



Nota técnica

Evaluación y aceptación de ensilados de *Cucurbita argyrosperma* con *Leucaena leucocephala* y urea en bovinos

Ramiro de Jesús Trejo-Hernández¹, Miguel Gutiérrez-Fidencio², Roberto Jiménez-San Juan³, Alfredo Sánchez-Villarreal⁴, Mónica Ramírez-Mella^{5,6*}

RESUMEN

El estudio, realizado en el estado de Campeche, México, tuvo como objetivo evaluar las características fisicoquímicas y organolépticas de ensilados de calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma*) suplementados con urea y follaje de *Leucaena leucocephala*, así como su preferencia de consumo por bovinos. Se analizaron cuatro tratamientos: T0 (testigo, conformado por residuo de calabaza chihua y heno), T1 (residuo de calabaza chihua, heno y follaje de *Leucaena leucocephala*), T2 (residuo de calabaza chihua, heno y urea) y T3 (residuo de calabaza chihua, heno, follaje de *Leucaena leucocephala* y urea). La evaluación fisicoquímica incluyó la medición de temperatura, pH y contenido de materia seca (MS), mientras que la evaluación organoléptica consideró olor, textura, humedad y color. Además, la preferencia de consumo se determinó en tres toros machos. El T1 presentó la mayor temperatura (23,7 °C) en

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Huejutla, Hidalgo, México. Correo electrónico: ramirotrejohdz1@gmail.com (<https://orcid.org/0009-0005-8242-6914>)

²Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Huejutla, Hidalgo, México. Correo electrónico: miguel_gutti@hotmail.es (<https://orcid.org/0000-0003-0246-6675>)

³Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Huejutla, Hidalgo, México. Correo electrónico: roberto.js@huejutla.tecnm.mx (<https://orcid.org/0009-0002-5799-7289>)

⁴Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, Campeche, México. Correo electrónico: asanchezv@colpos.mx (<https://orcid.org/0000-0002-3702-6736>)

⁵Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chiná, México. Autora para correspondencia: mramirezme@secihti.mx (<https://orcid.org/0000-0003-2047-3131>)

⁶Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías, México. Autora para correspondencia: mramirezme@secihti.mx (<https://orcid.org/0000-0003-2047-3131>)

Recibido: 6 septiembre 2024 Aceptado: 2 abril 2025



comparación con el T0 (22,8 °C). Sin embargo, los tratamientos T1 y T3 mostraron un pH superior a 6. Todos los ensilados tuvieron contenidos de MS entre 32% y 36%. En cuanto a la evaluación organoléptica, los tratamientos mejor calificados fueron el T0, seguido de T1, mientras que el T2 obtuvo la peor calificación. En la prueba de preferencia, el T1 fue consumido casi en su totalidad, mientras que el T2 tuvo un consumo mínimo. Los resultados indican que la adición de follaje de *Leucaena leucocephala* a ensilados de calabaza chihua mejora sus características fisicoquímicas y organolépticas, además de aumentar la aceptación por parte de los bovinos.

Palabras clave: Residuo de cosechas, ensilaje, nitrógeno no proteico, leguminosa forrajera, rumiante.

ABSTRACT

Evaluation and acceptance of *Cucurbita argyrosperma* silages with *Leucaena leucocephala* and urea in cattle. The study, conducted in the state of Campeche, Mexico, aimed to evaluate the physicochemical and organoleptic characteristics of Chihua squash (*Cucurbita argyrosperma*) silages supplemented with urea and *Leucaena leucocephala* foliage, as well as their consumption preference by cattle. Four treatments were analyzed: T0 (control, consisting of chihua squash residue and hay), T1 (Chihua squash residue, hay, and *Leucaena leucocephala* foliage), T2 (Chihua squash residue, hay, and urea), and T3 (Chihua squash residue, hay, *Leucaena leucocephala* foliage, and urea). The physicochemical evaluation included measurements of temperature, pH, and dry matter (DM) content, while the organoleptic evaluation considered odor, texture, moisture, and color. Additionally, consumption preference was assessed using three male bulls. T1 presented the highest temperature (23.7 °C) compared to T0 (22.8 °C). However, T1 and T3 showed a pH above 6. All silages had DM contents between 32% and 36%. Regarding the organoleptic evaluation, the best-rated treatments were T0, followed by T1, while T2 received the lowest rating. In the preference test, T1 was almost entirely

consumed, whereas T2 had minimal intake. The results indicate that adding *Leucaena leucocephala* foliage to Chihua squash silages improves their physicochemical and organoleptic characteristics, in addition to increasing cattle acceptance.

Keywords: Crop residues, silage, non-protein nitrogen, forage leguminous, ruminant.

INTRODUCCIÓN

En regiones tropicales los sistemas de producción de rumiantes se basan en el pastoreo extensivo con pastos nativos o introducidos, los cuales disminuyen en cantidad y calidad durante la época de sequía. En este período, el pasto disponible tiene un bajo contenido de proteína y es alto en paredes celulares, por lo que es poco degradable y, además, posee baja energía metabolizable. Asimismo, también se reduce el consumo y, por consiguiente, no se alcanzan los requerimientos nutricionales mínimos de mantenimiento de los animales, lo que repercute negativamente en la ganancia de peso y producción de leche (Ku-Vera et al., 2014). Por tal motivo, es indispensable el uso de otros alimentos para cubrir las deficiencias nutricionales durante esta época crítica.

Para mejorar la alimentación de los animales en un sistema ganadero, la integración y promoción de los recursos locales es fundamental. Esto permite disminuir la dependencia de los insumos externos (Red Temática de Sistemas Agroforestales de México, 2020). Una opción son los residuos de frutas y vegetales, los cuales poseen gran potencial alimenticio, ya que no sólo son fuente de nutrientes, sino también de fitoquímicos que favorecen el crecimiento y desarrollo normal del ganado. Además, pueden ser una alternativa de alimentación más económica y amigable con el ambiente que los granos y alimentos comerciales (Lalramhlimi et al., 2022).

Durante 2023, en México, se cosecharon 46.610 hectáreas de calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma*), de las cuales se obtuvieron 28.523 toneladas de semilla (SIAP, 2023). Dado que sólo la semilla es comercializada, la cáscara y la pulpa quedan en los campos de cultivo tras la recolección, sin que se les dé un uso específico. Se estima que durante ese mismo año se produjeron alrededor de 792.370 toneladas de cáscara y pulpa en todo el país, convirtiéndose en un subproducto agrícola de gran potencial para ser aprovechado. El residuo de calabaza chihua contiene 8,6% de proteína cruda (PC) en base seca, sin embargo, debido a su elevado contenido de humedad (< 90%), se descompone rápidamente (Dorantes-Jiménez et al., 2016).

El ensilaje es una opción para conservar por un período de tiempo más largo dicho residuo, pero es necesario aumentar su contenido de materia seca (MS) a un nivel óptimo (García-Rodríguez et al., 2024). Para ello, se puede usar algún sustrato seco como pajas o rastrojos, aunque el contenido de PC se reduce a casi la mitad (4,9%) a consecuencia del bajo aporte de proteína en tales ingredientes (Valdez-Arjona et al., 2020). Debido a esto, es valioso utilizar alguna fuente de nitrógeno con el fin de incrementar el contenido de proteína. Una opción que fomenta el uso de los recursos locales son las leguminosas forrajeras, las cuales mejoran la producción de carne y leche en los rumiantes en pastoreo (Aguilar-Pérez et al., 2019; Kuvvera et al., 2014). Esto convierte al ensilado de *Leucaena leucocephala* en un suplemento alimenticio de alta calidad para rumiantes de las regiones tropicales e incrementa el consumo de alimento y la producción de ácidos grasos de cadena corta en el rumen (Giang et al., 2016). Por otro lado, la urea es comúnmente usada en la alimentación de rumiantes como fuente de nitrógeno no proteico y ha demostrado mejorar las características de fermentación de ensilados (Gürsoy et al., 2023), incluyendo aquellos hechos con frutas (Canbolat, 2021; Nascimento et al., 2023) o con leguminosas forrajeras (Phesatcha y Wanapat, 2015).

Con esta información como base, el objetivo de este estudio fue evaluar las características fisicoquímicas y organolépticas de ensilados de residuo de calabaza chihua, suplementados con urea y follaje de *Leucaena leucocephala*, así como su preferencia de consumo en bovinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta del residuo de calabaza chihua y follaje de *Leucaena leucocephala*

La recolección del residuo de calabaza chihua y del follaje de *L. leucocephala* se llevó a cabo en septiembre de 2023 en el estado de Campeche, México. El residuo de calabaza chihua, compuesto por la cáscara y la pulpa sin semillas, se obtuvo de un campo de cultivo en la localidad de Moquel, municipio de Champotón (19° 22' 33" N, 90° 43' 4" O), a 10 m s.n.m. Durante el período de recolección, la zona presentó una precipitación media de 3,4 mm y temperaturas promedio de 35,4 °C y 24,3 °C (SMN, 2024). Por su parte, el follaje de *L. leucocephala* se obtuvo de caminos y predios libres en la ciudad de San Francisco de Campeche (19° 48' 37" N, 90° 31' 7" O), a 10 m s.n.m., con una precipitación media de 3,2 mm y temperaturas promedio de 35,4 °C y 23,8 °C, en el mismo período (SMN, 2024). Su recolección siguió el protocolo descrito por Delgado et al. (2012), incluyendo foliolos, raquis, pecíolos y tallos tiernos de un diámetro ≤ 5 mm. Una vez recolectados, ambos materiales fueron procesados inmediatamente para la elaboración de los ensilados.

Tratamientos

Se evaluaron cuatro tratamientos basados en ensilados elaborados con residuo de calabaza chihua, heno a base de pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) y de pasto panameño o ratana (*Ischaemum ciliare*), follaje de *Leucaena leucocephala* y distintas cantidades de urea. Los tratamientos fueron:

- T0: testigo, formado por residuo de calabaza chihua y heno.
- T1: residuo de calabaza chihua, heno y follaje de *L. leucocephala*.
- T2: residuo de calabaza chihua, heno y urea.
- T3: residuo de calabaza chihua, heno, follaje de *L. leucocephala* y urea.

El heno, la melaza y la premezcla mineral fueron adquiridos de distribuidores locales. La melaza y la premezcla mineral se añadieron en cantidades iguales a todos los ensilados para favorecer la fermentación y mejorar el valor nutricional, respectivamente (Yitbarek y Tamir, 2014).

La formulación de los ensilados se diseñó para alcanzar un contenido de materia seca (MS) del 35% (Martínez-Fernández et al., 2014). En el caso de los ensilados con urea y *L. leucocephala*, se ajustaron para proporcionar un mínimo de 7,4% de proteína cruda (PC), conforme a los requerimientos nutricionales mínimos para el crecimiento y engorde de toros establecidos por el NRC (2016). Dado el riesgo de intoxicación, la cantidad de urea utilizada se determinó con base en estudios previos (Nascimento et al., 2023). Los ingredientes (en base fresca) y la composición nutricional (en base seca) de cada ensilado se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de los ensilados de residuo de calabaza chihua con urea y follaje de *Leucaena leucocephala*.

Ingredientes ¹ (%)	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
Cáscara y pulpa de calabaza chihua	70,0	57,0	70,0	63,0
Heno de pasto	25,0	21,0	23,8	25,0
Follaje de <i>Leucaena leucocephala</i>	0,0	17,0	0,0	6,0
Urea	0,0	0,0	1,2	1,0
Melaza	3,0	3,0	3,0	3,0
Premezcla mineral ³	2,0	2,0	2,0	2,0
Composición química ² (%)				
Proteína cruda	3,09	7,52	7,31	9,85
Cenizas	14,76	13,18	12,62	13,18
Fibra detergente neutro	41,95	40,46	41,95	39,17
Fibra detergente ácido	26,41	25,26	26,41	21,89

¹ Base fresca; ² Base seca. ³ PROVI®: fósforo 1,9%, calcio 21,0 %, sodio 10%, magnesio 3,4%, vitaminas A y E.

Elaboración de los ensilados

Una vez recolectado el residuo de calabaza chihua, este fue lavado para eliminar impurezas, cortado en trozos pequeños y triturado con una picadora de gasolina sin criba, obteniendo una consistencia similar a un puré. El follaje de *L. leucocephala* se utilizó tal como fue recolectado.

Para ajustar el contenido de materia seca (MS) al 35%, se incorporó el heno con una edad de corte de 60 días y un tamaño de partícula aproximado de 3 cm. Además, se añadió una mezcla de melaza, urea, previamente disuelta en agua (según el tratamiento correspondiente), premezcla mineral e inoculante (Yakult®, *Lactobacillus casei*, 5×10^8 UFC/ml).

Los ensilados se prepararon mezclando manualmente los ingredientes, de acuerdo con cada tratamiento, hasta obtener una mezcla homogénea. Primero, se combinó el heno con el residuo de calabaza chihua, luego se incorporó el follaje de *L. Leucocephala*, y, finalmente, se añadieron la melaza, los minerales y la urea (según fuese el caso).

La mezcla homogénea de cada tratamiento se envasó en bolsas de polietileno de baja densidad y se compactó manualmente para los silos de 3 kg, mientras que para los silos de 25 kg se utilizó un pisón. Una vez llenas, las bolsas se sellaron con cinta adhesiva de empaque y se almacenaron bajo techo cubiertas con una lona negra durante 30 días.

Para la evaluación, se elaboraron 10 silos de 3 kg en bolsas calibre 400, destinados a pruebas fisicoquímicas y organolépticas, puesto que esta cantidad permitió obtener suficientes muestras replicadas para análisis de laboratorio sin comprometer la calidad del material. Además, se preparó un silo de 25 kg en una bolsa calibre 600, empleado exclusivamente en la prueba de preferencia, dado que su mayor volumen aseguraba la disponibilidad suficiente para la evaluación del consumo por parte de los animales.

Evaluación fisicoquímica

Transcurridos 30 días, tiempo requerido para una completa fermentación (Kung, 2018), se abrieron los silos de 3 kg y de forma inmediata se realizaron las mediciones de temperatura, pH y contenido de MS. En primer lugar, la temperatura se determinó con un termómetro de inmersión de vidrio con columna de mercurio (escala de -20 a 100 °C; Brannan®). Para ello, el termómetro se introdujo hasta el centro de cada bolsa (aproximadamente 20 cm) y se dejó en esa posición durante 5 minutos antes de registrar la lectura (Caicedo y Flores, 2020). Posteriormente, se midió el pH utilizando un potenciómetro (PCS Testr 35, Thermo Scientific®), siguiendo la metodología descrita por Aloba et al. (2022) con algunas modificaciones. Se pesaron 5 g de material de cada bolsa y se colocaron en vasos de precipitado, a los cuales se les añadieron 50 ml de agua destilada. La mezcla se agitó durante 2 minutos y, subsiguientemente, se introdujo el electrodo del potenciómetro en el vaso para realizar la medición. Para determinar el contenido de MS, se recolectaron 50 g de ensilado de cada silo, los cuales fueron pesados y secados en una estufa a 100 °C durante 24 horas (Undersander et al., 1993). Una vez seca la muestra, se registró el peso final para calcular el contenido de MS en porcentaje, utilizando la siguiente fórmula:

$$MS (\%) = (Peso \textit{final} * 100) / \textit{Peso inicial}$$

La composición química se determinó a partir de una muestra compuesta de cada uno de los ensilados. Estas muestras fueron secadas en una estufa a 55 °C durante 48 horas, molidas mediante un molino eléctrico de acero inoxidable (DQ-2000, Gutstark, China) y tamizadas con una malla de 1 mm. Posteriormente, se almacenaron a 4 °C hasta su análisis en laboratorio. A cada muestra se le determinó el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), según lo descrito por Van Soest et al. (1991), así como el contenido de materia seca, proteína cruda (PC) y cenizas, siguiendo los métodos establecidos por la AOAC (2005).

Evaluación organoléptica

Se realizó una evaluación organoléptica para determinar el olor, la textura y la humedad de los ensilados, siguiendo la metodología de Betancourt et al. (2005), utilizando una escala de cuatro calificaciones. El color, en cambio, solo fue descrito, ya que el ensilado de residuo de calabaza chihua presenta un tono diferente al del maíz (Cuadro 2).

En la evaluación, participaron 15 personas con entrenamiento previo, quienes valoraron las muestras de manera subjetiva mediante la apreciación sensorial del olfato, tacto y vista (Pinto-Ruiz et al., 2016).

Cuadro 2. Evaluación organoléptica de ensilados de residuo de calabaza chihua con urea y follaje de *Leucaena leucocephala*.

Variable	Calificación			
	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Olor	Fruta madura	Ligero a vinagre.	Fuerte a vinagre.	Putrefacto.
Textura	Contorno definido.		Bordes mal definidos.	Masa amorfa y jabonosa al tacto.
Humedad	No humedece las manos al ser comprimido y se mantiene suelto.	Sí presenta goteo cuando se comprime y forma una masa compacta.		Se moldea con facilidad y genera efluentes.
Color	Describir el color del ensilado.			

Modificado de Betancourt et al. (2005).

Prueba de preferencia de consumo en bovinos

El manejo de los animales se realizó con aprobación del Comité de Bienestar Animal del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo (protocolo COBIAN/008/23). La prueba de preferencia se realizó con base en lo descrito por Harper et al. (2016), con algunas modificaciones. Se utilizaron tres toros machos no castrados de cruza de razas brahman, sardo negro y pardo suizo, con una edad aproximada de 5 años y un peso estimado de 450 kg. Se les alojó en corrales individuales de 27 m² con piso, bebedero y comedero de cemento, área de sombra y, además, una zona al aire libre donde pudieran recibir luz del sol. La dieta base consistió en 2,5 kg de un alimento comercial conformado por los siguientes ingredientes: granos secos de destilería, salvado de trigo, maíz molido, pasta de oleaginosas, mezcla de aceites vegetales, melaza de caña, carbonato de calcio, urea, cloruro de sodio y vitaminas A, D₃ y E. A su vez, la composición nutricional poseía: MS: 90,4%; PC: 11,1%; cenizas 8,3%; FDN: 31,7%; FDA: 16,5%. Dicha dieta también incluía heno compuesto por pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) y pasto panameño o ratana (*Ischaemum ciliare*), todo ofrecido *ad libitum*, a las 08:00 y 16:00 h.

Los animales recibieron esta dieta durante 2 semanas previas al inicio del experimento y 3 horas después de la ración matutina. El alimento de la dieta base fue removido del comedero y se colocó un pedestal de madera con dos bandejas de plástico que contenían diferentes ensilados. Durante 6 días experimentales consecutivos, los toros recibieron 2 de los 4 ensilados en evaluación, tal y como se muestra en el Cuadro 3. Cada ensilado fue ofrecido durante 5 minutos. Transcurrido este tiempo, fueron retiradas las bases de madera con las bandejas de plástico y el sobrante fue pesado para así obtener el consumo.

Cuadro 3. Distribución y combinación de los tratamientos ofrecidos a los toros, por día y posición.

Día	Derecha	Izquierda
1	T0	T2
2	T1	T3
3	T2	T1
4	T3	T0
5	T2	T3
6	T0	T2

Diseño experimental y análisis estadístico

Para la evaluación fisicoquímica se utilizó un diseño completamente al azar con 10 repeticiones por tratamiento, utilizando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

μ = media general

T_i = efecto del i-énimo tratamiento.

E_{ij} = error experimental en la unidad j del tratamiento i.

Los resultados se analizaron con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS, versión 9.0 (SAS Institute, 2002) y se realizó la comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los resultados de la evaluación organoléptica se organizaron en tablas de frecuencias con 15 repeticiones por tratamiento. En la prueba de preferencia de consumo, los resultados se analizaron mediante el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS, versión 9.0 (SAS Institute, 2002), considerando un modelo de efectos mixtos para manejar la estructura de los

datos. Se incluyó la opción PDIFF dentro del procedimiento MIXED para realizar comparaciones de medias entre tratamientos. Se realizaron un total de 9 repeticiones por tratamiento, los cuales fueron ofrecidos de manera simultánea.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación fisicoquímica

Se encontraron diferencias significativas en la temperatura, pH y contenido de materia seca (MS) de los ensilados (Cuadro 4; $p \leq 0.05$).

Cuadro 4. Temperatura, pH y contenido de materia seca de ensilados de residuo de calabaza chihua con urea y *Leucaena leucocephala*.

Variable	Tratamientos (%)				EEM
	T0	T1	T2	T3	
Temperatura, °C	22,8 ^b	23,7 ^a	23,3 ^{ab}	23,3 ^{ab}	0,11
pH	4,7 ^{bc}	4,3 ^c	7,3 ^a	6,0 ^{ab}	0,30
MS, %	36,0 ^a	33,7 ^{ab}	32,3 ^b	35,3 ^a	0,43

^{a,b,c} Medias con diferente letra son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). EEM: error estándar de la media.

Como se observa, la temperatura fluctuó entre 22,8 °C y 23,7 °C, siendo el tratamiento T0 el que registró la temperatura más baja, mientras que el T1 presentó la más alta. Durante la fermentación del ensilado, la producción de calor es un proceso natural que provoca un aumento gradual de temperatura, oscilando entre 25,0 °C y 30,0 °C una vez completada la fase activa de fermentación (Kung et al., 2018). Este incremento está asociado con la actividad

microbiana aeróbica, que puede deberse a una mala compactación o sellado del silo, permitiendo la entrada de aire (Borreani y Tabacco, 2010). Si la temperatura supera los 45,0-50,0 °C por un periodo prolongado, puede ocasionar daño en las proteínas y afectar negativamente a las bacterias lácticas, esenciales para una fermentación adecuada (Kung et al., 2018).

En este estudio, las temperaturas registradas en todos los tratamientos fueron adecuadas, ya que un buen ensilado debe mantenerse entre 20,0 °C y 30,0 °C (Espinoza-Guerra et al., 2015), lo que sugiere que tanto la compactación como el sellado fueron correctos. Estos resultados coinciden con estudios previos que emplearon residuos de banano orito (*Musa acuminata* AA) con tubérculos de taro (*Colocasia esculenta*) (Caicedo y Flores, 2020), o pasto saboya (*Megathyrsus maximum*) con residuos de maracuyá (*Passiflora edulis*) (Espinoza et al., 2017), donde las temperaturas oscilaron entre 22,46 °C y 22,56 °C, y entre 22,00 °C y 24,80 °C, respectivamente. De manera similar, otros estudios han reportado temperaturas cercanas a 30,00 °C en ensilados con calabaza chihua, lo que sugiere que las variaciones pueden depender de la composición del material ensilado (Valdez-Arjona et al., 2020).

Respecto al pH, los ensilados que presentaron los valores más adecuados fueron T0 y T1, ambos en un rango de 4,0 a 5,0. Estos valores indican una fermentación efectiva con predominio de ácido láctico, lo que favorece la conservación del ensilado (López-Herrera y Briceño-Arguedas, 2017). En contraste, los tratamientos T2 y T3 mostraron valores de pH de 7,2 y 6,0, respectivamente, lo que sugiere una fermentación ineficiente y un mayor riesgo de deterioro (Kung et al., 2018).

La medición del pH es una herramienta ampliamente utilizada para evaluar la estabilidad y calidad del ensilado, debido a su bajo costo y facilidad de aplicación (Bernardes et al., 2019). Un pH ácido es clave para inhibir el crecimiento de microorganismos indeseables y evitar la descomposición del forraje (López-Herrera y Briceño-Arguedas, 2017). Se considera que valores superiores a 4,0 pueden favorecer la fermentación butírica, mientras que un pH mayor a 5,0 incrementa el riesgo de putrefacción y la generación de aminas tóxicas para el ganado (Martínez-Fernández et al., 2014).

No obstante, se ha reportado que los ensilados de leguminosas presentan un pH más elevado (4,5-5,0) en comparación con los de gramíneas como maíz o sorgo (3,7-4,0), debido a su mayor capacidad búfer (Aloba et al., 2022; Kung et al., 2018). En este contexto, aunque los valores de pH de T0 y T1 se encuentran en el rango superior de lo recomendado para gramíneas, siguen siendo óptimos para la conservación del ensilado, a diferencia de T2 y T3, cuyos valores elevados reflejan una menor estabilidad y mayor riesgo de deterioro.

Por ejemplo, la capacidad búfer de las leguminosas es de 500–550 mE/kg de MS, mientras que la del maíz es de 200–250 mE/kg de MS (Kung et al., 2018). Asimismo, se han reportado valores de pH \geq 4.0 en ensilados elaborados con frutas (Caicedo y Flores, 2020; Valdez-Arjona et al., 2020), en concordancia con los resultados obtenidos en este experimento para los tratamientos T0 y T1.

Por otro lado, los resultados evidencian el efecto de la urea en el aumento del pH. Un estudio sobre el impacto de la urea y el tiempo de fermentación en estado sólido de la harina de frutos del árbol del pan (*Artocarpus altilis*) señala que, a medida que aumenta el nivel de urea en el ensilado, se incrementa la concentración de amoníaco y, en consecuencia, el pH. No obstante, este efecto depende de la concentración de ácidos orgánicos, como los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y el ácido láctico (Brea-Maure et al., 2015).

De manera similar, Canbolat (2021) reportó un aumento dosis-dependiente del pH al agregar urea a ensilados de pulpa de manzana. Sin embargo, el incremento observado en su estudio (de 4,2) fue considerablemente menor que el registrado en el presente trabajo (de 7,0), a pesar de haber utilizado un mayor porcentaje de urea (2,5% versus 1,2%). Asimismo, López-Herrera et al. (2014) informaron valores de pH inferiores a 4,0 en ensilados de rastrojo de piña suplementados con 0,0%, 0,5%, 1,0% y 1,5% de urea, mientras que Lorenzo-Hernández et al. (2019) registraron un pH promedio de 3,96 en ensilados de calabaza chihua con un 2% de urea.

Estos resultados sugieren que el efecto de la urea en el pH del ensilado puede variar según la materia prima utilizada y su composición química. Si bien la adición de urea tiene como

objetivo principal aumentar el contenido de proteína en el ensilado (Martínez-Fernández et al., 2014), su rápida hidrólisis genera amonio, lo que puede inhibir la actividad microbiana y elevar el pH del ensilado (Guedes et al., 2008). Este fenómeno podría explicar las diferencias observadas entre el presente trabajo y los estudios previos.

En el presente estudio, la adición de *Leucaena leucocephala* y la urea incrementó el contenido de proteína cruda en los ensilados de calabaza chihua hasta en un 218%, alcanzando los requerimientos de mantenimiento para toros (NRC, 2016).

En relación con el contenido de MS, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$), siendo T2 y T1 los ensilados con los contenidos más bajos, mientras que los valores más altos fueron con los tratamientos de T3 y T0. En este estudio, todos los tratamientos presentaron un contenido de MS adecuado, dentro de los parámetros establecidos para un buen proceso de ensilaje, el cual no debe ser mayor a 40% ni menor a 20%. A mayor contenido de humedad, menor es el valor nutritivo del ensilaje debido a las pérdidas por efluentes y hay mayor probabilidad de la formación de metabolitos que le confieren sabores desagradables, disminuyendo su consumo (Martínez-Fernández et al., 2014).

Evaluación organoléptica

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de la evaluación organoléptica de los ensilados elaborados con residuo de calabaza chihua, urea y follaje de *Leucaena leucocephala*.

Cuadro 5. Frecuencias absolutas de las calificaciones de la evaluación organoléptica de ensilados de residuo de calabaza chihua con urea y *Leucaena leucocephala*.

Variable	Tratamiento	Calificación			
		Excelente	Buena	Regular	Mala
Olor	T0	66,7	13,3	20,0	0,0
	T1	60,0	40,0	0,0	0,0
	T2	0,0	13,3	73,7	13,3
	T3	13,3	60,0	6,7	20,0
Textura	T0	53,3	40,0	6,7	0,0
	T1	46,7	20,0	33,3	0,0
	T2	13,3	46,7	40,0	0,0
	T3	33,3	33,3	20,0	13,3
Humedad	T0	46,7	26,7	20,0	6,7
	T1	46,7	46,7	6,7	0,0
	T2	20,0	53,3	26,7	0,0
	T3	33,3	46,7	13,3	6,7
Color	T0	80,0	20,0	0,0	0,0
	T1	40,0	46,7	0,0	13,3
	T2	80,0	6,7	13,3	0,0
	T3	80,0	13,3	6,7	0,0

Datos expresados en %.

En términos generales, los tratamientos T0 y T1 obtuvieron las mejores calificaciones, siendo evaluados como buenos y excelentes. Por su parte, el T3 fue calificado mayoritariamente como bueno, mientras que el T2 recibió una calificación regular.

En cuanto al color, la tonalidad café predominó en la mayoría de los ensilados, excepto en el T1, donde se observaron variaciones entre café y amarillo. La evaluación de la apariencia y el olor de los ensilados puede proporcionar información relevante sobre el proceso de fermentación, especialmente cuando no se dispone de análisis de laboratorio (Kung et al., 2018).

Según Pinto-Ruiz et al. (2016), un ensilado con buen aroma es mejor aceptado por los animales. Un ensilado bien fermentado no debe presentar olores fuertes, ya que, si el ácido láctico fue el principal producto de fermentación, debería ser prácticamente inodoro. Es importante señalar que un olor dulce y afrutado no siempre indica un proceso de fermentación adecuado, pues puede estar asociado a altas concentraciones de etanol. Sin embargo, en la mayoría de los ensilados es común percibir un ligero olor a vinagre debido a la producción de ácido acético (Kung et al., 2018).

En este estudio, el T2 fue calificado como regular por casi tres cuartas partes de los evaluadores, mientras que el T1 obtuvo una calificación de bueno o excelente en el 100% de los casos, lo que sugiere que la inclusión de esta leguminosa mejora las características organolépticas del ensilado.

Respecto a la textura, aunque hubo cierta variabilidad en los resultados, la mayoría de los ensilados conservaron bordes bien definidos y similares a los observados antes del proceso de ensilado. En cuanto a la humedad, hasta el 92% de las calificaciones correspondieron a buena o excelente, destacando el T1. En contraste, el T2 obtuvo un 73% de calificaciones positivas en esta categoría. Estos resultados coinciden con los valores de MS obtenidos, evidenciando que todos los ensilados se encontraban dentro de un rango adecuado para la fermentación.

La urea es utilizada en los ensilajes no solo como fuente de nitrógeno, sino también por su acción fungicida y su capacidad amortiguadora, lo que contribuye a mejorar la estabilidad aeróbica, particularmente en ensilados con alto contenido de carbohidratos solubles en agua (Araújo et al., 2023), aunque, su adición puede afectar las características organolépticas (López-Herrera et al., 2019). Por esta razón, es posible que el aumento del pH en los ensilados con urea favoreciera el desarrollo de bacterias productoras de ácido butírico, lo que explicaría el olor rancio detectado en estos tratamientos (Martínez-Fernández et al., 2014).

Prueba de preferencia de consumo en bovinos

Los resultados de la prueba de preferencia de consumo de los ensilados se presentan en la Figura 1, donde se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

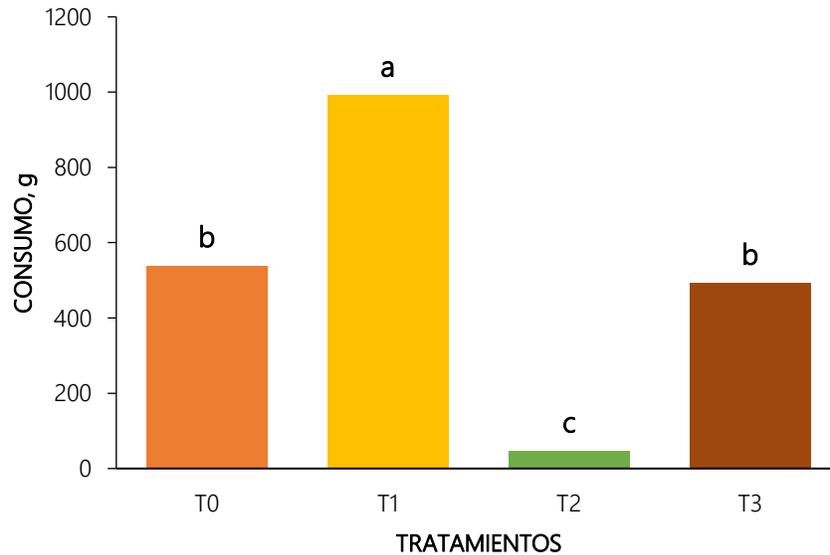


Figura 1. Preferencia de consumo de ensilados de residuo de calabaza chihua con urea y *Leucaena leucocephala* en bovinos.

^{a,b,c} Medias con diferente letra son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Como se observa, el T2 registró el menor consumo, con una media de 46 g, lo que sugiere que presentó características no palatables para los animales, esto debido a sus propiedades fisicoquímicas, en particular el pH.

Por otro lado, T0 y T3 no mostraron, estadísticamente, diferencias significativas entre sí ($p \leq 0.05$) y alcanzaron un consumo promedio de 514 g. En contraste, el T1 fue el más aceptado, siendo consumido casi en su totalidad. Generalmente, los ensilados que combinan gramíneas con *L. leucocephala* son mejor aceptados por los animales en comparación con los ensilados de gramíneas solas, lo que se traduce en un mayor consumo de alimento (Giang et al., 2016; Santana et al., 2019).

En cuanto a la adición de urea, los resultados en la literatura son contradictorios. Algunos estudios no reportan cambios en el consumo cuando se incorpora urea en los ensilados (Araújo et al., 2023), mientras que otros han observado una reducción del 11%, atribuida a la baja palatabilidad de la urea o al incremento de las concentraciones ruminales de amonio (Rauch et al., 2025).

Cabe destacar que los rumiantes utilizan sus sentidos, especialmente el gusto y el olfato, para seleccionar sus alimentos (Goatcher y Church, 1970; Harper et al., 2016). Son capaces de distinguir los sabores básicos y sus combinaciones (Ginane et al., 2011), así como de percibir una amplia gama de aromas, incluyendo el dulce y el rancio (Lee et al., 2013). Estudios realizados con residuos agroindustriales, como la pulpa de café, han demostrado que, a partir de ciertos niveles de inclusión, la preferencia disminuye. Esto puede deberse a la presencia de metabolitos o compuestos que confieren olores, sabores o texturas poco atractivos para los animales. Por ello, la evaluación sensorial es un aspecto fundamental al proponer nuevos alimentos o ingredientes en la dieta animal (Pinto-Ruiz et al., 2016).

CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados de este estudio indican que el residuo de calabaza chihua tiene un buen potencial para ser ensilado en combinación con el follaje de *Leucaena leucocephala*, lo cual contribuye a incrementar el contenido de proteína cruda y a mejorar las características fisicoquímicas y organolépticas del ensilado. Además, esta combinación favorece la aceptación y el consumo por parte de los bovinos, lo que resalta la importancia de aprovechar los recursos locales en la alimentación animal. Por otro lado, la adición de urea en los ensilados de calabaza chihua no es recomendable, ya que afecta negativamente el proceso de fermentación y disminuye la palatabilidad del producto final. Para fortalecer estos hallazgos, se sugiere la realización de estudios adicionales que incluyan un análisis más detallado de las variables de fermentación del ensilado, así como de evaluaciones del impacto en la respuesta productiva y la fermentación ruminal en los animales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Colegio de Postgraduados Campus Campeche por las facilidades otorgadas para llevar a cabo este experimento, así como a todas las personas que participaron en la evaluación organoléptica.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Pérez, C., Solorio Sánchez, F., Ku-Vera, J., Magaña-Monforte, J. y Santos Flores, J. (2019). Producción de leche y carne en sistemas silvopastoriles. *Bioagrociencias*, 12 (1). <https://doi.org/10.56369/BAC.2911>
- Aloba, T.A., Corea, E.E., Mendoza, M., Dickhoefer, U. y Castro-Montoya, J. (2022). Effects of ensiling length and storage temperature on the nutritive value and fibre-bound protein of three tropical legumes ensiled alone or combined with sorghum. *Animal Feed Science and Technology*, 283, 115172. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115172>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. *Official Methods of Analysis*. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Whashington, DC.
- Araújo, M.L.G.M.L., Santos, E.M., De Carvalho, G.G.P., Pina, D.D.S, De Oliveira, J.S., Tosto, M.S.L., Silva, D.S., Perazzo, A.F., Pereira, D.M., Nascimento, T.V.C., Ferreira, D.D.J., Cavalcanti, H.S., Santos, F.N.D.S., Ribeiro, M.D. y Zanine A.D.M. (2023). Ensiling sorghum with urea, aerobic exposure and effects on intake, digestibility, ingestive behaviour and blood parameters of feedlot lambs. *Animals*, 13 (12), 2005. <https://doi.org/10.3390/ani13122005>
- Bernardes, T.F., Gervásio, J.R.S., De Morais, G. y Casagrande, D.R. (2019). Technical note: A comparison of methods to determine pH in silages. *Journal of Dairy Science*, 102 (10), 9039–9042. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16553>
- Betancourt, M., González, I. y Martínez, M. (2005). Evaluación de la calidad de los ensilajes. *Revista Digital CENIAP HOY*, 8: 1–5.
- Borreani, G. y Tabacco, E. (2010). The relationship of silage temperature with the microbiological status of the face of corn silage bunkers. *Journal of Dairy Science*, 93 (6): 2620–2629. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2919>

- Brea-Maure, O., Elías-Iglesias, A., Ortiz-Milán, A., Motta-Ferreira, W. y Hechavarría-Riviaux, S. (2015). Efecto de la urea y del tiempo en la fermentación en estado sólido de la harina de frutos del árbol del pan (*Artocarpus altilis*). *Ciencia y Agricultura*, 12 (2): 91–101.
- Caicedo, W. y Flores, A. (2020). Características nutritivas de un ensilado líquido de banano orito (*Musa acuminata* AA) con tubérculos de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) y su efecto en cerdos de posdestete. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 31 (1), e17545. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17545>
- Canbolat, Ö. (2021). Effect of supplementation of urea on the nutritive value and fermentation characteristics of apple pulp silages. *Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi)*, 28 (3): 430-437. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.917540>
- Delgado, D.C., Galindo, J., González, R., González, N., Scull, I., Dihigo, L., Cairo, J., Aldama, A.I. and Moreira, O. (2012). Feeding of tropical trees and shrub foliages as a strategy to reduce ruminal methanogenesis: studies conducted in Cuba. *Tropical Animal Health and Production*, 44, 1097–1104. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-0045-5>
- Dorantes-Jiménez, J., Flota-Bañuelos, C., Candelaria-Martínez, B., Ramírez-Mella, M. y Crosby-Galván, M.M. (2016). Calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber), alternativa para alimentación animal en el trópico. *Agroproductividad*, 9 (9): 33–37.
- Espinoza, I., Montenegro, B., Rivas, J., Manuel, R., García, A. y Martínez, A. (2017). Características microbianas, estabilidad aeróbica y cinética de degradación ruminal del ensilado de pasto saboya (*Megathyrsus maximus*) con niveles crecientes de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). *Revista Científica Universidad Del Zulia*, XXVII(4), 241–248.
- Espinoza-Guerra, I.F., Bolívar-Montenegro, L., Vallejo-Torres, C.A., López-Vera, M.R. y García-Montes, Y.M. (2015). Efecto de inoculantes microbianos sobre las características químicas y fermentativas de ensilajes de maíz forrajero. *ESPAMCIENCIA*, 6 (1): 15–21.

- García-Rodríguez, V., Vandestroet, L., Abeysekara, V.C., Ominski, K., Bumunang, E.W., McAllister, T., Terry, S., Miranda-Romero, L.A. y Stanford, K. (2024). Optimizing silage strategies for sustainable livestock feed: preserving retail food waste. *Agriculture*, 14(1), 122. <https://doi.org/10.3390/agriculture14010122>
- Giang, N.T.T., Wanapat, M., Phesatcha, K. y Kang, S. (2016). Level of *Leucaena leucocephala* silage feeding on intake, rumen fermentation, and nutrient digestibility in dairy steers. *Tropical Animal Health and Production*, 48 (5): 1057–1064. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1060-3>
- Ginane, C., Baumont, R. y Favreau-Peigné, A. (2011). Perception and hedonic value of basic tastes in domestic ruminants. *Physiology & Behavior*, 104 (5): 666–674. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.07.011>
- Goatcher, W.D. y Church, D.C. (1970). Taste responses in ruminants. I. Reactions of sheep to sugars, saccharin, ethanol and salts. *Journal of Animal Science*, 30 (5): 777–783. <https://doi.org/10.2527/jas1970.305777x>
- Guedes, C.M., Rodrigues, M.A.M., Ala, L.F., Ferreira, L.M., Silva, S.R. y Carnide, V.P. (2008). The effect of urea addition on the preservation of low dry matter oat-vetch silages. *Livestock Research for Rural Development*, 20(8). <http://www.lrrd.org/lrrd20/8/gued20131.htm>
- Gürsoy, E., Sezmiş, G. y Kaya, A. (2023). Effect of urea and molasses supplementation on in vitro digestibility, feed quality of mixed forage silages. *Czech Journal of Animal Science*, 68 (6), 266–276. <https://doi.org/10.17221/212/2022-CJAS>
- Harper, M.T., Oh, J., Giallongo, F., Lopes, J.C., Weeks, H.L., Faugeron, J. y Hristov, A.N. (2016). Short communication: Preference for flavored concentrate premixes by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99 (8): 6585–6589. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11001>

- Kung, L. (2018). *Silage fermentation and additives*. Conference presented at: XXVI Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, V Simposio Internacional de Producción Animal, Guayaquil, Ecuador, 28–31 de mayo: 61–66.
- Kung, L., Shaver, R.D., Grant, R.J. y Schmidt, R.J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101 (5), 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Ku-Vera, J.C., Briceño, E.G., Ruiz, A., Mayo, R., Ayala, A.J., Aguilar, C.F., Solorio, F.J. y Ramirez, L. (2014). Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: Opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48 (1): 43–53.
- Lalramhlimi, B., Mukherjee, D., Chakraborty, I., Ghosh, N., Chattopadhyay, A. y Dey, R.C. (2022). *Fruit and Vegetable Wastes as Livestock Feeds*. In R. C. Ray editor, *Fruits and Vegetable Wastes* Springer Nature. Singapore. p. 139–168. https://doi.org/10.1007/978-981-16-9527-8_6
- Lee, K., Nguyen, D.T., Choi, M., Cha, S.Y., Kim, J.H., Dadi, H., Seo, H.G., Seo, K., Chun, T. y Park, C. (2013). Analysis of cattle olfactory subgenome: The first detail study on the characteristics of the complete olfactory receptor repertoire of a ruminant. *BMC Genomics*, 14 (1): 596. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-596>
- López-Herrera, M. y Briceño-Arguedas, E. (2017). Efecto de la especie de leguminosa y la fuente de carbohidratos en la calidad física y química de mezclas para ensilaje. *Nutrición Animal Tropical*, 11 (1), 52. <https://doi.org/10.15517/nat.v11i1.29605>
- López-Herrera, M., Rojas-Bourrillon, A. y Briceño-Arguedas, E. (2019). Sustitución del pasto *Megathyrsus maximus* por guineo cuadrado y urea en mezclas ensiladas. *Agronomía Mesoamericana*, 179–194. <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.32478>

- López-Herrera, M., Wing-Ching Jones, R., Rojas-Bourrillon, A. y Rodríguez-Chacón, S. (2014). Valor nutricional del ensilaje de rastrojo de piña con niveles crecientes de urea. *Nutrición Animal Tropical*, 8 (1), 1–20. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/14989/14249>
- Lorenzo-Hernández, R., Torres-Salado, N., Sánchez-Santillán, P., Herrera-Pérez, J., Mayren-Mendoza, F., Salinas-Rios, T., Rojas-García, A.R. y Maldonado-Peralta, M. (2019). Evaluación de las características de calidad y bromatológicas de ensilados elaborados con residuos de calabaza (*Cucurbita argyrosperma*). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35 (4), 957–963. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.14>
- Martínez-Fernández, A., Argamentería-Gutiérrez, A. y de la Roza-Delgado, B. (2014). *Indicadores de calidad nutritiva y fermentativa de los ensilados. Manejo de forrajes para ensilar*. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentaria (SERIDA) del Principado de Asturias. Asturias, España. pp 215-256.
- Nascimento, R.R.D., Edvan, R.L., Nascimento, K.D.S., Barros, L.D.S., Bezerra, L.R., Miranda, R.D.S., Perazzo, A.F. y Araújo, M.J.D. (2023). Quality of silage with different mixtures of melon biomass with urea as an additive. *Agronomy*, 13 (2), 293. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020293>
- NRC (National Research Council). (2016). *Nutrient Requirements of Beef Cattle* (8th ed.). The National Academies Press. Whashington, D.C. <https://doi.org/10.17226/19014>
- Phesatcha, K. y Wanapat, M. (2015). Improvement of nutritive value and *in vitro* ruminal fermentation of *Leucaena* silage by molasses and urea supplementation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 29 (8): 1136–1144. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0591>

- Pinto-Ruiz, R., Guevara-Hernández, F., Medina, J.A., Hernández-Sánchez, D., Ley-de Coss, A. y Guerra-Medina, E. (2016). Conducta ingestiva y preferencia bovina por el ensilaje de Pennisetum y pulpa de café. *Agronomía Mesoamericana*, 28 (1): 59-67. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.23120>
- Rauch, R., Nichols, K., De Carvalho, I.P.C., Daniel, J., Martín-Tereso, J. y Dijkstra, J. (2025). Effects of partial or full replacement of soybean meal with urea or coated urea on intake, performance, and plasma urea concentrations in lactating dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 109 (1), 64–75. <https://doi.org/10.1111/jpn.14034>
- Red Temática de Sistemas Agroforestales de México. (2020). *Los sistemas agroforestales de México: Avances, experiencias, acciones y temas emergentes en México / Red Temática de Sistemas Agroforestales de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Santana, A.A., Cheng, L., Verdecia, D.M., Ramírez, J.L., López, S., Cisneros, M.V., Rugoho, I, Maxwell, T.M.R. y Al-Marashdeh, O. (2019). Effect of a mixed silage of king grass (*Cenchrus purpureus*) and forage legumes (*Leucaena leucocephala* or *Gliricidia sepium*) on sheep intake, digestibility and nitrogen balance. *Animal Production Science*, 59 (12), 2259. <https://doi.org/10.1071/AN18559>
- SAS Institute (Statistical Analysis System). (2002). Statistic version 9.0. Statistical Analysis System. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2023). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Calabaza semilla o chihua*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Consultado 12 de jul 2024)

SMN (Servicio Meteorológico Nacional). (2024). *Normales Climatológicas por Estado. Campeche*. Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua. Gobierno de México. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado?estado=camp> (Consultado 28 de dic de 2024).

Undersander, D., Mertens, D. y Thiex, N. (1993). Forages Analysis Procedures. National forage Testing Association Proceeding. Information Systems Division, National Agricultural Library (United States of America) NAL/USDA, 10301.

Valdez-Arjona, L.P., Ortega-Cerrilla, M.E., Fraire-Cordero, S., Arreola-Enríquez, J., Crosby-Galván, M.M., Cruz-Tamayo, A.A. y Ramírez-Mella, M. (2020). Physicochemical and preference evaluation of silages from *Cucurbita argyrosperma* Huber residues and its effect on the production and composition of milk from dual-purpose cows in Campeche, Mexico: Pilot Study. *Sustainability*, 12 (18): 7757.. <https://doi.org/10.3390/su12187757>

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., y 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)

Yitbarek, M. B., y Tamir, B. (2014). Silage Additives: Review. *Open Journal of Applied Sciences*, 4 (5), 258–274. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2014.4502>