

Caracterización química y degradación ruminal de los desechos procedentes de la producción de mosca de la fruta

Chemical characterization and ruminal degradation of waste from fruit fly production

Rene Pinto Ruiz^{1*}, Roselia Ramírez Díaz¹, Tomas Alberto Pérez Pérez¹, María Guadalupe Pérez Escobar², José Arredondo Gordillo³

¹Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chiapas, Villaflores, Chiapas, México. CP. 30470. Tel. 965 65 21477.

rene.pinto@unach.mx, ramirez.rrd@gmail.com, toms.prez44@unach.mx.

²El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. CP. 29290. Tel. 967 674 9000 Ext. 180.

gperez@ecosur.mx.

³Programa MoscaFrut, Chiapas, México. CP. 30860, Tel. 55 5905 1000, ext. 53760.

jose.arredondo.i@senasica.gob.mx.

*Autor de correspondencia

Resumen

Palabras clave:

Composición;
fermentación
ruminal; desechos;
rumiantes.

Se caracterizó la composición química y la fermentación ruminal de tres desechos generados tras la cosecha de larvas de mosca de la fruta provenientes de dos plantas de producción de *Anastrepha ludens* y *Ceratitis capitata*. El T1 correspondió a la dieta de *A. ludens*, mientras que T2 (Celulosa) y T3 (Triturado) provinieron de dietas de *C. capitata*. Los resultados se evaluaron utilizando el procedimiento GLM. La proteína cruda fue mayor en T1 y T2 que en T3 (8.89%) ($p < 0.05$). La degradación de materia seca fue similar entre T1 y T2 (45.61% y 45.98%) y superior a T3 ($p < 0.05$). En la cinética, el volumen máximo de gas fue mayor en T1 (331.73 ml g⁻¹ MS). Estos materiales aportan la proteína mínima requerida para satisfacer requerimientos de los microbios ruminales y su inclusión en dietas para rumiantes podría favorecer el aprovechamiento de residuos fomentando la economía circular.

Abstract

Keywords:

Composition;
ruminal
fermentation; waste;
ruminants.

It was characterized the chemical composition and ruminal fermentation of three waste products generated after harvesting fruit fly larvae from two production industries of *Anastrepha ludens* and *Ceratitis capitata*. T1 corresponded to the *A. ludens* diet, while T2 (Cellulose) and T3 (Grinded) came from *C. capitata* diets. The results were evaluated using the GLM procedure. Crude protein was higher in T1 and T2 than in T3 (8.89%) ($p < 0.05$). Dry matter degradation was similar between T1 and T2 (45.61% and 45.98%) and higher than in T3 ($p < 0.05$). In terms of kinetics, the maximum gas volume was highest in T1 (331.73 ml g⁻¹ DM). These materials provide the minimum protein required to meet the requirements of rumen microbes and their inclusion in ruminant diets could stimulate the use of waste, promoting the circular economy.

Recibido: 01 de febrero de 2025

Aceptado: 20 de octubre de 2025

Publicado: 25 de marzo de 2026

Cómo citar: Pinto, R.; Ramírez, R.; Pérez, T. A.; Pérez, M. G.; & Arredondo, J. (2026). Caracterización química y degradación ruminal de los desechos procedentes de la producción de mosca de la fruta. *Acta Universitaria*, 36, e4485. doi: <https://doi.org/10.15174/au.2026.4485>

Introducción

La ganadería es considerada una de las causas de deterioro ambiental de la tierra (Gudiño-Escandón *et al.*, 2025); por ello, ante la preocupación de preservar los recursos naturales, la forma de producir proteína animal y sus derivados constituyen parte de la agenda mundial, alineándose especialmente con el Objetivo 12 de Producción y Consumo Responsables (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2018). Por lo anterior, actualmente se implementan diversas estrategias para lograr que el efecto negativo ambiental de un sistema sea mitigado. Una de estas es la "bioeconomía circular", en la cual los recursos biológicos son renovables, gestionados de manera sostenible, recuperados y reutilizados en la medida de lo posible, disminuyendo la huella ambiental del sistema. Bajo este esquema se reduce, reutiliza y recicla cualquier material que se produce (subproducto) para ser utilizado en otro (Rodríguez-Yparraguirre *et al.*, 2025).

Al respecto, el uso de subproductos como alimento en la ganadería ha sido un tema de estudio durante más de 40 años (National Research Council [NRC], 1983), y se ha demostrado que constituye una alternativa muy beneficiosa para el aprovechamiento de recursos que muchas veces suelen verse como desechos, pues ayudan a mejorar el rendimiento animal y a disminuir costos de alimentación. Sin embargo, aún existen algunos recursos que, debido a su disponibilidad limitada o reciente aparición, no han sido evaluados como posibles alimentos para animales, como los residuos de café, la palma de aceite o las dietas larvarias. Este hecho crea la necesidad y posibilidad de evaluarlos para conocer el potencial con el que cuentan para ser incorporados en los sistemas ganaderos.

En Chiapas se encuentra instalado el complejo denominado "Moscas", constituido por las plantas Moscamed y Moscafrut®, que tienen como objetivo la producción masiva de moscas de la fruta estériles (*Ceratitits capitata* y *Anastrepha ludens*, respectivamente). Para este fin, utilizan distintas dietas llamadas "larvarias", cuyo sobrante, una vez separadas las larvas, se convierte en desechos. Aunque los ganaderos de la región lo utilizan como alimento para su ganado bovino por su bajo costo y aparentes buenos resultados, no existe alguna investigación que evalúe su aprovechamiento.

Por tanto, el objetivo de este trabajo es caracterizar la composición química y degradación ruminal de los desechos de dietas larvarias para explorar su valor como posible alimento en rumiantes.

Materiales y métodos

Características del área de estudio

Los estudios se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Agronómicas, ubicado en Villaflores, Chiapas, municipio cuyo clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un rango de temperatura media anual de 25 °C y una precipitación media de 1100 mm anuales (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2020).

Obtención y características de las muestras

Las muestras, que consistieron en tres desechos, fueron obtenidas directamente de la planta de producción Moscamed y Moscafrut® —ubicada en el municipio de Metapa de Domínguez, Chiapas—. A estas se les conoce con el nombre de dietas larvianas, pues con ellas se desarrollan larvas de dos especies de moscas (*Anastrepha ludens* y *Ceratitis capitata*). La dieta del T1 (para *A. ludens*) se llama "Moscafrut" y está compuesta por harina de olote (14.5%), grano de maíz (10.8%), levadura (6.1%), azúcar (8.3%), ácido cítrico (0.45%), benzoato de sodio (0.41%) y agua (59.44%). La dieta del T2 (para *C. capitata*) tiene el nombre de "Celulosa" y está compuesta por celulosa (6.0%), levadura (7.20%), salvado de trigo (10.0%), azúcar (12.0%), ácido cítrico (1.91%), NIPAGIN (0.05%), benzoato de sodio (0.34%), formalina (0.07%) y agua (62.43%). Se evaluó también una tercera dieta empleada para *C. Capitata* identificada como "Triturado", la cual constituyó el T3 y se compone de rastrojo de maíz (21%), salvado de trigo (10.8%), azúcar (12.4%), levadura (7.2%), ácido cítrico (1.91%), benzoato de sodio (0.34%), formalina (0.07%), NIPAGIN (0.20%) y agua (46.08%).

Considerando el manejo de las dietas y de las larvas, es importante aclarar que, en ninguno de los casos, existe la problemática de irradiación de la dieta, pues este tratamiento (empleado para la esterilización de las moscas) se aplica a las pupas solo a los nueve (para *C. capitata*) o 14 días (para *A. ludens*) después de haber sido separadas de la dieta. Es importante indicar que, al separar las larvas de la dieta, una proporción de ellas quedan en el desecho en función del método de separación empleado.

Tratamientos y repeticiones

Se consideraron tres tratamientos que correspondieron a los tres desechos evaluados, con 10 repeticiones por tratamiento en todos los casos.

Variables evaluadas

Composición química y degradación

Para conocer la composición química de los tratamientos, cada uno se estimó su composición química en términos de materia seca (MS), cenizas (Cen), materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC) —según lo descrito por la Association of Official Agricultural Chemist (2023)—, así como de fibra detergente neutro (Van Soest *et al.* (1991)). Tanto la degradación de la materia seca a las 24 horas (DgrMS₂₄) como la degradación de la proteína cruda (DgrPC) y de la fibra detergente neutra (DgrFDN) se calcularon como la proporción entre el material inicial incubado y el residuo obtenido del cual se analizó su contenido de proteína cruda y fibra detergente neutra.

Características de la degradación *in vitro*

Para conocer los parámetros de la cinética y fracciones de fermentación, así como la degradación de los tratamientos antes mencionada, se utilizó la técnica de producción de gas *in vitro* (Menke & Steingass, 1988). Para ello, se colocó 500 mg de cada uno de los tratamientos evaluados en frascos de vidrio ámbar de 125 ml. Posteriormente, bajo un flujo continuo de dióxido de carbono (CO₂), se añadieron 90 ml de inóculo ruminal diluido (1:10) a cada frasco. La solución mineral añadida y reducida contenía KH₂PO₄ (0.45 g L⁻¹), NaCO₃ (0.6 g L⁻¹), (NH₄)₂SO₄ (0.45 g L⁻¹), NaCl (0.9 g L⁻¹), MnSO₄ (0.18 g L⁻¹), CaCl₂ (0.12 g L⁻¹), L-cisteína (0.25 g L⁻¹) y Na₂S (0.25 g L⁻¹). Una vez llenos, los frascos se sellaron herméticamente con tapones de goma y aros de aluminio y se incubaron en un baño maría análogo a 39 °C. Se incluyeron tres frascos de control (sin sustrato) a manera de blancos.

Para conocer los parámetros de fermentación, se midió la presión de gas con un manómetro a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 22, 24, 28, 32, 34, 36, 40, 48, 60 y 72 horas de incubación. Los valores de presión ($\text{kg}^{-1} \text{cm}^2$) se convirtieron a volumen de gas (ml g^{-1} de sustrato) utilizando una ecuación de regresión (volumen = presión/0.019 con $R^2 = 0.98$). Los parámetros de la cinética de producción de gas: volumen máximo (V_m), tasa (S) y fase de retardo (L), se estimaron con el modelo logístico $V = V_m/1+e^{(2-4*S*(T-L)}$ de acuerdo con Schofield & Pell (1995), usando el paquete estadístico SAS versión 9.1 (SAS, 2004).

Las fracciones de fermentación se conocieron a través del volumen fraccional (V_f) de gas de fermentación en intervalos de tiempo de 0 a 8 (V_{f0-8}), 8 a 24 (V_{f8-24}) y 24 a 48 (V_{f24-48}) horas de incubación, transformándolos en fracciones (g kg^{-1} de MS) de rápida (FR), media (FM) y lenta (FL) fermentación utilizando las ecuaciones de regresión: FR (g kg^{-1}) = $V_{f0-8}/0.4266$ ($R^2 = 0.9441$), FM (g kg^{-1}) = $V_{f8-24}/0.6152$ ($R^2 = 0.998$) y FL (g kg^{-1}) = $V_{f24-48}/0.3453$ ($R^2 = 0.9653$), según Ramírez *et al.* (2020).

Análisis estadísticos

Todos los resultados obtenidos se sometieron inicialmente a un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2004), empleando un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos y 10 repeticiones cada uno. Las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Resultados

Los resultados de composición química y degradación ruminal de los tratamientos evaluados se presentan en la Tabla 1. En ella se observa que, en relación a los valores de PC, T1 y T2 presentaron estadísticamente ($p > 0.05$) el mismo contenido, difiriendo a T3 ($p < 0.05$). Los valores de Cen, MO y FDN fueron diferentes ($p < 0.05$) en todos los tratamientos. Por otro lado, se encontró que, para DgrMS y DgrPC, T1 y T2 obtuvieron resultados similares ($p > 0.05$), difiriendo al T3 ($p < 0.05$), mientras que el valor de DgrFDN fue diferente ($p < 0.05$) en todos los tratamientos.

Tabla 1. Composición química y degradabilidad ruminal de los desechos provenientes de la producción de larva de la mosca de la fruta (%).

	T1	T2	T3
PC	16.78 ± 0.36 ^a	16.23 ± 0.16 ^a	8.89 ± 0.23 ^b
Cen	2.69 ± 0.052 ^c	9.73 ± 0.052 ^a	6.66 ± 0.02 ^b
MO	97.30 ± 0.052 ^a	90.26 ± 0.052 ^c	93.33 ± 0.02 ^b
FDN	53.9 ± 0.13 ^b	46.26 ± 0.027 ^c	54.76 ± 0.26 ^a
DGRMS	45.61 ± 0.94 ^a	45.98 ± 0.86 ^a	43.69 ± 1.48 ^b
DGRPC	62.09 ± 0.77 ^b	67.42 ± 1.14 ^b	74.47 ± 0.55 ^a
DGRFDN	49.18 ± 0.21 ^c	54.13 ± 0.08 ^b	72.24 ± 0.12 ^a

Nota. ^{a,b,c} Medias en la misma fila con literales diferentes difieren estadísticamente ($p < 0.05$); ±: Desviación estándar. PC: Proteína Cruda; Cen: Cenizas; MO: Materia Orgánica; FDN: Fibra Detergente Neutro; DgrMS: Degradación de la materia seca; DgrPC: Degradación de proteína cruda; DgrFDN: Degradación de fibra detergente neutro. T1: Dieta Moscafrut®; T2: Dieta Celulosa; T3: Dieta Triturado.

Fuente: Elaboración propia.

Observando la Tabla 2, se muestra que en los parámetros de la cinética de degradación los valores de L (h) no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos. Para los valores de S (h^{-1}), T3 y T2 presentaron valores diferentes ($p < 0.05$). Respecto a Vm ($\text{ml g}^{-1} \text{MS}$), se encontraron diferencias significativas en todos los tratamientos ($p < 0.05$). Respecto a las fracciones de degradación, los resultados arrojaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0.05$), siendo el T1 el que presentó los valores más altos en todos los casos (Tabla 2).

Tabla 2. Cinética y fracciones de fermentación *in vitro* de los desechos provenientes de la producción de la larva de la mosca de la fruta.

	T1	T2	T3
L (h)	7.10 ± 0.53 ^a	6.93 ± 0.41 ^a	7.28 ± 0.74 ^a
S (h^{-1})	0.0344 ± 0.0008 ^{ab}	0.0334 ± 0.0006 ^b	0.0347 ± 0.001 ^a
Vm ($\text{mL g}^{-1} \text{MS}$)	331.73 ± 12.66 ^a	205.43 ± 12.71 ^c	276.34 ± 12.88 ^b
FR (g kg^{-1})	90.026 ± 11.80 ^a	51.356 ± 7.40 ^b	61.705 ± 14.20 ^b
FM (g kg^{-1})	252.826 ± 14.40 ^a	158.782 ± 11.70 ^c	221.551 ± 6.80 ^b
FL (g kg^{-1})	350.264 ± 9.20 ^a	214.489 ± 11.50 ^c	291.714 ± 16.40 ^b
FT (g kg^{-1})	695.117 ± 28.50 ^a	424.628 ± 27.10 ^c	574.970 ± 28.1 ^b

Nota. ^{a, b, c}Medias en la misma fila con literales diferentes difieren estadísticamente ($p < 0.05$); L: fase de retardo; S: tasa de producción de gas; Vm: volumen máximo de producción de gas; FR: fermentación rápida; FM: fermentación media; FL: fermentación lenta; FT: fermentación total. ±: Desviación estándar; T1: Dieta Moscafruit; T2: Dieta Celulosa; T3: Dieta Triturado.

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Considerando los valores encontrados de PC y de su degradabilidad ruminal (Tabla 1), cualquiera de los tratamientos aporta la proteína —contenida en la materia seca— necesaria para satisfacer requerimientos para los microbios ruminales, la cual es considerada alrededor de 6.5% (Ørskov, 1982). Por otro lado, aunque las dietas larvarias contenían benzoato de sodio —y se sabe que dosis elevadas pueden afectar la microbiota ruminal—, la cantidad estimada en estas dietas es baja. En este sentido, Dai *et al.* (2024) señalan que los rumiantes pueden consumir hasta un 0.5% de benzoato de sodio en materia seca sin que su actividad ruminal se vea afectada.

Vale la pena destacar que T1 y T2, teóricamente, calculándolo como propone Mendoza *et al.* (2022) y usando los valores de DgrPC, aportan una proporción de proteína de pasaje que podría ser importante en los requerimientos de producción del animal al ser absorbida en duodeno (6.23% y 5.29%, respectivamente) y que podría impactar en la producción de animales en pastoreo con un nivel moderado de producción (Oliveira *et al.*, 2021). Si bien una parte de proteína de los tratamientos evaluados es aportada por el salvado de trigo, harina de maíz, harina de olote y levadura, es importante tomar en consideración que los mayores valores de proteína encontrados en T1 y T2 podrían ser resultado de un aporte de proteína adicional proveniente de las larvas que quedan en la dieta aún después de su separación.

Comparativamente, el salvadillo de trigo (Reisinger *et al.*, 2014) y la harina de palmiste (Botello *et al.*, 2020) aportan valores de alrededor del 15% de proteína, con lo cual se hace equivalente a los aportados por T1 y T2, mientras que el grano de maíz (Martínez *et al.*, 2009) y el ensilado de gramíneas (Sosa-Montes *et al.*, 2025) aportan, en promedio, niveles muy semejantes de proteína (8.5%) al aportado por T3.

Los mayores aportes de cenizas encontrados en T2 y T3 (Tabla 1) se deben, probablemente, a la inclusión de salvado de trigo en ambas dietas, ya que este ingrediente aporta más cenizas que la harina de olote y que la harina de maíz (ingrediente del T1). Además, el salvado de arroz (Pacheco *et al.*, 2009) y la pasta de soya (Valdés-García *et al.*, 2016) aportan una cantidad de cenizas (8.3% en promedio) cercana a las aportadas por T2 y T3.

El promedio de degradación de la MS de los desechos evaluados en este trabajo fue del 45.09% (Tabla 1), lo que les confiere un valor de bajo a moderado para la producción animal (NRC, 2016), valor menor al encontrado en subproductos de la industria del papel (68.4%) (Jaime *et al.*, 2021). La degradación de la materia seca de las tres dietas fue inferior al 60%, lo cual podría atribuirse a los contenidos superiores al 40% de FDN encontradas en ellas, valores referidos por Apráez *et al.* (2012). Al respecto, los valores brutos de FDN de las tres dietas evaluadas (51.6%) se encuentran dentro del rango de FDN que aporta la torta de coco (51.7%) (Godoy *et al.*, 2020) y a los aportados por vainas y hojas de leguminosas arbóreas (53%) (Hernández-Morales *et al.*, 2018), pero son menores a los que aporta la torta de palmiste (67.7%) (Godoy *et al.*, 2020). Los valores de degradación de la FDN encontrados en las dietas larvarias evaluadas (promedio 58.5%) son superiores a los reportados (entre 17.72% y 38.68%) para vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico mexicano (Hernández-Morales *et al.*, 2018) y para forrajes templados como alfalfa, trébol y dactylis (40.90%) (Contreras *et al.*, 2019).

Las diferencias anteriores podrían explicarse en función del tipo de carbohidrato contenido en cada uno de los sustratos (Hernández-Morales *et al.*, 2018), por lo que las dietas evaluadas en este trabajo pudieron componerse de una fibra con una fracción mayormente degradable en comparación con su fracción indigestible, sobre todo la correspondiente al T3 (Lopes *et al.*, 2015). Estos valores podrían representar aportes energéticos interesantes al animal sin que se relacionen con limitaciones en el consumo de MS, ello en dependencia de la inclusión en la dieta animal, pues se conoce que el contenido de FDN afecta el consumo porque existe una relación directa con el efecto de llenado del rumen (Díaz *et al.*, 2023).

Los valores de L obtenidos indican que la adaptación de los microorganismos a las condiciones ruminales generadas por los tres tratamientos fue similar, sin que ningún sustrato mostrara ventaja en la fermentación. Esto podría explicarse porque las fracciones solubles en cada dieta son semejantes, lo que favorece un grado similar de colonización microbiana sobre el sustrato (Rosero & Posada, 2007). Al comparar los valores L obtenidos en dietas con concentrado (4.24 h) (De la Rosa *et al.*, 2023), en Leucaena (1.92 h) (Sandoval *et al.*, 2016) y en la leguminosa Centrosema (3.59 h) (Rojas *et al.*, 2018), se observa que las dietas larvarias tardan más tiempo en iniciar su fermentación ruminal (7.43 h en promedio) y tienen valores parecidos a los reportados para *P. maximun* (6.75 h) (Díaz *et al.*, 2023).

Los valores de S indican la velocidad en que los sustratos son fermentados, por lo que T1 y T3 fueron los tratamientos que más rápidamente fermentaron. Esto podría asociarse a un aumento más acelerado de microbios y a la velocidad en que estos consumen los nutrientes del medio aportados por la dieta. Al comparar los valores S obtenidos con los reportados en dietas con concentrado (De la Rosa *et al.*, 2023), en Leucaena (Sandoval *et al.*, 2016) y en hoja de la leguminosa Centrosema (Rojas *et al.*, 2018) (0.038 h^{-1} , 0.039 h^{-1} y 0.038 h^{-1} , respectivamente), se observa que las dietas larvarias se fermentan más lentamente (0.033 h en promedio) y que estos valores son más cercanos a los obtenidos en pastos tropicales (*Cynodon nlemfuensis*, 0.26 h^{-1}) (Sandoval *et al.*, 2016).

Durante la fermentación *in vitro*, el gas generado es resultado del metabolismo microbiano, y su volumen (V_m) depende de las características fisicoquímicas del sustrato evaluado (Yuliana *et al.*, 2019). Esto significa que T1 fue la dieta que mayor potencial de fermentación presentó ($331 \text{ ml g}^{-1} \text{ MS}$). Sin embargo, este valor junto con los valores de T2 ($205 \text{ ml g}^{-1} \text{ MS}$) y T3 ($276 \text{ ml g}^{-1} \text{ MS}$) están por debajo de los obtenidos cuando se fermentan concentrados cuyos valores varían en el rango de $462 \text{ ml g}^{-1} \text{ MS}$ a $493 \text{ ml g}^{-1} \text{ MS}$ (De la Rosa *et al.*, 2023) pero cercanos a los registrados para *P. Maximun* ($208.5 \text{ ml g}^{-1} \text{ MS}$) (Díaz *et al.*, 2023) y *Leucaena* ($250.1 \text{ ml g}^{-1} \text{ MS}$) (Sandoval *et al.*, 2016). Lo anterior indicaría que las dietas evaluadas poseen una baja proporción de carbohidratos no estructurales (azúcares solubles y almidón) y mayor cantidad de carbohidratos estructurales, ya que se conoce que las variaciones en las distintas fracciones fermentables son indicadoras de la diferencia en el contenido de carbohidratos solubles, polisacáridos de reserva y estructurales (Ramírez-Díaz *et al.* 2020) y que influyen sobre la velocidad en la disponibilidad potencial de los nutrientes en las dietas (Aye, 2016).

Al presentar los valores más altos de sus fracciones de fermentación, el T1 indica que es el tratamiento que aporta la mayor cantidad de carbohidratos solubles e inmediatamente disponibles para el animal, tales como azúcares y oligosacáridos solubles (FR). También registró los mayores aportes de carbohidratos de reserva, como el almidón, dextrinas y pectinas (FM), y la mayor cantidad de carbohidratos provenientes de paredes celulares (FL). Sin embargo, como porcentaje de la fermentación total, las dietas larvarias evaluadas son fermentadas, en sus fracciones, en las mismas proporciones (FR: 12.94%, 12.02% y 10.62%; FM: 36.25%, 37.26% y 38.50%; FL: 50.35%, 52.12% y 50.69%, para T1, T2 y T3, respetivamente).

Considerando los datos anteriores, pero en promedio para todos los tratamientos evaluados en este trabajo, los valores de FR, FM y FL encontrados (12.50%, 37% y 51%, respectivamente) son cercanos a los porcentajes reportados para *P. maximum* (17.36%, 26% y 56%, respectivamente) (Díaz *et al.*, 2023), pero menores a lo reportado en concentrados (21.35%, 52.0% y 26.6%, respectivamente) (De la Rosa *et al.*, 2023). Para este último trabajo se destaca la alta participación de FM (52.0%) y la baja participación de FL (26.6%) debido a las características del concentrado (alto en almidón y bajo en paredes estructurales), lo cual contrasta con las dietas evaluadas en este trabajo, en las que la mayor participación (51.0% del total de la fermentación) se da en FL, hecho que se relaciona con carbohidratos estructurales. Así, nuevamente se destaca la importancia que tendrá la tasa de pasaje de la dieta en la que se usen estos desechos.

Conclusiones

Con base en lo anterior, se concluye que los desechos procedentes de la producción de mosca de la fruta aportan proteína necesaria para satisfacer requerimientos para los microbios ruminales. Los valores de degradación de la MS les confieren un valor bajo a moderado para la producción animal y, por sus ingredientes, poseen valores altos de FDN; sin embargo, la degradación de esta fracción es superior a las encontradas en otros sustratos fibrosos, lo que indica que su fibra se compone de una fracción mayormente degradable en comparación con su fracción indigestible. Los valores de cinética y parámetros de fermentación ruminal de todas las dietas son más parecidos a los reportados para pastos tropicales, siendo su FL la que participa mayormente en la fermentación.

Agradecimientos

Se agradece al complejo Mosca (Moscamed y Moscafrut) ubicada en el Soconusco, Chiapas, por las facilidades otorgadas para llevar a cabo este trabajo.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

- Apréaz, J. E., Delgado, J. M., & Narváez, J. P. (2012). Composición nutricional, degradación *in vitro* y potencial de producción de gas, de herbáceas, arbóreas y arbustivas encontradas en el trópico alto de Nariño. *Livestock Research for Rural Development*, 24(3), 1-11.
- Association of Official Agricultural Chemist (AOAC). (2023). *Official methods of Analysis*. <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/>
- Aye, P. A. (2016). Comparative nutritive value of *Moringa oleifera*, *Thitonia diversifolia* and *Gmelina arborea* leaf meals. *American Journal of Food and Nutrition*, 6(1), 23-32. <https://doi.org/10.5251/ajfn.2016.6.1.23.32>
- Botello, A., Martínez, Y., Cotera, M., Morán, Ch., Ortega, M., Pérez, K., & Waititu, S. S. (2020). Growth performance, carcass traits and economic response of broiler fed of palm kernel meal (*Elaeis guineensis*). *Cuban Journal of Agriculture Science*, 54(4), 1-2. <https://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/986>
- Contreras, J. L., Pariona, J., Cordero, A., Jurado, M., & Huamán, R. (2019). Degradabilidad ruminal de forrajes y alimentos concentrados y estimación del consumo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(4), 1481-1493. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17189>
- Dai, H., Huang, Q., Li, S., Du, D., Yu, W., Guo, J., Zhao, Z., Yu, X., Ma, F., & Sun, P. (2024). Effect of dietary benzoic acid supplementation on growth performance, rumen fermentation, and rumen microbiota in weaned holstein dairy calves. *Animals*, 14(19), 2823. <https://doi.org/10.3390/ani14192823>
- De la Rosa, A. E., Miranda-Romero, L. A., Martínez-Hernández, P. A., Vargas-Villamil, L. M., & Elmasry, A. (2023). Nivel de proteína y energía en la fermentación *in vitro* de dietas para borregos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(2), 1-11. <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3545>
- Díaz, V. F., Sánchez, A., Albores-Moreno, S., Lara, L. A., Valencia-Salazar, S. S., Ku-Vera, J. C., & Alayón, J. A. (2023). Valoración nutricional y fermentación *in vitro* de mezclas de follaje de árboles con harina de yuca en dietas para borregos. *Acta Universitaria*, 33, 1-18. <https://doi.org/10.15174/au.2023.3558>
- Godoy, D. J., Daza, R., Fernández, L. M., Layza, A. E., Roque, R. E., Hidalgo, V., Gamarra, S. G., & Gómez, C. A. (2020). Caracterización del valor nutricional de los residuos agroindustriales para la alimentación de ganado vacuno en la región de San Martín, Perú. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(2), 1-14. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num2_art:1374
- Gudiño-Escandón, R. S., García-Barradas, M. R., Villagómez-Córtés, J. A., & Vega-Murillo, V. E. (2025). Impacto de la ganadería bovina sustentable y amigable con la biodiversidad para una alimentación saludable. Estudios de caso en trópico mexicano. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 8(1), e78160. <https://doi.org/10.34188/bjaerv8n1-123>
- Hernández-Morales, J., Sánchez-Santillán, P., Torres-Salado, N., Herrera-Pérez, J., Rojas-García, A. R., Reyes-Vázquez, I., & 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. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4332>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Anuario estadístico geográfico por entidad federativa 2020*. <https://sma.gob.mx/wp-content/uploads/2022/03/Anuario-2020.pdf>
- Jaime, G. O., Carulla, J. E., & Willis-Franco, G. A. (2021). Caracterización química, degradabilidad ruminal y aceptabilidad por bovinos, de un subproducto de la industria del papel. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 24(1), 1-9. <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1204>
- Lopes, F., Cook, D. E., & Combs, D. K. (2015). Effects of varying dietary ratios of corn silage on digestion of neutral detergent fiber in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 6291-6303. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8662>
- Martínez, M., Palacios, N., & Ortiz, R. (2009). Caracterización nutricional del grano de 50 accesiones de maíz cubano. *Cultivos Tropicales*, 30(2), 80-88. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215047010>

- Mendoza, G. D., Hernández, P. A., Plata, F. X., Martínez, J. A., Arcos, J. L., & Lee, H. A. (2022). *Nutrición Animal Cuantitativa México* (1ª. Edición). Universidad Autónoma Metropolitana.
http://cbs1.xoc.uam.mx/publicaciones_1/docs/Libro_digital_Nutricion_Animal_Cuantitativa.pdf
- Menke, K., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7–55.
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1573387450798066432>
- National Research Council (NRC). (1983). *Underutilized resources as animal feedstuffs*. National Academies.
<https://nap.nationalacademies.org/catalog/41/underutilized-resources-as-animal-feedstuffs>
- Oliveira, S., Rodrigues, R., Ferreira, F., Gomes, A. P., Santos, M., Paiva, R., Lima, R., Ribeiro, T., Dallapicola, G., Batista, A., Santos, M., & Vieira, L. (2021). Manejo nutricional de novillos criados en pastoreo y en corral: efectos en el consumo, digestibilidad, rendimiento y viabilidad económica. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(1), 105-119. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i1.5076>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Ørskov, E. R. (1982). *Protein nutrition of ruminants*. Academic Press.
- Pacheco, E., Peña, J., & Jiménez, P. (2009). Efecto del salvado de arroz sobre las propiedades físico-químicas y sensoriales de panes de trigo. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 26(4), 583-598.
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182009000400007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Ramírez-Díaz, R., Pinto-Ruiz, R., Medina-Jonapá, F. J., & Guevara-Hernández, F. (2020). Effect of inoculants and additives on fractions of ruminal fermentation and *in vitro* degradation in sorghum silage (*Sorghum* sp). *CienciaUAT*, 15, 172-179. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v15i1.1332>
- Reisinger, M., Tirpanalan, Ö., Huber, F., Kneifel, W., & Novalin, S. (2014). Investigations on a wheat bran biorefinery involving organosolv fractionation and enzymatic treatment. *Bioresource Technology*, 170, 53-61.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.07.068>
- Rodríguez-Yparraguirre, A., Rodríguez-Yparraguirre, C., Castañeda-Rodríguez, W., Maco-Vásquez, W., & Olivares-Espino, I. (2025). Desafíos para la integración de la economía circular en la gestión estratégica del sector agropecuario: una revisión sistemática. *Sciéndo Ingenium*, 21(2), 41-56.
<http://dx.doi.org/10.17268/scien.inge.2025.02.03>
- Rojas, A. R., Hernández, A., Sánchez-Santillán, P., Alaníz, L., Torres, N., Herrera-Pérez, J., & Escobar, J. C. (2018). Cinética de fermentación y degradación *in vitro* de tres leguminosas rastrojeras nativas del municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(4), 229-236.
<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i4.14340>
- Rosero, R., & Posada, S. L. (2007). Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(2), 174-182.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-06902007000200009&script=sci_arttext
- Sandoval, L., Miranda, L. A., Lara, A., Huerta, M., Uribe, M., & Martínez, M. (2016). Fermentación *in vitro* y la correlación del contenido nutrimental de *Leucaena* asociada con pasto estrella. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(16), 3185-3196.
- SAS. (2004). *User's guide: statistics*.
https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/sasdoc_91/stat_ug_7313.pdf
- Schofield, P., & Pell, A. N. (1995). Measurement and kinetic analysis of the neutral detergent-soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. *Journal Animal Science*, 73(11), 3455–3463.
<https://doi.org/10.2527/1995.73113455x>
- Sosa-Montes, E., Mendoza-Pedroza, S. I., Vázquez-Meraz, V., Crosby-Galván, M. M., & Monzón-Armenta, J. M. (2025). Efecto de la compactación en la calidad nutricional del ensilado de maíz. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 12(1), e4113. <https://doi.org/10.19136/era.a12n1.4113>

- Valdés-García, Y. S., Núñez-González, L. E., Escalera-Valente, F., Plascencia-Jorquera, A., Barreras-Serrano, A., Corona-Gochi, L., Gómez-Danés, A. A., & Loya-Olguin, J. L. (2016). Efecto del reemplazo de pasta soya por harina de pescado elaborada manualmente sobre comportamiento productivo de ovejas Pelibuey lactando y sus crías. *Austral Journal of Veterinary Sciences*, 48(2), 159-173.
<https://www.redalyc.org/journal/5017/501752375004/501752375004.pdf>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Yuliana, P., Laconi, E. B., Jayanegara, A., Achmadi, S. S., & Samsudin, A. A. (2019). Effect of napier grass supplemented with *Gliricidia sepium*, *Sapindus rarak* or *Hibiscus rosa-sinensis* on *in vitro* rumen fermentation profiles and methanogenesis. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 44(2), 167-176.
<https://doi.org/10.14710/jitaa.44.2.167-176>