



Efecto de dos aditivos en la calidad bromatológica de biomasa de pasto Cuba 22 y botón de oro en distintas proporciones

Effect of two additives on the bromatological quality of Cuba 22 grass and buttercup biomass in different proportions

Moreira-Macías, Nohelia Mishell¹

Castillo-García, Anthony Alexis¹

Romero-Salguero, Edison Javier¹

Plua-Montiel, Jhoan Alfredo^{1*}

¹Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, SEDE Santo Domingo, Ecuador

Recibido: 05 Dic. 2024 | **Aceptado:** 25 Abr. 2024 | **Publicado:** 20 Jul. 2025

Autor de correspondencia*: japlua@espe.edu.ec

Cómo citar este artículo: Moreira-Macías, N. M., Castillo-García, A. A., Romero-Salguero, E. J. & Plua-Montiel, J. A. (2025). Efecto de dos aditivos en la calidad bromatológica de biomasa de pasto Cuba 22 y botón de oro en distintas proporciones. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 5(2), e829. <https://doi.org/10.51252/raa.v5i2.829>

RESUMEN

La investigación se realizó en la Hacienda Zoila Luz de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Santo Domingo de los Tsáchilas, con el objetivo de determinar la calidad bromatológica de la biomasa del pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en diferentes proporciones y dos aditivos para ensilaje. Este método constituye una alternativa eficaz para alimentar ganado bovino durante épocas críticas de escasez forrajera. El estudio contempló una fase de campo, donde se preparó ensilaje en proporciones variables de ambos forrajes con dos aditivos (suero de leche e inoculante biológico), seguida de una fase de laboratorio para análisis químicos (proteína, fibra, materia seca, cenizas y pH) y físicos (olor, color, textura y aceptabilidad). Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (3×2), generando seis tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, evaluados mediante ADEVA y prueba LSD Fisher al 5%. Se encontraron diferencias significativas en proteína (15,03%-17,95%) y fibra (20,13%-24,78%). Los mejores resultados se obtuvieron usando Silamix y suero de leche con 75% pasto Cuba 22 y 25% botón de oro, logrando así un ensilaje de excelente calidad bromatológica y buena aceptabilidad para uso en alimentación animal.

Palabras clave: composición; ensilaje; evaluación; forrajes; nutrientes

ABSTRACT

The research was carried out at the Zoila Luz Hacienda of the University of the Armed Forces – ESPE, Santo Domingo de los Tsáchilas, with the objective of determining the bromatological quality of the biomass of Cuba 22 grass (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*) and buttercup (*Tithonia diversifolia*) in different proportions and two silage additives. This method constitutes an effective alternative for feeding cattle during critical times of forage scarcity. The study included a field phase, where silage was prepared in variable proportions of both forages with two additives (whey and biological inoculant), followed by a laboratory phase for chemical (protein, fiber, dry matter, ash and pH) and physical (odor, color, texture and acceptability) analyses. A completely randomized design with a factorial arrangement (3×2) was used, generating six treatments with four repetitions each, evaluated using ADEVA and Fisher's LSD test at 5%. Significant differences were found in proteins (15.03%-17.95%) and fiber (20.13%-24.78%). The best results were obtained using Silamix and whey with 75% Cuba 22 grass and 25% buttercup, thus achieving a silage of excellent bromatological quality and good acceptability for use in animal feed.

Keywords: composition; silage; evaluation; forage; nutrients



1. INTRODUCCIÓN

En un contexto global, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas son desafíos básicos en el marco de una producción eficiente de biomasa de calidad para satisfacer las necesidades de abastecimiento que permitan mejorar la eficiencia ganadera sin afectar la salud ambiental (Tricarico et al., 2020). Es en este sentido que la adopción de estrategias que mejoren la calidad nutricional de los forrajes mediante aditivos se postula como una de las alternativas promisorias hacia el uso racional de los recursos y la consolidación de sistemas que busquen la sostenibilidad (Castaño-Jiménez et al., 2023).

Según Sánchez et al., 2019, en Ecuador. Según Polanía et al. (2013), el 90% de los productores ganaderos pastorean diariamente, ya que es la forma “más económica” de alimentar al ganado. El territorio nacional del Ecuador se divide claramente en dos estaciones bien definidas, esto se debe a que en la época lluviosa la producción de alimentos es muy alta, mientras que en la época seca, normalmente hay algún tipo de escasez que a su vez conlleva pérdidas económicas dentro del hato ganadero (Polanía et al., 2013); por esta razón, se deben formular estrategias para amortiguar el impacto que trae consigo la época seca, por ejemplo, producir o reunir alimentos que abunden durante la época lluviosa para abastecerlos en los momentos críticos.

El pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) es considerado un forraje de elevada productividad y apreciado en todo el mundo por su plasticidad con respecto a los suelos y las condiciones de las zonas tropicales y subtropicales; posee un crecimiento muy rápido y una alta capacidad de rebrote con múltiples cortes (Paredes et al., 2014). Es capaz de ofrecer biomasa constante ya que se acompaña de tallos duros y hojas anchas que le dan volumen y facilitan su manejo. Además, su capacidad para soportar condiciones climáticas adversas como sequías leves lo convierte en una opción resiliente al clima y, por lo tanto, la mejor para sistemas ganaderos sostenibles (Cerdas Ramírez et al., 2021).

El Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) es apreciado como forraje por su amplia adaptación a los tipos de suelo y clima, además de su rápido crecimiento y gran producción de biomasa. Su perfil nutricional, que refleja una abundancia de proteínas, minerales y compuestos bioactivos, es muy sobresaliente considerando que la mayoría de las plantas tropicales son fuentes de estos compuestos. Sus características de multifuncionalidad hacen posible su uso en la alimentación animal y como fuente de abono verde que puede mejorar en gran medida la fertilidad del suelo con una relación costo-beneficio de producción mínima. Estas características la posicionan como una alternativa en el centro de cualquier sistema agrícola sustentable (Botero Londoño et al., 2019).

El pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) y el Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) constituyeron un valioso ingrediente para la alimentación animal, donde el Cuba 22 se distingue por su gran capacidad para la producción de biomasa, además de su adaptabilidad y alto nivel nutricional (Rivas Avellán & Vera Mera, 2023). Asimismo, el Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) evidenció alto potencial forrajero a niveles nutricionales únicos, su rápido crecimiento, rusticidad y riqueza mineral lo convierten en un ingrediente modelo para mejorar la calidad de la biomasa del ensilaje (Cerdas Ramírez et al., 2021).

La incorporación simultánea de pasto Cuba 22 y el Botón de Oro tiende a complementar las debilidades individuales de cada especie forrajera, lo que redundaría en una buena calidad nutritiva (Angulo et al., 2021). La elaboración de ensilajes es muy importante en la conservación y fermentación de biomasa y la importancia de esta actividad crece en áreas tropicales y subtropicales. La selección de aditivos específicos es importante en el proceso de fermentación y conservación de alimentos forrajeros de manera de retener y conservar los nutrientes durante el almacenamiento (Gonzalez et al., 2011).

Por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo determinar la calidad bromatológica de la biomasa del Pasto Cuba 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), en diferentes proporciones y dos aditivos para ensilaje.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Hacienda Zoila Luz, en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Santo Domingo, Ecuador (688.139,15 m E; 9.954.386,36 m S) Figura 1. El área general se caracteriza por un clima tropical húmedo, con una altitud promedio de 605 m sobre el nivel del mar, temperaturas que oscilan entre 22 y 28°C y una precipitación anual promedio de alrededor de 2.500 mm. Estas condiciones ambientales son adecuadas para el crecimiento de pastos forrajeros y el proceso de ensilado.

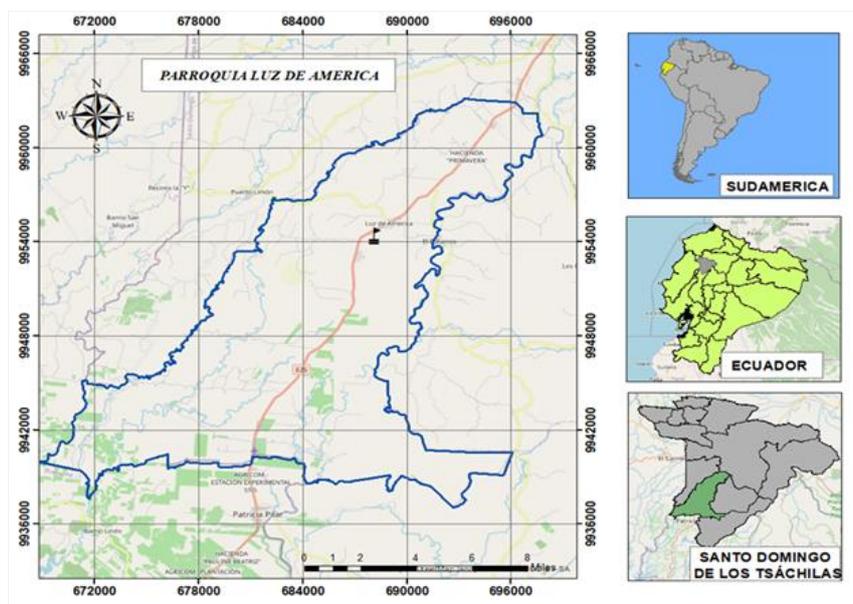


Figura 1. Localización espacial del experimento

2.2. Elaboración del ensilaje

Se cosechó el pasto Cuba 22 a los 65 días a una altura de 1,60 m y el Botón de Oro a 60 días y fueron almacenados en el vivero Forestal de la Universidad. Se procedió a picar cada uno de los forrajes por separado con la máquina picadora de pasto. Después, se aplicaron los aditivos (Suero de leche y Silamix) con una bomba pulverizadora de 20 L y se mezcló cada una de las proporciones establecidas de los forrajes a ensilar para cada tratamiento. Adicionalmente se aplicó melaza como fuente de energía en la mezcla. Posteriormente, se colocó cada una de las mezclas en bolsas de polietileno de 25x35 cm con capacidad de 2 kg por bolsa y fueron selladas con una máquina de sellado al vacío. Por último, las 24 bolsas preparadas fueron almacenadas en fundas de silo de 50 kg para asegurar el ambiente interno óptimo para una buena fermentación.

2.3. Determinación de proteína

Se realizó por el método de Kjeldahl con muestras previamente secadas en la estufa y molidas, se utilizó 0,3 gr de cada una de las muestras y estas pasaron por una digestión a 420°C con 5 ml de ácido sulfúrico junto con catalizadores para formar sulfato acético, luego pasó a la fase de neutralización y destilación del amoniaco generado el cual fue recogido en 50 ml de ácido bórico al 2% y por último se realizó la valoración del ácido bórico consumido. Se aplicó la respectiva fórmula para este método (ITW Reagents, 2023).

Ecuación 1. Porcentaje de proteína

$$\% \text{ PB} = \frac{(\text{VHCL} - \text{Vb}) * 1.401 * \text{NHCL} * \text{F}}{\text{Peso de la muestra (gr)}}$$

Donde: VHCL: Volumen del ácido clorhídrico consumido en la titulación; Vb: Volumen del blanco (0.3); 1.401: Peso atómico del Nitrógeno; NHCL: Normalidad del ácido clorhídrico 0.1N; F: Factor de conversión (6.25).

2.4. Definición de fibra

Se realizó el método de Weende sobre 2 gr de cada muestra, previamente secadas y molidas. Las muestras fueron sometidas a sucesivas extracciones, filtraciones y lavados con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en el aparato Dosi-Fiber. Luego se secaron en estufa a 105°C durante 12 horas y posteriormente se calcinaron en mufla a 550°C durante 3 horas. Por último, se aplicó la fórmula propia del método de Weende (Casallas Argaez, 2014).

Ecuación 2. Porcentaje de fibra

$$\% \text{ FB} = \frac{W1-W2}{W0} * 100$$

Donde: W1: Peso del crisol + muestra seca; W2: Peso del crisol + muestra calcinada; W0: Peso de la muestra.

2.5. Determinación de ceniza

Se tomaron 2 gr de la muestra en los crisoles previamente pesados y se introdujeron en la mufla a 600°C durante 3 horas. Para el cálculo respectivo se aplicó la fórmula usada por este método (Prado et al., 2012).

Ecuación 3. Porcentaje de ceniza

$$\% \text{ C} = \frac{W2-W1}{W0} * 100$$

Donde: W2: Peso del crisol + muestra calcinada; W1: Peso del crisol vacío; W0: Peso de la muestra (gr).

2.6. Determinación de materia seca

Para determinar la materia seca se preparó cada uno de los crisoles a utilizar los cuales pasaron a la estufa a 60 °C durante 30 min para tomar su peso. Luego se igualó la muestra y se pesó 2 gr, se llevó a la estufa a 105°C durante 12 horas, pasado el tiempo se dejó secar en el desecador por 30 min y se tomó nuevamente el peso. Para este método se aplicó la fórmula siguiente (García, 2019).

Ecuación 4. Porcentaje de humedad

$$\% \text{ H} = \frac{W2-W1}{W0} * 100 \quad \% \text{ MS} = 100 - \% \text{ H}$$

Donde:

W2: Peso del crisol + muestra seca.

W1: Peso del crisol + muestra antes del secado.

W0: Peso de la muestra (gr); %MS: Materia seca; %H: Humedad.

2.7. Determinación de pH

Se tomó varias muestras de diferentes partes de la funda de silo recién expuesta al ambiente para luego homogeneizarlo y se extrajo 20 gr, se llevó a un mortero y se aplicó 20 ml de agua destilada, al mezclarse

creó una suspensión. Finalmente se colocó el electrodo del potenciómetro y se realizó la medición, esta acción se la realizó 3 veces por muestras para obtener un promedio de las lecturas obtenidas.

2.8. Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial A*B (3*2) en el cual se evaluaron 3 niveles para el factor A: (a0: 80% Cuba 22 y 20% Botón de Oro; a1: 75% Cuba 22 y 25% Botón de Oro; a2: 70% Cuba 22 y 30% Botón de Oro) y dos niveles para el factor B: (b0: Suero de leche; b1: Silamix), como se observa en la Tabla 1, resultando así 6 tratamientos y 3 repeticiones obteniéndose 18 unidades experimentales, mostrados en la Tabla 2. Para poder determinar diferencia entre las medias de los tratamientos, se aplicó una prueba de significación de LSD Fisher ($p < 0.05$), utilizando los softwares estadísticos, Infostat, Statistica y Statgraphics.

Tabla 1. Factores de estudio

Tratamientos	Factor A	Factor B
1	a0: 80% Cuba 22 con 20% Botón de Oro	b0: Suero de leche
2	a1: 75% Cuba 22 con 25% Botón de Oro	b1: Silamix
3	a2: 70% Cuba 22 con 30% Botón de Oro	

Tabla 2. Arreglo factorial de los tratamientos

Tratamientos	Códigos	Factor A + Factor B
1	a0b0	80% Cuba 22 con 20% Botón de Oro + Suero de leche
2	a0b1	80% Cuba 22 con 20% Botón de Oro + Silamix
3	a1b0	75% Cuba 22 con 25% Botón de Oro + Suero de leche
4	a1b1	75% Cuba 22 con 25% Botón de Oro + Silamix
5	a2b0	70% Cuba 22 con 30% Botón de Oro + Suero de leche
6	a2b1	70% Cuba 22 con 30% Botón de Oro + Silamix

3. RESULTADOS y DISCUSIÓN

3.1. Características bromatológicas de Biomasa del Cuba 22 y botón de oro

En esta investigación se realizaron los análisis bromatológicos correspondientes a las muestras de ensilaje, las cuales fueron obtenidas a partir de la combinación de diferentes tipos de forrajes y dos aditivos específicos. Estos análisis fueron fundamentales para evaluar la calidad nutricional y la viabilidad del ensilaje producido bajo distintas condiciones de tratamiento. Al finalizar el estudio, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, lo que sugiere la influencia de los componentes utilizados en la composición bromatológica del ensilaje, en los niveles de materia seca, proteína fibra bruta, ceniza y pH.

Materia seca

En relación con el contenido de materia seca, Gonzalez et al. (2022) en su estudio centrado en los ensilajes de *Pennisetum purpureum* y Botón de oro en una proporción de 75:25, registraron un porcentaje del 24% para esta variable. Por otro lado, Rodríguez-Badilla et al. (2022) informaron haber alcanzado un contenido de materia seca del 18,40% con una combinación de Pasto Cuba (75%) y Botón de oro (25%). Valor que, en el primer caso es similar al obtenido en la presente investigación en cuanto al tratamiento T3, donde se obtuvo 24,14% de MS. De acuerdo con Pacheco Ramos et al. (2021), el contenido de materia seca es un factor clave durante el ensilaje debido a que, contribuye con la reducción de la actividad de agua, retrasando a su vez el inicio del deterioro por la acción anaeróbica de la masa ensilada. Por lo tanto, mantener un adecuado nivel de materia seca es la esencial para prolongar la vida útil y calidad nutricional del ensilaje. Demanet, 2011 sugiere que un ensilaje debe contener como mínimo un 20% de MS; no obstante, si este

porcentaje supera el 25%, se reduce la producción de efluentes, lo que sugiere que lo óptimo en estos casos es mantener el contenido de materia seca entre 28 a 35%, Tabla 3.

Proteína

Por otra parte, Rodríguez et al., 2022, en su estudio llevado sobre la inclusión de *Tithonia diversifolia* al 25% en la calidad de los ensilajes de pasto Cuba OM22 y *Musa sp*, determinaron un nivel de proteína cruda del 9,90%. No obstante, Gonzalez et al. (2022), al utilizar una proporción de 75% Pasto elefante + 25% Botón de oro, obtuvieron 7,09% de PB. Estos valores difieren ampliamente sobre el obtenido en todos los tratamientos de este estudio, donde destacó T3 (75:25 + suero de leche) con el 17,96% de proteína. Según Pazla et al. (2024), *Tithonia diversifolia* es una planta que puede alcanzar un elevado contenido de proteína cruda de hasta 22,98%. Además, Rodríguez-Oliva et al. (2022), determinaron que la inclusión de *T. diversifolia* incrementa directamente los niveles de proteína en el ensilado. Por otra parte, en el suero de leche se han determinado valores de hasta 8,8% de proteína; lo que convierte a T3 en una alternativa prometedora para la alimentación animal, ya que favorece una mejor digestibilidad y un mayor aporte nutricional para los rumiantes, factores claves para optimizar el crecimiento, la producción de leche y el estado de salud animal (Tabla 3).

Fibra bruta

En la Tabla 3, se pudo observar que el elevado nivel de fibra bruta fue hallado en T2 (80:20 + Silamix) se destacó entre los demás tratamientos con 24,78%. Este porcentaje no dista demasiado del obtenido por Dueñas & Burgos (2021), quienes ensilaron pasto Cuba-22 y obtuvieron 22,75% de fibra a los 60 días de evaluación. De acuerdo con Zanin et al. (2022), el ensilaje mejora la digestibilidad de los alimentos al descomponer las fibras vegetales a través de la hidrólisis ácida durante la fermentación anaeróbica; no obstante, en diversos estudios se ha demostrado que los inoculantes pueden reducir ligeramente la degradabilidad de la fibra cruda y la materia seca no proteica en los ensilajes, logrando así conservación del material más eficiente (Hurtado et al., 2020).

Ceniza

En cuanto a cenizas mostrada en la Tabla 3, se determinó que el valor más elevado se situó en T3 (75:25 + Suero de leche) con 7,54%. Mientras que, Zanin et al. (2022) en su estudio con suero fluido obtuvieron 11,8% de cenizas durante la rehidratación del ensilado de maíz, valor superior al obtenido en este estudio, lo cual indica que los valores de ceniza obtenidos en esta investigación están dentro de un rango favorable. De acuerdo con Encalada et al. (2018), los niveles de ceniza en el ensilaje son influenciados por varios factores como la composición mineral del material utilizado, la riqueza mineral del suelo, la fertilización, la etapa de cosecha y las condiciones climáticas. Además, el proceso de biofermentación durante el ensilaje puede aumentar el contenido de ceniza. Por lo tanto, la interacción de estos factores determina la cantidad de minerales en el ensilaje final, lo que impacta sobre su calidad nutricional.

pH

En la Tabla 3 se observa que el valor más bajo en este estudio se obtuvo con T1 (80:20 + Suero de Leche) y T3 (75:25 + Suero de Leche) con 4,18 y 4,24. Rodríguez-Oliva et al. (2022) por su parte, obtuvieron en el ensilaje con suero de leche 6,5 para pH. Rodríguez-Oliva et al. (2022), en cambio, al utilizar una proporción de Pasto Cuba (75%) + Botón de oro (25%) en ensilaje alcanzaron un pH de 3,83. Mientras que, Gonzalez et al. (2022), reportaron un pH de 4,01 al utilizar Pasto elefante + Botón de oro (75:25). Valores de los cuales solo en el último caso se asemejan a los obtenidos durante la presente investigación. Por lo tanto, el suero de leche puede tener un efecto sobre el pH del ensilaje. Según un estudio, el contenido de lactosuero tiene la capacidad de afectar al pH del ensilaje. Tirira Pusedá (2018) y Paredes et al. (2014), manifiestan que

el lactosuero proporciona microorganismos de naturaleza ácido-láctica y un porcentaje del 0,46% de ácido láctico, que participan activamente durante la fermentación ácido-láctica, puesto que, convierten los azúcares del forraje, a ácido láctico. Según Fernández et al. (2017), un silo debe presentar un pH menor que 4,5 aunque lo ideal es que se sitúe en 4,2. Por lo tanto, T5 (70:30 + suero de leche) con un valor de 4,73, no se encuentra dentro del rango permitido; no obstante, esto puede ser atribuible al tipo de flora epífita existente en el material al momento de ensilar, su proporción y la especie, conforme a lo manifestado por Genero et al. (2022).

Tabla 3. Determinación de las características bromatológicas de la biomasa de pasto Cuba 22 y botón de oro con diferentes proporciones de aditivos

Tratamientos	Materia seca	Proteína	Fibra bruta	Ceniza	pH
a0b0	20,29 ^b	15,62 ^b	23,65 ^e	6,47 ^b	4,18 ^a
a0b1	21,43 ^c	15,04 ^a	24,78 ^f	6,95 ^c	4,39 ^{ab}
a1b0	24,14 ^f	17,96 ^f	20,45 ^b	7,54 ^f	4,24 ^a
a1b1	23,61 ^e	17,34 ^d	20,14 ^a	7,16 ^d	4,53 ^{ab}
a2b0	19,51 ^a	17,53 ^e	22,47 ^c	5,73 ^a	4,73 ^b
a2b1	22,95 ^d	16,64 ^c	23,27 ^d	7,51 ^e	4,48 ^{ab}
C.V (%)	0,04	0,07	0,05	0,14	4,74

Correlación de las variables

Se realizó un análisis de componentes principales, mostrado en la Figura 2, para reducir la dimensionalidad de los datos, y el 87,7% de la variabilidad total se explica según los dos primeros componentes principales (CP1: 52,7%, PC2: 35,0%). El primer componente principal está asociado en primer lugar con la proteína, la materia seca y la ceniza, ya que exhibe una alta correlación entre ellos. El segundo componente principal está relacionado principalmente con la fibra cruda; por lo tanto, está correlacionado negativamente con las variables del CP1. La proteína y la materia seca se destacaron fuertemente en las observaciones 3 y 4, mientras que la fibra cruda fue más marcada en la observación 5, con niveles bajos de todas las demás variables. Esto claramente segrega las muestras en función de las propiedades bromatológicas e indica que dichas variables pueden ser determinantes en la variabilidad de los datos. Con base en estos resultados, se recomienda priorizar tratamientos que presenten mayores contenidos de proteína y materia seca (como los observados en los tratamientos 3 y 4), ya que estos contribuyen a una mejor calidad nutricional del ensilado y a una mayor eficiencia en la alimentación animal.

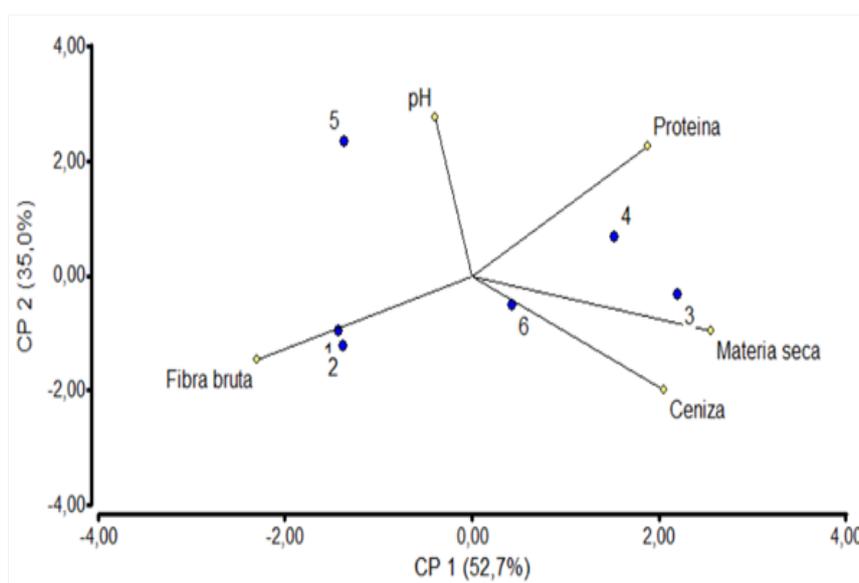


Figura 2. Componentes principales

3.2. Análisis organoléptico

Olor

La Figura 3 proporciona una evaluación visual de la característica organoléptica del olor en el ensilaje. Los tratamientos T3 y T4 sobresalen con las valoraciones más altas, alcanzando un nivel de excelencia en cuanto al olor del ensilaje. Con puntuaciones de 3,83 y 4 respectivamente, estos tratamientos se clasifican en la categoría de "Excelente", lo que indica que producen un ensilaje con un olor excepcionalmente agradable y similar al de fruta madura. Por otro lado, los tratamientos T1, T2, T5 y T6, aunque no alcanzan la excelencia de T3 y T4, aún muestran valoraciones positivas en cuanto al olor del ensilaje. T1 y T5 recibieron una calificación de 3, lo que indica un olor bueno, pero no excepcional. T2 y T6, con puntuaciones de 3,33 y 3,17 respectivamente.

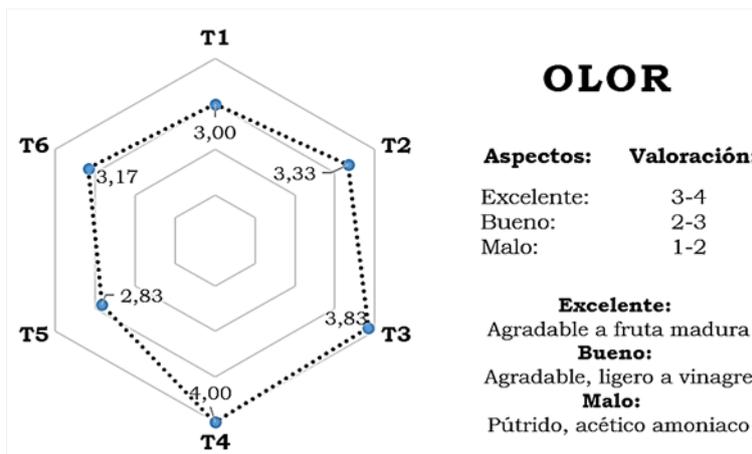


Figura 3. Característica organoléptica correspondiente al olor del ensilaje

Color

Con respecto al color del ensilaje mostrado en la Figura 4 los tratamientos T2, T3, T4 y T5 se destacan con valoraciones altas, indicando que producen un ensilaje con un color excelente, de tonalidad verde aceituno. La puntuación alta obtenida por estos tratamientos sugiere una fermentación adecuada y una preservación eficaz de los nutrientes. En particular, T3 y T4 recibieron las puntuaciones más altas, con valores de 3,83 y 4 respectivamente. Esto indica que producen un ensilaje con un color excepcional, lo que sugiere una excelente conservación de los componentes nutritivos y una mínima degradación durante el proceso de ensilaje. No obstante, aunque los tratamientos T1 y T6, aunque tienen valoraciones ligeramente inferiores con valores de 2,83 y 2,67 respectivamente, aún muestran un color verde amarillento que se considera bueno.

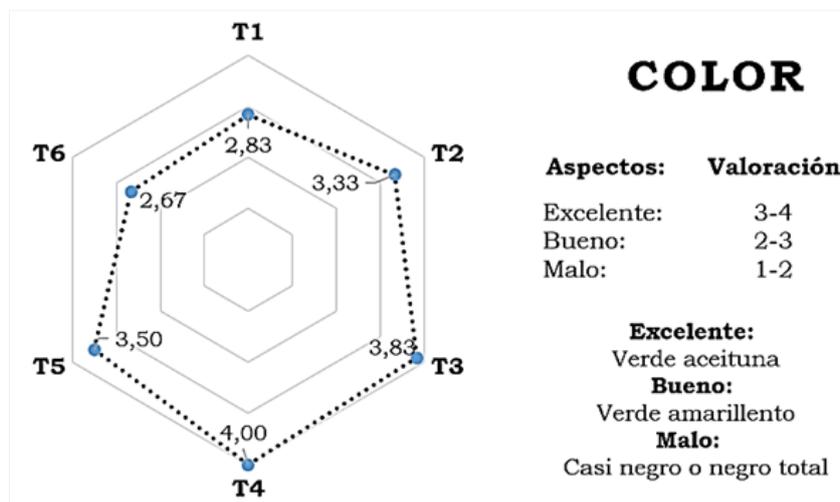


Figura 4. Característica organoléptica correspondiente al color del ensilaje

Textura

En el caso de la textura mostrado en la Figura 5 se observó que los tratamientos T2, T3, T4 y T5 obtuvieron las valoraciones más altas, con puntajes de 3,33, 3,83, 4 y 3,50 respectivamente. Las puntuaciones reflejan una textura excelente en el ensilaje producido, caracterizada por contornos continuos y hojas firmemente unidas al tallo. La coherencia en la textura es indicativa de una buena compactación y fermentación. Por otro lado, los tratamientos T1 y T6, con puntuaciones de 2,83 y 2,67 respectivamente, mostraron valoraciones ligeramente inferiores. Aunque estas puntuaciones indican una textura buena, se observó que las hojas eran más transparentes y los bordes menos definidos.

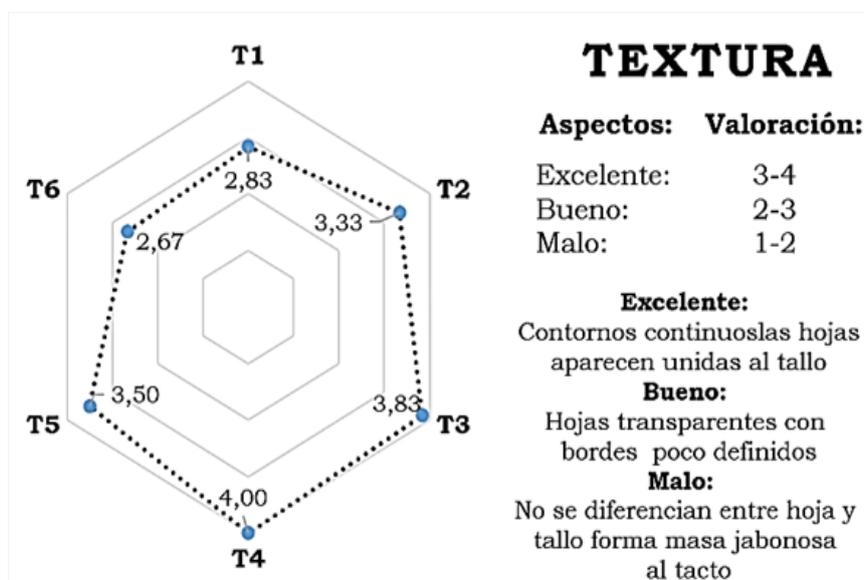


Figura 5. Característica organoléptica correspondiente a la textura del ensilaje

Humedad

En los resultados de la humedad demostrado en la Figura 6 los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6 obtuvieron calificaciones de 3,17, 3,50, 3,83, 3,17 y 3,17 respectivamente. Las altas puntuaciones indican que el ensilaje producido por estos tratamientos presenta un excelente manejo de la humedad. El tratamiento T1, aunque recibió una valoración ligeramente inferior en comparación con los otros tratamientos, continua dentro de la categoría de buena a excelente.

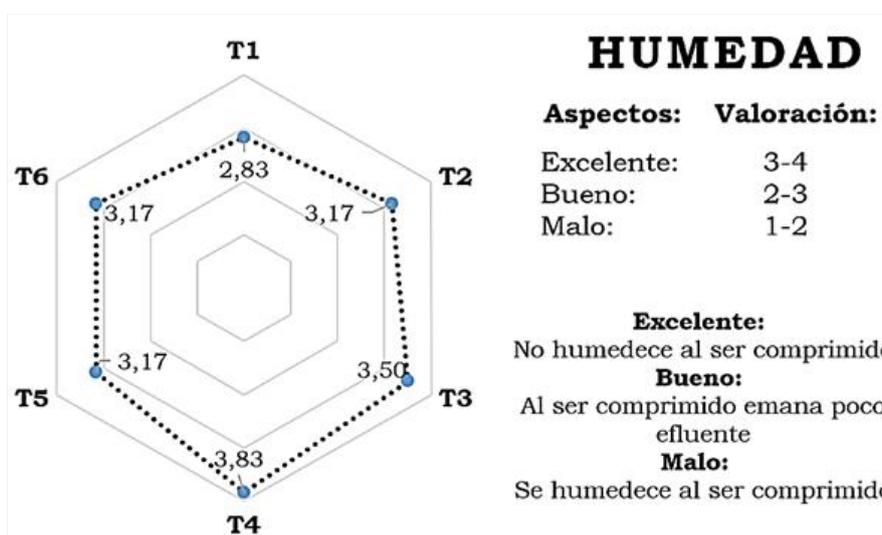


Figura 6. Característica organoléptica correspondiente a la humedad del ensilaje

En general, el ensilaje mostró un buen sabor, textura y apariencia en todas las etapas evaluadas, lo que demuestra una calidad constante durante el almacenamiento. Esto indica que el proceso de ensilado fue efectivo y que el forraje se conservó bien, siendo adecuado para el consumo animal y fácil de manejar. La calidad uniforme sugiere que no hubo deterioro significativo. Resultados que son comparables a los obtenidos por Granados et al., 2014, quienes también lograron una fermentación exitosa después de 60 días de ensilaje de pasto estrella africana con melaza. Conforme con Fernández et al., 2017, los silos bien elaborados tienen características distintivas. El color puede variar entre amarillo, marrón o verde, dependiendo del forraje y la fermentación. El olor debe ser agradable y ligeramente avinagrado, indicando una fermentación correcta. La textura debe ser firme y no viscosa, ya que una consistencia viscosa puede favorecer el crecimiento de hongos.

CONCLUSIONES

La investigación caracterizó las propiedades bromatológicas del ensilaje elaborado con biomasa de pasto Cuba 22 y Botón de oro en diferentes proporciones, empleando dos aditivos. Los resultados demostraron que las combinaciones evaluadas provocaron variaciones significativas en los niveles de materia seca, proteína cruda, fibra cruda, cenizas y pH. Entre los tratamientos, T3 (75% Cuba 22 + 25% Botón de oro con adición de suero de leche) presentó el mayor contenido proteico y un pH óptimo para la conservación. A través del análisis de componentes principales, se identificó que la proteína, la materia seca y las cenizas son variables clave para diferenciar los tratamientos. Complementariamente, las características organolépticas —olor, color, textura y manejo de la humedad— fueron evaluadas favorablemente, destacando la calidad fermentativa y nutricional del ensilaje. Estos hallazgos respaldan el uso estratégico de aditivos como el suero de leche y el Botón de oro para mejorar la conservación y el valor nutricional del ensilaje producido.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Moreira-Macías, N. M. y Castillo-García, A. A.

Curación de datos: Romero-Salguero, E. J. y Plua-Montiel, J. A.

Análisis formal: Romero-Salguero, E. J. y Plua-Montiel, J. A.

Investigación: Moreira-Macías, N. M., Castillo-García, A. A., Romero-Salguero, E. J. y Plua-Montiel, J. A.

Metodología: Moreira-Macías, N.M, Castillo-García, A.A.)

Supervisión: Romero-Salguero, E. J. y Plua-Montiel, J. A.

Validación: Romero-Salguero, E. J. y Plua-Montiel, J. A.

Redacción - borrador original: Moreira-Macías, N. M., Castillo-García, A. A., Romero-Salguero E. J. y Plua-Montiel, J. A.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angulo, J., Nemocón, A., Posada, S., & Mahecha, L. (2021). Producción, calidad de leche y análisis económico de vacas holstein suplementadas con ensilaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) o ensilaje de maíz. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20(1).

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612022000100027

- Botero Londoño, J. M., Gómez Carabalí, A., & Botero Londoño, M. A. (2019). Rendimiento, parámetros agronómicos y calidad nutricional de la *Tithonia diversifolia* con base en diferentes niveles de fertilización. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(3), 789-800.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4667>
- Casallas Argaez, O. A. (2014). *Identificación y evaluación de especies forrajeras provisionales integradas a sistemas de producción animal* [Universidad de la Salle]. <https://hdl.handle.net/20.500.14625/24770>
- Castaño-Jiménez, G. A., Barragán-Hernández, W. A., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2023). Revisión de la calidad nutricional de botón de oro y de afrecho de yuca para la producción de ensilajes en ganadería de leche. *Veterinaria México OA*, 10.
<https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2023.1201>
- Cerdas Ramírez, R., Villalobos, E. V. V., & Rojas, J. C. V. (2021). Productividad del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) con distintas dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes*, 136-161. <https://doi.org/10.15517/isucr.v22i45.47069>
- Dueñas, L., & Burgos, M. (2021). *Influencia de la edad de corte y aditivos sobre la calidad nutricional del ensilaje de pasto cuba 22* [Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí].
<https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/1544/1/TTA28D.pdf>
- Encalada, M., Fernández, P., Jumbo, N., & Quichimbo, A. (2018). Ensilaje de pulpa de café con la aplicación de aditivos en el cantón Loja. *Bosques Latitud Cero*, 7(2), 71-82.
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/322>
- Fernández, M., Zambrano, S. J., Zumba, L. C., & López, G. (2017). Consideraciones generales sobre el proceso de elaboración de silos. *Roca. Revista científico - educacional de la provincia Granma*, 13(3), 107-116. <http://revistas.udg.co.cu/index.php/roca/article/view/346>
- Genero, G., Pechin, G., Sánchez, L., Ginart, L., Denda, S., Sánchez, C., Godoy, T., & Gerena, A. (2022). Efecto del estado fenológico, del marchitado y de la aplicación de un inoculante microbiano sobre la calidad nutricional de ensilaje de alfalfa. *Ciencia Veterinaria*, 24(2), 3-17.
<https://doi.org/10.19137/cienvet202224201>
- Gonzalez, I., Betancourt, M., Fuenmayor, A., & Lugo, M. (2011). Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto Elefante (*Pennisetum* sp.) en el Noroccidente de Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 29(1), 103-112. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-72692011000100009&script=sci_abstract
- Gonzalez, P. A., Sosa, H., López, A., Stoll, A., Loto, M., Colcombet, L., Barth, S. R., & Picot, J. (2022). Evaluación de la calidad química de silajes de *Pennisetum purpureum* y *Tithonia diversifolia* = Evaluation of chemical quality of *Pennisetum purpureum* and *Tithonia diversifolia* silages. *Revista Argentina de Producción Animal*, 42, 281-329. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/13577>
- Hurtado, E. A., Arteaga Chávez, F. G., Zambrano-Zambrano, B. A., & Vera Mendoza, A. J. (2020). Inoculación de *Lactobacillus plantarum* para la fermentación y conservación del ensilaje de maíz. *Revista ESPAMCIENCIA*, 11(2), 108-114. https://doi.org/https://doi.org/10.51260/revista_esпамciencia.v11i2.237
- ITW Reagents. (2023). *Determinación de Nitrógeno por el Método Kjeldahl*. PanReac Química SLU.
https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173_ES.pdf
- Pacheco Ramos, B. L., Vieira Pires, A. J., Teles Cruz, N., eireira da Silva dos Santos, A. P., Gigante

- Nascimento, L. M., Pereira Santos, H., & Silva Amorim, J. M. (2021). Perdas no Processo de Ensilagem: Uma breve revisão. *Research, Society and Development*, 10(5), e8910514660. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14660>
- Paredes, P., Chávez, A., Rodríguez, J., Aguilar, N., Rentería, A., & Rodríguez, G. (2014). Características físico-químicas y microbiológicas de suero de leche de queso Chihuahua. *Investigación y Ciencia*, 22(62), 11-16. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67432507002.pdf>
- Pazla, R., Jamarun, N., Agustin, F., Arief, A., Elihasridas, E., Ramaiyulis, R., Yanti, G., Ardani, L., Sucitra, L., & Ikhlas, Z. (2024). Nutrition profile and rumen fermentation of *Tithonia diversifolia* fermented with *Lactobacillus bulgaricus* at different times and doses. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 1. <https://doi.org/10.5455/javar.2024.k759>
- Polanía, Y., Mora, J., Serrano, R., & Piñeros, R. (2013). Movimiento de ganado en pastoreo en un sistema silvopastoril del valle cálido del Magdalena tolimese (Colombia). *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 6(1). <https://revistas.ut.edu.co/index.php/ciencianimal/article/view/428/364>
- Rivas Avellán, M. Á., & Vera Mera, J. R. (2023). Valor nutricional y degradabilidad ruminal in situ del banco forrajero mixto cuba 22 (*Pennisetum sp*) y KUDZU (*Pueraria phaseoloides*) [Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/2176>
- Rodríguez-Badilla, B., Alvarez-Brito, R., & López-Herrera, M. (2022). Inclusión de *Tithonia diversifolia* sobre la calidad de ensilajes de Cuba OM22 con la adición de *Musa sp*. *Nutrición Animal Tropical*, 16(2), 71-90. <https://doi.org/10.15517/nat.v16i2.52298>
- Rodríguez-Oliva, M., Ojeda-García, F., Pozo-Pérez, Y., Rondón-Castillo, A. J., & Milián-Florido, G. (2022). Artículo científico Evaluación de dos inóculos microbianos como activadores de la fermentación en ensilajes de. *Pastos y Forrajes*, 45(22), 1-9. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269173684023>
- Tirira Pusedá, O. J. (2018). *Evaluación de cuatro estimulantes de la fermentación (Melaza, Suero de leche, Pulpa de cítricos y EMAS) del ensilaje de maíz en silo bolsa, en el Centro Experimental San Francisco - Carchi - Ecuador* [Universidad Politécnica Estatal Del Carchi]. <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/557>
- Tricarico, J. M., Kebreab, E., & Wattiaux, M. A. (2020). MILK Symposium review: Sustainability of dairy production and consumption in low-income countries with emphasis on productivity and environmental impact. *Journal of Dairy Science*, 103(11), 9791-9802. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18269>
- Zanin, E., Horst, E. H., Da Silva, C. A., & Bumbieris Junior, V. H. (2022). Efectos del suero ácido sobre la calidad química fermentativa y la estabilidad aeróbica del ensilado de grano de maíz rehidratado. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(4), 943-961. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i4.5958>