



UTILIZACIÓN DE LA VINAZA COMO ADITIVO EN ENSILAJES DE *TITHONIA DIVERSIFOLIA* (HEMSL) L. VC. ICA CUBA Occ-10, SOLA Y EN MEZCLA CON *CENCHRUS PURPUREUS* VC. CT-608

USE OF VINASSE AS AN ADDITIVE IN SILAGES OF *TITHONIA DIVERSIFOLIA* (HEMSL) L. VC. ICA CUBA Occ-10, ALONE AND IN MIXTURE WITH *CENCHRUS PURPUREUS* CV. CT-608

✉ R. RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ*, ✉ DAYLENI FORTES GONZÁLEZ, ✉ YAISEL RODRÍGUEZ GONZÁLEZ,
✉ MELANIS DOMÍNGUEZ LIMA, ✉ DAINELIS CASANOVA RIVERA

Instituto de Ciencia Animal, C. Central, km 47½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

*Email: camachoaudio2005@gmail.com

Para evaluar la calidad de ensilados de *Tithonia diversifolia* vc. IcaCuba Occ-10, sola o en mezcla con forraje de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba 608, conservados con vinaza o sin ella, se empleó un diseño completamente aleatorizado, con arreglo factorial (2x2) y 10 microsilos por tratamiento. Todos los tratamientos mostraron similar contenido de materia seca ($P>0.05$), inferior a los valores recomendados (30-35 %). La inclusión de vinaza redujo el pH con respecto al tratamiento sin ella ($P<0.01$). De igual forma, la relación materia seca: pH mejoró al incluir vinaza como aditivo. Los tratamientos de tithonia sola mostraron un color verde oscuro, la mezcla de forrajes de tithonia y cenchrus resultó en verde aceituna con tonos oscuros que desaparecieron al añadir vinaza. Fue este último el que tuvo una coloración más acorde con un ensilaje de excelente calidad. En los ensilajes con vinaza, se obtuvo un olor agradable, similar al sugerido para ensilajes de muy buenas características. Los ensilados obtenidos a base de *T. diversifolia*, sola o en mezcla con forraje de *C. purpureus* vc. CT-608, mostraron indicadores de calidad suficientes para recomendar su evaluación a escala mayor, aun partiendo de materiales con bajos contenidos de materia seca. La evaluación organoléptica y química respalda su estabilidad y aceptabilidad. La inclusión de vinaza al proceso de conservación de estos ensilajes se confirma como una estrategia económica y efectiva para la conservación de forrajes tropicales, incluso en forrajes con altos contenidos de proteínas y elevada capacidad amortiguadora como Tithonia. Su uso como aditivo reduce el contenido de fibra detergente ácido, el pH, y mejora el rendimiento en materia seca, la relación materia seca: pH y sus características organolépticas, como el color y el olor.

Palabras clave: conservación de alimentos, forrajes tropicales, microsilos, pH, suplementación del ganado

To evaluate the quality of silages of *Tithonia diversifolia* vc. IcaCuba Occ-10, alone or mixed with forage of *Cenchrus purpureus* cv. CT-608, preserved with or without vinasse, a completely random design was used, with a factorial arrangement (2x2) and 10 microsilos per treatment. All treatments showed similar dry matter content ($P>0.05$), lower than the recommended values (30-35 %). The inclusion of vinasse reduced the pH compared to the treatment without it ($P<0.01$). Similarly, the dry matter:pH ratio improved when vinasse was included as an additive. The treatments of Tithonia alone showed a dark green color, the mixture of Tithonia and Cenchrus forages resulted in olive green with dark tones that disappeared when vinasse was added. It was the latter that had a coloration most in line with an excellent quality silage. In the silages with vinasse, a pleasant smell was obtained, similar to that suggested for silages of very good characteristics. The silages obtained from *T. diversifolia*, alone or mixed with *C. purpureus* cv. CT-608 forage, showed sufficient quality indicators to recommend their evaluation on a larger scale, even starting from materials with low dry matter contents. The organoleptic and chemical evaluation supports its stability and acceptability. The inclusion of vinasse in the preservation process of these silages is confirmed as an economical and effective strategy for the conservation of tropical forages, even forages with high protein content and high buffering capacity such as tithonia. Its use as an additive reduces the acid detergent fiber content, pH, and improves dry matter yield, the dry matter:pH ratio, and its organoleptic characteristics, such as color and odor.

Key words: food preservation, livestock supplementation, microsilos, pH, tropical forages

Recibido: 29 de mayo de 2025

Aceptado: 30 de septiembre de 2025

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.

Declaración de contribución de autoría CRediT: Conceptualización, Investigación, Curación de datos, Administración de proyecto, Redacción documento-original: R. Rodríguez Hernández. Análisis formal, Supervisión, Redacción documento-original: Dayleni Fortes González. Investigación, Análisis formal: Yaisel Rodríguez González, Melanis Domínguez Lima. Investigación, Curación de datos: Dainelis Casanova Rivera.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Introducción

Los rumiantes tienen una función muy importante en la alimentación humana porque producen prácticamente toda la leche y un tercio de la carne que se consume en el mundo. Los pastos y forrajes constituyen el alimento natural de los rumiantes y representan la fuente alimentaria de mayor abundancia y menor costo (Ruiz et al. 2021 y Arias et al. 2023). Sin embargo, gran parte de los forrajes que se utilizan son pastos de gramíneas de moderada productividad y calidad, que requieren de determinados niveles de suplementación para mejorar la productividad de los animales.

En Cuba, el sector cooperativo tiene el peso principal de la producción animal, pero adolece de productos y tecnologías que permitan potenciar sus producciones a partir del uso eficiente de los recursos locales y minimicen los costos de producción. Por ello, en las condiciones actuales del país, se debe proporcionar a este sector las tecnologías y productos ajustados a la escala productiva, de modo que garanticen mejorar la calidad y la eficiencia de utilización de los nutrientes por los rumiantes y por ende, un incremento productivo.

Los ensilados pueden ser una forma de conservar y obtener alimentos con una adecuada calidad nutricional para el período seco. Sin embargo, los forrajes de gramíneas tienen una composición nutricional variable (Rojas-Cordero et al. 2020), altos contenidos de fibra y baja digestibilidad (Ku Vera et al. 2014). Por ello, la elaboración de ensilajes de arbustivas proteicas o su inclusión en mezclas en ensilajes de gramínea puede mejorar la calidad del producto obtenido en las condiciones prácticas del trópico.

Entre las plantas proteicas que se utilizan como forrajes en el trópico está *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, especie de alta calidad nutricional que aporta altos contenidos de proteína y menores contenidos de fibra y lignina, que pueden complementar las carencias de las gramíneas, al generar efectos positivos en la digestibilidad y las emisiones de metano ruminal (Arias et al. 2023).

No obstante a lo anterior, su contenido proteico puede provocar fermentaciones no deseadas que afectan la conservación del material, por lo que se debe valorar el empleo de productos acidificantes que limiten esas fermentaciones. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar la calidad de ensilados obtenidos a base de *T. diversifolia*, sola o en mezcla con forraje de *Cenchrus purpureus* vcCT- 608, ensilada con vinaza o sin ella.

Materiales y Métodos

Los experimentos se desarrollaron de noviembre a diciembre de 2023 en el Instituto de Ciencia Animal (ICA), ubicado entre el 22° 58 LN y los 82° 02 LO y a 80 m s.n.m.

Obtención de los ensilajes: Para la elaboración de los ensilajes se emplearon forrajes de *C. purpureus* vc.CT-608 y

la arbustiva *T. diversifolia* vc. IcaCuba Occ-10, ambas con una edad de rebrote entre 90 y 100 d. La recolección de los dos materiales se realizó en las áreas experimentales de la Estación Experimental Miguel Sistach, establecidas sobre suelo ferralítico rojo típico, de rápida desecación y perfil uniforme (Hernández et al. 2015).

Como aditivo se empleó vinaza, obtenida en el proceso de fermentación alcohólica de miel final en la destilería Habana Club S.A. de San José de las Lajas, Mayabeque.

Se evaluaron los tratamientos siguientes:

1. Ensilado de forraje fresco de *Tithonia* (100 %)
2. Ensilado de forraje fresco de *Tithonia* (100 %) + vinaza (4 % en base húmeda)
3. Ensilado de forraje fresco de *Tithonia* y *Cenchrus* [50:50]
4. Ensilado de forraje fresco de *Tithonia* y *Cenchrus* [50:50] + vinaza (4 % en base húmeda)

La gramínea y el material arbóreo se obtuvieron por corte manual. Ambos se acarrearón frescos, se trocearon en un molino forrajero hasta alcanzar un tamaño de partícula de 20-30 mm. Las diferentes proporciones de forrajes se mezclaron con la vinaza y se compactaron en microsilos elaborados en tubos de PVC (24 cm x 10 cm) (Gutiérrez et al. 2015). Al final, los microsilos se cerraron herméticamente y se ubicaron por 60 d en un local protegido y seco.

Al terminar el proceso de ensilaje, se abrieron los microsilos y se tomó una muestra de 10 g de cada uno, se le añadió 90 mL de agua destilada y se mezcló en zaranda orbital a 250 r.p.m. durante 15 min. a 20 °C. Luego, la mezcla se filtró en gasa y al filtrado se le midió pH (pHmetro Everich, PHSJ-3F, China). Se tomaron aproximadamente 200 g de cada microsilo, se secaron hasta alcanzar peso constante en estufa de aire forzado, con temperatura regulada (60 °C). Se molieron en molino de martillo hasta alcanzar tamaño de partícula de 1 mm. El material seco de cada microsilo se almacenó de manera individual en bolsas de nailon selladas para análisis de composición química.

Análisis químico: Para determinar la composición química de los forrajes y ensilados, se les determinó materia seca (MS), materia orgánica (MO) y proteína bruta (PB) (AOAC 2016). La fibra detergente neutro (FDN) y la fibra detergente ácido (FDA) se cuantificaron por el procedimiento descrito por van Soest et al. (1991).

Al finalizar el proceso de ensilaje se determinaron las características organolépticas del ensilaje, según tabla 1 (Chaverra Gil y Eusse 2000). Para ello se empleó un panel de evaluación conformado por nueve miembros, todos asociados a los Departamentos de Rumiantes y de Pastos y Forrajes del ICA (cinco investigadores y cuatro técnicos de la investigación). Los panelistas describieron las características organolépticas de las muestras puestas a su disposición, sin conocer previamente a que tratamiento correspondían.

Tabla 1. Características organolépticas para la evaluación de la calidad de ensilajes (Chaverra Gil y Eusse 2000)

Indicador	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO
COLOR	Verde aceituna o amarillo oscuro	Verde amarillento, Tallos con tonalidad más pálida que las hojas	Verde oscuro	Marrón oscuro, casi negro o negro
OLOR	A miel o azucarado de fruta madura	Agradable, con ligero olor a vinagre	Fuerte, Ácido, olor a vinagre, (ácido butírico)	Desagradable, a mantequilla rancia
TEXTURA	Conserva sus contornos continuos	Igual al anterior	Se separan las hojas fácilmente de los tallos, tienden a ser transparentes y los vaosoa venosos muy amarillos	No se observan diferencias entre tallos y hojas. Es más amorfa y jabonosa. Al tacto es húmeda y brillante

Análisis estadístico: Para el análisis de la composición química de los ensilajes evaluados se aplicó un diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial (2x2), donde el factor A fue el tipo de forraje ensilado (*tithonia* sola o *tithonia* con *cenchrus*) y el B el nivel de vinaza utilizado (0 o 4 %). Los microsilos se consideraron como unidad experimental (10).

Las variables se analizaron por ANOVA. Cuando se hallaron diferencias ($P < 0.05$), las medias de los tratamientos se compararon por la dócima de rangos múltiples de Duncan (1955). Para estos análisis se utilizó el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo et al. 2012).

Resultados y Discusión

La composición química del forraje de *T. diversifolia* y de la mezcla con *C. purpureus* utilizada para el ensilaje se presenta en la tabla 2. La composición química de *tithonia* fue similar a la registrada por Ontivero (2021), excepto la PB que fue inferior. Los valores de MS fueron similares a los obtenidos para forraje de *tithonia* por Rodríguez-Oliva et al. (2022) y en todos los casos fueron inferiores al 30 %, rango característico de forrajes tropicales con alta humedad que puede presentar desafíos para una fermentación óptima, al favorecer la producción de efluentes y fermentaciones clostridiales (Ávila et al. 2022). *Tithonia* sola mostró menor contenido de FDN y mayor contenido de PB en comparación con la mezcla, lo que era de esperar dada la naturaleza proteica de esta especie con relación a la gramínea *Cenchrus*.

La figura 1 muestra el efecto de la interacción entre el tipo de forraje y el nivel de vinaza en el rendimiento de MS de los ensilajes evaluados ($P < 0.001$). El ensilaje de *Tithonia* sola mostró mejor rendimiento que el ensilaje mixto y, en ambos casos, la adición de vinaza incrementó el rendimiento. Este aumento se puede atribuir al aporte de sólidos solubles y

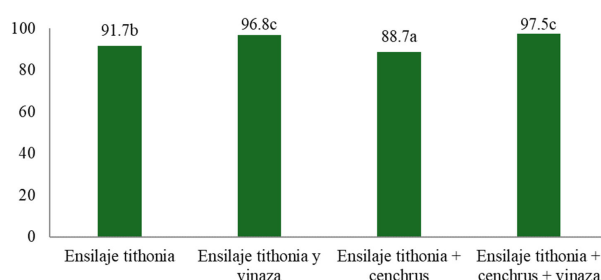


Figura 1. Efecto de la interacción entre el tipo de forraje y el nivel de vinaza en el rendimiento de MS de los ensilajes evaluados (EE = ± 4.23)

compuestos orgánicos de la vinaza que se incorporan a la MS final del ensilaje (Prado et al. 2023).

En cuanto al efecto de los tratamientos evaluados en la composición química, no hubo efecto de la interacción entre el tipo de forraje y el nivel de vinaza, ni de los factores individuales en el contenido de MS y MO (tabla 3). Respecto a la FDA de los ensilajes evaluados, hubo interacción entre los factores evaluados ($P = 0.0269$) y los resultados se muestran también en la tabla 3.

Respecto al contenido de FDN, no hubo efecto de la interacción entre el tipo de forraje y el nivel de vinaza ($P = 0.2278$), pero sí de los factores individuales tipo de forraje ($P < 0.0001$) (figura 2a) y nivel de vinaza ($P < 0.0001$) (figura 2b).

En cuanto al contenido de PB de los ensilajes evaluados, tampoco hubo efecto de la interacción entre el tipo de forraje y el nivel de vinaza ($P = 0.9024$) ni del factor nivel de vinaza ($P = 0.4236$), pero sí del factor tipo de forraje ($P < 0.0001$), pues se observó disminución del contenido proteico al mezclar la *Tithonia* con el *Cenchrus*, como era de esperar al incorporar una gramínea tropical con bajo contenido proteico (figura 3).

Tabla 2. Composición química del forraje de *Tithonia* y la mezcla de *Tithonia* y *Cenchrus*

Tratamiento	MS, %	MO, %	FDN, %	FDA, %	PB, %
<i>Tithonia</i>	21.8	86.9	49.8	43.3	13.4
Ensilaje <i>Tithonia</i> + <i>Cenchrus</i>	23.1	88.7	63.4	47.9	10.9

Tabla 3. Efecto de la interacción entre el tipo de forraje y el nivel de vinaza utilizados en el contenido de MS, MO y FDA de los ensilajes evaluados

Tratamiento	MS, %	MO, %	FDA, %
Ensilaje Tithonia	20.0	92.6	47.0b
Ensilaje Tithonia y vinaza	21.1	92.6	42.7a
Ensilaje Tithonia + Cenchrus	20.5	91.3	52.1c
Ensilaje Tithonia + Cenchrus + vinaza	23.5	89.3	50.6c
EE ±	1.75	6.22	0.60
P (interacción)	0.056	0.346	0.027
P (tipo de forraje)	0.609	0.257	0.0002
P (nivel de vinaza)	0.311	0.348	< 0.0001

Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$)

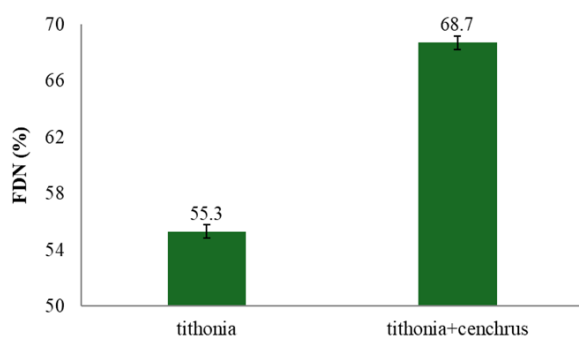


Figura 2a.

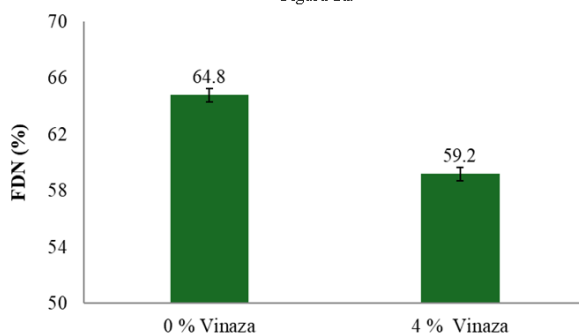


Figura 2b.

Figura 2. Efecto del tipo de forraje (figura 2a, $EE = \pm 0.47$) y nivel de vinaza (figura 2b, $EE = \pm 0.47$) en el contenido de FDN de los ensilajes evaluados

Con respecto a los valores de pH de los ensilajes evaluados, hubo interacción entre los factores evaluados ($P < 0.01$) y los resultados se muestran en la figura 4.

Los mayores valores se produjeron al ensilar la mezcla de forrajes. La inclusión de vinaza redujo el pH respecto al correspondiente tratamiento sin vinaza ($P < 0.01$). Todos los valores de pH fueron superiores a los recomendados por Sánchez (2018) para este tipo de ensilaje ($pH = 4.0$), pero resultaron inferiores a los registrados por Rodríguez-Oliva et al. (2022) al ensilar plantas de tithonia presecadas y estuvieron en el rango, aunque similares a los observados en ensilaje de planta completa de *Sorghum bicolor* (L.) Moench

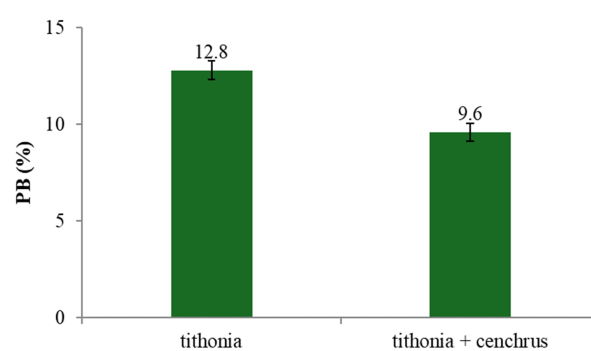


Figura 3. Efecto del tipo de forraje en el contenido de PB (%) de los ensilajes evaluados ($EE = \pm 0.33$)

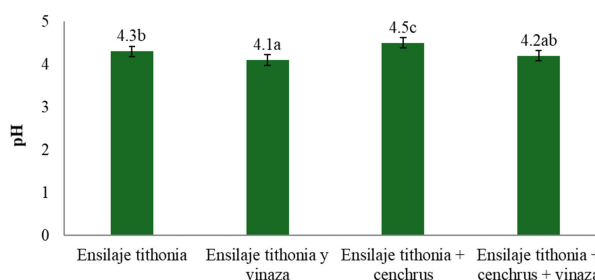


Figura 4. Efecto del tipo de forraje en el pH de los ensilajes evaluados ($EE = \pm 0.12$)

(Morales et al. 2019) y de *Manihot esculenta* Crantz (Sánchez et al. 2021). En el caso de los ensilajes con vinaza, los pH estuvieron en el nivel de valores máximos de pH (3.8 a 4.2) recomendados por McDonald et al. (1991).

Este efecto acidificante de la vinaza se atribuye directamente a la alta concentración de ácidos orgánicos (acético, láctico, propiónico) y a su bajo pH (Li et al. 2022 y Prado et al. 2023). La vinaza demostró ser un aditivo efectivo para mitigar la alta capacidad amortiguadora de tithonia, al promover una acidificación más rápida y eficiente, lo cual es fundamental para suprimir bacterias indeseables y preservar el valor nutritivo del forraje (Ávila et al. 2022 y Li et al. 2022).

La relación MS:pH es un indicador importante relacionado con la calidad de los ensilajes. Al comparar los valores obtenidos con los criterios propuestos por Ojeda *et al.* (1991), se pudo ver que la inclusión de vinaza como aditivo para ensilar mejora dicha relación. La peor relación MS:pH la tuvo el ensilaje de la mezcla de tithonia y cenchrus y un valor intermedio el de tithonia sola.

Los resultados de este estudio demuestran que es posible obtener ensilajes de buena calidad a partir de *T. diversifolia*, sola o en mezcla con *C. purpureus*, a pesar del bajo contenido de materia seca (MS < 24 %) de los forrajes utilizados, el cual se sitúa por debajo del óptimo recomendado (30-35 %) para evitar pérdidas por efluentes y fermentaciones indeseables (Ávila *et al.* 2022).

La inclusión de vinaza mostró efecto acidificante consistente, reduciendo significativamente ($P < 0.01$) el pH de los ensilajes (figura 4). Este resultado era esperado, dada la alta concentración de ácidos orgánicos (acético, láctico) y el bajo pH inherente a la vinaza (Prado *et al.* 2023). El efecto acidificante de la vinaza es relevante para la práctica productiva, pues este subproducto de la industria azucarera, de amplia disponibilidad en Cuba, se confirma como un aditivo efectivo y de bajo costo para mejorar el proceso fermentativo.

El efecto de la vinaza fue más pronunciado en el ensilaje de tithonia sola, un forraje con alto contenido proteico que suele presentar dificultades para alcanzar un pH bajo, debido a su alta capacidad amortiguadora (Ávila *et al.* 2022). La vinaza, al aportar ácidos orgánicos y posiblemente estimular una fermentación láctica más eficiente (Prado *et al.* 2023), mitigó este problema, lo que abre una prometedora vía para la conservación de arbustivas proteicas de alta calidad. Además, la vinaza no actúa solo como fuente de ácidos, sino como sustrato que puede promover una fermentación láctica eficiente, incluso en materiales con alta capacidad amortiguadora como las leguminosas y arbustivas proteicas (Li *et al.* 2022).

Respecto a la composición química, la reducción en el contenido de FDA en el ensilaje de Tithonia con vinaza (tabla 3) podría indicar una degradación parcial de la fibra durante la fermentación, posiblemente mediada por enzimas fibrolíticas presentes en la vinaza o por la activación de microorganismos autóctonos. Este hallazgo de confirmarse

in vivo podría tener relevancia práctica, ya que mejorar la digestibilidad de la fibra es uno de los principales desafíos en la nutrición de rumiantes en el trópico (Arias *et al.* 2023).

No se esperaba que la vinaza no influyera en el contenido de PB de los ensilajes, pues este aditivo aporta nitrógeno no proteico (NNP) y compuestos nitrogenados en espera de que fueran cuantificados como PB por el método de Kjeldahl (AOAC 2016).

En la tabla 4 se muestran las características organolépticas de los ensilajes evaluados. Los valores superiores de pH registrados en los tratamientos, incluso sin vinaza, no afectaron los indicadores evaluados en los microsilos. Tampoco se hallaron indicios de putrefacción o presencia de hongos filamentosos, lo que es un indicativo de estabilidad aeróbica y buena conservación de los ensilajes (Kung *et al.* 2018).

No se apreciaron comportamientos diferentes en la textura y humedad de los ensilajes. Los tratamientos de tithonia sola mostraron un color verde oscuro que debió estar relacionado con la oxidación de las proteínas y compuestos secundarios. Por su parte, la mezcla de forrajes de Tithonia y Cenchrus mostró un color verde aceituna con tonos oscuros que desaparecieron al añadir vinaza, siendo este último el que tuvo una coloración más acorde con un ensilaje de excelente calidad. Respecto al olor se apreció un ligero olor a vinagre en el ensilaje de tithonia sola y algo más intenso en el de la mezcla de forrajes, aunque en los ensilajes con vinaza se obtuvo un olor agradable similar al sugerido para ensilajes de muy buena calidad (Ojeda *et al.* 1991). Morales *et al.* (2022) apreciaron ligero olor a vinagre en ensilajes de sorgo y aplicando la misma metodología de este trabajo, calificaron ese ensilaje de “Excelente”.

La evaluación organoléptica confirmó los resultados químicos y fermentativos. Los colores y olores agradables, la ausencia de putrefacción y la textura conservada en todos los tratamientos, especialmente en aquellos con vinaza, clasifican a estos ensilajes como de 'Bueno' a 'Excelente' según los criterios de Chaverra Gil y Eusse (2000). Esto es crucial para la adopción por parte de los productores, ya que las características sensoriales son el primer criterio de aceptación de un ensilaje.

Tabla 4. Características organolépticas de los ensilajes evaluados

Tratamiento	Color	Olor	Textura	Humedad	Evaluación
Ensilaje tithonia	Verde oscuro	Ligero olor a vinagre. No deja olor desagradable al ser tocado	El forraje conserva sus contornos. Hojas unidas a los tallos	No humedece las manos	Bueno
Ensilaje tithonia y vinaza	Verde oscuro	Agradable. No deja olor desagradable al ser tocado	El forraje conserva sus contornos. Hojas unidas a los tallos	No humedece las manos	Bueno a Excelente
Ensilaje tithonia + cenchrus	Verde aceituna con tonos oscuros	Olor a vinagre más intenso. No deja olor desagradable al ser tocado	El forraje conserva sus contornos. Hojas unidas a los tallos	No humedece las manos	Bueno
Ensilaje tithonia + cenchrus + vinaza	Verde aceituna	Ligero olor a vinagre. No deja olor desagradable al ser tocado	El forraje conserva sus contornos. Hojas unidas a los tallos	No humedece las manos	Bueno

Conclusiones

Los ensilados obtenidos a base de *T. diversifolia*, sola o en mezcla con forraje de *C. purpureus* vc. CT-608, mostraron indicadores de calidad suficientes para recomendar su evaluación a una escala mayor, aun partiendo de materiales con bajos contenidos de MS. La evaluación organoléptica y química respalda su estabilidad y aceptabilidad.

La inclusión de vinaza al proceso de conservación de estos ensilajes se confirma como una estrategia económica y efectiva para la conservación de forrajes tropicales, incluso en forrajes con altos contenidos de proteínas y elevada capacidad amortiguadora como *Tithonia*. Su uso como aditivo reduce el contenido de FDA y el pH, y mejora el rendimiento en MS, la relación MS:pH y sus características organolépticas como color y olor.

Agradecimientos

Se agradece el financiamiento para esta investigación a cargo del proyecto PS131LH002-027 del Programa Sectorial de Alimento Animal *Conservación de forrajes de Tithonia diversifolia en forma de ensilaje y harinas para suplementar dietas de bovinos de ceba*. Se expresa gratitud al departamento de Biomatemática Aplicada por el análisis de los datos obtenidos en este estudio y su apoyo en la interpretación de los resultados.

Referencias

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2016. Official Methods of Analysis of AOAC International. 20th Ed. George W. Latimer Jr (ed). Ed. AOAC International, Rockville MD, USA, ISBN: 978-0935-584-875. Available at: <http://www.directtextbook.com/isbn/9780935584875>, [Consulted: October 13, 2025].

Arias, L.M., López, M., Castillo, M. & Alpízar, A. 2023. Fertilization type and regrowth age of *Tithonia diversifolia* on ruminal parameters. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3): 53192, ISSN: 2215-3608. <https://doi.org/10.15517/am.2023.53192>.

Ávila, C.L.S., Carvalho, B.F. & Pinto, J.C. 2022. Silage production in the tropics: Forage sources, additives and challenges. In: Silage Vol. 2. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.102579>.

Chaverra Gil, H. & Eusse, J.B. 2000. Ensilaje en la alimentación de ganado vacuno. IICA. Tercer Mundo Editores. Bogotá, Colombia. 123 p, ISBN: 958-9328-26_1.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. 2012. InfoStat. version 2012, [Windows], Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat. Available at: <https://www.infostat.com.ar>.

Duncan, D.B. 1955. Multiple Range and Multiple F Tests. *Biometrics*, 11(1): 1-42, ISSN: 1541-0420. <https://doi.org/10.2307/3001478>.

Gutiérrez, D., Borjas-Rojas, E., Rodríguez-Hernández, R., Rodríguez, Z., Stuart, R. & Sarduy, L. 2015. Evaluación de la composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de ensilaje mixto con *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-169: *Moringa oleifera*. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 19(3): 7-16, ISSN: 0188-7890.

Hernández, J.A., Pérez, J.J.M., Bosch, I.D. & Castro, S.N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 93 p., ISBN: 978-959-7023-77-7.

Ku Vera, J.C., Briceño, E.G., Ruiz, A., Mayo, R., Ayala, A.J., Aguilar, C.F., Solorio, F.J. & Ramírez, L. 2014. Manipulation of the energy metabolism of ruminants in the tropics: options for improving meat and milk production and quality. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(1): 43-53, ISSN: 2079-3480. <https://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/426>.

Kung, L., Shaver, R.D., Grant, R.J. & Schmidt, R.J. 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5): 4020-4033, ISSN: 1525-3198. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>.

Li, Y., Nishino, N. & Wang, Y. 2022. Effects of bacterial inoculants and enzymes on the fermentation quality and bacterial community of Mulberry silage. *Animal Bioscience*, 35(6): 933-941, ISSN: 2765-0189. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0412>.

McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S.J.E. 1991. The Biochemistry of Silage (Second edition). Marlow Bucks, UK: Chalcombe Publications, pp.340, ISBN: 0-948617-225.

Morales, D., Rodríguez, R., Fundora, L., García, F., Ojeda, F. & López, O. 2019. Fermentative quality of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and citrus fruit (*Citrus* sp.) pulp silage. *Pastos y Forrajes*, 42(3): 207-212, ISSN: 2078-8452. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000300207&lng=es&tlng=es.

Morales, D., Rodríguez, R., López, O., Ojeda, F., Camejo, D., García, F. & Fundora, L. 2022. Chemical and organoleptic evaluation of silages of *Sorghum bicolor* (L.) Moench and *Citrus* sp. pulp. *Pastos y Forrajes*, 45: e117, ISSN: 2078-8452. http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v45/en_2078-8452-pyf-45-e17.pdf.

Ojeda, F., Cáceres, O. & Esperance, M. 1991. Sistema de evaluación para ensilajes tropicales. En: Conservación de forrajes. Ciudad de La Habana. Editorial Pueblo y Educación. p. 15-65

Ontivero, Y. 2021. Caracterización de cinco arbustivas proteicas promisorias para la ganadería cubana. *Pastos y Forrajes*, 44: eE10, ISSN: 2078-8452. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942021000100010&lng=es&tlng=es.

- Prado, R.M., de Carvalho, L.G. & Daurício, J.A. 2023. Vinasse as a sustainable additive for animal feed: A review. *Waste and Biomass Valorization*, 14(2): 385-402, ISSN: 1877-265X. <https://doi.org/10.1007/s12649-022-01863-1>.
- Rojas-Cordero, D., Alpizar-Naranjo, A., Castillo-Umaña, M. & López-Herrera, M. 2020. Efecto de la inclusión de *Musa* sp. en la conservación de *Morus alba* Linn. *Pastos y Forrajes*, 43(3): 210-219, ISSN: 2078-8452. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942020000300210&lng=es&tlng=es.
- Rodríguez-Oliva, M., Ojeda, F., Pozo, Y., Rondón, A.J. & Milián, G. 2022. Evaluation of two microbial inoculants as fermentation activators in silages of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*, 45: eE22, ISSN: 2078-8452. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942022000100022&lng=es&tlng=es.
- Ruiz, T.E., Rodríguez, B., Padilla, C., Valenciaga, N., Lok, S., Galindo, J., Savón, L., Chongo, B., La O, O., Torres, V., Gutiérrez, D., Scull, I., Rodríguez, R., Valenciaga, D., López, J.R., Alonso, J., Medina, Y., Cino, D.M., Vázquez, Y. & Castro, J.A. 2021. *Tithonia diversifolia* Another Bush Alternative for Use in Silvopastoral Systems in Cuba. *Avances de Investigación Agropecuaria*, 25(3): 211-214, ISSN: 0188-7890. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.21.25.64>.
- Sánchez, T., Ruz, F., Morales, D., Olivera, Y., Rizo, M. & Benitez, M. 2021. Calidad fermentativa y organoléptica de ensilajes con diferentes proporciones de forraje y raíz de *Manihot esculenta* Crantz. *Pastos y Forrajes*, 44: eE25, ISSN: 2078-8452. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v44/2078-8452-pyf-44-eE25.pdf>.
- Sánchez, W. 2018. Potencial de los forrajes para producir ensilajes de calidad. *Alcances Tecnológicos*, 12(1): 49-58, ISSN: 1659-0538. <https://doi.org/10.35486/at.v12i1.37>.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10): 3583-3597, ISSN: 1525-3198. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).