

CINÉTICA DE DEGRADACIÓN Y DEGRADACIÓN DE MATERIA SECA DE VAINAS MADURAS DE ALGARROBO Y PAROTA

Morales-Campos Brenda Karina^{1*}; Sánchez-Santillán Paulino²; Torres-Salado Nicolas²; Alaniz-Gutiérrez Luis²; Saavedra-Jiménez Luis Antonio²; Aguilar-Marcelino Liliana³

¹Programa de Maestría en Producción de Bovinos en el Trópico-UAGro, 41940, Cuajinicuilapa, Guerrero, México. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2-UAGro, 41940, Cuajinicuilapa, Guerrero, México. ³INIFAP-CENID-SAI, 62574, Jiutepec, Morelos, México.

*Autor responsable: 15379627@uagro.mx, brendamoca@hotmail.com

Resumen.

La maduración de las vainas en época de estiaje, representan una opción de suplementación en regiones tropicales. El objetivo del estudio fue evaluar la cinética de degradación y degradación de materia seca (DMS) a diferentes tiempos de fermentación *in vitro* de vainas maduras de algarrobo (*Samanea saman*) y parota (*Enterolobium cyclocarpum*). En tubos (18x150 mm) con 0.1 g de un tipo de vaina se colocaron 10 mL de medio de cultivo y se incubaron a 39 °C por 2, 4, 6, 8, 12, 18, 24, 36, 48, 60 y 72 h. El contenido del tubo se filtró en papel Whatman® para determinar DMS por diferencia de peso. La cinética de degradabilidad *in vitro* de MS se determinó con los modelos: Gompertz: $Y = A * \{ \exp [-B * \exp (-K * t)] \}$ donde Y = degradación de MS en el tiempo t (% MS), A = potencial de degradación de MS total cuando $t = \infty$ (% MS), B = tasa constante de degradación del material potencialmente degradable (% h⁻¹), B = tiempo lag o eficiencia microbiana (h), t = tiempo de incubación; y McDonald: $P = a + b [1 - e^{-c * t}]$ donde: P = degradación de MS en el tiempo t (%); a = fracción degradable rápidamente soluble; b = la fracción lenta o potencialmente degradable; c = velocidad a la que b se degrada; t = tiempo (h) de incubación en el tubo; a+b = máxima degradación potencial. A las 72 h la DMS de algarrobo fue 39.2 y 44.27 para parota. La vaina de algarrobo según el modelo Gompertz tiene 40.62 % de A y 0.069 %/h de B; mientras, la vaina de parota fue 41.92% para A y 0.08%/h para B. Con el modelo de McDonald, la vaina de algarrobo tiene 8.27% de a y 33.88% de b; en contraste, la vaina de parota tiene 2.17% de a y 42.74% de b. Conclusión: la evaluación de la degradación *in vitro* de las vainas maduras de algarrobo y parota muestra que son una alternativa de suplementación para rumiantes en el trópico.

Palabras clave: Modelo Mcdonal, modelo Gompertz, cinética degradación, leguminosas.

I. Objetivo.

Evaluar la cinética de degradación y degradación de materia seca (DMS) a diferentes tiempos de fermentación *in vitro* de vainas maduras de algarrobo (*Samanea saman*) y parota (*Enterolobium cyclocarpum*).

II. Fundamentos teóricos

Los sistemas de producción de rumiantes en el trópico se caracterizan por la alimentación con base en pastoreo. El escaso valor nutricional de los pastos: 70% de pared celular, 7% de proteína cruda (PC) y una pequeña proporción de carbohidratos solubles (Rojas *et al.*, 2018) conlleva a la suplementación con recursos forrajeros arbóreos, con la intención de ayudar al aporte de energía y proteína (Carbajal-Márquez *et al.*, 2019). Las vainas de leguminosas arbóreas contienen hasta 30% de PC y de 18 a 62% de fibra detergente neutro (FDN). La maduración de las vainas en época de estiaje, representan una opción de suplementación en regiones tropicales (Hernández-Morales *et al.*, 2018).

Las vainas de algarrobo (*Samanea saman* (Jacq.) Merr.) son alargadas; al madurar se vuelven caféas, contienen una pulpa seca, oscura, dulce y nutritiva. La maduración se produce entre febrero y mayo (Milián-Domínguez *et al.*, 2017). El contenido de PC es de 16.8%, FDN 34.37% y FDA 25.06% (Hernández-Morales *et al.*, 2018). Las vainas de parota (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.) tienen una forma circular, éstas caen a la superficie del suelo entre los meses de marzo a junio; contienen carbohidratos estructurales poco lignificados y altamente digeribles (Piñeiro-Vázquez *et al.*, 2013; De Luna-Vega *et al.*, 2017). En cuanto a su valor nutricional contienen PC 19.5%, FDN 28.38%, FDA 20.40% (Hernández-Morales *et al.*, 2018) y 2.8 Mcal de energía metabolizable (Carbajal-Márquez *et al.*, 2019).

III. Metodología

Lugar de estudio

El estudio se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2 de la Universidad Autónoma de Guerrero; el cual se ubica en Cuajinicuilapa, Guerrero (16° 08" N y 98° 23" O).

Vainas de leguminosas arbóreas

Las vainas maduras de algarrobo (*S. saman*) y parota (*E. cyclocarpum*) se obtuvieron de árboles localizados en la localidad de Cuajinicuilapa, Guerrero. Las vainas se molieron en un molino de martillo (M.A.GRO TR-3500); posteriormente, se molieron usando una criba de 1 mm en un molino Thomas-Wiley Mill (Thomas Scientific, USA).

Ensayo *in vitro*

El medio de cultivo contenía: 5% de solución mineral I [6 g K₂HPO₄ (J.T. Baker) en 1000 mL de H₂O destilada], 5% de solución mineral II [6 g KH₂PO₄ (J.T. Baker) + 6 g (NH₄)₂SO₄ (Meyer) + 12 g NaCl (Meyer) + 2.45 g MgSO₄ (Meyer) + 1.6 g CaCl₂·2H₂O (Meyer) en 1000 mL de H₂O destilada], 5% de solución buffer [80 g Na₂CO₃ (Meyer) en 1000 mL de H₂O destilada], 4% de solución reductora [3.125 g L-cisteína (Meyer), ajusta a pH 10 con NaOH (2N; Meyer) + 3.125

g Na₂S-9H₂O (Meyer) + 0.1 mL de resazurina 0.1% en 250 mL de H₂O destilada, todo bajo flujo de CO₂ y 250 °C de temperatura], 0.1% de resazurina a 0.1% (Sigma-Aldrich), 45.9% de agua destilada y 35% de líquido ruminal fresco según Cañaverall-Martínez et al. (2020). El fluido ruminal fresco se obtuvo de un bovino con cánula ruminal alimentado con forraje verde; estos se manejaron de acuerdo con el reglamento interno de bioética y bienestar animal de la UAGro con fundamento en las normas oficiales NOM-062-ZOO-1999.

En tubos ensaye (18x150 mm) se agregó 0.1 g de vaina de parota o algarrobo; posteriormente, a cada tubo se agregaron 10 mL de medio de cultivo, bajo flujo continuo de CO₂, para mantener condiciones de anaerobiosis. Los tubos se incubaron a 39 °C. El contenido del tubo se filtró en papel Whatman® con ayuda de una bomba de vacío (Felisa FE-1500L, México) a las 2, 4, 8, 12, 18, 24, 36, 48, 60 y 72 h de incubación (3 repeticiones independientes por tiempo de incubación). Los papeles filtro con el material residual se secaron a 60 °C por 24 h en una estufa (RIOSSA HCF-41, México). La DMS se calculó por diferencias de peso.

Cinética degradación *in vitro*

La cinética de degradabilidad *in vitro* de MS se determinó con los siguientes modelos:

Gompertz: $Y = A * \{ \exp [-B * \exp (-K * t)] \}$ donde Y = degradación de MS en el tiempo t (% MS), A = potencial de degradación de MS total cuando $t = \infty$ (% MS), B = tasa constante de degradación del material potencialmente degradable (% h⁻¹), K = tiempo lag o eficiencia microbiana (h), t = tiempo de incubación (Lavrenčič et al., 1997). Los estimadores A , B y K se estimaron con un análisis de regresión no lineal, utilizando el procedimiento PROC GLM de SAS (2011).

Otro modelo que se usó para determinar la cinética de degradabilidad es el de McDonald (1981): $P = a + b [1 - e^{-c * t}]$ donde: P = degradación de MS en el tiempo t (%); a = fracción degradable rápidamente soluble; b = la fracción lenta o potencialmente degradable; c = velocidad a la que b se degrada; t = tiempo (h) de incubación en el tubo; $a + b$ = máxima degradación potencial; d = la fracción indigestible se calculó con la ecuación $[100 - (a + b)]$. Los estimadores a , b y c se estimaron con un análisis de regresión no lineal, utilizando el procedimiento PROC GLM de SAS (2011).

Análisis estadístico

El análisis consistió en obtener la media de la degradación de materia seca a 12, 24, 48 y 72 h, así como los estimadores de la cinética de degradación *in vitro* con ambos modelos.

IV. Resultados

La DMS de la vaina de algarrobo de las 12 a 24 h mostró una tasa de degradación de 37.94%; de las 24 a 48 h fue 19.79%; y de las 48 a 72 h fue 2.64%. En contraste, la tasa de degradación de parota de las 12 a 24 h fue de 31.67%; de las 24 a 48 h fue 37.92% y de las 48 a 72 h fue 11.25% (Tabla 1).

La vaina de algarrobo según el modelo Gompertz, requiere de 1.44 h (K) para iniciar el proceso de degradación; donde la máxima degradación será de 40.62 % (A) a una tasa de 0.069 %/h (B); mientras, la vaina de parota requirió de 2.25 h (K) para que las bacterias se adhirieran, con una degradación máxima de 41.92% (A) a una tasa de 0.08%/h (B) (Tabla 1).

Según el modelo de McDonald, la vaina de algarrobo tiene un potencial de máxima degradación de 42.1% ($a+b$); del cual, 8.27% es fracción soluble (a) y 33.88% es fracción lenta degradable (b); esta se degrada a una tasa de 0.04 %/h (c); por lo que 57.9% de la vaina de algarrobo es la fracción no degradable (d); en contraste, la vaina de parota tiene un potencial de máxima degradación de 44.9% ($a+b$); del cual, 2.17% es fracción soluble (a) y 42.74% es fracción lenta degradable (b); esta se degrada a una tasa de 0.04 %/h (c); por lo que 55.1% de la vaina de parota es la fracción no degradable (d) (Tabla 1).

Tabla 1. Cinética de degradación y degradación de materia seca *in vitro* de leguminosas arbóreas

	Vaina de algarrobo	Vaina de parota
Degradación de la materia seca (%)		
12 h	23.11	21.91
24 h	31.88	28.85
48 h	38.19	39.79
72 h	39.20	44.27
Cinética con modelo Gompertz		
A (%)	40.62	41.92
K (h)	1.44	2.25
B (%/h)	0.069	0.080
Cinética con modelo McDonald		
a (%)	8.27	2.17
b (%)	33.88	42.74
c (%/h)	0.04	0.04
$a+b$ (%)	42.1	44.9
d (%)	57.9	55.1

A = potencial de degradación total; B = tasa constante de degradación del material potencialmente degradable; K = tiempo lag o eficiencia microbiana; a = fracción degradada rápidamente soluble; b = fracción lenta o

potencialmente degradada; c = velocidad a la que b se degrada; $a+b$ = máxima degradación potencial; d = fracción no degradable.

V. Conclusiones

La evaluación de la degradación *in vitro* de las vainas maduras de algarrobo y parota muestra que son una alternativa de suplementación para rumiantes en el trópico.

VI. Bibliografía

- Cañaveral-Martínez, U.R., Sánchez-Santillán, P., Torres-Salado, N., Sánchez-Hernández, D., Herrera-Pérez, J., y Rojas-García, A.R. (2020). Características de calidad, bromatológicas y fermentativas *in vitro* de ensilado de mango maduro. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 8(1), 11-13.
- Carbajal-Márquez, U., Sánchez-Santillán, P., Rojas-García, A. R., Mendoza-Núñez, M. A., Ayala-Monter, M., y Hernández-Valenzuela, D. (2019). Fermentación *in vitro* de complementos para becerros con niveles crecientes de vaina de parota (*Enterolobium cyclocarpum*). *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 6(2), 213-220.
- De Luna-Vega, A., García-Sahagún, M. L., Rodríguez-Guzmán, E., Pimienta-Barrios, E., y Escalante-Martínez, R. (2017). Potencial alimenticio animal con harina frutos de parota (*Enterolobium cyclocarpum*, Jacq.) y capomo (*Brosimum alicastrum*, Sw). *Revista de Simulación y Laboratorio*, 4(10), 13-21.
- Hernández-Morales, J., Sánchez-Santillán, P., Torres-Salado, N., Herrera-Pérez, J., Rojas-García, A. R., Reyes-Vázquez, I., y Mendoza-Núñez, M. A. (2018). Composición química y degradaciones *in vitro* de vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico seco de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(1), 105-120.
- Lavrenčič, A., Stefanon, B., y Susmel, P. (1997) An evaluation of the Gompertz model in degradability studies of forage chemical components. *Animal Science Journal*, 64:423-431. <https://doi.org/10.1017/S1357729800016027>
- Milián-Domínguez, J. C., Iglesias-Monroy, O., Valdés-Márquez, H., y Sanjudo-Ramos, Y. (2017a). Estudio fitoquímico integral del *Samanea saman* de la región occidental de Cuba. *Revista Cubana de Química*, 29(3), 480-491.
- NOM-062-ZOO-1999. Norma Oficial Mexicana, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.
- Piñeiro-Vázquez, A. T., Ayala-Burgos, A. J., Chay-Canul, A. J., and Ku-Vera, C, J. (2013). Dry matter intake and digestibility of rations replacing concentrates with graded levels of *Enterolobium cyclocarpum* in Pelibuey lambs. *Tropical Animal Health Production*, 45, 577-583.
- Rojas, G. A. R., Hernández, A. A., Sánchez-Santillán, P., Alaniz, G. L., Torres, S. N., Herrera, P. J., y Escobar, E. J. C. (2018). Cinética de fermentación y degradación *in vitro* de tres



leguminosas rastreras nativas del municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(4), 1229-1236.
SAS Institute Inc (2011) Statistical Analysis System, SAS, User's Guide. SAS Inst., Cary, NC