

Composición química de hojas de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en tres estados de madurez

Chemical composition of Melina leaves (*Gmelina arborea* Roxb.) in three maturity stages

Diego Vázquez-Aguilar¹ , Sergio S. González-Muñoz^{2†}, Erika Andrea Hernández³ , Ernestina Valadez-Moctezuma⁴ , David Hernández-Sánchez^{2*} 

¹Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia, Campus II, Carr. Emiliano Zapata Km. 8, CP. 29060. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

²Colegio de Postgraduados. Programa de Ganadería, Carretera México-Texcoco. Km 36.5, CP.56230. Montecillo, Texcoco, México.

³Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, División de Posgrado e Investigación. Desv. Lindero Tametate S/N La Morita, 92100. Tantoyuca, Veracruz, México.

⁴Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México – Texcoco Chapingo, México.

*Autor de correspondencia: sanchezd@colpos.mx

Artículo científico

Recibido: 19 de marzo 2024

Aceptado: 08 de noviembre 2024

RESUMEN. Las hojas de *Gmelina arborea* Roxb. son una alternativa de alimento en sistemas de producción pecuaria, sin embargo, se desconoce el estado de madurez de las hojas en su calidad nutritiva. El objetivo de este estudio fue evaluar la composición química de hojas de *G. arborea* en tres estados de madurez: hojas jóvenes (HJ), adultas (HA) y maduras (HM), para determinar su potencial como forraje. Se evaluó el contenido de Proteína Cruda (PC), Extracto Etéreo (EE) y Cenizas (Cen), así como el de Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA), Lignina (Lig), Celulosa (Cel) y Hemicelulosa (Hem) mediante un diseño experimental completamente al azar y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Las HA presentaron el mayor contenido de PC ($P < 0.05$) en comparación con las HJ y HM las cuales presentaron valores por debajo del 15%. Las HA tuvieron mayor ($P < 0.05$) contenido de Cen y menor de EE (9.30 y 1.67%, respectivamente). FDN y FDA fue mayor ($P < 0.05$) en HM (42.09 y 31.38%, respectivamente) y más bajo ($P < 0.05$) en HA (34.66 y 24.99%, respectivamente), las HJ y HM mostraron alto ($P < 0.05$) contenido de Lig (17 y 18%, respectivamente). Para Cel y Hem no hubo diferencia estadística entre tratamientos. Se concluye que las hojas de *G. arborea* entre los 40 y 60 días presentan valores adecuados de proteína, por lo que constituyen un forraje de buena calidad nutritiva para el ganado.

Palabras clave: Arbóreas forrajeras, calidad del forraje, composición nutricional.

ABSTRACT. *Gmelina arborea* Roxb. leaves are a food alternative in livestock production systems; however, the maturity state of the leaves and their nutritional quality are unknown. The objective of this study was to evaluate the chemical composition of *G. arborea* leaves at three maturity stages: young leaves (YL), adult leaves (AL), and mature leaves (ML), to determine their potential as forage. The content of Crude Protein (CP), Ether Extract (EE), and Ash (Ash), as well as Neutral Detergent Fiber (NDF), Acid Detergent Fiber (ADF), Lignin (Lig), Cellulose (Cel), and Hemicellulose (Hem), were evaluated using a completely randomized experimental design and mean comparison using Tukey's test ($\alpha = 0.05$). AL had the highest CP content ($P < 0.05$) compared to YL and ML, which had values below 15%. AL had higher ($P < 0.05$) Ash content and lower EE (9.30% and 1.67%, respectively). NDF and ADF were higher ($P < 0.05$) in ML (42.09 and 31.38%, respectively) and lower ($P < 0.05$) in AL (34.66 and 24.99%, respectively). YL and ML showed higher ($P < 0.05$) Lig content (17 and 18%, respectively). There was no statistical difference in Cel and Hem between treatments. It is concluded that *G. arborea* leaves between 40 and 60 days old have adequate protein values, making them a good-quality forage for cattle.

Keywords: Forage trees, forage quality, nutritional composition.

Como citar: Vázquez-Aguilar D, González-Muñoz SS, Hernández EA, Valadez-Moctezuma E, Hernández-Sánchez D (2024) Composición química de hojas de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en tres estados de madurez. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios Núm. Esp. IV: e4048. DOI: 10.19136/era.a11nIV.4048.

INTRODUCCIÓN

En la ganadería tropical la producción y disponibilidad de forraje de calidad es una limitante que repercute en las variables productivas y reproductivas del ganado (Enríquez-Quirioz *et al.* 2011). El conocimiento de la composición química de forrajes de diferentes edades de corte o rebrote permite comparar las especies forrajeras que puedan ofrecer el mayor valor nutritivo, calidad y la mejor etapa de crecimiento para su utilización, siendo el grado de madurez uno de los factores que más influye sobre la calidad del forraje (Ledea-Rodríguez *et al.* 2018). Existe una correlación negativa entre valor nutritivo y edad de rebrote, a menor edad de rebrote, la calidad es mayor, pero al rendimiento de forraje es menor; a mayor crecimiento del forraje aumenta el rendimiento, pero la calidad disminuye (Enríquez-Quirioz *et al.* 2015).

En países tropicales de América varias especies arbóreas son componentes de sistemas agrosilvopastoriles o se utilizan como forraje de corte (Ramírez *et al.* 2000, López *et al.* 2004). En México, esas especies son una alternativa para mejorar la producción animal, aunque se requiere de más información acerca de sus características agronómicas, potencial forrajero y su impacto en la nutrición animal (Sosa-Rubio *et al.* 2004); pues el follaje de árboles y arbustos contiene mayor cantidad de proteína (12 a 30%) en comparación con las gramíneas forrajeras. producen materia seca (MS) a lo largo del año y, de acuerdo con la especie, pueden producir hasta 27 t ha⁻¹ año (Sosa-Rubio *et al.* 2000, Carranza-Montaña *et al.* 2003).

La Melina (*Gmelina arborea* Roxb.) es una especie exótica adaptada a las regiones tropicales de México, que se considera una alternativa para abastecer de materia prima a la industria forestal pues su uso principal es la obtención y aprovechamiento de madera y celulosa (Cruz-Fernández y de la Garza-Núñez 2003, Muñoz-Flores *et al.* 2009). Es un cultivo de fácil manejo, su costo de establecimiento es menor, tiene crecimiento rápido en sus primeros estadios y la producción de biomasa en ciclos cortos es mayor (Barrantes *et al.* 2018). Además, las hojas de este árbol funcionan como alimento en rumiantes (Sosa-Rubio *et al.* 2004), particularmente en bovinos (Kennedy y Lowry 2002), ovinos (Aye, 2016, Omokanye *et al.* 2001) y caprinos (Moemeka *et al.* 2014). También se reconocen sus efectos antimicrobianos, antioxidantes y antihelmínticos en rumiantes (Aye y Tawose 2016). En los sistemas semiestabulados las hojas se ofrecen recién cortadas y en los sistemas silvopastoriles los rumiantes se alimentan de las hojas caídas de este árbol (Omokanye *et al.* 2001). El conocimiento sobre el aprovechamiento, potencial y el uso de hojas de *G. arborea* como alternativa en la nutrición de rumiantes en México es reducido y, además, en la literatura consultada no se encontró información acerca de la calidad del forraje de esa especie según las etapas de madurez del follaje. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar los cambios en la composición química de hojas jóvenes, adultas y maduras de *G. arborea* para contar con atributos de calidad de este forraje como opción alimenticia en bovinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad

Las muestras de hoja de *G. arborea* se recolectaron en una plantación forestal de 8 años ubicada en la localidad de Ignacio Muñoz Zapotal, municipio de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México entre

las coordenadas 20° 22' y 20° 32' LN, y 97° 01' y 97' LO entre los 10 y 200 msnm. El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. La temperatura promedio es de 26 °C con una precipitación promedio de 1 600 mm (García 2004).

Recolección del material vegetal

Las hojas se recolectaron de acuerdo con su etapa de madurez y teniendo en cuenta características cualitativas de las mismas: edad aproximada, coloración y textura para conformar los tratamientos: T1: jóvenes (HJ), hojas con 10 a 30 días de edad, coloración verde claro y textura “suave”; T2: adultas (HA), 40 a 60 días, coloración verde fuerte y textura suave/rugosa; y T3: maduras (HM), con más de 60 días, color verde/amarillo y textura rugosa (Figura 1). En cada tratamiento se recolectaron 3 kg de material vegetal fresco, procedentes de cinco árboles que se eligieron al azar. Las muestras se conservaron en bolsas de papel, previamente rotuladas para su traslado al laboratorio.



Figura 1. Características de edad, coloración y textura en hojas de *G. arborea*. a) HJ, b) HA y c) HM.

Análisis de laboratorio

Las hojas colectadas fueron secadas en un horno de aire forzado a 55 °C hasta obtener un peso constante y trituradas en un molino tipo Thomas Willey (Model 4, Arthur H. Thomas Co. Philadelphia, PA) con una criba de 1 mm. Las muestras procesadas se conservaron en bolsas de plástico, previamente identificadas, para su análisis en el laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados. Se determinó el contenido de Proteína Cruda (PC) (Método 968.06, AOAC 2005), Cenizas (Cen) (Método 942.05, AOAC 2005), Extracto Etéreo (EE) (Método 920.85; AOAC 2005), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA) y Lignina (Lig) (Van Soest *et al.* 1991), celulosa (Cel), la cual se tomó como la diferencia entre FDA y Lig, y Hemicelulosa (Hem), se calculó como la diferencia entre FND y FDA.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones. El análisis de varianza se realizó a través del procedimiento GLM y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Para los análisis estadísticos se empleó el paquete estadístico SAS versión 9.3.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se observan los resultados de la composición química en los tres estados de madurez de las hojas de *Gmelina arborea*. En las HJ el contenido de PC y Cen fue bajo con 11.32 y 7.35% respectivamente, mientras que el de EE fue mayor con 2.62% ($p < 0.05$) (Tabla 1). Los contenidos de FDN y Lig fueron altos en comparación con el estado de madurez de los tratamientos 2 y 3. Se observó que FDA y hem presentaron valores bajos respecto a los tratamientos 2 y 3.

Tabla 1. Composición química en base seca (%), de hojas de *Gmelina arborea* Roxb; en tres etapas de madurez del Estado de Veracruz, México.

| Variables % | Estado de madurez | | |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Hojas Jóvenes HJ | Hojas Adultas HA | Hojas Maduras HM |
| Proteína Cruda | 11.32 ^c ± 0.4 | 15.10 ^a ± 0.2 | 12.16 ^b ± 0.2 |
| Cenizas | 7.35 ^c ± 0.7 | 8.22 ^b ± 0.9 | 9.30 ^a ± 1.6 |
| Extracto Etéreo | 2.62 ^a ± 0.2 | 2.39 ^b ± 0.3 | 1.67 ^c ± 0.1 |
| Fibra Detergente Neutro | 39.04 ^b ± 0.4 | 34.60 ^c ± 0.8 | 42.09 ^a ± 0.8 |
| Fibra Detergente Ácido | 27.85 ^b ± 0.7 | 24.99 ^c ± 0.8 | 31.38 ^a ± 0.4 |
| Celulosa | 10.73 ^b ± 1.4 | 12.01 ^a ± 0.7 | 12.71 ^a ± 0.6 |
| Hemicelulosa | 11.19 ^a ± 0.8 | 9.60 ^c ± 1.3 | 10.64 ^b ± 0.3 |
| Lignina | 17.11 ^b ± 0.7 | 12.98 ^c ± 1.0 | 18.67 ^a ± 0.3 |

^{a,b,c} Medias con distinta literal en la misma hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$). Promedio \pm desviación estándar.

Las HA mostraron en promedio ($p < 0.05$) los valores más altos de PC con 15.10% y valores intermedios a altos para Cen y EE con 8.22 y 2.39%, respectivamente. Respecto a FDA, Lig y Hem se observaron valores promedios bajo para estas tres variables en comparación con los tratamientos 1 y 3. FDN presentó un valor medio respecto a los otros dos tratamientos, mientras que Cel fue similar al tratamiento 3.

En cuanto a las hojas adultas (HM) mostraron en promedio ($p < 0.05$) los valores más bajos de PC y EE con 12.6 y 1.67%, respectivamente, y valores promedio intermedios a altos de Cen con 9.30%. Para las variables de FDA y Lig se observó que los valores promedios fueron altos en comparación con el tratamiento 1 y 2, mientras que FDN presentó el valor más alto de los tres tratamientos y Cel y Hem presentaron valores similares con HM y HJ, respectivamente.

DISCUSIÓN

El contenido de proteína en las gramíneas forrajeras es mayor durante los primeros días de crecimiento y, a medida que transcurre el tiempo, la proteína disminuye (Avellaneda-Ceballos *et al.* 2008, Garay *et al.* 2017). Sin embargo, los resultados del presente estudio contrastan con el

comportamiento mencionado, observándose mayor contenido de proteína en hojas adultas *vs* hojas jóvenes. El contenido de PC osciló entre 11.32 y 15.10% (Tabla 1), presentando el valor más alto las HA lo cual tiene similitud con lo reportado en arbóreas forrajeras por Aye (2016) y Burgos-Ayala *et al.* (2006) con valores de 15.32 y 15.90%, respectivamente. Sin embargo, Abiola- Olagunju *et al.* (2017) presentaron valores más altos a los encontrados en este estudio con 25.6%. El alto contenido de proteína cruda indica que las hojas de esta especie arbórea al tener un buen perfil de aminoácidos son una buena fuente de proteína para los rumiantes (Amata y Lebari 2011). El color amarillo de las hojas maduras indica un estatus cercano a la senescencia, por lo que el contenido celular y su actividad metabólica disminuye, lo mismo que el contenido de proteína (Ramírez-Orduña *et al.* 2002). Ahmaefule *et al.* (2006) mencionan que los forrajes y alimentos que contienen menos del 7% de proteína son mal digeridos por los rumiantes debido a la insuficiencia de nitrógeno para el crecimiento de la microbiota ruminal; sin embargo, el nivel de PC en esta especie arbórea es superior al valor recomendado del 8% para el funcionamiento normal de los microorganismos del rumen (Van Soest 1994). Los resultados de PC para HJ y HM fueron ligeramente inferiores a los reportados por Augustine *et al.* (2018) en hojas de *Gmelina arborea* con 13.20%, pero superiores a los observados por Amata y Lebari (2011) con 14.60%. El menor contenido de proteína en las hojas jóvenes se puede atribuir a que la concentración de nitrógeno entre las hojas verdes es diferente debido su ubicación a diferentes alturas, lo que determina que algunas estén más expuestas a luz y otras, más a la sombra (Muñoz-Flores *et al.* 2009). Además, estas hojas pueden desarrollarse bajo diferente suministro de nitrógeno por parte del suelo, lo que determinaría que el contenido de nitrógeno no sea distribuido uniformemente (Gastal y Lemaire 2002). Los valores de PC observados en esta investigación sugieren que su inclusión en la dieta puede promover cambios benéficos en la nutrición de rumiantes, mejorando la ingesta voluntaria, la digestibilidad y el rendimiento de la producción de leche, en especial de aquellos que basan su alimentación en el pastoreo donde el follaje de esta arbustiva podría ser una alternativa para complementar los requerimientos de proteína que no logran cubrir los pastos (Kakengi *et al.* 2001).

El contenido de EE y Cen presentó diferencias ($P < 0.05$) entre los tres estados de madurez de las hojas evaluadas. Los resultados de las HA presentan relación con lo reportado por Jiwuba *et al.* (2020) donde reportan 2.36 y 8.2 % para esas dos variables, respectivamente. Para las HJ y HM los valores promedios encontrados fueron inferiores para EE y levemente superiores para Cen según lo reportado por Augustine *et al.* (2018) con 4.50 y 6.0% y Aye (2016) con 3.75 y 8.42%, respectivamente. Estas diferencias podrían atribuirse a variaciones en las condiciones climáticas, época y edad en que se cosecharon las hojas y métodos de procesamiento utilizados (Jiwuba *et al.* 2020). Mientras que Moemeka *et al.* (2014) mencionan que los altos contenidos de Cen y EE en las hojas de *G. arborea* junto con su alto porcentaje de proteína cruda, contribuyen a que este forraje se considere de buena calidad para la alimentación del ganado.

El contenido de FDN y FDA en las HJ y HM (Tabla 1) presentan similitud con lo reportado por Burgos-Ayala *et al.* (2006) en un estudio realizado en *G. arborea* en zona tropical donde obtuvieron valores promedios de 36.80 y 19.70%, respectivamente, y con Sosa-Rubio *et al.* (2004) los cuales reportan promedios de 36.85% para FDN y de 19.76% para FDA. El contenido en las HA presentó similitud con lo reportado por Ahmaefule *et al.* (2006) los cuales observaron un valor para FDN de 45.0 y de 34.77% para FDA. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio, en los tres

estados de madurez evaluados, están por debajo de lo reportado por Moemeka *et al.* (2014) y Omokanye *et al.* (2014) los cuales observaron valores de 59.72 y 57.90% para FDN y 41.28 y 39.40% para FDA, respectivamente. Aunque se presentaron valores por debajo de 60% lo cual es lo recomendado para no afectar el consumo en rumiantes (Van Soest *et al.* 1991), se considera que especies arbóreas con contenidos de 20 a 35% de FDN presentan valores altos de digestibilidad (Norton 1994). Estas variaciones en los contenidos de FDN y FDA en los tres estados de madurez en hojas de *G. arborea* pueden ser atribuidas principalmente a las características morfológicas de la planta, sitio, edad del árbol, tipo de suelo (Pérez-Soto *et al.* 2023) y a la edad de rebrote, por la posición de la fracción en la rama y por el componente de la rama (Camero 1995). Para Cel y Hem las HJ y HA presentaron valores levemente inferiores y las HM inferiores (Tabla 1) a los reportados por Ojo *et al.* (2012), los cuales observaron promedios de 13.60 a 17.61% y de 13.22 a 18.06%, respectivamente. Por otra parte, en estudios realizados por Burte *et al.* (2005) y Omokanye *et al.* (2014) en hojas de *G. arborea* observaron valores de 24.14 y 7.17% y 25.00 y 18.50% para Cel y Hem, respectivamente. Estos resultados están por encima de los obtenidos en esta investigación para los tres estados de madurez; sin embargo, los valores de Hem fueron ligeramente superiores a los reportados por Burte *et al.* (2005).

Referente al contenido de Lig se presentaron variaciones en los tres estados de madurez de la hoja (Tabla 1). Los resultados de las HA presentan similitud con lo reportado por Ojo *et al.* (2012) reportan un promedio de 9.50 a 12.30%. Mientras que las HJ y HM presentan valores superiores a los reportados por Omokanye *et al.* (2014) con 17% y Burte *et al.* (2005) con 7.17%. La concentración de lignina en las leguminosas a menudo parece comparable a la de las gramíneas cuando se expresa como proporción de materia seca. Sin embargo, cuando se expresan como proporción de fibra, las leguminosas demuestran un rango más amplio de concentraciones de Lig que generalmente son más altas que las de las gramíneas (Jung *et al.* 1997). Esta diferencia puede ser el resultado de problemas analíticos relacionados con la medición de la lignina la cual es estimada generalmente como ADL la cual subestima la concentración de lignina más severamente en los pastos que en las leguminosas (Moore y Jung 2001).

La calidad nutritiva de los forrajes depende del nivel de consumo, de la digestibilidad, el contenido de nutrientes y la eficiencia en que se metabolizan y utilizan por los rumiantes (Giraldo *et al.* 2007). Así, las hojas de *G. arborea* son una alternativa en la nutrición de rumiantes debido a sus adecuados niveles de proteína. Esto es importante para ayudar a controlar el problema de pérdida de peso del rumiante, común durante la estación seca, cuando la calidad de los pastos disponibles disminuye drásticamente.

CONCLUSIONES

Las diferentes etapas de madurez de las hojas de *Gmelina arborea* Roxb demuestran que esta especie arbórea podría ser un complemento alimenticio alternativo para rumiantes, especialmente por su alto contenido de proteína cruda observado entre los 40 a 60 días de rebrote representando una opción para mejorar la producción animal en las regiones tropicales de México, especialmente

durante la época seca. Además, el bajo contenido de FDN (60%) garantiza un forraje con alta digestibilidad y que no afecta el consumo en rumiantes.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías por la beca otorgada al autor principal para realizar estudios de Maestría en Ciencias. Este trabajo forma parte de las actividades de la LGAC: Ganadería eficiente, bienestar sustentable y cambio climático, del Colegio de Postgraduados.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Abiola-Olagunju O, Akinwande VO, Mako AA, Mosuro, AO, Ayanwale HB (2017) Evaluation of Nutrient Contents of *Gmelina arborea* leaves as Animal Feed in the Tropics. Nigerian Journal Animal Science 19 (2): 209-215.
- Ahmaefule FO, Obua BE, Ibeawuchi JA, Udosen NR (2006) The nutritive value of some plants browsed by cattle in Umudike, Southeastern Nigeria. Pakistan Journal of Nutrition 5(5): 404-409. <https://doi.org/10.3923/pjn.2006.404.409>
- Amata LA, Lebari TA (2011) Comparative evaluation of the aminoacid profile and antinutritional content of the leaves of four selected browse plants in the tropics. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences 2(1):107-111.
- AOAC (2005) Official Methods of Analysis of AOAC International. 2011.18th Edition, AOAC International, Gaithersburg, Maryland, USA. 771p.
- Augustine C, Khobe D, Madugu AJ, Obidah LU, Edward A (2018) Chemical composition of *Gmelina (Gmelina arborea)* fruits and leaves and their adoption as livestock feed resources in mubi area. International Journal of Current Innovations in Advanced Research 1(2): 5-11.
- Avellaneda-Cevallos JH, Romero-Garaicoa D, Pinargote-Mendoza E, Espinoza-Guerra I, Montañez-Valdez OD, Luna-Murillo R, Zambrano-Montes S, Cabezas-Guerrero F, Quintana-Zamora JG, Vanegas- Ruiz J (2008) Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de *Brachiaria* en diferentes edades de cosecha. Ciencia y Tecnología 1(2): 87-94. <https://doi.org/10.18779/cyt.v1i2.70>
- Aye P (2016) Comparative nutritive value of *Moringa oleifera*, *Tithonia diversifolia* and *Gmelina arborea* Leaf Meals. American Journal of Food and Nutrition 6(1): 23-32. <https://doi.org/doi:10.5251/ajfn.2016.6.1.23.32>
- Aye PA, Tawose OM (2016) Physiological responses of west african dwarf sheep fed graded levels of *Gmelina arborea* leaves and cassava peel concentrates under different management systems. Agriculture and Biology Journal of North America 7(4): 185-195. <https://doi.org/doi:10.5251/abjna.2016.7.4.185.195>

- Barrantes MK, Ávila CA, Murillo RC, Solís LR, Porras RM, Herrera PV (2018) Relación de la clorofila y el nitrógeno foliar de *Gmelina arborea* Roxb en vivero y en campo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(46): 209-239. <https://doi.org/doi: 10.29298/rmcf.v9i46.124>
- Burgos-Ayala A, Capetillo-Leal CM, Góngora-Cetina RH, Campos-Zapata C, Sandoval-Castro CA (2006) Composición química-nutricional de árboles forrajeros. 1ª edición. UADY. Yucatan, México. 60p.
- Burte RG, Raut MY, Jadhav SS, Wadekar WW, Yadav DN (2005) Nutritive value of shivan (*Gmelina arborea*) tree leaves for goats. *Indian Journal of small Ruminants* 12(1): 100-112.
- Camero RA (1995) Experiencias desarrolladas por el CATIE en el uso del follaje de *Erythrina* sp. y *Gliricidia sepium* en la producción de carne y leche de bovinos. *Agroforestería en las Américas* 2(8): 9-13.
- Carranza-Montaña MA, Sánchez-Velásquez LR, Pineda-López DR, Cuevas-Guzmán R (2003) Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la Sierra de Manantlán, México. *Agrociencia* 37(2): 203-210.
- Cruz-Fernández M, de la Garza-Núñez JA (2003) La Melina, establecimiento y aprovechamiento en la Huasteca Potosina. INIFAP-CIRNE. San Luís Potosí, México. 23p.
- Enríquez-Quiroz JF, Hernández-Garay A, Quero-Carrillo AR, Martínez-Méndez D (2015) Producción y manejo de gramíneas tropicales para pastoreo en zonas inundables. 1ª edición. INIFAP - Colegio de Postgraduados. Veracruz, Mexico. 60p.
- Enríquez-Quiroz. JF, Nava-Meléndez F, Bolaños-Aguilar DE, Esqueda-Esquivel VA (2011) Producción y manejo de forrajes tropicales. 1ª edición. INIFAP. Veracruz, México 443p.
- Garay JR, Joaquín S, Zárate P, Ibarra MA, Martínez JC, González RP, Cienfuegos EG (2017) Dry matter accumulation and crude protein concentration in *Brachiaria* spp. cultivars in the humid tropics of Ecuador. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales* 2(5): 66-76. [https://doi.org/10.17138/tgft\(5\)66-76](https://doi.org/10.17138/tgft(5)66-76)
- García E (2004) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4a Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 217p.
- Gastal F, Lemaire GN (2002) Uptake and distribution in crops: An agronomical and ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany* 53(370): 789-799. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.370.789>
- Giraldo LA, Gutiérrez ML, Rúa C (2007) Comparación de dos técnicas *in vitro* e *in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20(3): 269-279.
- Jiwuba, PDC, Ogbuewu PI, Ume SI (2020) Nutritional assessment of *Gmelina arborea* leaf meal on productive performance and cost/benefit evaluation of growing rabbits. *Zhivotnovadni Nauki* 57(6): 21-28.
- Jung HG, Mertens DR, Payne AJ (1997) Correlation of acid detergent lignin and Klason lignin with digestibility of forage dry matter and neutral detergent fiber. *Journal of Dairy Science* 80(8): 1622-1628.
- Kakengi AM, Shem MN, Mtengeti EP, Otsyina R (2001) *Leucaena leucocephala* leaf meal as supplement to diet of grazing dairy cattle in semiarid Western Tanzania. *Agroforestry Systems* 52: 73-82. <https://doi.org/10.1023/A:1010642531865>
- Kennedy PM, Lowry JB (2002) Do tree leaves promote digestion of grass by cattle? *Animal Production Australian* 24(1): 121-124.
- Ledea-Rodríguez JL, Ray-Ramírez JV, Reyes-Pérez JJ (2018) Ruminal degradability of organic matter of varieties of drought tolerant *Cenchrus purpureus*. *Agronomía Mesoamericana* 29(2): 375-387. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29546>
- López J, Tejada I, Vázquez C, de Dios G, Shimada A (2004) Condensed tannins in humid tropical fodder crops and their *in vitro* biological activity: Part 1. *Journal Science Food Agriculture* 84: 291-294. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1651>

- Moemeka MA, Okagbare GO, Sorhue GU (2014) The optimum feeding level of *Gmelina arborea* leaves supplemented with *Pennisetum purpureum* to West African Dwarf (WAD) goats. *Animal Biology & Animal Husbandry* 6(2): 134-139.
- Moore KJ, Jung HJG (2001) Lignin and fiber digestion. *Journal of Range Management* 54(4): 420-430.
- Muñoz-Flores HJ, Coria-Ávalos VM, García-Sánchez JJ, Balam-Che M (2009) Evaluación de una plantación de tres especies tropicales de rápido crecimiento en Nuevo Urecho, Michoacán. *Revista de Ciencias Forestales en México* 34(106): 61-87.
- Norton BW (1994) The nutritive value of tree legumes. In: Gutteridge RC, Shelton HM (eds) *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Wallingford, UK. CAB International. pp. 177-191.
- Ojo VO, Aina AB, Arigbede OM, Olanite JA, Amole TA, Anele Y, Dele PA, Adeoye SA, Idowu OJ (2012) Evaluation of the agronomic performance and nutritive values of *Tephrosia Bracteolata* Guill. & Perr. and *Gmelina arborea* ROXB prunnings at different stages of growth. *Journal of Agricultural Science and Environment* 12(2): 15-25.
- Omokanye AT, Lamidi OS, Oyeleke LS (2014) *Gmelina arborea* at Shika, Nigeria: Nutritive indices, preferences and intake of plant parts by Yankasa Sheep. *International Journal of Research in Agriculture and Forestry* 1(2): 31-36.
- Omokanye AT, Balogun RO, Onifade OS, Afolayan RA, Olayemi ME (2001) Assessment of preference and intake of browse species by Yankasa sheep at Shika, Nigeria. *Small Ruminant Research* 42(3): 203-210. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(01\)00250-4](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(01)00250-4)
- Pérez-Soto F, Figueroa-Hernández E, Escamilla-García PE, Meno-Espino X, Jiménez-García M, Pérez-Figueroa RA (2023) Percepción, usos y manejo de sistemas agroforestales en México. 1a edición. ASMIA, A.C. Mexico. 89p.
- Ramírez-Orduña R, Ramírez-Lozano RG, López-Gutiérrez F (2002) Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *Ciencia UANL* 5(2): 180-189.
- Ramírez RG, Neira-Morales RR, Ledezma-Torres RA, Garibaldi-González CA (2000) Ruminal digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico. *Small Ruminant Research* 36(1): 49-55. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(99\)00113-3](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(99)00113-3)
- Sosa-Rubio EE, Pérez-Rodríguez D, Ortega-Reyes L, Zapata-Buenfil G de J (2004) Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Técnica Pecuaria en México* 42(2): 129-144.
- Sosa-Rubio EE, Sansores-Lara LI, Zapata-Buenfil G de J, Ortega-Reyes L (2000) Composición botánica y valor nutricional de la dieta de bovinos en un área de vegetación secundaria en Quintana Roo. *Técnica Pecuaria en México* 38(2): 105-117.
- Van Soest PJ (1994). *Nutritional Ecology of Ruminants*, 2nd edn. Cornell University Press. Ithaca, New York. 476p.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (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)