

LA ADICIÓN DE ENZIMAS EXÓGENAS MEJORA LA DIGESTIÓN ANAEROBIA DE LOS RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS: EL CASO DEL RASTROJO DE MAÍZ.

Jazmín E. Méndez-Hernández¹, Octavio Loera¹, Esperanza Herrera², Nicolás O. Soto-Cruz³, ¹Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Depto. Biotecnología, CDMX, 09340. ²Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Durango, 34000. ³Instituto Tecnológico de Durango, Depto. Ingeniería Química y Bioquímica, Durango, 34080, jmendezh@xanum.uam.mx

Palabras clave: Enzimas lignocelulolíticas, biomasa lignocelulósica, Digestión anaerobia.

Introducción. El rastrojo de maíz (RM) es uno de los residuos agrícolas más abundantes en México (1). Debido a su alto contenido de carbohidratos (33-40% celulosa, 24-31% hemicelulosa) y sus altos volúmenes de producción, el RM representa una materia prima valiosa para la producción de biogás.

El objetivo del presente trabajo fue mejorar el proceso de digestión anaerobia (DA) del RM a través de estrategias basadas en el uso de enzimas lignocelulolíticas exógenas.

Metodología. Los ensayos se realizaron en digestores de 120 mL conteniendo el sustrato a degradar, lodo granular metanogénico y medio mineral (MM). Los reactores se incubaron a 35°C y periódicamente se cuantificó la producción de CH₄, ácidos grasos volátiles (AGVs), pH y actividad enzimática. Se realizaron tres ensayos: **1)** Mono-digestión de RM: Se agregaron 0.3 g de RM seco y molido. **2)** Digestión de RM + enzimas exógenas: Se agregaron 0.3 g de RM, 35 mL de extracto enzimático (EE) y 55 mL de MM. El EE se obtuvo a partir de cultivos en medio sólido del hongo *Fomes* sp. EUM1 usando RM como sustrato (2). La actividad de lacasas y celulasas se midió de acuerdo con (3,4). **3)** Co-digestión de RM y estiércol de bovino (EB). Se agregaron 0.3 g de RM y 1.8 g de EB recién recolectado. Los resultados sobre la producción de CH₄ se ajustaron con el modelo de Gompertz modificado:

$$M(t) = P \exp \left\{ -\exp \left[\frac{R_m e}{P} (\lambda - t) + 1 \right] \right\}$$

En donde, $M(t)$ es la producción acumulada de CH₄ (L/Kg SV) al tiempo de incubación t (d), P es el rendimiento de CH₄ (L/Kg SV), R_m es la tasa máxima de producción de CH₄ (L/Kg SV d), y λ es la fase lag para el inicio de la producción de CH₄ (d) (5).

Resultados. Durante la mono-digestión del RM (**Ensayo 1**) la máxima producción de CH₄ fue de 0.87 L con un rendimiento de 341.5 L/Kg SV (**Fig. 1A**). La fase lag duró 2.8 días, lo que indicó el establecimiento de un periodo de aclimatación previo a la degradación del sustrato (**Tabla 1**).

Tabla 1. Parámetros cinéticos de la producción de CH₄.

Ensayo No.	P (L CH ₄ /kg SV)	R_m (L CH ₄ /kg SV·d)	λ (d)	R^2
1	341.5 ± 13.3 a	32.6 ± 1.7 b	2.8 ± 0.3 b	0.994
2	483.6 ± 13.3 c	42.0 ± 4.1 c	1.0 ± 0.1 a	0.992
3	395.7 ± 30.3 b	24.8 ± 3.0 a	3.0 ± 0.8 b	0.981

Los valores seguidos por letras distintas dentro de la misma columna difieren significativamente ($p < 0.05$)

completamente su actividad en los primeros 3 días de incubación, por lo que su acción se limitó a este periodo. Por el contrario, el 24% de la actividad celulolítica permaneció estable durante 18 días, tiempo en el que éstas pudieron contribuir con la hidrólisis del RM. Al respecto, la máxima producción de AGVs se registró 5 días antes que en el **Ensayo 1** y con niveles de producción significativamente mayores. Lo anterior, causó una reducción del 67% en la fase lag (λ) (**Tabla 1**). Por otro lado, el rendimiento de CH₄ y su tasa máxima de producción incrementaron 42 y 29% respectivamente, gracias a la adición del EE (**Tabla 1**).

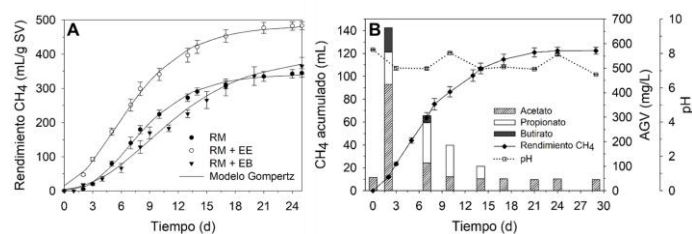


Fig. 1. A) Curvas de producción de CH₄ obtenidas después del ajuste del modelo de Gompertz, B) Producción de CH₄, AGVs y perfil de pH durante la DA del RM adicionado con el EE

Con la finalidad de comparar los resultados anteriores con una estrategia ya probada para mejorar la DA del RM, se procedió a estudiar la co-digestión de RM adicionado con EB. Sin embargo, aunque la adición de estiércol incrementó el rendimiento de CH₄ en comparación con la mono-digestión del RM, los resultados no superaron a los encontrados al adicionar el extracto rico en lacasas y celulasas (**Tabla 1, Fig. 1A**).

Conclusión. La estrategia más eficiente para mejorar la DA del RM fue la adición del EE conteniendo lacasas y celulasas. Los resultados obtenidos en este ensayo superaron a los observados al adicionar estiércol de bovino.

Bibliografía.

1. INEGI (2014) El sector alimentario en México 2014, México 304 p.
2. Méndez-Hernández JE et al (2013) *World J Microbiol Biotechnol*. 29:805-814.
3. Wolfenden BS, Willson RL (1982) *J Chem Soc Perkin Trans 2*. 7:805-812.
4. Ghose TK (1987) *Pure Appl Chem*. 59: 257-268.
5. Li D et al (2015) *Bioresour Technol*. 189, 319-326.

En el **Ensayo 2**, el RM se adicionó con un EE rico en lacasas y celulasas. Durante el ensayo las lacasas perdieron