovorticillium*, la cual tiene la ventaja de ser Ca<sup>+</sup> independiente. Entre las especies de este género, *Streptovorticillium ladakanum* es el mejor productor de la enzima (Nonaka y col., 1989). La transglutaminasa microbiana puede unir proteínas, por lo que se usa para mejorar la textura, la palatabilidad y la vida útil de los alimentos.

Las proteínas no solo son nutrientes muy importantes, sino que también desempeñan un papel importante como ingredientes que contribuyen en gran medida a las propiedades químicas de los alimentos.

En las últimas décadas, debido a la preocupación por la escasez mundial de alimentos como resultado del crecimiento de la población, ha habido un creciente interés en el uso avanzado de proteínas alimentarias, tal es el caso de la transglutaminasa microbiana

## METODOLOGÍA

Debido a la composición física heterogénea del bagazo, se realizó un cribado dirigido a disponer de un material granulométricamente homogéneo; en este sentido, se optó por cribar el bagazo en malla de 0.5 mm de luz equivalente a un tamiz 32 Tyler.

La *American Feed Control Officials* recomienda 100 % de paso en criba No. 7 (USA) y 95% de paso en criba (USA) No. 10 (ref 32), como factores a tener en cuenta en la selección de molinos y cribas.

Para la obtención del subproducto de transglutaminasa, se utiliza glucosa obtenida de harina de sorgo la cual pasa por dos procesos: Hidrólisis enzimática con amilasa y  $\alpha$ -amilasa y centrifugación para separar la glucosa del resto de los componentes de la harina.

El subproducto derivado de esa producción, contiene una alta concentración de proteínas, considerándose por tanto un buen suplemento para alimento animal

Posteriormente el bagazo de caña de azúcar fue sometido a un pretratamiento alcalino a una concentración 2 N de hidróxido de sodio asistido por microondas utilizando una potencia de 700 W por un lapso de 3.5 min. Se aplicó un tratamiento sumergido, se colocaron muestras de 10 g en una relación 1:2 muestra/ solución (75 ml NaOH al 2N) y se sometió al tratamiento por microondas (800W/3.5 min). Para detener la reacción alcalina y enriquecer proteicamente, se le aplicó miel+urea al 2.0%. posteriormente se filtró el experimento y se lavaron las fibras hasta obtener un pH neutro. Dichas fibras se clasificaron después del tratamiento para la caracterización física de las fibras integrales, y post-tratamiento se empleó Microscopía con focal con barrido laser.

Para la formulación de los alimentos se utilizó el software CONFOR 2010. Se realizó el análisis proximal para conocer la composición química, determinando el contenido de materia seca (MS), cenizas (CE), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) (AOAC, 1995), extracto etéreo (EE) (NMX, s.f.).

Para la determinación de la digestibilidad la muestra de líquido ruminal de bovino fue donada por la Escuela Nacional de Posgraduados de la Ciudad de Texcoco. Este procedimiento es tomado de la técnica de dos etapas Tilley y Terry (1963).

## RESULTADOS

Se realizaron análisis químico proximal del subproducto de transglutaminasa obteniéndose; proteína cruda 11.09 g/100 g base seca, humedad 7.4 g/100 g, materia seca 95.5 g/100 g y cenizas 1.73 g/100 g.

Se realizó un experimento *in vitro* donde se simuló el tratamiento alcalino con NaOH bajo las mismas condiciones utilizadas para realizar el alimento base. En la Figura 1 se observa una secuencia de imágenes de dicho experimento, tomadas en lapsos de tiempo de 60 seg; en las que, la primera imagen, representa el bagazo inicial; las imágenes de la 1-9 representan el tratamiento alcalino; y, en la imagen 11, la aplicación de la solución de miel+urea+sal; en las imágenes 1-10, se puede observar cómo la fluorescencia aumenta conforme se va exponiendo la lignina por la ruptura de los enlaces, partir de la aplicación de la solución antes mencionada.

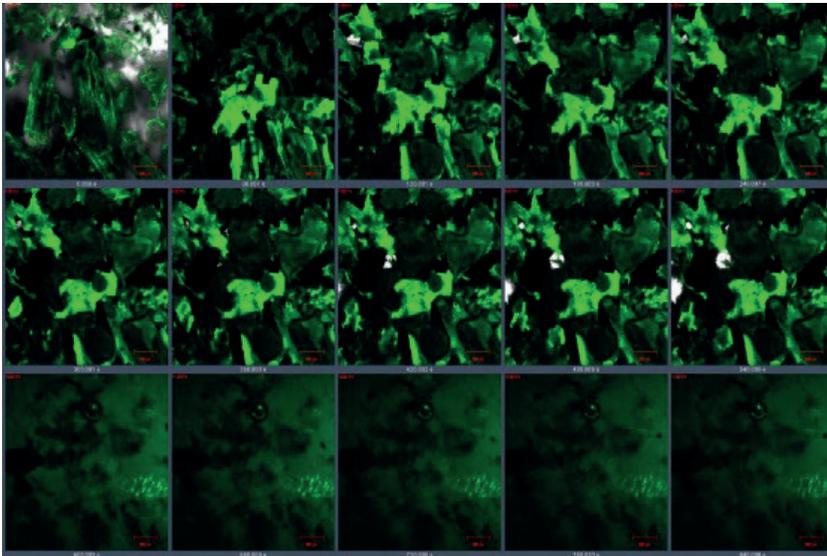


Figura 1. Experimento *in vitro* por MCBL, simulación de tratamiento alcalino.

En comparación con la digestibilidad promedio del zacate Buffel se puede apreciar una digestibilidad mayor en el alimento final **BPS**, esto debido a la acción de delignificación del pre-tratamiento químico sobre la fibra, lo cual posiciona a la formulación como un buen suplemento alimenticio con digestibilidad incrementada para ganado bovino (Cuadro 1).

MUESTRA	%DIVMS
Bagazo integral	32.04 ± 1
Bagazo integral predigerido (BP) ( con NaOH)	60.33 ± 0.83
Bagazo predigerido suplementado (BPS) (Dieta realizada en software Confort	72.30 ± 0.37
Pasto Buffel	56% ± 1

Cuadro 1. Resultados de Digestibilidad *in vitro*.

En cuanto el análisis bromatológico se puede observar un incremento en el contenido de proteína y cenizas en el bagazo predigerido y suplementado en comparación del bagazo integral, lo cual demuestra una adecuada suplementación proteica con residuos de transglutaminasa microbiana, también se observa una disminución en el contenido de fibra detergente acida y de lignina producto del tratamiento alcalino (Cuadro 2).

Muestra g/100 g	Hum	MS	PC	Cenizas	EE	FC	ELN	FDA	LDA lignina
Bagazo Integral	7.4	92.5	4.2	4	1.7	80.7	2	63.89	25.36
Bagazo predigerido (BP)	8.7	91.2	6.1	7.8	1.8	46.0	29.4	50.22	13.23
Bagazo predigerido y suplementado (BPS)	20.9	79.0	18.8	6.9	3.7	37.8	12	---	---

Cuadro 2. Resultados de análisis bromatológico de bagazo de caña integral y alimentos formulados.

## DISCUSIÓN

De acuerdo a lo reportado con Molavian, 2020 *et al* el bagazo de caña de azúcar tiene más del 80 % de FDN y 3,0 % de proteína, en la presente investigación se logró un aumento nutricional de este residuo agroindustrial ya que se obtuvo un aumento de 3 % en proteína en el bagazo predigerido (BP) y un aumento de 15 % de proteína en comparación del alimento final (BPS).

Por su parte el alimento final BPS, obtuvo valores similares a los reportados por Saez et al 1992 en el alimento BAGARIP donde obtuvo materia seca (de 25 a más de 85%), cenizas (4 a 12%), proteína bruta (10 a 22%), proteína verdadera (7 a 22%) y fibra bruta (7 a 22%).

## CONCLUSIONES

La presente investigación, por tanto, está dirigida a contribuir a aliviar uno de los

problemas más apremiantes que enfrenta el sector agropecuario mexicano, la producción de un alimento animal para engorde de ganado bovino en condiciones técnicas y económicamente viables.

La selección del tratamiento alcalino, en base a una solución de hidróxido de sodio a una concentración 2.0 Normal durante un tiempo de retención de 10 minutos, resultó acertada al lograrse la pre-digestión del componente fibroso del bagazo mediante la ruptura de los enlaces de lignina.

En los estudios morfológicos realizados se aprecian los cambios experimentados en las fibras del bagazo y la ruptura de enlaces de la lignina. En los resultados obtenidos por la técnica de MCBL, se pudo determinar la fragmentación del material fibroso como resultado de la reacción al agente alcalino al ser comparado con la imagen perteneciente al bagazo integral sin tratamiento. Este aspecto se corroboró en las micrografías tomadas por MEB en las que, se pudo observar la fragmentación comparativa registrada en las fibras como reacción al agente alcalino al contrastarse con la imagen perteneciente al bagazo integral sin tratamiento.

## REFERENCIAS

1. AOAC. (1995). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist (990.21, Solid-Not-Fat in Milk).
2. Carlos G. Germán Alarcón, J. C. (2005). Producción de cerdos. México: Colegio de post graduados. García-Contreras AC, D. L. (2012). Feeding practices for pigs. Obtenido de Revista Complutense de Ciencias Veterinarias: anas/NM
3. Aguilar-Zarate, P., Aguilar-Zárate, M., Carrillo, M., Portilla-Rivera, O. (2012). Importancia de la producción de transglutaminasa microbiana para su aplicación en alimentos. Acta Química Mexicana. 4.
4. Manohar Rao, P.J. (1997). Industrial utilization of sugar cane and its co-products, ISPCK Publishers and distributors, Delhi, India, p. 232, ISBN: 81-7525-017-8.
5. ICIDCA (Instituto Cubano de Investigaciones de Derivados de la Caña de Azúcar). (1988). Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. Serie Diversificación, GEPLACEA – PNUD.
6. Jagdish C. Tewari (2007). *In situ* laboratory analysis of sucrose in sugarcane bagasse using attenuated total reflectance spectroscopy and chemometrics. International Journal of Food Science & Technology. Volume 42, Issue 2.
7. Importancia de la producción de transglutaminasa microbiana para su aplicación en alimentos. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/242330068\\_importancia\\_de\\_la\\_produccion\\_de\\_transglutaminasa\\_microbiana\\_para\\_su\\_aplicacion\\_en\\_alimentos](https://www.researchgate.net/publication/242330068_importancia_de_la_produccion_de_transglutaminasa_microbiana_para_su_aplicacion_en_alimentos) [accessed Feb 27 2022].
8. [https://www.gob.mx/agricultura/prensa/concluye-con-crecimiento-produccion-de-cana-y-azucar-de-la-zafra-2020-2021\\_agricultura?idiom=es#:~:text=De%20acuerdo%20con%20cifras%20del,mill%C3%B3n%20348%20mil%20267%20toneladas.](https://www.gob.mx/agricultura/prensa/concluye-con-crecimiento-produccion-de-cana-y-azucar-de-la-zafra-2020-2021_agricultura?idiom=es#:~:text=De%20acuerdo%20con%20cifras%20del,mill%C3%B3n%20348%20mil%20267%20toneladas.)

9. <http://www.engormix.com/MA-balanceados/fabricacion/articulos/plantas-de-rendering-t3272/801-p0.htm>>
10. Sáez, Silvio J., Pedraza Olivera, R., Ramos-Sánchez, L., Crespo Zafra, L. M. (1992). Bagazo rico en proteína (BAGARIP): alimento para animales obtenidos por FES de derivados de la caña de azúcar. *Bagazo rico en proteína (BAGARIP): alimento para animales obtenidos por FES de derivados de la caña de azúcar*. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/331994470\\_Bagazo\\_rico\\_en\\_proteina\\_BAGARIP\\_alimento\\_para\\_animales\\_obtenidos\\_por\\_FES\\_de\\_derivados\\_de\\_la\\_cana\\_de\\_azucar](https://www.researchgate.net/publication/331994470_Bagazo_rico_en_proteina_BAGARIP_alimento_para_animales_obtenidos_por_FES_de_derivados_de_la_cana_de_azucar) [accessed Jun 30 2022].
11. M. Molavian, GR Ghorbani, H Rafiee, K A Beauchemin. Substitution of wheat straw with sugarcane bagasse in low-forage diets fed to mid-lactation dairy cows: Milk production, digestibility, and chewing behavior. *Journal of Dairy Science*. 2020 Sept; 103(9): 8034-8047.