



ISSN 2007-1310
<https://pcti.mx>

Ciencia, Tecnología e Innovación
para el Desarrollo de México

Año 16, PCTI 247-SC-2025-08-25

Rastrojo de amaranto y enzimas fibrolíticas exógenas: una alternativa para mejorar la producción ovina

Humberto Pulgarín Ortega¹, Maria Angelica Ortiz Heredia^{2*}, Ricardo Bárcena Gama², Daniel Alonso Domínguez Olvera³, Oscar Vicente Vázquez Mendoza⁴.

¹Universidad Autónoma Chapingo. ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, herediang.16@gmail.com. ³Universidad Nacional Autónoma de México. ⁴Universidad Autónoma del Estado de México.

Medicina y Ciencias de la Salud

Abstract

Amaranth stubble (AS), an agricultural by-product with a high structural fiber content, has nutritional limitations. However, the use of exogenous fibrolytic enzymes (EFE) may improves its digestibility and nutrient availability. This study evaluated the effect of different doses of EFE (Fibrozyme®) on the in vitro digestibility of AS and the productive performance of lambs fed whole diets (40% forage and 60% concentrated). Twenty-four Dorper x Hampshire lambs (average weight: 31.5 ± 1.5 kg; age: 100 days) were distributed in three treatments with doses of EFE: 0, 2 and 3 g·kg⁻¹ of RA. The results showed that in vitro degradability and daily weight gain were higher with 2 g·kg⁻¹ of EFE, which also improved feed conversion. No significant differences were observed in carcass performance. These findings suggest that the addition of 2 g·kg⁻¹ of EFE to AS is a viable strategy to optimize sheep production.

Keywords: Amaranth stubble, exogenous fibrolytic enzymes, in vitro digestibility, productive behavior.

Resumen

El rastrojo de amaranto (RA) es un subproducto agrícola con alto contenido de fibra estructural y bajo contenido de nutrientes. Sin embargo, el uso de enzimas fibrolíticas exógenas (EFE) puede mejora su digestibilidad y disponibilidad de nutrientes. Este estudio evaluó el efecto de diferentes dosis de EFE (Fibrozyme®) sobre la digestibilidad in vitro del RA y de las dietas integrales (DI; 40% forraje y 60% concentrado), en el rendimiento productivo de corderos. Veinticuatro corderos Dorper x Hampshire (peso promedio: 31.5 ± 1.5 kg; edad: 100 días), fueron distribuidos al azar en tres tratamientos (n = 8) con dosis de 0, 2 y 3 g·kg⁻¹ Materia Seca (MS) RA de EFE. Los resultados mostraron que la degradabilidad in vitro de la MS del RA y DI, así como la ganancia diaria de peso y conversión alimenticia fueron mayores (P<0.05) con 2 g·kg⁻¹ que en lo demás tratamientos. No se observaron diferencias significativas en el rendimiento de la canal entre tratamientos. Estos hallazgos sugieren que la adición de 2 g·kg⁻¹ de EFE al RA es una estrategia viable para mejorar la producción ovina.

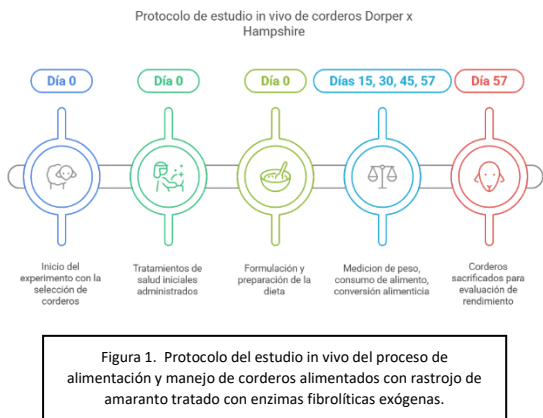
Palabras clave: Rastrojo de amaranto, enzimas fibrolíticas exógenas, digestibilidad in vitro, comportamiento productivo..

Problemática

La producción ovina enfrenta desafíos como el aumento en los costos de alimentación, especialmente durante épocas de escasez (Martínez-González et al. 2017). El aprovechamiento del rastrojo de amaranto como forraje alternativo ofrece una opción económica y sostenible. Sin embargo, su alto contenido en fibra limita su uso eficiente. Las EFE, con actividad celulolítica y ligninolítica, han demostrado ser una herramienta eficaz para mejorar la digestibilidad y el valor nutricional de forrajes lignocelulósicos (Lara-Bueno et al. 2013). Las épocas de escasez corresponden principalmente a los meses de invierno, cuando la disponibilidad de forraje disminuye notablemente. Por su parte, el rastrojo de amaranto puede aprovecharse tras la cosecha, en otoño e invierno, para complementar la alimentación en estos periodos críticos (Peña Betancourt & Legarreta, 2022).



Órgano Oficial de Difusión y Divulgación de la
AMECTIAC



Usuarios

Estudiantes y académicos del área pecuaria. Productores primarios interesados en alternativas sostenibles. Instituciones gubernamentales como la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

Introducción

La producción de carne ovina es una actividad esencial para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural, especialmente en países como México, donde esta industria contribuye significativamente a la economía nacional a través de productos como carne, lana, leche y productos elaborados, que tienen gran demanda cultural y comercial (Romero Martínez, 2020; Bobadilla-Soto et al., 2021). Los estados de México, Hidalgo, Veracruz, Jalisco, Puebla y Zacatecas son los principales productores, y en 2023 la producción ovina nacional alcanzó aproximadamente 68 mil toneladas de carne (SIAP 2023). Sin embargo, el aumento en los costos de alimentación representa un desafío importante para los productores, particularmente durante las épocas de escasez de forraje que ocurren principalmente en los meses de febrero, marzo y de junio a agosto, debido a la baja disponibilidad de pastos y alta demanda nutricional de los ovinos en estos periodos (Bobadilla-Soto et al., 2021). Para enfrentar esta problemática, el uso de residuos agrícolas como el rastrojo de amaranto (RA) (*Amaranthus hypochondriacus*), una especie con alto contenido de proteínas y minerales, pero con elevado contenido de fibra, puede ser una alternativa viable y económica. El rastrojo de amaranto está disponible principalmente en los meses de octubre y noviembre, tras la cosecha del grano, y se cultiva en regiones como el estado de México, Tlaxcala, Puebla, Hidalgo y Zacatecas, donde puede ser utilizado para la alimentación animal (López-Aguirre et al., 2016). Este subproducto agrícola es abundante y de bajo costo, pero su alto contenido de fibra estructural limita su digestibilidad y aprovechamiento nutricional (López-Aguirre et al. 2016, Martínez-González et al. 2017). El empleo de enzimas fibrolíticas exógenas (EFE) ha demostrado mejorar la degradabilidad de forrajes lignocelulósicos al descomponer las fibras vegetales en componentes más accesibles para los microorganismos del rumen. Estudios previos han reportado que la inclusión de EFE en dietas ovinas incrementa la digestibilidad aparente y el rendimiento productivo, sin efectos adversos sobre la salud animal (Gado et al. 2009, Padilla et al. 2011). Para mejorar la digestibilidad de este forraje, el uso de EFE es una estrategia prometedora (Lara-Bueno et al. 2013). Este artículo explora los efectos de una EFE en la digestibilidad y el comportamiento productivo de corderos alimentados con dietas suplementadas con RA tratado con una EFE.

Objetivos

Evaluar los efectos de una EFE en la digestibilidad in vitro del RA tratado con una EFE, en el comportamiento productivo de corderos alimentados con el RA tratado e incorporado en dietas mixtas totalmente mezcladas con una proporción de 40:60 forraje concentrado, para determinar la dosis que mejore la eficiencia productiva y reducir costos en la producción de carne ovina.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal y la Unidad Metabólica de la Granja Experimental del Colegio de Postgraduados en

Montecillo, México. Se utilizaron 24 corderos Dorper x Hampshire, con un peso inicial de 31.5 ± 1.5 kg y una edad de 100 días, distribuidos aleatoriamente en tres tratamientos con ocho repeticiones cada uno. Al inicio, los corderos fueron tratados contra parásitos y vitaminados. Se formuló una dieta base con una proporción de forraje: concentrado de 40:60, utilizando rastrojo de amaranto tratado con 0, 2 y 3 g kg⁻¹ de materia seca (MS) de una EFE comercial Fibrozyme® (actividad xilanásica de 100 UI g⁻¹) (Figura 1). La dieta se diseñó para cubrir los requerimientos nutricionales de los corderos según el NRC 2007. Se analizaron los componentes de la dieta y se evaluó su degradabilidad in vitro mediante la técnica estándar (Tilley & Terry, 1963), utilizando inóculo ruminal de una borrega Suffolk alimentada con heno de alfalfa. Se pesó 1 g de muestra del RA y dietas las cuales se colocaron individualmente en tubos de polipropileno de 100 mL y se adicionaron 50 mL de líquido ruminal a cada una y se incubaron en baño maría a 38 °C, con agitación suave pero constante durante 0, 24, 48 y 72 horas. La degradabilidad de la MS de las muestras se cuantificó por diferencia de peso, entre el inicial y el

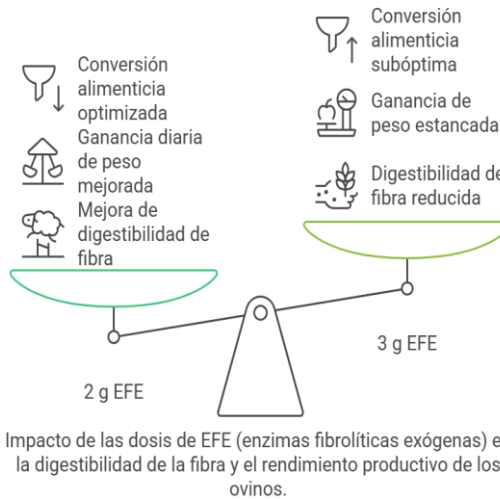


Figura 2. Impacto de las enzimas fibrolíticas exógenas (EFE) en la digestibilidad de la fibra del rastrojo de amaranto y rendimiento productivo de corderos. El consumo de materia seca y la ganancia diaria de peso, fueron mayores en el tratamiento con 2 g de EFE comparado con el testigo y el tratamiento con 3 g de EFE.

obtenido después de la incubación en los tiempos establecidos. Los corderos se pesaron cada 14 días, y se determinó su consumo de materia seca y ganancia diaria de peso. La conversión alimenticia y eficiencia se calcularon a partir de estos datos. Finalmente, se sacrificaron los animales al día 57 para determinar el peso de la canal. Adicionalmente se realizó un análisis económico. Los datos se analizaron con SAS 9.4 y se compararon las medias mediante una prueba de Tukey. El análisis económico incluyó la relación Beneficio-Costo basada en los costos de finalización y venta en pie.

Tabla 1. Respuesta productiva de corderos en la etapa de finalización (56 días) con dietas a base de rastrojo de amaranto tratado con 0, 2, 3 g·kg⁻¹ de enzima fibrolítica exógena (Fibrozyme®).

	TRATAMIENTOS				Valor de p
	0	2	3	EEM*	
Peso inicial promedio Kg	31.5	30.7	32.7	2.5	0.1038
Peso final promedio Kg	45.60b	47.00a	47.72	3.1	0.1242
Ganancia total kg	14.10b	16.24a	15.12ab	0.5	0.0414
Consumo MS g/d (CMS)	1325 ^b	1413 ^a	1310 ^b	27.7	0.0481
Ganancia diaria de peso g/d (GDP)	251 ^b	290 ^a	270 ^b	18.1	0.0481
Conversión alimenticia (CMS/GDP)	5.3 ^a	4.8 ^b	4.8 ^b	0.16	0.0417

*EEM, Error Estándar de la Media. ab Valores dentro de fila con distinta literal son significativamente diferentes (P < 0.05).

PCTI

Dr. Héctor Nolasco Soria, Editor en Jefe

Resultados y Discusión

Los resultados demuestran que las EFE incrementan la degradabilidad del RA, haciendo que los corderos aprovechen mejor sus componentes nutritivos, maximizando la degradación de la materia seca y la fibra, especialmente a las 24, 48 y 72 horas de incubación. Esto es posiblemente debido a que las EFE facilitan la acción enzimática de los microorganismos del rumen al romper previamente los enlaces químicos de la fibra, dejándola más disponible para su degradación y mejorando la digestibilidad del forraje (Gado et al. 2009, Salem et al. 2013). Los corderos alimentados con EFE mostraron mayor consumo de alimento y ganancia de peso, con la dosis de 2 g/kg (Tabla 1), lo que concuerda con investigaciones anteriores (López-Aguirre et al. 2016). El análisis económico demostró que esta estrategia es viable, el uso de RA y EFE tiene un impacto socioeconómico positivo, reduciendo la dependencia de forrajes costosos y promoviendo la sostenibilidad ambiental (Tirado-Estrada et al. 2015). Al aprovechar recursos locales, los productores ovinos no solo mejoran su rentabilidad, sino que también contribuyen a un sistema alimentario más eficiente y amigable con el medio ambiente.

Conclusiones

La incorporación de enzimas fibrolíticas exógenas (EFE) al rastrojo de amaranto en la alimentación ovina tiene un impacto socioeconómico significativo. Al permitir sustituir hasta el 30% de los forrajes convencionales, como maíz y alfalfa, sin afectar el crecimiento de los corderos; esta práctica reduce considerablemente los gastos en alimentación, lo cual es especialmente relevante en un contexto de alza global en precios de granos. Además, al aprovechar residuos agrícolas y disminuir las emisiones contaminantes, esta estrategia no solo beneficia económicamente a los productores, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental, aliviando la presión sobre los ecosistemas naturales y promoviendo un uso más eficiente de los recursos.

Impacto Socioeconómico

La integración de rastrojo de amaranto y enzimas fibrolíticas exógenas (EFE) en la alimentación ovina tiene un impacto socioeconómico significativo. Al permitir sustituir hasta el 30% de los forrajes convencionales, como maíz y alfalfa, sin afectar el crecimiento de los corderos; esta práctica reduce considerablemente los gastos en alimentación, lo cual es especialmente relevante en un contexto de alza global en precios de granos. Además, al aprovechar residuos agrícolas y disminuir las emisiones contaminantes, esta estrategia no solo beneficia económicamente a los productores, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental, aliviando la presión sobre los ecosistemas naturales y promoviendo un uso más eficiente de los recursos.



Artículo completo en <https://pcti.mx>
Contacto PCTI: hnolascosoria@gmail.com