

Accepted Manuscript / Manuscrito Aceptado

Title Paper/Título del artículo:

Composición química y digestibilidad de especies leñosas consumidas por *Odocoileus virginianus* en dos condiciones de selva tropical en México

Chemical composition and digestibility of woody species consumed by *Odocoileus virginianus* in two tropical forest conditions in Mexico

Authors/Autores:

Valerio-Euan, K. E., Valerio-Euan, K. J., Díaz-Echeverría, V. F., Alayon-Gamboa, J. A., Pat-Ake, I., Chavarría-Díaz, A. C., Oros-Ortega, I., Cen-Hoy, A., Albores-Moreno, S.

ID: e2090

DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.13.e2090>

Received/Fecha de recepción: October 22th 2025

Accepted /Fecha de aceptación: September 07th 2026

Available online/Fecha de publicación: September 22th 2026

Please cite this article as/Como citar este artículo: Valerio-Euan, K. E., Valerio-Euan, K. J., Díaz-Echeverría, V. F., Alayon-Gamboa, J. A., Pat-Ake, I., Chavarría-Díaz, A. C., Oros-Ortega, I., Cen-Hoy, A., Albores-Moreno, S. (2026). Chemical composition and digestibility of woody species consumed by *Odocoileus virginianus* in two tropical forest conditions in Mexico. *Revista Bio Ciencias*, 13, e2090. <https://doi.org/10.15741/revbio.13.e2090>

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Este archivo PDF es un manuscrito no editado que ha sido aceptado para publicación. Esto es parte de un servicio de Revista Bio Ciencias para proveer a los autores de una versión rápida del manuscrito. Sin embargo, el manuscrito ingresará a proceso de edición y corrección de estilo antes de publicar la versión final. Por favor note que la versión actual puede contener errores de forma.

Artículo original / Original article

Composición química y digestibilidad de especies leñosas consumidas por *Odocoileus virginianus* en dos condiciones de selva tropical en México

Chemical composition and digestibility of woody species consumed by *Odocoileus virginianus* in two tropical forest conditions in Mexico

Composición química y digestibilidad de especies leñosas para venados /

Chemical Composition and Digestibility of Woody Plant Species for Deer

Valerio Euan, K. E¹ () , Valerio Euan, K. J.¹ () , Díaz Echeverría, V. F.¹ () , Alayon Gamboa, J. A.² () , Pat Ake, I.¹ () , Chavarría Díaz, A. C.¹ () , Oros Ortega, I.¹ () , Cen Hoy, A.¹ () , Albores Moreno, S.^{2*} ()

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de la Zona Maya, División de Estudios de Posgrado e Investigación, CP 77965 Quintana Roo, México.

²El Colegio de la Frontera Sur. Grupo Académico de Ganadería Sustentable y Cambio Climático Carr. Panamericana y periférico sur S/N, C. P. 29290 San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

*Corresponding Author:

*Samuel Albores-Moreno¹ Departamento Agricultura, Sociedad y Ambiente Grupo Ganadería Sustentable y Cambio Climático del Colegio de la Frontera Sur, Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n Barrio María Auxiliadora, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, CP 29290, México. E. mail: Correo: samuel.albores@ecosur.mx

RESUMEN

El objetivo fue determinar la composición química, los patrones de fermentación y la digestibilidad *in vitro* de 20 especies vegetales que conforman la dieta principal del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). Se analizaron proteína cruda (CP), fibra (NDF, ADF), lignina, energía bruta (EG) y metabolitos secundarios (fenoles, taninos), correlacionados con parámetros de fermentación y digestibilidad. El contenido de CP varió de 6.34 a 24.13 %, NDF de 25.66 a 61.69 % y GE de 3.56 a 4.77 Mcal/kg. El mayor volumen de gas se obtuvo en *Margaritopsis microdon* (205 mL/g; $p = 0.0001$), y la mayor digestibilidad de materia seca y orgánica en *Thevetia ahouai* (67.86 % y 70.12 %; $p = 0.0001$). La CP se correlacionó positivamente con IVDMD y IVOMD ($r = 0.4926$ – 0.5551 ; $p < 0.05$), mientras que NDF, ADF, CT y GE mostraron correlaciones negativas con Vm, SF y digestibilidad ($r = -0.44$ a -0.64 ; $p < 0.05$). Los taninos condensados redujeron la fermentación lenta ($p < 0.001$). Se concluye que la dieta del venado incluye especies con alto contenido de proteína y fermentación ruminal, clave para su nutrición y conservación en selvas tropicales, destacando *Margaritopsis microdon*, *Spondias radlkoferi*, *Thevetia ahouai*, *Bauhinia divaricata* y *Mosannona depressa*.

PALABRAS CLAVE:

Follaje, Composición química, Patrones de fermentación, selva inundable, selva subcaducifolia.

ABSTRACT

This study aimed to determine the chemical composition, fermentation patterns, and *in vitro* digestibility of 20 plant species that constitute the main diet of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*). Crude protein (CP), fiber (NDF and ADF), lignin, gross energy (GE), and secondary metabolites (phenols and tannins) were analyzed and correlated with fermentation and digestibility parameters. CP ranged from 6.34 to 24.13 %, NDF from 25.66 to 61.69 %, and GE from 3.56 to 4.77 Mcal/kg. The highest gas volume was observed for *Margaritopsis microdon* (205 mL/g; $p = 0.0001$), whereas the highest dry matter and organic matter digestibility values were observed for *Thevetia ahouai* (67.86 % and 70.12 %, respectively; $p = 0.0001$). CP was positively correlated with IVDMD and IVOMD ($r = 0.4926$ - 0.5551 ; $p < 0.05$), whereas NDF, ADF, CT, and GE were negatively correlated with Vm, SF, and digestibility ($r = -0.44$ to -0.64 ; $p < 0.05$). Condensed tannins reduced slow fermentation ($p < 0.001$). It is concluded that the deer diet includes species with high protein content and ruminal fermentation potential, which are key to nutrition and conservation in tropical forests, particularly *Margaritopsis microdon*, *Spondias radlkoferi*, *Thevetia ahouai*, *Bauhinia divaricata*, and *Mosannona depressa*.

KEYWORDS:

Foliage, Chemical composition, Fermentation patterns, Flooded forest, Semi-deciduous forest.

Introducción

Las selvas tropicales se encuentran entre los ecosistemas ricos, diversos y complejos del planeta (Carreón-Santos & Valdez-Hernández, 2014). En el estado de Quintana Roo, estas selvas abarcan aproximadamente 1.5 millones de hectáreas distribuidas en selva mediana, baja y vegetación secundaria derivada del abandono de tierras previamente destinadas a la agricultura (INEGI, 2017). Las comunidades vegetales presentes en la selva baja inundable y la selva mediana subcaducifolia de la península de Yucatán presentan una gran diversidad florística, que constituye una fuente clave de alimento para la fauna silvestre mediante el follaje, frutos, flores y tallos (Ramírez-Barajas & Naranjo-Piñera, 2007). Entre los rumiantes silvestres de la región destaca el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), considerado una especie de alto valor ecológico, social y cultural en comunidades rurales (López-Pérez *et al.*, 2012). Su hábito alimenticio se basa en el ramoneo, prefiriendo forraje arbóreo y arbustivo, aunque también consume brotes, bellotas, hongos y pastos (Weber, 2005). La composición de su dieta varía según el tipo de selva y la disponibilidad de recursos alimenticios (Weber, 2008).

Diversos estudios han documentado entre 26 y 75 especies vegetales consumidas por esta especie en distintas condiciones de selva, desde la selva baja inundable hasta la selva mediana subcaducifolia (Silva-Arango, 2022; Weber, 2014). Estas incluyen especies como *Brosimum alicastrum*, *Manilkara zapota*, *Thevetia ahouai*, *Bauhinia divaricata* y *Leucaena leucocephala* (Granados *et al.*, 2014). La selección de estas especies responde tanto a la disponibilidad estacional como a las necesidades nutricionales del venado, especialmente durante fases críticas como el crecimiento y la reproducción (López-Pérez *et al.*, 2012). Factores como la concentración de proteína cruda, la fibra, los compuestos secundarios y el contenido energético son determinantes para la digestibilidad y el valor forrajero de las plantas (Ramírez-Lozano, 2007).

A pesar de esta diversidad dietética, existen pocos estudios que analicen exhaustivamente la composición química y la digestibilidad de estas especies forrajeras en condiciones naturales.

Algunos trabajos se han centrado en la identificación de especies consumidas; sin embargo, no abordan de manera integral su valor nutricional y su potencial de aprovechamiento ruminal (López-Pérez *et al.*, 2012; Ramírez-Lozano, 2007). Esta laguna de conocimiento limita la comprensión de los mecanismos de selección alimenticia del venado en ambientes tropicales y obstaculiza el diseño de estrategias de manejo y conservación de su hábitat. Por ello, esta investigación se centra en caracterizar la composición química, los patrones de fermentación y la digestibilidad *in vitro* de las principales especies vegetales consumidas por el venado cola blanca en las selvas tropicales del sur de Quintana Roo. Esta información resulta esencial para comprender su ecología alimentaria, sustentar acciones de conservación y fomentar el uso sostenible de la diversidad vegetal en estos ecosistemas.

Material y Métodos

Sitio de estudio

El estudio se realizó en el estado de Quintana Roo, México. Dentro del Estado de Quintana Roo se ubicó a un ejido que contara con distintas condiciones de selva y en el que se reportara actividad de cacería del venado cola blanca. Se eligió a la comunidad Laguna Om localizado al Noroeste del Municipio de Othón P. Blanco (Figura 1), en las coordenadas 18°41'49.5" - 18°25'49.5" N y 88°29'22" - 88°36'44" W. Cuenta con un clima cálido subhúmedo, tipo Aw1, con lluvias en verano (García, 1973) y con temperatura promedio anual de 26 °C y precipitación anual de 1250 mm (CONAGUA, 2016)

Laguna Om tiene una superficie de 84,387.07 hectáreas (Ha), en los que se pueden encontrar los suelos Vertisol, Leptosol y Gleysolos; el terreno es llano con una ondulación microrrelieve y con amplias depresiones que presentan pequeñas planicies, su altura sobre el nivel del mar varía entre 100 y 150 m (Jean-Baptiste *et al.*, 2009) predomina la selva mediana subperennifolia, seguida de selva baja espinosa subperennifolia; en el área existen nueve cuerpos de agua y una laguna conocida como Laguna Om. Respecto al uso del suelo, la mayor área la ocupan los pastizales destinados a la ganadería y cuenta con una pequeña superficie de uso agrícola. Las comunidades aledañas más importantes son Francisco Villa, Nachi Cocom, Morcoy y Nuevo Becar (Jean-Baptiste *et al.*, 2009).

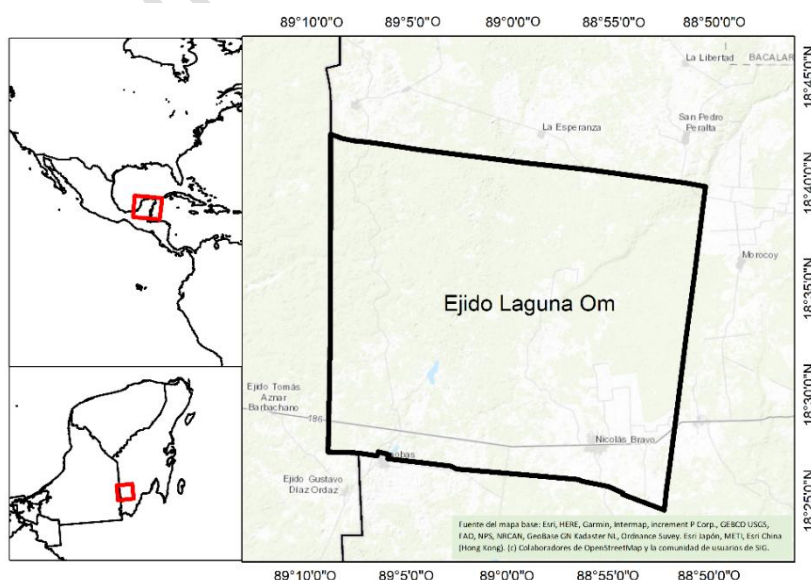


Figura 1. Ubicación geográfica del ejido Laguna Om

Tratamientos

Para la elección de las especies vegetales evaluadas en el presente estudio se utilizó como referencia los hallazgos previamente reportados por Silva-Arano (2022), quién encontró un total de 75 especies de plantas potencialmente consumibles por el venado cola blanca. De este total se seleccionaron las especies que se encontraron por arriba del 1.5 % en la composición de la dieta, valor considerado como mínimo en el que debe estar presente una especie en el consumo para considerarse de importancia en la dieta (Weber, 2014). Las plantas que cumplieron con este criterio fueron 20 especies (Tabla 1).

Muestreo de especies vegetales.

El follaje arbóreo se obtuvo a través de muestreos realizados en campo, mediante transectos (Ramírez-Barajas *et al.*, 2012). Se definieron tres condiciones de vegetación: Selva Baja Inundable (SBI), Selva Mediana Subcaducifolia de 1 a 10 años de recuperación (SMS1-10), y Selva Mediana Subcaducifolia de 11 a 20 años de recuperación (SMS11-20). En cada una de ellas se establecieron 6 transectos de 2 km de largo y 4 m de ancho; cada transecto se georreferenció con un posicionador satelital (GPS) y se ubicó en un mapa de distribución vegetal del Ejido Laguna Om (Jean-Baptiste *et al.*, 2009). En cada transecto se determinó la presencia de cada especie vegetal y se realizaron colectas de follaje (hoja y tallos tiernos) de las 20 especies de plantas previamente seleccionadas. La colecta del material se realizó de forma manual, simulando el ramoneo del venado y siguiendo el método de forrajeo continuo (Bonnet *et al.*, 2015). El material colectado se pesó con una báscula electrónica (Ohaus modelo H-8109) y se almacenó usando papel dextrosa. En cada muestra se determinó el contenido de materia seca (DM), mediante secado en estufa de aire forzado (Binder 9010-0104) a 60 °C por 72 horas o hasta obtener peso constante. Las muestras secas se trituraron con un molino IKA® MF10 Basic con un tamaño de criba de 1 mm para su análisis químico.

Análisis químico

Se realizó por triplicado un análisis químico proximal por especie vegetal. El contenido de Materia Orgánica y Cenizas se determinó por incineración a 600 °C en una mufla Novatech BTC-9100 por 4 horas, siguiendo el procedimiento propuesto por Latimer (2023), por el método 923.03. Mientras que la Proteína Cruda (CP), se cuantificó a través de la determinación del contenido de Nitrógeno (N) en un Determinador Elemental marca Perkin Elmer y los valores obtenidos fueron multiplicados por el factor 6.25 ($CP = N \times 6.25$). Los contenidos de Fibra Detergente Neutro (NDF), Fibra Detergente Acido (ADF) y Lignina (Li) se determinaron con un digestor ANKOM 2000 modelo A200, siguiendo el método descrito por Van Soest *et al.* (1991). El contenido de Fenoles Totales (TP) se determinó por el método de Folin-Ciocalteu (García *et al.*, 2015). El contenido de Taninos Totales (TT) se estimó por el método de Folin-Ciocalteu + Polivinilpolipirrolidona (PVPP) (García *et al.*, 2015). El contenido de Taninos Condensados (CT) se estimó por su equivalente en Catequina utilizando el método de Vainillina (Terrill *et al.*, 1992). La Energía Bruta (GE) se estimó por la cantidad de energía calorífica liberada por combustión cerrada en presencia de oxígeno, utilizando una bomba adiabática IKA modelo C200, según las especificaciones descritas por la Organización Internacional de Estándares (ISO, 1988).

Recolección de líquido ruminal

El líquido ruminal requerido para la fermentación *in vitro* se obtuvo a través de la colecta del contenido completo del rumen de dos animales, sacrificados por cazadores de subsistencia que viven en las comunidades aledañas a los sitios donde se establecieron los transectos previamente descritos. La obtención del contenido del rumen se realizó previa explicación y permiso de la persona que sacrificó a cada animal, para ello se realizaron convenios de donación con las personas que sacrificaron a los animales. Se asumió que los venados se desplazaban entre las condiciones de selva antes descritas para alimentarse con la vegetación presente en las áreas que comprendían los transectos. El líquido ruminal se obtuvo directamente del rumen de los animales y se mantuvo en envases térmicos con temperatura de 37 °C para su transporte (< 3 h) al laboratorio. En el laboratorio, el contenido ruminal se infundió con dióxido de carbono (CO₂) mientras se filtró empleando triple gasa estéril con poro de 1.5 mm.

Tabla 1. Especies de plantas que forman el mayor porcentaje en la dieta del venado cola blanca.

Nombre científico	Nombre común	(%) en la Dieta *
<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.	Ruda de monte	2.12
<i>Bauhinia divaricata</i> L.	Pata de vaca	2.62
<i>Cydista aequinotalis</i> Miers.	Peineta	1.59
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Ramon/ Ox	2.79
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Chakaj/mulato	2.08
<i>Byrsonima bucidifolia</i> Standl.	Sak paj	4.06
<i>Cladium mariscus</i> subsp. jamaicense (Crantz) Kük.	Navajuelo o cortadora	8.59
<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H. Rob.	Sierrilla	2.72
<i>Dalbergia glabra</i> (Mill.) Standl.	Muk	3.97
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch	Chakaj blanco	1.51
<i>Machaerium cirrhiferum</i> Pittier	Corcho	4.03
<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	Flor de colibrí	3.07
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen.	Chico zapote o zapote	1.58
<i>Margaritopsis microdon</i> (DC.) C.M. Taylor	Lechoso	2.81
<i>Mosannonna depressa</i> (Baill) Chatrou.	Elemuy	2.39
<i>Serjania goniocarpa</i> Radlk.	Cola de iguano	1.65
<i>Spondias radlkoferi</i> Donn. Sm.	Jobo o jobo rojo	1.56
<i>Stizophyllum riparium</i> (Kunth) Sandwith	Bejuco blanco	2.70
<i>Thevetia ahouai</i> (L.) A. DC.	Huevo de Perro	5.32
<i>Vitis tiliifolia</i> Humb. & Bonpl. ex Schult.	Uva de monte	2.79

*Porcentaje en la dieta del venado cola blanca, reportado por Silva-Arano (2022).

Fermentación *in vitro* y digestibilidad

Los forrajes de las 20 especies previamente procesadas para su análisis químico, se sometieron a fermentación *in vitro* para conocer su dinámica y patrón de fermentación. Para conocer la dinámica de la fermentación de los follajes se empleó la técnica de gas *in vitro* descrita por Theodorou *et al.* (1994). Para la realización del procedimiento se prepararon tres soluciones: La solución I que contiene 6.0 g de fosfato de potasio dibásico (K_2HPO_4) por litro de agua; la solución II que contiene 6.0 g fosfato de potasio monobásico (KH_2PO_4), 6.0 g de sulfato de amonio ($(NH_4)_2SO_4$), 12 g de cloruro de sodio (NaCl), 2.45 g de sulfato de magnesio ($MgSO_4$) y 1.6 g de cloruro de calcio ($CaCl_2$) por litro de agua. La solución reductora, que contiene 2.5 g de L cisteína en 15 g de hidróxido de sodio (NaOH) a 2 de normalidad, 2.5 g de sulfuro de sodio (Na_2S) y 0.1 mL de rezasurina al 1 %, aforado a 100 mL.

Concluida la preparación de cada solución se procedió a mezclarlas en la siguiente concentración por litro: 75 mL de solución I, 75 mL de solución II, 50 mL de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 8 %, 20 mL de solución reductora, 780 mL de agua destilada, 2 gotas de rezasurina y 100 mL de líquido ruminal. Esta mezcla se depositó en frascos de 125 mL; previamente en cada frasco se agregó 1 g de muestra de cada especie vegetal y se incorporó 90 mL de inóculo ruminal mezclado en una relación 1:9 con una solución buffer (Menke & Steingass, 1988), bajo una infusión continua de dióxido de carbono (CO_2). Por cada especie de planta se incubaron seis repeticiones. Posteriormente, cada frasco se selló herméticamente y se extrajo el aire con una jeringa hasta igualar la presión interior a cero. Por último, los frascos se colocaron en un baño maría a 37 °C. Adicional a las muestras de forraje, se incubaron seis frascos con solo líquido ruminal (blancos). La presión de gas se midió con un manómetro con escala de 0 a 1 Kg/cm² y las mediciones se realizaron a las 0, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 42, 48, 60 y 72 horas después de la incubación. Las lecturas se transformaron a volumen de gas mediante la ecuación $V = 0.4364(P) + 0.3956$ con una $R^2 = 0.9728$, obtenida de la calibración del equipo de medición, tomando como base el proceso descrito por Elmasry *et al.* (2016) donde V = volumen de gas producido y P = presión que se genera en cada frasco.

Posterior a las 72 horas de fermentación se colectó y filtró el material residual utilizando un embudo Buchner revestido de papel filtro y una bomba de vacío. El material filtrado se sometió a secado en una estufa a 55 °C hasta alcanzar peso constante, y se estimó la digestibilidad de la DM (IVDMD). La IVDMD (%) se calculó basándose en la MS inicial y residual (Monforte-Briceño *et al.*, 2005). También se estimó la digestibilidad de la OM (IVOMD) mediante incineración en una mufla Novatech a 600 °C (Latimer, 2023; método número 923.03). La IVOMD (%) se calculó con base en la OM inicial y residual (Miranda-Romero *et al.*, 2015).

Estimación de parámetros de la fermentación

El volumen máximo (V_m) mL g^{-1} , la tasa de fermentación (S) h^{-1} y la fase de retraso (L) h^{-1} en la producción de gas se estimó utilizando el modelo logístico $V = V_m / (1 + e^{(2-4S)(t-L)})$ (Schofield & Pell, 1995). También se obtuvo el volumen acumulado de gas para los intervalos de tiempo de 0 a 8 horas (V_{0-8}), de 8 a 24 horas (V_{8-24}) y de 24 a 72 horas (V_{24-72}) de incubación (mL g^{-1}). Estos volúmenes se utilizaron para estimar las fracciones de fermentación rápida (RF), fermentación media (IF) y fermentación lenta, (SF): $RF = V_{f0-8} / 0.4266$, $IF = V_{f8-24} / 0.6152$, $SF = V_{f24-72} / 0.3453$ (Miranda-Romero *et al.*, 2015).

Análisis estadísticos

Los valores de la composición química proximal, los parámetros de fermentación *in vitro* y la digestibilidad de las diferentes especies se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño completamente al azar. Los tratamientos correspondieron a las 20 especies vegetales identificadas como parte de la dieta del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS (2014) versión 10, considerando un nivel de significancia de $p < 0.05$. El análisis se basó en el siguiente modelo matemático: $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$, donde: Y_{ij} es la j -ésima repetición correspondiente al i -ésimo tratamiento; μ es la media general; α_i es el efecto del i -ésimo tratamiento; y e_{ij} es el error aleatorio normal e independientemente distribuido con media cero y varianza común (Montgomery, 2013). Cuando existió diferencia estadística ($p < 0.05$) entre tratamientos se realizó una prueba de rangos múltiples de Tukey para comparar las medias de los tratamientos. Adicionalmente, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre los parámetros de la fermentación *in vitro* y la composición química de los follajes consumidos por *Odocoileus virginianus*, para identificar el grado y la dirección de la relación entre las variables.

Resultados

Composición química proximal

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.0001$) en los contenidos de Materia Seca (DM), Materia Orgánica (OM), Proteína Cruda (CP), Fibra Detergente Neutro (NDF), Fibra Detergente Acido (ADF), Lignina (Li) y Energía Bruta (GE) entre las especies vegetales evaluadas (Tabla 2). El contenido de DM fluctuó de 17.28 % en *Margaritopsis microdon* a 48.27 % en *Manilkara zapota*. Las especies *Alvaradoa amorphoides*, *Cydistia aequinotalis* Miers. y *Dalbergia glabra* tuvieron similar contenido de DM, lo mismo que *Spondias radlkoferi* y *Dendropanax arboreus*. El mayor contenido de OM se encontró en *Bauhinia divaricata* (88.29 %) y los menores valores en *Claudium mariscus* (80.47 %) y *Cyrtocymura scorpioides* (80.02 %). Se observó similar concentración de OM entre las especies *Manilkara zapota* (87.49 %), *Vitis tiliifolia* (87.44 %), *Machaerium cirriferum* (87.27 %), *Bursera simaruba* (87.12 %), y *Byrsonima bucidifolia* (87.01 %); también entre *Stizophyllum riparium* (86.87 %), *Dendropanax arboreus* (86.65 %), y *Dalbergia glabra* (86.34 %). Las plantas con mayor contenido de CP fueron *Margaritopsis microdon* (24.13 %), *Machaerium cirriferum* (23.75 %) y *Cyrtocymura scorpioides* (22.91 %), seguidas de *Dalbergia glabra* (17.25 %), *Malvaviscus arboreus* (17.25 %) y *Stizophyllum riparium* (16.88 %). Las especies que tuvieron la menor concentración fueron *Manilkara zapota* (6.34 %) y *Byrsonima bucidifolia* (7.56 %).

El mayor contenido de NDF se encontró en *Stizophyllum riparium* (61.69 %), seguido de *Dalbergia glabra* (50.70 %), *Bauhinia divaricata* (50.19 %), *Dendropanax arboreus* (50.14 %), y

Alvaradoa amorphoides (49.26 %). Las especies con menor concentración de NDF fueron *Spondias radlkoferi* (25.66 %) y *Machaerium cirrhiferum* (25.75 %). Respecto a la concentración de ADF se observaron las mayores concentraciones en *Stizophyllum riparium* (40.97 %) y *Dendropanax arboreus* (40.25 %), seguidas de *Dalbergia glabra* (33.78 %) y *Bauhinia divaricata* (33.70 %). Asimismo, se observó similar concentración entre *Cydista aequinotalis* Miers. (30.02 %), *Bursera simaruba* (29.53 %), y *Cyrtocymura scorpioides* (29.53 %); adicionalmente, entre *Thevetia ahouai* (27.50 %), *Vitis tiliifolia* (26.65 %), *Serjania goniocarpa* (26.45 %) y *Mosannonna depressa* (26.42 %); mientras que *Machaerium cirrhiferum* (16.37 %), *Malvaviscus arboreus* (17.39 %) y *Margaritopsis microdon* (16.11 %) presentaron los menores valores. El contenido de lignina fluctuó de 4.52 % en *Mosannonna depressa* a 0.96 % en *Cydista aequinotalis* Miers. Las menores concentraciones se encontraron en *Manilkara zapota* (1.03 %), *Brosimum alicastrum* (1.38 %), *Machaerium cirrhiferum* (1.51 %), y *Margaritopsis microdon* (1.65 %). Respecto a la GE, las mayores concentraciones se encontraron en *Dendropanax arboreus* (4.77 Mcal/kg) y *Stizophyllum riparium* (4.62 Mcal/kg). Nueve especies presentaron similar concentración, por arriba de 4 Mcal/kg. Estas especies fueron: *Dalbergia glabra*, *Serjania goniocarpa*, *Machaerium cirrhiferum*, *Bursera simaruba*, *Vitis tiliifolia*, *Byrsonima bucidifolia*, *Thevetia ahouai*, *Bauhinia divaricata*, y *Margaritopsis microdon*. Por su parte, la menor concentración de GE se observó en *Brosimum alicastrum* (3.56 Mcal/kg) y en *Cyrtocymura scorpioides* (3.63 Mcal/kg). (Tabla 2).

En cuanto a la concentración de compuestos secundarios, se observaron diferencias significativas ($p < 0.0001$) en los contenidos de Fenoles Totales (TP), Taninos Totales (TT) y Taninos Condensados (CT). El mayor contenido de TP se encontró en *Byrsonima bucidifolia* (11.01 %), seguida de *Bursera simaruba* (5.4 %), *Manilkara zapota* (5.10 %). También *Cydista aequinotalis* Miers., *Dalbergia glabra*, *Spondias radlkoferi* tuvieron valores por arriba del 3 % de la DM. Mientras que ocho especies presentaron valores menores a 1 % de la DM. Estas especies fueron: *Machaerium cirrhiferum*, *Mosannonna depressa*, *Cyrtocymura scorpioides*, *Malvaviscus arboreus*, *Thevetia ahouai*, *Stizophyllum riparium*, *Dendropanax arboreus*. El menor valor se observó en *Alvaradoa amorphoides* (0.10 %). Respecto a los TT, estos fluctuaron de 8.60 % en *Byrsonima bucidifolia* a 0.01 % en *Mosannonna depressa*. En el 20 % de las plantas evaluadas no se detectó la presencia de CT. En las que se detectó su presencia, el valor mayor se observó en *Bursera simaruba* (28.40 %), y con valores menores para las especies *Alvaradoa amorphoides* (0.20 %), *Dendropanax arboreus* (0.20 %) y *Spondias radlkoferi* (0.30 %) (Tabla 2).

Fermentación y digestibilidad *in vitro*

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) en el volumen máximo de gas producido (Vm) entre las especies estudiadas. Los mayores Vm se registraron en las plantas *Margaritopsis microdon* (205.0 mL g⁻¹), *Spondias radlkoferi* (180 mL g⁻¹) y *Thevetia ahouai* (166.33 mL g⁻¹). Los valores menores de Vm se obtuvieron en *Dalbergia glabra* (71.67 mL g⁻¹), *Byrsonima bucidifolia* (88.33 mL g⁻¹), y fueron similares con los observados con *Stizophyllum riparium*, *Bursera simaruba*, y *Serjania goniocarpa*, estas últimas con 80 mL g⁻¹. Mientras que las especies *Alvaradoa amorphoides*, *Bauhinia divaricata*, *Brosimum alicastrum*, *Claudium mariscus*, *Cyrtocymura scorpioides*, *Dendropanax arboreus*, *Machaerium cirrhiferum*, *Malvaviscus arboreus*, *Mosannonna depressa*, y *Vitis tiliifolia*, no mostraron diferencias en sus valores de volumen de gas con respecto a los observados con *Margaritopsis microdon* (Tabla 3).

La tasa de fermentación (S) no presentó diferencias significativas entre las especies evaluadas ($p > 0.05$) y se observó que en promedio fue de 0.52 ± 0.061 (h⁻¹). Pero se observaron diferencias ($p < 0.001$) entre las especies en el inicio de la fermentación (L). El mayor tiempo de inicio en la fermentación se observó en *Manilkara zapota* (4.65 h), seguida de *Stizophyllum riparium*, *Machaerium cirrhiferum*, *Dalbergia glabra*, *Claudium mariscus*, *Brosimum alicastrum* y *Alvaradoa amorphoides*. Las demás especies tuvieron similar tiempo de inicio de la fermentación, con valores menores a una hora. Los menores tiempos de inicio de la fermentación fueron observados en las especies *Bauhinia divaricata*, *Cydista aequinotalis* Miers. *Byrsonima bucidifolia*, *Cyrtocymura*

scorpioides, *Dendropanax arboreus*, *Malvaviscus arboreus*, *Margaritopsis microdon*, *Mosannonna depressa*, *Serjania goniocarpa*, *Spondias radlkoferi*, *Thevetia ahouai*, *Vitis tiliifolia*.

Tabla 2. Composición química de follajes de las plantas que forman parte de la dieta del venado cola blanca en Quintana Roo, México.

Especie	DM	OM	CP	NDF	ADF	Li	GE	TP ²	TT ³	CT ⁴
	(%)		(%) de la DM				Mcal		(%) de la DM	
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	29.84 ⁱ	85.50 ^e	15.38 ^c	49.26 ^{bc}	21.94 ^f	1.67 ^{defg}	3.88 ^{cde}	0.10 ⁱ	0.10 ^{fg}	0.20 ^j
<i>Bauhinia divaricata</i>	35.87 ^f	88.29 ^a	11.94 ^{gh}	50.19 ^b	33.70 ^b	2.18 ^{cde}	4.17 ^{abcde}	1.90 ^e	1.10 ^e	3.20 ^f
<i>Cydista aequinotalis</i>	29.79 ⁱ	84.41 ^f	13.03 ^j	40.10 ^e	30.02 ^c	0.96 ^h	3.92 ^{cde}	4.10 ^c	3.50 ^b	0.60 ^{hi}
<i>Miers.</i>										
<i>Brosimum alicastrum</i>	43.16 ^c	81.31 ⁱ	14.47 ^{cd}	39.74 ^e	24.51 ^e	1.38 ^{fgh}	3.56 ^e	1.20 ^f	0.01 ^{fg}	0.00
<i>Bursera simaruba</i>	31.99 ^g	87.12 ^{bc}	9.13 ⁱ	39.72 ^e	29.53 ^c	2.35 ^{cd}	4.24 ^{abcd}	5.40 ^b	2.10 ^d	28.40 ^a
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	39.00 ^d	87.01 ^{bc}	7.56 ^j	37.19 ^{fg}	23.33 ^e	2.56 ^c	4.19 ^{abcd}	11.01 ^a	8.60 ^a	5.10 ^e
<i>Claudium mariscus</i> ¹	20.99 ^o	80.47 ^j	14.44 ^{cd}	47.62 ^c	29.53 ^c	2.62 ^{bc}	3.91 ^{cde}	1.05 ^{fg}	0.63 ^{ef}	0.51 ^{hi}
<i>Cyrtocymura scorpioides</i>	24.03 ^m	80.02 ^j	22.91 ^a	43.59 ^d	20.71 ^{fg}	2.47 ^c	3.63 ^{de}	0.60 ^{fghi}	0.20 ^{fg}	0.40 ^{hi}
<i>Dalbergia glabra</i>	29.79 ⁱ	86.34 ^d	17.25 ^b	50.70 ^b	33.78 ^b	2.67 ^{bc}	4.43 ^{abc}	3.70 ^{cd}	1.90 ^d	8.70 ^c
<i>Dendropanax arboreus</i>	27.81 ^j	86.65 ^{cd}	11.00 ^h	50.14 ^b	40.25 ^a	2.59 ^c	4.77 ^a	0.30 ^{hi}	0.20 ^{fg}	0.20 ^j
<i>Machaerium cirriferum</i>	22.39 ⁿ	87.27 ^{bc}	23.75 ^a	25.75 ^j	16.37 ^h	1.51 ^{efgh}	4.33 ^{abc}	0.70 ^{fghi}	0.20 ^{fg}	0.00
<i>Malvaviscus arboreus</i>	25.57 ^k	82.65 ^h	17.25 ^b	36.49 ^{fg}	17.39 ^h	2.67 ^{bc}	3.99 ^{cde}	0.60 ^{fghi}	0.20 ^{fg}	0.40 ^{hi}
<i>Manilkara zapota</i>	48.27 ^a	87.49 ^b	6.34 ^{ef}	34.36 ^h	24.15 ^e	1.03 ^{gh}	3.90 ^{cde}	5.10 ^b	3.60 ^b	12.80 ^b
<i>Margaritopsis microdon</i>	17.28 ^q	82.47 ^h	24.13 ^a	26.00 ^j	16.11 ^h	1.65 ^{defgh}	4.08 ^{bcde}	1.10 ^{fg}	0.60 ^{ef}	0.00
<i>Mosannonna depressa</i>	45.40 ^b	83.49 ^g	13.16 ^{def}	43.93 ^d	26.42 ^d	4.52 ^a	3.90 ^{cde}	0.70 ^{fgh}	0.01 ^g	0.50 ^{hi}
<i>Serjania goniocarpa</i>	30.55 ^h	84.40 ^f	11.38 ^{gh}	35.76 ^{gh}	26.45 ^d	2.17 ^{cde}	4.35 ^{abc}	2.00 ^e	1.00 ^e	7.40 ^d
<i>Spondias radlkoferi</i>	27.68 ^j	85.28 ^e	12.75 ^{efg}	25.66 ^j	20.38 ^g	2.00 ^{cdef}	4.00 ^{cde}	3.30 ^d	2.80 ^c	0.30 ^j
<i>Stizophyllum riparium</i>	36.59 ^e	86.87 ^{bcd}	16.88 ^b	61.69 ^a	40.97 ^a	3.29 ^b	4.62 ^{ab}	0.40 ^{hi}	0.20 ^{fg}	0.90 ^h
<i>Thevetia ahouai</i>	18.79 ^p	82.25 ^h	12.47 ^{efg}	37.70 ^f	27.50 ^d	2.20 ^{cde}	4.18 ^{abcde}	0.56 ^{ghi}	0.18 ^{fg}	0.00
<i>Vitis tiliifolia</i>	24.75 ^l	87.44 ^b	13.47 ^{de}	35.76 ^{gh}	26.65 ^d	2.31 ^{cd}	4.20 ^{abcd}	1.20 ^f	0.80 ^e	1.70 ^g
Valor-P	($p < 0.001$)	($p < 0.001$)	($p < 0.001$)	($p < 0.001$)	($p < 0.001$)	($p < 0.001$)	($p < 0.001$)	($p < 0.001$)	($p < 0.001$)	($p < 0.001$)
EE	0.489	0.122	0.262	0.352	0.243	0.131	0.115	0.112	0.106	0.102

** Diferencia altamente significativa ($p < 0.001$); EE = Error estándar de la diferencia entre medias; Medias con igual letra en las columnas no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$). DM = Materia seca; OM = Materia orgánica; CP = Proteína cruda; DNF = Fibra detergente neutro; ADF = Fibra detergente ácido; Li = Lignina; EG = Energía bruta; TP = Fenoles totales; TT = Taninos Totales, CT = Taninos condensados. ¹ subespecie *jamaicense*; ² Equivalente a ácido tánico; ³ Método Folin + PVPP; ⁴ Equivalente a Catequina (Método Vainillina); 0.00 = No detectado.

En cuanto a la digestibilidad, se observaron diferencias ($p < 0.001$) entre las especies, tanto para la IVDMD como para la IVOMD (Tabla 3). La mayor IVDMD y IVOMD fue similar entre *Thevetia ahouai* (IVDMD: 67.86 %, IVOMD: 70.12 %), *Malvaviscus arboreus* (IVDMD: 60.99 %, IVOMD: 65.47 %), *Machaerium cirriferum* (IVDMD: 59.23 %, IVOMD: 65.61 %) y *Margaritopsis microdon* (IVDMD: 58.36 %, IVOMD: 65.50 %). Junto con estas especies se observaron similar IVDMD y IVOMD entre diez especies de plantas, que compartieron valores intermedios entre los valores altos y más bajos de IVDMD y IVOMD. Estas especies fueron *Dalbergia glabra*, *Brosimum alicastrum*, *Spondias radlkoferi*, *Claudium mariscus*, *Cyrtocymura scorpioides*, *Byrsonima bucidifolia*, *Dendropanax arboreus*, *Vitis tiliifolia*, *Bauhinia divaricata*, y *Mosannonna depressa*. El menor valor de IVDMD y IVOMD se observó en *Serjania goniocarpa* (26.01 % y 27.34 %, respectivamente) y fue

similar con la observada en *Alvaradoa amorphoides* (IVDMD: 27.83 %, IVOMD: 35.04 %), *Cydista aequinotalis* Miers. (IVDMD: 27.83 %, IVOMD: 28.24 %), *Bursera simaruba* (IVDMD: 28.62 %, IVOMD: 30.64 %) y *Manilkara zapota* (IVDMD: 29.48 %, IVOMD: 35.30 %), y *Stizophyllum riparium* (IVDMD: 31.22 %, IVOMD: 32.63 %).

La fracción de fermentación rápida (RF) difirió entre las especies ($p < 0.001$). El mayor volumen se observó en el forraje de *Spondias radlkoferi* (149.06 mL g⁻¹), y fue similar a los valores registrados para *Thevetia ahoai* (133.98 mL g⁻¹), *Margaritopsis microdon* (122.60 mL g⁻¹), *Vitis tiliifolia* (117.0 mL g⁻¹), y *Mosannonna depressa* (115.13 mL g⁻¹). El valor más bajo de RF se observó en *Dalbergia glabra* (26.01 mL g⁻¹), las demás especies presentaron valores de fermentación similares entre ellas, con valores menores a 101.00 mL g⁻¹.

La fermentación media (IF) presentó diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) entre las especies evaluadas. El mayor volumen de fermentación se registró en *Spondias radlkoferi* (104.33 mL g⁻¹) y *Thevetia ahoai*, y fueron similares con lo observado en *Margaritopsis microdon* (100.99 mL g⁻¹), *Brosimum alicastrum*, *Mosannonna depressa*, *Cyrtocymura scorpioides*, *Machaerium cirrhiferum*, y *Dendropanax arboreus*. Los valores más bajos de IF se encontraron en *Dalbergia glabra* (26.01 mL g⁻¹), *Manilkara zapota* (28.20 mL g⁻¹) y *Serjania gonioarpa* (37.83 mL g⁻¹), las cuales fueron similares con los valores obtenidos en *Bursera simaruba*, *Byrsonima bucidifolia* y *Stizophyllum riparium*.

La fracción de fermentación lenta (SF) también fue significativamente diferente ($p < 0.001$) entre las especies. La mayor fermentación se encontró en *Machaerium cirrhiferum* (196.30 mL g⁻¹), *Spondias radlkoferi* (188.88 mL g⁻¹), y *Brosimum alicastrum* (188.76 mL g⁻¹); y fueron similares a los valores observados en *Malvaviscus arboreus*, *Alvaradoa amorphoides*, *Claudium mariscus*, *Cyrtocymura scorpioides*, *Margaritopsis microdon*, *Thevetia ahoai*, y *Vitis tiliifolia*; El valor más bajo de SF fue registrado en *Dalbergia glabra* (58.14 mL g⁻¹), y fue similar con los valores encontrados para *Bauhinia divaricata*, *Cydista aequinotalis* Miers., *Byrsonima bucidifolia*, *Manilkara zapota*, *Serjania gonioarpa*, *Stizophyllum riparium*; como se observa en la Tabla 3.

Relación entre la fermentación y la composición química

El volumen de gas total (Vm) obtenido de la fermentación *in vitro* se relacionó negativamente ($p < 0.05$) con la concentración de fibra (NDF y ADF), de fenoles totales (TP) y de taninos (CT) condensables presentes en las plantas. A pesar de que el inicio de la fermentación (L) y la tasa (S) de fermentación no se afectó significativamente ($p > 0.05$) (Tabla 4). Las concentraciones de NDF en los follajes afectó ($p < 0.05$) negativamente las fracciones de rápida y lenta fermentación, mientras que la concentración de ADF influyó negativamente ($p < 0.05$) sobre la fracción de lenta fermentación. Lo mismo se observó con respecto a la concentración de energía (GE) contenida en las plantas, que al aumentar la concentración disminuyó ($p < 0.05$) la producción de gas en la fracción de lenta fermentación. Por otro lado, la concentración de compuestos secundarios afectó negativamente ($p < 0.05$) la producción de gas a partir de las 8 horas de fermentación (IF y SF). Los TP disminuyeron la producción de gas en la fracción IF, mientras que los CT disminuyeron la producción de gas en la fracción de lenta fermentación (SF).

Respecto a la digestibilidad de la DM y OM, disminuyó significativamente ($p < 0.05$) al aumentar la concentración de DM en los follajes. Adicionalmente, la IVOMD se reduce ($p < 0.05$) conforme se incrementan las concentraciones de CT en las plantas. Por el contrario, conforme aumentó la concentración de proteína cruda (CP) se observó un incremento ($p < 0.05$) de la digestibilidad (IVDMD y IVOMD), como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 3. Parámetros de fermentación y digestibilidad *in vitro* de las principales especies consumidas por el venado cola blanca.

Especie	Vm (mL g ⁻¹)	S (h ⁻¹)	L (h)	Parámetros IVDMD (%)	IVOMD (%)	Fracciones de fermentación		
						RF	IF	SF
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	138.33 ^{abcd}	0.028	1.55 ^{ab}	27.83 ^{bc}	35.04 ^{abc}	93.98 ^{bcde}	75.24 ^{bcde}	156.41 ^{abcd}
<i>Bauhinia divaricata</i>	155.00 ^{abcd}	0.035	0.65 ^b	40.05 ^{abc}	45.74 ^{abc}	99.32 ^{bcde}	65.59 ^{defg}	94.45 ^{defg}
<i>Cydista aequinotalis</i> Miers.	105.00 ^{bcd}	0.035	1.00 ^a	27.83 ^{bc}	45.36 ^{abc}	85.71 ^{cdef}	66.18 ^{defg}	66.18 ^{defg}
<i>Brosimum alicastrum</i>	146.67 ^{abcd}	0.030	1.65 ^{ab}	50.32 ^{abc}	57.16 ^{abc}	82.93 ^{cdef}	97.09 ^{abc}	188.76 ^a
<i>Bursera simaruba</i>	80.00 ^{cd}	0.038	0.05 ^b	28.62 ^{bc}	30.64 ^{bc}	78.45 ^{defgh}	51.38 ^{efgh}	76.85 ^{efg}
<i>Byrsonima bucidifolia</i>	88.33 ^{cd}	0.035	0.60 ^b	45.56 ^{abc}	48.25 ^{abc}	79.57 ^{defg}	45.34 ^{fgh}	103.83 ^{cdefg}
<i>Claudium mariscus</i> ¹	121.67 ^{abcd}	0.036	2.10 ^{ab}	47.21 ^{abc}	48.44 ^{abc}	85.89 ^{cdef}	75.52 ^{bcde}	147.74 ^{abcd}
<i>Cyrtocymura scorpioides</i>	130.00 ^{abcd}	0.030	0.90 ^b	45.95 ^{abc}	51.06 ^{abc}	87.71 ^{cdef}	83.63 ^{abcd}	143.55 ^{abcd}
<i>Dalbergia glabra</i>	71.67 ^d	0.017	2.25 ^{ab}	53.80 ^{abc}	59.76 ^{abc}	36.31 ^h	26.01 ^h	58.14 ^g
<i>Dendropanax arboreus</i>	130.00 ^{abcd}	0.030	0.55 ^b	42.21 ^{abc}	45.36 ^{abc}	100.65 ^{bcd}	77.31 ^{abcde}	124.60 ^{bcdef}
<i>Machaerium cirrhiferum</i>	138.33 ^{abcd}	0.078	2.45 ^{ab}	59.23 ^{ab}	65.61 ^{ab}	92.57 ^{bcde}	83.21 ^{abcd}	196.30 ^a
<i>Malvaviscus arboreus</i>	138.33 ^{abcd}	0.250	1.00 ^b	60.99 ^{ab}	65.47 ^{ab}	89.67 ^{cdef}	72.38 ^{cdef}	176.78 ^{ab}
<i>Malnikara zapota</i>	105.00 ^{bcd}	0.015	4.65 ^b	29.48 ^{bc}	35.30 ^{abc}	45.75 ^{fgh}	28.21 ^h	105.88 ^{cdefg}
<i>Margaritopsis microdon</i>	205.00 ^a	0.033	0.70 ^b	58.36 ^{abc}	65.50 ^{ab}	122.60 ^{abc}	100.99 ^{ab}	163.37 ^{abc}
<i>Mosannona depressa</i>	155.00 ^{abcd}	0.027	0.75 ^b	35.17 ^{abc}	44.26 ^{abc}	115.13 ^{abcd}	86.47 ^{abcd}	134.64 ^{abcde}
<i>Serjania goniocarpa</i>	80.00 ^{cd}	0.023	0.80 ^b	26.01 ^c	27.34 ^c	52.51 ^{efgh}	37.832 ^h	69.65 ^g
<i>Spondias radlkoferi</i>	180.00 ^{ab}	0.033	0.80 ^b	48.90 ^{abc}	53.92 ^{abc}	149.06 ^a	104.33 ^a	188.88 ^a
<i>Stizophyllum riparium</i>	80.00 ^{cd}	0.200	2.60 ^{ab}	31.22 ^{bc}	32.63 ^{bc}	39.65 ^{gh}	40.11 ^{gh}	76.47 ^{efg}
<i>Thevetia ahouai</i>	163.33 ^{abc}	0.037	0.70 ^b	67.86 ^a	70.12 ^a	133.98 ^{ab}	103.09 ^a	174.82 ^{ab}
<i>Vitis tiliifolia</i>	134.67 ^{abcd}	0.028	0.60 ^b	42.14 ^{abc}	47.94 ^{abc}	117.0 ^{abcd}	75.06 ^{bcde}	151.40 ^{abcd}
Valor-P	(<i>p</i> < 0.001)	(<i>p</i> > 0.05)	(<i>p</i> < 0.05)	(<i>p</i> < 0.001)	(<i>p</i> < 0.001)	(<i>p</i> < 0.001)	(<i>p</i> < 0.001)	(<i>p</i> < 0.001)
SE	16.36	0.01	0.684	6.44	7.12	8.33	5.338	12.38

¹ subespecie *jamaicense*; ** Diferencia altamente significativa (*p* < 0.001); Diferencia no significativa (*p* > 0.05); SE = Error estándar de la diferencia entre medias; Medias con igual letra en las columnas son estadísticamente similares (*p* < 0.05). Vm = Volumen máximo de gas producido; S = Tasa de fermentación; L = Fase de retraso; IVDMD = Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; IVOMD = Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica; RF = Fracción de rápida fermentación (V 0-8 mL g⁻¹); IF = Fracción de media fermentación (V 8-24 mL g⁻¹); SF = Fracción de lenta fermentación (V 24-72 mL g⁻¹).

Discusión

Las diferencias entre las distintas especies de plantas con respecto a la calidad nutricional, que se refleja en los contenidos de DM, OM, CP, NDF, ADF, Lignina y GE, pudieron estar influenciados por múltiples factores tanto ambientales como propios de cada especie. A nivel ambiental, factores como el estrés hídrico, la limitación de nutrientes en el suelo, y la herbivoría dirigida a diferentes especies, pudieron influir sobre las distintas concentraciones de fibra, energía, proteína cruda y compuestos secundarios encontrados entre las distintas especies de plantas (Yepes & Buckeridge, 2011). Entre los factores propios de las especies pudo influir su forma de vida, (40 % de los forrajes evaluados proceden de plantas arbóreas, 25 % arbustivas, 25 % trepadoras y 10 % herbáceas), entre las cuales existen marcadas diferencias en el aprovechamiento de los factores climáticos y edáficos, como la radiación solar, la extracción de agua y nutrientes del suelo y la temperatura. Estos factores provocan diferencias en la capacidad fotosintética de las plantas forestales y con ello la

transformación del bióxido de carbono atmosférico en compuestos orgánicos como la sacarosa, almidón, celulosa, hemicelulosa y lignina, a través de la energía lumínica (Yepes & Buckeridge, 2011); asimismo, el muestreo en diferentes condiciones de selva (selva baja inundable y selva mediana subcaducifolia) pre supone diferencias en la temperatura ambiental y la disponibilidad de agua para las plantas, lo que influye de manera directa en la producción de DM a nivel foliar y la producción de los diferentes compuestos orgánicos medidos en este estudio (Yepes & Buckeridge, 2011).

Tabla 4. Correlación entre parámetros de la fermentación *in vitro* y la composición química de los follajes consumidos por *Odocoileus virginianus*.

Especie	Vm	S	L	IVDMD	IVOMD	RF	IF	SF
DM	-0.3348*	-0.0218	-0.0509	-0.5559	-0.5311	-0.2741	-0.2661	-0.3516
Valor-P	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p < 0.05$)	($p < 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)
OM	-0.3546	0.0181	-0.0701	-0.3773	-0.3813	-0.1535	-0.4301	-0.4396
Valor-P	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)
CP	0.3702	0.2250	0.2658	0.4926	0.5551	0.0314	0.2853	0.3934
Valor-P	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p < 0.05$)	($p < 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)
NDF	-0.4440	0.1841	0.0998	-0.3653	-0.3834	-0.4666	-0.3840	-0.5320
Valor-P	($p < 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p < 0.05$)	($p > 0.05$)	($p < 0.05$)
ADF	-0.4815	0.0030	0.0162	-0.3822	-0.4409	-0.3745	-0.4198	-0.6440
Valor-P	($p < 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p < 0.001$)
Li	-0.1038	0.2561	-0.2793	-0.0031	0.0092	0.0201	-0.0447	-0.2349
Valor-P	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)
GE	-0.3534	0.1945	-0.0647	-0.0370	-0.0974	-0.2235	-0.3849	-0.4638
Valor-P	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p < 0.05$)
TP	-0.4507	-0.2170	-0.0770	-0.2015	-0.2473	-0.2215	-0.4549	-0.4058
Valor-P	($p < 0.001$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p < 0.001$)	($p > 0.05$)
TT	-0.3660	-0.1954	0.0016	-0.1760	-0.2189	-0.1629	-0.4145	-0.3213
Valor-P	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)
CT	-0.5502	-0.1358	-0.3003	-0.4130	-0.4681	-0.2849	-0.4202	-0.5635
Valor-P	($p < 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p < 0.05$)	($p > 0.05$)	($p > 0.05$)	($p < 0.001$)

^a = Valor del coeficiente de correlación de Pearson; Correlación significativa ($p < 0.05$), Correlación altamente significativa ($p < 0.001$); Correlación no significativa ($p > 0.05$). DM = Materia seca; OM = Materia orgánica; CP = Proteína cruda; NDF = Fibra detergente neutro; ADF = Fibra detergente ácido; Li = Lignina; TP = Fenoles totales; TT = Taninos totales; CT = Taninos condensados; GE = Energía bruta; Vm = Volumen máximo; S = Tasa de fermentación; L = Fase de retraso; IVDMD = Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; IVOMD = Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica; RF = Fracción de rápida fermentación (0-8 h); IF = Fracción de media fermentación (8-24 h); SF = Fracción de lenta fermentación (24-72 h).

Los contenidos de DM reportados en este estudio muestran marcadas diferencias entre las especies analizadas, con valores que fluctúan de 17.28 a 48.27 %, a este respecto, se ha reportado una alta variabilidad en los contenidos de DM de las especies que conforman la vegetación caducifolia de la selva mediana y baja de la península de Yucatán con clima cálido subhúmedo (Albores-Moreno *et al.*, 2018; Ayala-Burgos *et al.*, 2006); asimismo, los contenidos de DM de algunas especies analizadas en este estudio, difieren de los valores reportados para estas mismas plantas en otros trabajos. Al este respecto, el valor de DM para *Bursera simaruba* (31.91 %), se encuentra por debajo de los valores reportados por Cueyactle-Cano *et al.* (2023) (41.56 %) y Albores-Moreno *et al.* (2020) (39.85 %). Valores inferiores de DM también se observan en *Dalbergia glabra* (29.79 %) vs (37.25 %) (López-Herrera *et al.*, 2008), y *Bauhinia divaricata* (35.87 %) vs (54.91 %) (Albores *et al.*, 2018). Los menores contenidos de DM encontrados en este estudio pueden atribuirse al estado de madurez de las plantas en el momento del corte, y a la edad de rebrote del forraje (Girma *et al.*, 2015), dado que las muestras fueron tomadas en la época de lluvias.

Por otra parte, el consumo de especies con contenidos inferiores al 25 % de DM (*Margaritopsis microdon* 17.28 %, *Thevetia ahouai* 18.79 %, *Cladium mariscus* 20.99 %, *Machaerium cirrhiferum* 22.39 %, *Vitis tiliifolia* 24.75 %, *Cyrtocymura scorpioides* 24.03 %) está asociado a la habilidad de selección que tiene el venado cola blanca para elegir y consumir partes de plantas más suculentas y con mayor valor nutritivo (López-Benavides *et al.*, 2022), y por las características propias de *Odocoileus virginianus*, que se caracteriza por ser una especie generalista (Weber, 2005), lo que le permite consumir una mayor diversidad de plantas, incluyendo aquellas que son suculentas y que le

permiten obtener agua en el consumo, lo que es de vital importancia durante los períodos prolongados de sequía (Weber, 2014).

Los valores de OM tienen la misma tendencia de variabilidad entre especies, con una fluctuación de 80.02 a 88.29 %. Son pocos los estudios de vegetación en selva baja y selva mediana subcaducifolia que reportan este parámetro, lo que limita la comparación de los resultados de este estudio con los valores reportados en la literatura. Sin embargo, los valores observados en *Bursera simaruba* (OM, 87.12 %) son inferiores a los reportados por Albores-Moreno *et al.* (2018) (91.32 %) y Cueyactle-Cano *et al.* (2023) (95.43 %). Igual tendencia sigue *Bauhinia divaricata* (88.29 %) y *Dalbergia glabra* (86.34 %) que muestran valores inferiores a los reportados por Albores-Moreno *et al.* (2018) (91.70 %) y López-Herrera *et al.* (2008) (94.14 %).

El contenido de CP de las plantas más consumidas por el venado cola blanca es variable; sin embargo, se puede notar que, con excepción de *Manilkara zapota*, todas las especies cubren el 7 % de CP kg⁻¹ DM requerida para mantener la actividad microbiana en el rumen (Ramírez-Lozano, 2007), particularmente sobresalen las especies *Dalbergia glabra*, *Malvaviscus arboreus*, *Cyrtocymura scorpioides* y *Margaritopsis microdon*, que tienen el potencial de aportar concentraciones suficientes de CP requeridas para: el crecimiento de los cervatos (9-10 %), el mantenimiento de los machos adultos (9 %), el desarrollo de las astas (11-18 %), el mantenimiento durante la época reproductiva (11-17 %) (López-Pérez *et al.*, 2012; NRC, 2007), e incremento del número de crías (11-18 %) (Cueyactle-Cano *et al.*, 2023).

No obstante, son pocas las especies de plantas que pueden mantener durante todo el año el nivel de CP requerido por el venado para su adecuado crecimiento y reproducción (Ramírez-Lozano, 2007); además, es necesario considerar que la disponibilidad de la proteína metabolizable por los microorganismos en el rumen varía durante las épocas del año (Ramírez-Lozano, 2007). Esto de alguna forma podría estar compensado al aumentar la diversidad de plantas consumidas por los venados, que contienen diferentes concentraciones de CP y que apoyan para satisfacer sus demandas de proteína en el animal (López-Pérez *et al.*, 2012; Ramírez-Lozano, 2007). Lo anterior resalta la importancia de conservar la diversidad vegetal para brindar un mejor hábitat para *Odocoileus virginianus* en las selvas bajas inundables y selva mediana subcaducifolia.

No todas las especies estudiadas cuentan con reportes previos de su calidad nutritiva. Algunas especies muestran similitudes y diferencias en el contenido de CP; a este respecto, *Brosimum alicastrum* (14.47 %), *Bauhinia divaricata* (11.94 %) y *Dalbergia glabra* (17.25 %) tuvieron valores similares a los reportados en la literatura por Alayón-Gamboa *et al.* (2022), Ayala-Burgos *et al.* (2006), Castillo-López *et al.* (2009), Cueyactle-Cano *et al.* (2023) y López-Herrera *et al.* (2008), respectivamente. En este mismo sentido, los valores de CP encontrados para *Bauhinia divaricata* (11.94 %), *Bursera simaruba* (9.13 %) y *Manilkara zapota* (6.34 %) son inferiores a los reportados por Alayón-Gamboa *et al.* (2022), Albores-Moreno *et al.* (2018) y Ayala-Burgos *et al.* (2006); dichas diferencias pueden atribuirse a la madurez del forraje, el estado fenológico de la planta y a la época del año en que se tomó la muestra, ya que estos factores influyen en los cambios en la asignación de compuestos químicos en las plantas.

El 80 % de las especies analizadas en este estudio pueden considerarse como forrajes de buena calidad al contener valores de NDF menores al 45 %, lo cual indica que presentan valores de contenido celular rico en carbohidratos solubles, proteína y minerales igual o superior al 50 % (Girma *et al.*, 2015). Este resultado puede atribuirse parcialmente a que las muestras de este estudio fueron tomadas durante la época de lluvias, con una mayor disponibilidad de agua y mejores condiciones ambientales, lo que permite en el forraje arbóreo un mayor contenido celular y menor fracción de pared celular (Boufennara *et al.*, 2012). Adicionalmente, la variación en los valores de NDF y ADF pueden atribuirse al grado de madurez del forraje, el estado fenológico de la planta y la disponibilidad de nutrientes del suelo donde se encontraban las plantas muestreadas (Pérez-Can *et al.*, 2020).

En este estudio, únicamente *Stizophyllum riparium* supera 55 % de contenido de NDF y 40 % de ADF. Estos valores se reportan como valores máximos de concentración de fibra para limitar el

consumo voluntario y la digestibilidad en rumiantes domésticos (Albores-Moreno *et al.*, 2018), por lo que su presencia en la dieta del venado cola blanca (Silva-Arango, 2022) puede estar relacionada con la capacidad de este ungulado de reducir el consumo de especies ricas en ADF en las épocas secas para mantener el metabolismo basal (López-Pérez *et al.*, 2012).

El total de las especies evaluadas presenta bajos contenidos de lignina que no sobrepasan el 5 % de la DM, lo que las sitúa muy por debajo del 10 % de la DM en lignina que se requiere para afectar el consumo de DM en rumiantes (Albores-Moreno *et al.*, 2018). Este resultado puede atribuirse a la alta selectividad del venado cola blanca en la conformación de su dieta, ya que es una especie considerada generalista y se caracteriza por conformar su dieta con una mayor riqueza de especies vegetales que se distribuyen en selvas perturbadas, selvas inundables y áreas destinadas a la agricultura (Weber, 2005). Esto le da la ventaja de seleccionar una mayor diversidad de especies de alto valor nutricional, con bajo contenido de lignina, evitando que este compuesto pueda limitar la digestión de celulosa y hemicelulosa, y reducir la potencial disponibilidad de energía digestible (López-Benavides *et al.*, 2022; Ramírez-Lozano, 2007).

En cuanto a la variación observada en los metabolitos secundarios, se conoce que son propios de cada especie pero que su concentración puede ser influenciada por el grado de herbivoría al que puedan estar sometidos o por las limitaciones en la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Jiménez-Santiago *et al.*, 2019). El efecto que pueden causar en los herbívoros es la disminución de la digestibilidad de la DM, OM y CP, al inhibir la actividad enzimática y microbiana en el rumen (Albores-Moreno *et al.*, 2018). Este efecto se atribuye a la mayor concentración de taninos condensados (CT) (Patra *et al.*, 2017). Los contenidos de CT varían ampliamente por efecto de la especie en estudio y el estado fenológico de la planta al momento de tomar la muestra (Jiménez-Santiago *et al.*, 2019), pudiendo fluctuar de 0.12 a 1.16 % de la DM en algunas especies de la península de Yucatán (Pérez-Can *et al.*, 2020), o de 0.17 a 17.06 % de la DM en especies que forman parte de la vegetación secundaria de selva baja caducifolia en Campeche, México (Albores-Moreno *et al.*, 2018); dichas fluctuaciones en los contenidos de CT resultan ser similares para la mayor parte de las especies analizadas en este estudio, y se pueden considerar como concentraciones moderadas, con excepción de la concentración encontrada en *Bursera simaruba*, que presenta concentraciones de 28.40 % de la DM; y de *Thevetia ahouai*, *Machaerium cirrhiferum*, *Margaritopsis microdon* y *Brosimum alicastrum*, en las cuales no se detectó la presencia de CT. La presencia de plantas con alto contenido de CT en la dieta del venado cola blanca puede atribuirse a la capacidad de este ungulado para contrarrestar el efecto negativo de los CT mediante la secreción de glicoproteínas con grandes cantidades de prolina, glicina y glutamina, producida en las glándulas salivales, las cuales se unen a los taninos para inactivar su potencial interferencia en la digestión de los nutrientes, principalmente de carbohidratos estructurales y proteína (Ramírez-Lozano, 2007). Este efecto se ha corroborado por López-Benavides (2022), quienes reportan que los venados que normalmente ingieren taninos en la dieta producen una pequeña glicoproteína para prevenir la toxicidad de los compuestos secundarios, como las saponinas y cumarinas contenidas en las plantas, lo que permite al animal consumir especies rechazadas por otros rumiantes.

La mayor producción de gas (Vm) por la fermentación observada en *Margaritopsis microdon*, *Spondias radlkoferi* y *Thevetia ahouai* (Tabla 3) pudo verse influenciada por su baja concentración de carbohidratos estructurales (NDF y ADF; Tabla 2), que permitió una rápida colonización y actividad de los microorganismos ruminales encargados de la digestión (Piñeiro-Vázquez *et al.*, 2017), provocando un rápido inicio de la fermentación (Albores-Moreno *et al.*, 2018), e incrementando la tasa de fermentación (S) por la utilización microbiana de la fracción soluble (Kibont & Ørskov, 1993) (Tabla 3). Mientras que en las especies *Stizophyllum riparium* y *Dalbergia glabra*, que tuvieron bajas producciones de gas (Vm, Tabla 3), esto pudo deberse a sus altos valores de carbohidratos estructurales (NDF y ADF), conduciendo a un lento inicio de la fermentación (Bueno *et al.*, 2005). Adicionalmente, los altos valores de taninos condensados que presentan estas especies (Tabla 2) pudieron interferir en la acción microbiana para la fermentación de los carbohidratos estructurales (principalmente celulosa) (Pérez-Can *et al.*, 2020), y en una reducción en la producción de gas.

Por otra parte, el inicio rápido de la fermentación (RF) en las especies *Spondias radlkoferi*, *Thevetia ahouai*, *Margaritopsis microdon*, *Vitis tiliifolia*, *Mosannonna depressa* y *Dendropanax arboreus* podría relacionarse con su mayor fracción de carbohidratos solubles de fácil fermentación (Albores-Moreno *et al.*, 2018) y por el mejor aporte de proteína y energía disponible (Tabla 2), promoviendo una rápida colonización del sustrato y una mayor actividad microbiana que facilitaron el inicio rápido de la fermentación (Díaz-Echeverría *et al.*, 2023). Sin embargo, al cambiar la composición química en los forrajes, mediante el incremento en las concentraciones de paredes celulares, se observa un cambio en el tiempo de fermentación. Así, la fracción de fermentación media (IF) observada en las especies *Spondias radlkoferi*, *Thevetia ahouai*, *Margaritopsis microdon*, *Brosimum alicastrum*, *Mosannonna depressa*, *Cyrtocymura scorpioides* pudo verse influenciada por sus niveles intermedios de NDF y ADF, y por sus bajas concentraciones de fenoles totales y taninos condensados (Tabla 2), ya que estos últimos interfieren en la degradación de carbohidratos, oligosacáridos solubles y proteínas, prolongando la fermentación de los forrajes (Albores-Moreno *et al.*, 2018). Adicionalmente, la mayor fermentación intermedia encontrada en estas especies puede estar asociada al tiempo de liberación de los nutrientes contenidos en el forraje, y que está directamente relacionada con la sincronización en el uso de la energía y la liberación de amoníaco en el rumen; considerando que las especies que presentan mayor fermentación intermedia tuvieron contenidos de CP que fluctuaron de 12.47 a 24.13 %, esto pudo provocar una abundante disponibilidad de nitrógeno en el rumen, similar a los hallazgos previamente encontrados por Albores-Moreno *et al.* (2018) en especies arbóreas de la selva baja subcaducifolia.

A medida que aumenta la constitución de paredes celulares en los forrajes (NDF, ADF, Li), pero sobre todo al incrementarse la concentración de celulosa en algunas especies de plantas, o al incrementarse la concentración de taninos condensados (CT) en otras especies, la fracción fermentable se ve afectada (Tabla 3). Como se expresó en la fracción de lenta fermentación (SF) observada en *Machaerium cirrhiferum*, *Spondias radlkoferi*, *Brosimum alicastrum*, *Malvaviscus arboreus*, *Thevetia ahouai*. Particularmente, el aumento en la concentración de CT interfiere en la actividad de las bacterias fibrolíticas, las cuales predominan en forrajes arbóreos con altos contenidos de NDF y ADF (Albores-Moreno *et al.*, 2018). Este efecto pudo ser destacado en las especies *Thevetia ahouai*, *Margaritopsis microdon* y *Spondias radlkoferi*, que mantuvieron altos valores durante las diferentes etapas de fermentación (RF, IF y SF), y que podría atribuirse a las bajas concentraciones de taninos totales y taninos condensados (> 3 % de la DM), que posiblemente favorecieron la rápida acción microbiana y el inicio de la fermentación, la cual se mantuvo durante el tiempo de fermentación como consecuencia de la interacción de una buena concentración de CP y GE (Tabla 3) (Albores-Moreno *et al.*, 2018).

Las diferencias en la fermentación observada entre los forrajes también se manifiestan en su digestibilidad. La mayor digestibilidad de la DM y OM encontradas en *Thevetia ahouai*, *Malvaviscus arboreus* y *Machaerium cirrhiferum* puede asociarse a sus bajos contenidos de NDF (> 40 % de la DM) y ADF (> 30 % de la DM), ya que las altas degradaciones de la materia seca en los rumiantes se relacionan con bajas concentraciones de NDF (Hernández-Morales *et al.*, 2018). Por otro lado, la menor digestibilidad de la DM y OM en *Manilkara zapota*, *Bursera simaruba*, *Alvaradoa amorphoides*, *Serjania goniocarpa* pudo estar relacionada con sus concentraciones de metabolitos secundarios (Tablas 2 y 3), ya que las altas concentraciones de taninos condensados afectan negativamente la digestibilidad de los nutrientes (Hernández-Morales *et al.*, 2018), mediante un efecto negativo sobre los microorganismos ruminales y la síntesis microbiana (Lopes *et al.*, 2015).

Conclusiones

Se concluye que el venado cola blanca que habita en la selva baja inundable y en la selva mediana subcaducifolia del estado de Quintana Roo, México consume diversos forrajes arbóreos para conformar su dieta. La cual se caracteriza por poseer una rica composición química y con alto potencial digestible para cubrir de manera eficiente sus requerimientos nutricionales. Debido a sus

altas tasas de fermentación y buena digestibilidad, las especies *Margaritopsis microdon*, *Spondias radlkoferi*, *Thevetia ahouai*, *Bauhinia divaricata* y *Mosannonna depressa*, pueden considerarse de importancia en la alimentación de este ungulado.

Contribución de los autores

Conceptualización: VFDE, IOO, ACCD, SAM; desarrollo de la metodología: KEVE, KJVE; manejo de software: SAM, VFDE; validación experimental: KEVE, KJVE; análisis de resultados: SAM, VFDE; Manejo de datos: IOO, IPA; escritura y preparación del manuscrito: SAM, VFDE, JAAG; redacción, revisión y edición: SAM, VFDE, JAAG; adquisición de fondos: VFDE, IOO, ACCD. Administración del proyecto: ACCD, ACH.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por el Tecnológico Nacional de México (www.tecnm.mx), mediante el proyecto con clave 9971.21-P, otorgada a Díaz Echeverría Víctor Francisco, Oros Ortega Iván y Chavarría Díaz Addy Consuelo. En este trabajo la fuente de financiamiento no tuvo ningún papel en el diseño del estudio, la recopilación y análisis de datos, la decisión de publicar o la preparación del manuscrito.

Declaraciones éticas

En Instituto Tecnológico de la Zona Maya no cuenta con un comité de ética que rija el manejo y cuidado de animales destinados a la experimentación. Sin embargo, debe de indicarse que el presente estudio no realizó trabajos con animales vivos, dado que los trabajos fueron realizados en laboratorio y el líquido ruminal requerido para la fermentación *in vitro* se obtuvo por donación y con el permiso de cazadores de subsistencia que viven en las comunidades aledañas al sitio de estudio, previa explicación de los fines de la investigación y por ningún motivo se alentó la caza de animales.

Agradecimientos

A los árbitros por sus valiosos comentarios que permitieron mejorar el manuscrito.

Conflicto de interés

Los autores no tienen ningún conflicto de intereses que declarar con respecto a esta publicación.

Referencias

- Alayón-Gamboa, J. A., Ortiz-Colín, P. N., & Albores-Moreno, S. (2022). Guía de árboles y arbustos de uso múltiple para la ganadería de Campeche. El Colegio de la Frontera Sur. <http://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1017/2332>
- Albores-Moreno, S., Alayón-Gamboa, J. A., Miranda-Romero, L. A., Jiménez-Ferrer, G., Ku-Vera, J. C., & Vargas-Villamil, L. (2018). Nutritional composition, *in vitro* degradation and potential fermentation of tree species grazed by ruminants in secondary vegetation (acahual) of deciduous forest. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 28(5), 1263–1275. <https://thejaps.org.pk/AbstractView.aspx?mid=2018-JAPS-506>
- Albores-Moreno, S., Alayón-Gamboa, J. A., Morón-Ríos, A., Ortiz-Colín, P. N., Ventura-Cordero, J., González-Pech, P. G., Mendoza-Arroyo, G. E., Ku-Vera, J. C., Jiménez-Ferrer, G., & Piñeiro-Vázquez, A. T. (2020). Influencia de la composición y diversidad del forraje arbóreo pastoreado en la selección y el consumo voluntario del ganado en un bosque tropical. *Agroforestry Systems*, 94(5), 1651–1664. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00483-9>

Ayala-Burgos, A. J., Capetillo-Leal, C. M., Cetina-Góngora, R. H., Zapata-Campos, C., & Sandoval-Castro, C. A. (2006). Composición química-nutricional de árboles forrajeros. Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. https://www.researchgate.net/publication/277141987_Composicion_Quimica-Nutricional_de_Arboles_Forrajeros

Bonnet, O. J. F., Meuret, M., Tischler, M. R., Cezimbra, I. M., Azambuja, J. C. R., & Carvalho, P. C. F. (2015). Continuous bite monitoring: A method to assess the foraging dynamics of herbivores in natural grazing conditions. *Animal Production Science*, 55(3), 339–349. <https://doi.org/10.1071/AN14540>

Boufennara, S., López, S., Bousseboua, H., Bodas, R., & Bouazza, L. (2012). Chemical composition and digestibility of some browse plant species collected from Algerian arid rangelands. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(1), 88–98. <https://doi.org/10.5424/sjar/2012101-134-11>

Bueno, I. C. S., Cabral Filho, S. L. S., Gobbo, S. P., Louvandini, H., Vitti, D. M. S. S., & Abdalla, A. L. (2005). Influence of inoculum source in a gas production method. *Animal Feed Science and Technology*, 123–124, 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.05.003>

Carreón-Santos, R. J., & Valdez-Hernández, J. I. (2014). Estructura y diversidad arbórea de vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20(1), 119–130. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.06.023>

Castillo-López, I. F., Montes-Pérez, R. C., & Rodríguez-Molano, C. E. (2009). Preferencias de consumo de cuatro forrajes por venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) mantenidos en cautiverio en Yucatan. *Ciencia y Agricultura*, 7(1), 75–82. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4986484>

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2016). *Estadísticas del agua en México, edición 2016*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/EAM2016.pdf>

Cueyactle-Cano, H. Y., Serna-Lagunes, R., Mora-Collado, N., Zetina-Córdoba, P., & Torres-Cantú, G. B. (2023). Preferencia de ocho plantas por *Odocoileus virginianus* en cautiverio. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 14(1), 228–236. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i1.5123>

Díaz-Echeverría, V. F., Sánchez Ramos, A., Albores-Moreno, S., Lara-Pérez, L. A., Valencia-Salazar, S. S., Ku-Vera, J. C. & Alayon-Gamboa, 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, e3558. <https://doi.org/10.15174/au.2023.3558>

Elmasry, A. M. A., Mendoza, G. D., Miranda, R. L. A., Vázquez, G., Salem, A. Z. M., & Hernández, P. A. (2016). Effects of types and doses of yeast on gas production and *in vitro* digestibility of diets containing maize (*Zea mays*) and lucerne (*Medicago sativa*) or oat hay. *South African Journal of Animal Science*, 46(4), 391–397. <https://doi.org/10.4314/sajas.v46i4.7>

García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) (2.^a ed. corr. y aum.). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. <https://publicaciones.geografia.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/83>

García Martínez, E. M., Fernández Segovia, I., & Fuentes López, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin Ciocalteu. *Universidad Politécnica de Valencia*. <https://hdl.handle.net/10251/52056>

Girma, M., Animut, G., & Assefa, G. (2015). Chemical composition and *in vitro* organic matter digestibility of major indigenous fodder trees and shrubs in Northeastern drylands of Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*, 27(2), Article 26. <http://www.lrrd.org/lrrd27/2/girm27026.htm>

Granados, D., Tarango, L., Olmos, G., Palacio, J., Clemente, F., & Mendoza, G. (2014). Dieta y disponibilidad de forraje del venado cola blanca *Odocoileus virginianus thomasi* (Artiodactyla: Cervidae) en un campo experimental de Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(2),

699-710.

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000100024[77442014000100024](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000100024)

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). (2017). Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2017. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825095130.pdf

International Organization for Standardization (ISO). (1988). Data elements and interchange formats—Information interchange—Representation of dates and times (ISO Estándar No. 8601:1988). <https://www.iso.org/standard/15903.html>

Jean-Baptiste, A., Macario, P. A., Islebe, G. A., Vargas-Larreta, B., Pool, L., Valdez-Hernández, M., & López-Martínez, J. O. (2009). Secondary succession under invasive species (*Pteridium aquilinum*) conditions in a seasonal dry tropical forest in southeastern Mexico. *PeerJ*, 7, Article e6974. <https://doi.org/10.7717/peerj.6974>

Jiménez-Santiago, Á., Jiménez-Ferrer, G., Alayón-Gamboa, A., Pérez-Luna, E. J., Piñeiro-Vázquez, Á. T., Albores-Moreno, S., Pérez-Escobar, M. G., & Castro-Chan, R. (2019). Quantifying ruminal fermentation and methane production using the *in vitro* gas technique in the forages of a sheep silvopastoral system in Chiapas, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(2), 298–314. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4529>

Kibont, A., & Ørskov, E. R. (1993). The use of degradation characteristics of browse plants to predict intake and digestibility by goats. *Animal Production*, 57(2), 247–251. <https://doi.org/10.1017/S0003356100006851>

Latimer, G. W., Jr. (Ed.). (2023). Official methods of analysis of AOAC international (22nd ed.). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>

Lopes, F., Cook, D. E., & Combs, D. K. (2015). Effects of varying dietary ratios of corn silage to alfalfa 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>

López-Benavides, K., Rocha, L., Serrano, E., & Bartolomé Filella, J. (2022). Feeding preferences of domestic and wild ungulates for forage trees in the dry tropics. *Sustainability*, 14(20), 13430. <https://doi.org/10.3390/su142013430>

López-Herrera, M. A., Rivera Lorca, J. A., Ortega Reyes, L., Escobedo Mex, J. G., Magaña Magaña, M. A., Sanginés García, J. R., & Sierra Vázquez, A. C. (2008). Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. *Técnica Pecuaria en México*, 46(2), 205–215. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61346208.pdf>

López-Pérez, E., Serrano-Aspeitia, N., Aguilar-Valdés, B. C., & Herrera-Corredor, A. (2012). Composición nutricional de la dieta del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* ssp. *mexicanus*) en Pitzotlán, Morelos. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18(2), 219–229. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa2011.01.006>

Menke, K. H., & 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://www.scienceopen.com/document?vid=e1859372-e696-424a-85fb-d305b0b594bc>

Miranda-Romero, L. A., Vázquez-Mendoza, P., Améndola-Massioti, R., Sandoval-González, L., & González-Ortiz, R. (2015). Cuantificación de las fracciones fermentables de alfalfa y tuna por la técnica de producción de gas. (resumen de congreso). Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 23: (Supl. 1) Memorias de Congreso. XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y XL Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal, Puerto Varas, Chile, p. 146. <https://revista.alpaenlinea.org/index.php/alpa/article/download/2651/1066/>

Monforte-Briceño, G. E., Sandoval-Castro, C. A., Ramírez-Avilés, L., & Capetillo Leal, C. M. (2005). Defaunating capacity of tropical fodder trees: Effects of polyethylene glycol and its

relationship to in vitro gas production. *Animal Feed Science and Technology*, 123-124, 313-327. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.04.016>

Montgomery, D. C. (2013). Design and analysis of experiments (8th ed.). John Wiley & Sons. https://faculty.ksu.edu.sa/sites/default/files/douglas_c._montgomery-design_and_analysis_of_experiments-wiley_2012_edition_8.pdf

National Research Council (NRC). (2007). Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and New World camelids. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11654>

Patra, A., Park, T., Kim, M., & Yu, Z. (2017). Rumen methanogens and mitigation of methane emission by anti-methanogenic compounds and substances. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8(1), Article 13. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0145-9>

Pérez-Can, G. E., Tzec-Gamboa, M., Albores-Moreno, S., Sanginés-García, J., Aguilar-Urquiza, E., Chay-Canul, A., Canul-Solis, J., Muñoz-González, J., Díaz-Echeverría, V., & Piñero-Vázquez, A. T. (2020). Degradabilidad y producción de metano in vitro del follaje de árboles y arbustos con potencial en la nutrición de rumiantes. *Acta Universitaria*, 30, Article e2840. <https://doi.org/10.15174/au.2020.2840>

Piñero-Vázquez, A. T., Jiménez-Ferrer, G. O., Chay-Canul, A. J., Casanova-Lugo, F., Díaz-Echeverría, V. F., Ayala-Burgos, A. J., Solorio-Sánchez, F. J., Aguilar-Pérez, C. F., & Ku-Vera, J. C. (2017). Intake, digestibility, nitrogen balance and energy utilization in heifers fed low-quality forage and *Leucaena leucocephala*. *Animal Feed Science and Technology*, 228, 194–201. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.04.009>

Ramírez-Barajas, P. J., & Naranjo-Piñera, E. J. (2007). La cacería de subsistencia en una comunidad de la zona maya, Quintana Roo, México. *Etnobiología*, 5, 65–85. <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/236>

Ramírez-Barajas, P. J., Islebe, G. A., & Calmé, S. (2012). Impact of Hurricane Dean (2007) on game species of the Selva Maya, México. *Biotropica*, 44(3), 402–411. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00819.x>

Ramírez-Lozano, R. G. (2007). Valor forrajero de las principales arbustivas que consume el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en los matorrales del noreste de México (ponencia). Memorias del IX Seminario sobre Venado Cola Blanca, Vol. 1. Monterrey, Nuevo León, México. <https://www.researchgate.net/publication/268206904>

Schofield, P., & Pell, A. N. (1995). Measurement and kinetic analysis of the neutral detergent-soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. *Journal of Animal Science*, 73(11), 3455–3463. <https://doi.org/10.2527/1995.73113455x>

Silva-Arango, T. de J. (2022). *Identificación de recursos alimenticios consumidos por el venado cola blanca (Odocoileus virginianus) en selvas del sur de Quintana Roo* [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de la Zona Maya]. https://www.ecosur.mx/ecoconsulta/Publicaciones/52033?utm_source=chatgpt.com

Statistical Analysis System (SAS). (2014). The SAS system for Windows (Version 9.4) [Software]. SAS Institute Inc.

Terrill, T. H., Rowan, A. M., Douglas, G. B., & Barry, T. N. (1992). Determination of extractable and bound condensed tannin concentrations in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58(3), 321–329. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740580306>

Theodorou, M., Williams, B., Dhanoa, M., McAllan, A., & France, J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 48(3–4), 185–197. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90171-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90171-6)

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)

Weber, M. (2005). Ecology and conservation of sympatric tropical deer populations in the Greater Calakmul Region, south-eastern Mexico [Tesis doctoral, Durham University, School of Biological and Biomedical Sciences]. <https://etheses.durham.ac.uk/id/eprint/2777/>

Weber, M. (2008). Un especialista, un generalista y un oportunista: Uso de tipos de vegetación por tres especies de venados en Calakmul, Campeche. In Lorenzo, C., Espinoza Medinilla, E., & Ortega, J. Avances en el estudio de los mamíferos de México II (pp. 579–592). Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C.
<https://www.researchgate.net/publication/234028170>

Weber, M. (2014). Temazates y venados cola blanca tropicales. En R. Valdez & J. A. Ortega-S. (Eds.), Ecología y manejo de fauna silvestre en México (pp. 421–452). Editorial del Colegio de Postgraduados. <https://www.researchgate.net/publication/267923956>

Yepes, A., & Buckeridge, M. S. (2011). Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global: Revisión. *Colombia Forestal*, 14(2), 213–232.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2011.2.a06>

ARTÍCULO EN PRENSA