VOLUMEN 48
XXXI Verano De la Ciencia
ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

Efecto de la inclusión de hoja de *Leucaena* sobre parámetros iniciales de pH, humedad y materia seca en el ensilado de agave

Effect of Leucaena leaf inclusion on initial pH, moisture, and dry matter parameters in agave silage.

Ernesto Iturbide Soriano[1], Servando Reyes Castro[2*], Leticia Lara Zárate[1], Gabriel Martínez Pérez[1], Gregorio Maximiliano Flores Moreno[1].

[1]Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. [2]Departamento de Ciencias Ambientales, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. Correo: s.reyes@ugto.mx*

Resumen

La hoja de agave constituye una alternativa prometedora para la alimentación de rumiantes; sin embargo, su elevado contenido de humedad y su bajo contenido proteínico limitan su conservación mediante ensilaje y su valor nutritivo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la incorporación de hoja de leucaena sobre las características fisicoquímicas iniciales de mezclas destinadas al ensilaje de hoja de agave. Se determinaron la humedad, materia seca (MS) y pH de la hoja de leucaena (HL), la hoja de agave (HA) y de mezclas compuestas por 90% HA + 10% HL y 80% HA + 20% HL. La HL presentó 92.0% de MS y un pH de 6.1, mientras que la HA registró 16.7% de MS y un pH de 4.7. La incorporación de HL redujo progresivamente la humedad de las mezclas de 83.3 a 76.8 y 70.0%, incrementando la MS hasta 23.2 y 30.0%, respectivamente. En contraste, el pH únicamente aumentó ligeramente, alcanzando valores de 4.8 y 4.9, que permanecieron dentro de un intervalo favorable para el establecimiento de la fermentación láctica. Los resultados demuestran que la hoja de leucaena mejora significativamente las condiciones iniciales del material para ensilar, principalmente mediante el incremento de la materia seca, sin alterar de forma importante la acidez natural de la hoja de agave. La inclusión de 20% de HL permitió alcanzar un contenido de MS cercano al recomendado para la producción de ensilajes de alta calidad, lo que sugiere que esta leguminosa puede utilizarse como una estrategia viable para optimizar la conservación y el valor nutritivo del ensilado de hoja de agave.

Palabras clave: Leguminosas; *Agave mapisaga;* Alimentación animal.

Revisión de literatura

En los sistemas de producción pecuaria de regiones tropicales, áridas y semiáridas, la alimentación del ganado representa entre el 70 y 85 % de los costos totales de producción (Serrato Corona, 1986; Chicaiza Muyulema, 2016). La alta dependencia de cereales importados como maíz o sorgo y pastas oleaginosas como la soya, sumada a la severa estacionalidad forrajera durante el estiaje, comprometen seriamente la rentabilidad de las explotaciones (Fernández Marcial, 2019; Reyes-Castro *et al*., 2022; Mejía-Haro *et al*., 2023).

Por ello, la caracterización e integración de recursos vegetales nativos y adaptados, como *Leucaena leucocephala*, *Agave mapisaga* y *Prosopis spp*., constituye una alternativa sostenible para optimizar la digestibilidad de las dietas, cubrir los requerimientos nutricionales del hato, reducir costos y ayudar a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (Barros-Rodríguez *et al*., 2014; Ramírez-Avilés *et al*., 2019; Sánchez-Duarte *et al*., 2025).

1. *Leucaena leucocephala*

Es una leguminosa arbórea de origen mesoamericano, ampliamente distribuida en las zonas tropicales (García *et al*., 2008; Barros-Rodríguez *et al*., 2014). Su profundo sistema radical pivotante le confiere una notable tolerancia a sequías prolongadas de hasta ocho meses. Asimismo, fija entre 200 y 500 kg de N/ha/año vía *Rhizobium*, triplica la materia orgánica del suelo, reduce la temperatura ambiental hasta en un 13% en sistemas silvopastoriles sombreados y actúa como reservorio de biorreguladores contra plagas agrícolas (Espinoza *et al*., 2006; Ruiz *et al*., 2008; Ramírez-Avilés *et al.,* 2019).

ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

Perfil bromatológico y fraccionamiento proteico

La biomasa comestible de *L. leucocephala* (hojas, pecíolos y tallos tiernos menores a 5 mm) presenta un perfil nutricional muy superior al de las gramíneas tropicales convencionales (Cáceres y González, 1998; García *et al*., 2008).

- **Proteína y Fibra:** Contiene entre 18 y 35% de Proteína Cruda (PC) en base seca. Presenta una pared celular moderada con Fibra Detergente Neutro (FDN) de 39 a 52% y Fibra Detergente Ácido (FDA) de 15 a 35%.

- **Minerales:** Registra de 1.1 a 3.1% de calcio (Ca) y de 0.13 a 0.29% de fósforo (P) (Espinoza *et al*., 2007; García *et al*., 2008).

- **Perfil de Nitrógeno:** En el nitrógeno total predomina la fracción de prolaminas (5.32 mg/g de proteína), sobre albúminas (2.33 mg/g), globulinas (2.60 mg/g) y glutelinas (1.95 mg/g) (Ruiz *et al*., 2008).

Su asociación con polifenoles explica su baja degradabilidad efectiva del nitrógeno a nivel ruminal (53.6%), dejando un 46.4% de proteína sobrepasante o de sobrepaso disponible para su absorción intestinal (Ruiz *et al*., 2008).

Mimosina y adaptación ruminal

La mimosina es un aminoácido no proteico (2-12% en MS) presente en esta leguminosa, que en rumiantes no adaptados se hidroliza a metabolitos bociobiogénicos y citotóxicos (3,4-DHP y 2,3-DHP), provocando cuadros de alopecia, lesiones esofágicas e hiperplasia tiroidea (Saavedra *et al*., 1987).

Sin embargo, bacterias anaerobias ruminales como *Synergistes jonesi* y ciertas cepas de *Clostridium* degradan la mimosina y transforman el DHP en ácidos grasos volátiles (propiónico). En regiones tropicales de México y Cuba, la microbiota ruminal del ganado cuenta naturalmente con esta capacidad degradadora, lo que permite la inclusión de leucaena en la dieta sin efectos tóxicos (Ruiz *et al*., 2008; Barros-Rodríguez *et al*., 2014).

Parámetros productivos por especie

- **Ovinos y caprinos de engorda:** Dietas con 32 a 50% de leucaena generan ganancias diarias de peso de 123 a 187 g/día.

- **Conejos de engorda:** La inclusión de harina foliar hasta en un 30% no altera la ganancia de peso (18.6 g/día).

- **Cerdos de engorda:** Un 20% de harina foliar iguala los parámetros productivos de dietas convencionales maíz-soya (780 g/día).

- **Equinos:** Su consumo está contraindicado o severamente restringido debido a cuadros de alopecia por toxicidad sistémica a la mimosina, presentándose pérdidas evidentes en la crin y cola (Dias *et al*., 2022).

2. *Agave mapisaga*

Es una especie gigante mesoamericana con un alto grado de domesticación que presenta rosetas de 2.0 a 4.3 m de altura con espinas y dientes reducidos. Crece casi exclusivamente en entornos humanizados del Altiplano Central Mexicano (Aguilar-Juárez *et al.,* 2014; Mandujano *et al*., 2018). Tradicionalmente se aprovecha para aguamiel, pulque, fibra textil, mixiote y como forraje de emergencia. Sus fibras destacan por su finura, tono blanco y buena resistencia, registrando además, semillas con un 68-70% de viabilidad, óptima para su reproducción sexual (Niño, 2013).

Valor nutricional y fermentación ruminal

La biomasa foliar de *Agave mapisaga* constituye un recurso energético de alta digestibilidad. Las pencas maduras presentan entre 11.07 y 11.08 % de Materia Seca (MS). En base seca, contienen:

- **Proteína Cruda (PC):** 2.55 – 2.59%

- **Pared celular:** 28.32% de FDN y 21.51% de FDA, exhibiendo niveles de fibra significativamente menores que los rastrojos o residuos agrícolas convencionales.

En ensayos *in vitro*, la MS se degrada en un 65.7 % a las 24 horas y alcanza un 75.01% de degradabilidad a las 72 h de incubación. Durante la fermentación, mantiene un pH ruminal de 6.16 a 6.35 y preserva las poblaciones bacterianas totales. La fermentación genera un perfil molar de ácidos grasos volátiles caracterizado por ácido acético (47.20 mmol/L), ácido propiónico (23.62 mmol/L) y ácido butírico (6.47 mmol/L), siendo el propionato un precursor gluconeogénico clave para la síntesis de glucosa (Mata-E. *et al.,* 2011).

Carbohidratos, minerales y factores antinutricionales

El tejido foliar posee 1.14% de azúcares solubles en fresco, constituidos en un 75% por fructanos y un 25% por mono y disacáridos. La estructura molecular de los fructanos muestra un predominio de fructooligosacáridos (FOS) de bajo grado de polimerización, lo que les confiere alta solubilidad y un marcado efecto prebiótico en el tracto digestivo (Moreno-Vilet *et al*., 2018).

La savia y sus extractos aportan potasio, calcio, magnesio, hierro y cobre, con bajas concentraciones de sodio, así como flavonoides y vitamina C con capacidad antioxidante (Hernández-Ramos *et al*., 2025). En estado crudo, la presencia de saponinas esteroidales y cristales de oxalato de calcio produce irritación en la mucosa oral; sin embargo, los tratamientos térmicos (asado o cocción) o el ensilaje anaerobio desactivan estos factores antinutricionales, haciendo la biomasa completamente inocua para la alimentación animal (Reyes, 2016).

Uso práctico en dietas para animales

Las pencas picadas actúan como alimento de mantenimiento durante la sequía. Su ensilado con melaza (2%) y urea (2%) eleva la proteína cruda hasta un 31.6% e incrementa la digestibilidad *in vitro*. En corderos de engorda, la sustitución del alimento comercial con ensilaje de *Agave* al 30–60% sostiene ganancias diarias de peso (GDP) de 101.2 a 168.5 g/animal/día sin diferencias estadísticas en el peso final (Reyes-Castro *et al*., 2022).

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las características nutricionales, con fines de alimentacióin animal, de las hojas de *Leucaena spp*. y de *Agave mapisaga*, así como la interacción de ambas especies en un ensilado, utilizando como base la hoja de agave e incluyendo un 10 y 20% de hoja de leucaena.

Metodología

El trabajo se realizó en las instalaciones de la División de Ciencias de la Vida del Campus Irapuato-Salamanca, perteneciente a la Universidad de Guanajuato, ubicada en la Ex Hacienda El Copal, Municipio de Irapuato, Guanajuato.

Esta localidad se localiza en las coordenadas geográficas 20° 44´27” N de latitud y 101°20´07” O de longitud, con una altitud media de 1,754 m sobre el nivel del mar; geográficamente al norte y noroeste colinda con el municipio Silao de la Victoria, al este con las estribaciones de la Sierra de Guanajuato, al sur y suroeste con la zona urbana de Irapuato y al oeste con la carretera federal 45 Irapuato-Silao.

En esta región el clima es semicálido subtropical subhúmedo, en el transcurso de los meses de junio y julio prevalecen las condiciones cálidas y húmedas, las cuales marcan el inicio de la temporada de lluvias; con temperaturas mínimas promedio de 15 a 16°C y máximas promedio de 27 a 29°C, y una precipitación acumulada oscilante entre 100 mm y 160 mm mensuales.

El estudio se llevó a cabo entre los meses de junio y julio de 2026, para lo cual se colectaron hojas frescas de *Leucaena leucocephala* y *Agave mapisaga.* Las hojas de leucaena se colectaron en las inmediaciones de la División de Ciencias de la Vida del Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato, de arbustos jóvenes de más de dos años de edad. Las hojas de secaron durante 72 h a la sombra, sobre hojas de papel periódico para ayudar a la absorción de humedad. Una vez secas fueron molidas en un molino para granos secos hasta obtener una harina fina, la cual se utilizó posteriormente para las mezclas de 10 y 20% con agave. Tanto el secado como la molienda de las hojas se realizó en el Laboratorio de Nutrición y Bromatología Animal.

Las hojas de agave fueron colectadas de plantas adultas (5-7 años) en la Colección Nacional de Agaves UG-SAGARPA, ubicada a un costado de la carretera Irapuato-Silao. Se obtuvieron las hojas basales en cada

planta muestreada, similar a una poda, para no afectar el desarrollo de las mismas. Se dejaron a la intemperie durante 48 h y posteriormente fueron molidas con un molino modificado y adaptado para este fin, el cual cuenta con un sistema de corte que incluye cuchillas y martillos, propulsado por un motor a gasolina de 13 HP.

Se utilizó una estufa de aire forzado para su secado a 60 °C durante 72 h para la detrminación de humedad y materia seca tanto en las hojas de agave como en las mezclas con hoja de leucaena.

Se establecieron cuatro tratamientos, como se muestra en el Cuadro 1, de acuerdo a los cuales se realizó la mezcla de agave y leucaena para iniciar con el proceso de fermentación en microsilos, los cuales serán abiertos y analizados posteriormente.

Cuadro 1. Tratamientos experimentales

TRATAMIENTO	MEZCLA
1	Hoja de leucaena (HL) 100%
2	Hoja de agave (HA) 100%
3	90% HA + 10% HL
4	80% HA + 20% HL

La determinación de pH se realizó con un equipo portátil, marca OAKTON EcoTest, para lo cual se pesaron 10 g de muestra y se depositaron en tubos Falcon, se agregaron 20 ml de agua destilada a cada muestra y se colocaron en un equipo de agitación constante durante 30 min, pasados los cuales, las muestras se dejaron reposar durante 15 min y se procedió a la medición de pH.

La molienda de las hojas de agave, el mezclado de los ingredientes y las determinaciones de humedad, pH y materia seca fueron realizados en el Laboratorio de Tecnologías para la Sustentabilidad (LATES UG) y su área experimental, perteneciente al Departamento de Ingeniería Ambiental de la División de Ciencias de la Vida del Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de guanajuato.

Resultados

La caracterización de las materias primas evidenció diferencias importantes en el contenido de humedad, materia seca (MS) y pH entre la hoja de leucaena (HL) y la hoja de agave (HA), las cuales pueden observarse en el Cuadro 2. La HL presentó un contenido de humedad de 8.0%, equivalente a 92.0% de MS, mientras que la HA registró una humedad de 83.3% y una MS de 16.7%. Estas diferencias reflejan la elevada concentración de sólidos en la hoja de leucaena respecto al alto contenido de agua característico de la hoja de agave.

Cuadro 2. Humedad, pH y materia seca iniciales en hojas de *Agave mapisaga*, *Leucaena spp* y ensilado de hoja de agave con 2 niveles de hoja de leucaena.

TRATAMIENTO	HUM (%)	pH	MS (%)
1	8.0	6.1	92.0
2	83.3	4.7	16.7
3	76.8	4.8	23.2
4	70.0	4.9	30.0

T1= 100% hoja de leucaena (HL); T2= 100% hoja de agave (HA); T3= 90% HA + 10% HL; T4= 80% HA + 20% HL; HUM = humedad; MS= materia seca.

El pH inicial también mostró diferencias entre ambas materias primas. La HL presentó un pH de 6.1, correspondiente a un material cercano a la neutralidad, mientras que la HA registró un pH de 4.7, evidenciando un ambiente naturalmente más ácido.

La mezcla de leucaena y agave modificó progresivamente las características fisicoquímicas antes del ensilado. La inclusión de 10% de HL redujo la humedad desde 83.3 hasta 76.8%, incrementando simultáneamente la MS hasta 23.2%. Cuando la proporción de HL aumentó al 20%, la humedad disminuyó aún más hasta 70.0%, mientras que la MS alcanzó 30.0%.

En contraste, el efecto sobre el pH fue relativamente pequeño. La mezcla con 10% de HL presentó un pH de 4.8, mientras que la incorporación del 20% de HL incrementó ligeramente este valor hasta 4.9, permaneciendo ambas mezclas dentro de un intervalo ácido.

Discusión

Los resultados demuestran que al incorporar la hoja de leucaena con una elevada concentración de materia seca, se puede corregir eficientemente el exceso de humedad de la hoja de agave. La elevada humedad del agave representa uno de los principales factores que limitan su conservación mediante ensilaje, debido a que favorece pérdidas por efluentes y promueve fermentaciones indeseables cuando el contenido de MS es inferior al recomendado para una fermentación láctica eficiente.

En este sentido, la incorporación de HL incrementó progresivamente la MS de las mezclas desde 16.7% hasta 30.0%, aproximándose al intervalo considerado óptimo (30–35%) para la elaboración de ensilajes de alta calidad. Este comportamiento puede atribuirse al reducido contenido de agua de la hoja de leucaena, la cual actúa como un absorbente natural de humedad, mejorando simultáneamente las condiciones físicas del material para favorecer la compactación y disminuir la producción de efluentes durante el almacenamiento.

A diferencia de la marcada modificación observada en el contenido de humedad, el pH inicial de las mezclas experimentó únicamente incrementos moderados. Aunque la HL presentó un pH cercano a la neutralidad (6.1), su incorporación únicamente elevó el pH de las mezclas de 4.7 a 4.9. Este comportamiento sugiere que la elevada acidez natural de la hoja de agave, atribuida principalmente a la acumulación de ácidos orgánicos derivados del metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM), ejerció un efecto amortiguador que limitó el incremento del pH ocasionado por la incorporación de la leguminosa.

Desde el punto de vista tecnológico, este resultado resulta favorable para el proceso de ensilaje. Un pH inicial ligeramente ácido reduce el tiempo requerido para alcanzar condiciones inhibitorias para microorganismos deterioradores y disminuye el riesgo de fermentaciones clostridiales durante la fase inicial de fermentación. Al mismo tiempo, el incremento en la materia seca proporciona un ambiente más estable para el desarrollo de bacterias ácido-lácticas, mejorando potencialmente la conservación del material.

Adicionalmente, la utilización de hoja de leucaena ofrece ventajas nutricionales que trascienden la simple corrección del contenido de humedad. La elevada concentración de proteína cruda característica de esta leguminosa permite incrementar el valor nutritivo del ensilado sin recurrir exclusivamente a fuentes convencionales de nitrógeno, como la pasta de soya o la urea. En consecuencia, la HL puede desempeñar una doble función como regulador físico del contenido de humedad y como ingrediente proteico de origen forrajero.

En conjunto, los resultados indican que la inclusión de entre 10 y 20% de hoja de leucaena mejora significativamente las características iniciales del material destinado al ensilaje, principalmente mediante el incremento de la materia seca, mientras mantiene un pH suficientemente bajo para favorecer el establecimiento de una fermentación láctica adecuada. Estas condiciones iniciales sugieren un mayor potencial para obtener un ensilado de mejor estabilidad fermentativa y mayor valor nutricional en comparación con el uso exclusivo de hoja de agave.

Añadir la conclusión o si está en el apartado de discusiones recomiendo separarlo.

Bibliografía

Aguilar-Juárez, B., Enríquez del Valle, J. R., Rodríguez-Ortiz, G., Granados Sánchez, D., Martínez Cerero, B. (2014). El estado actual de *Agave salmiana* y *A. mapisaga* del Valle de México. Revista Mexicana de Agroecosistemas, 1(2), 106–120.

Barros-Rodríguez, M., Sandoval-Castro, C. A., Solorio-Sánchez, J., Sarmiento-Franco, L. A., Rojas-Herrera, R., Klieve, A. V. (2014). *Leucaena leucocephala* in ruminant nutrition. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *17*(2), 173–183.

Cáceres, O., y González, E. (1998). Valor nutritivo del follaje de árboles y arbustos tropicales. IV. *Leucaena leucocephala* CV. CUNNINGHAM. Pastos y Forrajes, 21(3), 265–270.

Chicaiza, M. C. G. (2016). Utilización de *Agave americano* (cabuyo) en la elaboración de un ensilaje para la alimentación de cuyes durante la etapa de crecimiento engorde [Trabajo de titulación de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional ESPOCH.

Dias, É. K. S., Schneider, J. I., Guimarães, C. R. R., Oliveira, R. A. P. (2022). Utilização da leucena (*Leucaena leucocephala*) na alimentação animal. Revista Novos Desafios, 2(2), 46–59.

Espinoza, F., Torres, A., Urbano, D. (2006). *Leucaena leucocephala*: Especie arbórea multipropósito en sistemas agroforestales. En *Memorias del Simposio-Taller: Experiencias en Agroforestería ejecutadas o en proceso por el INIA* (pp. 132–145). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

Espinoza, F., Torres, A., Chacón, E. (2007). Leucaena (*Leucaena leucocephala*) y Cují (*Acacia macracantha* y *Mimosa tenuiflora*) como aporte de proteína económica en los sistemas doble propósito. En *Recursos Agroalimentarios. I Simposio: Tecnologías apropiadas para la ganadería de los llanos de Venezuela* (Cap. I, pp. 48–70). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

Fernández, M. S. J. (2019). Análisis preferencial de vainas de mezquite (*Prosopis laevigata*) utilizadas para la alimentación de ovinos en el municipio de Tecamachalco, Puebla [Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio Institucional BUAP.

García, D., Wencomo, H., Gonzáles, M., Medina, M., Cova, L. (2008a). Caracterización de diez cultivares forrajeros de *Leucaena leucocephala* basada en la composición química y la degradabilidad ruminal. Revista MVZ Córdoba, 13(2), 1294–1303.

García, D. E., Wencomo, H. B., Gonzalez, M. E., Medina, M. G., Cova, L. J., Spengler, I. (2008b). Evaluación de diecinueve accesiones de *Leucaena leucocephala* basada en la calidad nutritiva del forraje. Zootecnia Tropical, 26(1), 9–18.

Hernández-Ramos, L., García-Mateos, M. R., Ybarra-Moncada, M. C. (2025). Componentes antioxidantes y calidad nutricional de aguamiel de diversos cultivares de agave pulquero (*Agave salmiana* y *A. mapisaga*). Polibotánica, 59, 275–293.

Mata-E., M. A., Torres-C., M. G., Hernández-I., G., Cobos-P., M. A., Rodríguez-S., G., Luevano-L., A., Guzmán-G., D. R., Gámez-A., M. M. (2011). Degradación *in vitro* de *Agave mapisaga*, *Agave salmiana* var. *salmiana* y *Agave salmiana* var. *ferox*. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 10(2), 123–129.

Mejía-Haro, I., García-Sánchez, A. A., Martínez-Mireles, J. M., Aréchiga-Flores, C. F., Silva-Ramos, J. M., Ramos-Dávila, M. (2023). Efecto de vaina de mezquite (*Prosopis laevigata*, Fabales: Fabaceae) sobre fermentación ruminal y parámetros productivos en ovinos en engorda. Acta Agrícola y Pecuaria, 9. https://doi.org/10.30973/aap/2023.9.0091006.

Moreno-Vilet, L., Bostyn, S., Flores-Montano, J. L., Camacho-Ruiz, R. M. (2018). Extraction and molecular weight distribution of fructans extracted from *Agave mapisaga* leaves collected in Guanajuato. En Biological effects of Agave fructans and other by products (pp. 102–106).

Niño, V. R. (2013). *Germinación y viabilidad seminal de Agave angustifolia* subsp. *tequilana y Agave mapisaga* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de San Luis Potosí]. Repositorio Institucional UASLP.

Ramírez-Avilés, L., Solorio-Sánchez, F. J., Aguilar-Pérez, C. F., Ayala-Burgos, A. J., Ku-Vera, J. C. (2019). *Leucaena leucocephala* feeding systems for cattle production in Mexico. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales, 7(4), 375–380.

Reyes-Castro, S., Valencia-Posadas, M., Gutiérrez-Arenas, D. A., Ruiz-Aguilar, G. M. L. L., Gutiérrez-Chávez, A. J., Isidrón-Pérez, M. F., & Núñez-Palenius, H. G. (2022). Uso del ensilado de *Agave tequilana* Weber cv. azul en la alimentación de ovinos en crecimiento. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 5(2), 2137–2148.

Reyes, S. A. (2016). *Análisis etnobotánico y caracterización física de las fibras de Agave salmiana y A. mapisaga en la región de Ixmiquilpan, Hidalgo* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí]. Repositorio Institucional UASLP.

Ruiz, T. E., Febles, G. J., Castillo, E., Jordan, H., Galindo, J. L., Chongo, B., Delgado, D. C., Mejias, R. A., Crespo, G. J. (2008). Tecnología de producción animal mediante *Leucaena leucocephala* asociada con pastos en el 100% del área de la unidad ganadera. Sitio Argentino de Producción Animal: www.produccion-animal.com.ar.

Saavedra, C. E., Rodríguez, N. M., De Sousa, C. N. M. (1987). Producción de forraje, valor nutritivo y consumo de *Leucaena leucocephala*. Pasturas Tropicales, 9(2), 6–10.

Sánchez-Duarte, J. I., Maldonado-Jáquez, J. A., Santana, O. I., Granados-Niño, J. A., Meza-Velázquez, J. A., Ochoa-Martínez, E., Santana-Espinoza, S. (2025). Elaboración y utilización de ensilado de vaina de mezquite rehidratada en cabras en pastoreo. Revista Universitaria de Ovinos y Caprinos, 6, 10–18.

Serrato, C. J. S. (1986). Efecto de la utilización de cuatro niveles de harina de vaina de mezquite (*Prosopis juliflora* SW) en dietas para cerdos en engorda [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio Institucional UANL.