

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: "Evaluación del uso de glicerina bruta en la reducción de pérdidas fermentativas de ensilaje de maíz (*Zea mays*) en el Centro Experimental San Francisco-UPEC"

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Agropecuaria

AUTOR: Ramírez Huaca Ángelo Sebastián

TUTOR: Ing. Mora Quilismal Segundo Ramiro, PhD.

Tulcán, 2026.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Ramírez Huaca Ángel Sebastián con el número de cédula 0401840533 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación del uso de glicerina bruta en la reducción de pérdidas fermentativas de ensilaje de maíz (*Zea mays*) en el Centro Experimental San Francisco-UPEC"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

Ing. Mora Quilismal Segundo Ramiro, PhD.


TUTOR

Tulcán, junio de 2026

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de Agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Ramírez Huaca Ángelo Sebastián con cédula de identidad número 0401840533 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

A handwritten signature in blue ink, reading "Sebastián Ramírez", with a horizontal line underneath.

Ramírez Huaca Ángelo Sebastián

AUTOR

Tulcán, junio de 2026

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Ramírez Huaca Ángel Sebastián declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación del uso de glicerina bruta en la reducción de pérdidas fermentativas de ensilaje de maíz (*Zea mays*) en el Centro Experimental San Francisco-UPEC" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, reading "Sebastián Ramírez", is positioned above a horizontal line. The signature is written in a cursive style with a horizontal line through the middle of the letters.

Ramírez Huaca Ángel Sebastián

AUTOR

Tulcán, junio de 2026

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por darme fuerza, sabiduría y guiar mis pasos en todo momento.

Agradezco a Yolanda, mi madre querida, por inculcarme los valores de respeto, responsabilidad y perseverancia, por su esfuerzo y valentía sin medida, al permitirme lograr mis metas.

Al tutor, PhD. Ramiro Mora, por instruirme, guiarme y por todo el tiempo dedicado a mi investigación.

Finalmente, doy gracias a la UPEC por brindarme el conocimiento y las facilidades para aprender constantemente.

Ramírez Huaca Ángelo Sebastián

DEDICATORIA

A Dios, por cuidar a mis seres queridos y darme fortaleza en todo momento.

A mi madre, porque su inmenso amor y esfuerzo fueron los pilares fundamentales para mi formación como persona y como profesional. Por sus consejos, por ser mi luz en la oscuridad y por impulsarme a seguir adelante.

A mi padre, por ser ejemplo de trabajo y perseverancia, por sus enseñanzas y por inculcarme la importancia de la disciplina.

A mis hermanos, por ser la motivación de mi esfuerzo y por las incontables horas de paciencia y comprensión.

Ramírez Huaca Ángelo Sebastián

ÍNDICE

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
I. EL PROBLEMA	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3. JUSTIFICACIÓN	17
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	18
1.4.1. Objetivo General.....	18
1.4.2. Objetivos Específicos	18
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	18
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.2. MARCO TEÓRICO	20
2.2.1. Los forrajes	20
2.2.2. El maíz	20
2.2.3. Origen e Importancia del maíz.....	21
2.2.4. Taxonomía del maíz	21
2.2.5. Composición nutricional del maíz	21
2.2.6. Descripción botánica del maíz.....	21
2.2.7. Manejo del cultivo de maíz.....	22
2.2.8. Plagas y enfermedades del maíz.....	23
2.2.9. Comercialización del maíz.....	23
2.2.10. El ensilaje	24

2.2.11. Origen e historia del ensilaje	24
2.2.12. Importancia del ensilaje	25
2.2.13. Requerimientos para un buen ensilaje	25
2.2.14. Tipos de ensilaje	26
2.2.15. Comercialización del ensilaje	26
2.2.16. La fermentación	26
2.2.17. Proceso de fermentación	27
2.2.18. Tipos de fermentación	27
2.2.19. Microorganismos involucrados en la fermentación.....	28
2.2.20. Factores que determinan la calidad fermentativa	28
2.2.21. Pérdidas fermentativas	29
2.2.22. Principales causas de las pérdidas fermentativas.....	30
2.2.23. Efectos de las pérdidas fermentativas.....	30
2.2.24. Otro tipo de pérdidas	30
2.2.25. Aditivos en el ensilaje	31
2.2.26. Tipos de aditivos	31
2.2.27. Beneficios de usar aditivos	32
2.2.28. Aditivos más comunes	32
2.2.29. Glicerina bruta como aditivo para ensilaje	33
2.2.30. Descripción de la glicerina	33
2.2.31. Tipos de glicerina.....	34
2.2.32. Composición general de la glicerina bruta	34
2.2.33. Propiedades de la glicerina bruta	34
III. METODOLOGÍA	35
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	35
3.1.1. Enfoque	35
3.1.2. Tipo de Investigación.....	35
3.2. IDEA A DEFENDER	35

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	36
3.3.1. Variables en estudio	38
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	39
3.4.1. Localización del experimento	39
3.4.2. Características del ensayo.....	39
3.4.3. Población y muestra	40
3.4.4. Tratamientos	40
3.4.5. Procedimiento	41
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1. RESULTADOS	45
4.1.1. Contenido de ácido Láctico	45
4.1.2. Contenido de azúcares totales	46
4.1.3. Contenido de materia seca.....	46
4.1.4. Contenido de humedad	47
4.1.5. Valor de pH.....	48
4.1.6. Pérdida de masa	49
4.1.7. Costo/beneficio	50
4.1.8. Tabla resumen.....	50
4.2. DISCUSIÓN	51
4.2.1. Contenido de ácido láctico	51
4.2.2. Contenido de azúcares totales	51
4.2.3. Contenido de materia seca.....	51
4.2.4. Contenido de humedad	52
4.2.5. Valor de pH.....	52
4.2.6. Pérdida de masa	52
4.2.7. Costo/beneficio	53
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54

5.1. CONCLUSIONES	54
5.2. RECOMENDACIONES	54
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
VII. ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición general de la glicerina	34
Tabla 2. Propiedades de la glicerina	34
Tabla 3. Operacionalización de variables	36
Tabla 4. Características del ensayo	39
Tabla 5. Tratamientos evaluados	41
Tabla 6. ANOVA para contenido de ácido láctico.....	45
Tabla 7. Tukey para contenido de ácido láctico (%) entre tratamientos.....	46
Tabla 8. ANOVA para contenido de azúcares totales.....	46
Tabla 9. ANOVA para contenido de materia seca	47
Tabla 10. Tukey para contenido de materia seca (%) entre tratamientos	47
Tabla 11. ANOVA para contenido de humedad.....	48
Tabla 12. Tukey para contenido de humedad (%) entre tratamientos.....	48
Tabla 13. ANOVA para valor de pH.....	48
Tabla 14. Tukey para valor de pH entre tratamientos	49
Tabla 15. ANOVA para pérdida de masa.....	49
Tabla 16. Tukey para pérdida de masa (%) entre tratamientos.....	50
Tabla 17. Análisis costo-beneficio (USD)	50
Tabla 18. Tabla resumen de resultados del análisis fisicoquímico	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lugar de estudio Centro Experimental San Francisco	39
Figura 2. Población y muestra del ensayo experimental	40
Figura 3. Desarrollo del maíz a los 10, 30 y 60 días.....	73
Figura 4. Desarrollo del maíz a los 120 y 150 días.....	73
Figura 5. Cosecha y ensilado del maíz	74
Figura 6. Pesaje y mezclado	74
Figura 7. Llenado, sellado y ubicación	75
Figura 8. Apertura y toma de muestras	75

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC	64
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas	65
Anexo 3. Análisis inicial del maíz ensilado	67
Anexo 4. Análisis del ensilaje (T0).....	68
Anexo 5. Análisis del ensilaje (T1).....	69
Anexo 6. Análisis del ensilaje (T2).....	70
Anexo 7. Análisis del ensilaje (T3).....	71
Anexo 8. Análisis del ensilaje (T4).....	72
Anexo 9. Proceso experimental.....	73

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el uso de glicerina bruta en la reducción de pérdidas fermentativas de ensilaje de maíz (*Zea mays*) en el Centro Experimental San Francisco-UPEC. El experimento se llevó a cabo bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cinco tratamientos (0, 10, 20, 30 y 40 % de glicerina bruta con relación a la materia seca ensilada) y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: contenido de ácido láctico, materia seca, humedad, pH, azúcares totales, pérdida de masa y análisis económico. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y prueba de Tukey al 5 % utilizando el programa estadístico InfoStat. Los resultados mostraron efectos diferenciados sobre las características fermentativas del ensilaje de maíz. El Tratamiento 2 (20 % de glicerina bruta) presentó el mejor desempeño, registrando un incremento significativo en el contenido de materia seca, alcanzando 30,83 %. La humedad disminuyó hasta 69,17 %, reflejando una mejor concentración de sólidos. Del mismo modo, el T2 presentó la menor pérdida de masa (1,06 %), evidenciando una alta eficiencia en el proceso de conservación. El pH mostró variaciones leves entre tratamientos, pero se mantuvo dentro del rango óptimo. Asimismo, el contenido de ácido láctico disminuyó conforme la adición de glicerina bruta, mientras que los azúcares totales no presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Por su parte, el análisis económico evidenció una alta rentabilidad en el tratamiento T0 (C/B: 1,71); sin embargo, este mantuvo una baja calidad fermentativa.

Palabras Claves: Ácido láctico, análisis económico, análisis estadístico.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the use of crude glycerin in reducing fermentative losses of corn silage (*Zea mays*) at the San Francisco–UPEC Experimental Center. The experiment was conducted under a randomized complete block design (RCBD), with five treatments (0, 10, 20, 30, and 40 % crude glycerin in relation to the ensiled dry matter) and four replications. The variables evaluated were lactic acid content, dry matter, moisture, pH, total sugars, mass loss, and economic analysis. The results were subjected to analysis of variance and Tukey's test at 5 % using the InfoStat statistical software. The results showed differentiated effects on the fermentative characteristics of corn silage. Treatment 2 (20 % crude glycerin) presented the best performance, recording a significant increase in dry matter content, reaching 30.83 %. Moisture decreased to 69.17 %, reflecting a better concentration of solids. Likewise, T2 showed the lowest mass loss (1.06 %), evidencing high efficiency in the conservation process. pH showed slight variations among treatments but remained within the optimal range. In addition, lactic acid content decreased as crude glycerin addition increased, while total sugars showed no significant differences among treatments. On the other hand, the economic analysis showed high profitability in treatment T0 (B/C: 1.71); however, it maintained low fermentative quality.

Keywords: Lactic acid, economic analysis, statistical analysis.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el Carchi es caracterizado por la alta producción lechera, actividad que constituye un sustento fundamental para numerosos productores. La base de la alimentación bovina son los pastos, cuya disponibilidad se ve afectada durante la época seca, periodo en el que se presenta un marcado déficit de forrajes que dificulta mantener los niveles de producción. En contraste, durante la época lluviosa la disponibilidad de alimento aumenta, lo que permite cubrir de manera adecuada los requerimientos nutricionales del ganado y, por ende, incrementar la producción lechera (Tirira, 2016).

Ante esta variabilidad estacional, se hace necesario implementar nuevas alternativas de alimentación centradas principalmente en la conservación de pastos; entre ellas, el ensilaje, que permite aprovechar al máximo los cultivos destinados a la alimentación animal y garantizar reservas nutritivas para los periodos de escasez (Tirira, 2016). En este sentido, el ensilaje, especialmente de maíz, constituye una combinación exclusiva de fibra que aporta energía en la nutrición de los rumiantes (Weinberg y Ashbell, 2003, como se citó en Tene, 2015).

A pesar de los beneficios del ensilaje, pueden presentarse ciertas complicaciones, específicamente en el proceso fermentativo. En esta etapa intervienen diferentes microorganismos que, dependiendo del sustrato disponible en el material ensilado, pueden favorecer una fermentación eficiente o, por el contrario, generar pérdidas de materia seca y energía bruta (McDonald, 1973, como se citó en Wróbel *et al.*, 2023).

A razón de esto, surgen opciones de mejora para el ensilaje, entre ellas está el uso de aditivos como la glicerina que influye favorablemente en el metabolismo de los microorganismos, actuando como base para la formación de varios compuestos y controlando los procesos metabólicos intracelulares, mejorando el proceso fermentativo del ensilaje (González, 2020).

Este estudio se realizó para maximizar la conservación de nutrientes en el ensilaje de maíz, así como determinar la influencia de diferentes dosis de glicerina para determinar el mejor tratamiento. Además, busca comparar la eficiencia de

conservación para establecer la viabilidad económica de la incorporación de este producto como aditivo.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una limitación importante de la actividad ganadera, reside en la baja disponibilidad de alimentos durante la época seca. Esto se debe a que las condiciones climáticas como la ausencia de precipitaciones y altas temperaturas restringen la disponibilidad y el valor nutritivo de los recursos forrajeros (Cooke *et al.*, 2024). Al no poder satisfacer las demandas alimenticias de los animales, la falta de suministro y la mala calidad del alimento repercuten negativamente en el desempeño de la producción (Ayele *et al.*, 2021).

Otro factor que limita la producción ganadera son las pérdidas fermentativas en el ensilaje. Esto se debe a un mal proceso de conservación, producto del desconocimiento de aditivos y a los múltiples desafíos que enfrentan los productores para lograr una fermentación óptima del forraje. Dichos retos resultan en fermentaciones inadecuadas que pueden causar pérdidas de nutrientes y de materia seca de hasta el 60 %, lo cual reduce considerablemente el valor nutritivo y la eficiencia del alimento para el ganado (Ferraretto, 2024).

En ese sentido, estas problemáticas causan una disminución directa en la producción lechera generadas por el déficit de alimento (Maleko *et al.*, 2018). Adicionalmente, un ensilaje de mala calidad y contaminado se convierte en una fuente de bacterias patógenas que no solo reduce el rendimiento productivo del ganado, sino que también pone en peligro la integridad sanitaria de sus derivados, representando una amenaza para los bovinos y las personas (Queiroz *et al.*, 2018).

Del mismo modo, el desequilibrio consecuente entre la disponibilidad de pastos y la necesidad de recursos compromete la estabilidad financiera de quienes producen. Esta escasez impulsa un incremento en los gastos operativos, obligando a los ganaderos a la adquisición de insumos alimentarios adicionales. Dicha dinámica repercute negativamente en los costos de producción y afecta primordialmente a los productores de menor escala (Rivero, 2025).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La baja calidad nutritiva de los ensilajes ocasionada por las pérdidas fermentativas genera pérdidas económicas a los productores del Carchi.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El ensilaje representa una valiosa alternativa para la alimentación animal, facilitando el almacenaje y la preservación de grandes volúmenes de pastos para ser utilizados durante períodos de escasez. Este proceso mantiene el valor nutricional y la aceptación del alimento por parte del ganado, asegurando así que se cubran los requerimientos nutricionales de los animales (Garcés *et al.*, 2004). Además, esta técnica garantiza que el forraje excedente sea correctamente gestionado y utilizado, traduciéndose en una mejora en el rendimiento (Soto, 2010, como se citó en Chicaiza, 2017).

Asimismo, la implementación de glicerina bruta como suplemento para el ensilaje es una estrategia de conservación altamente efectiva que aumenta el valor nutritivo del forraje. La glicerina, al ser una gran fuente de energía, estimula la actividad de los microorganismos anaeróbicos, lo que a su vez reduce las pérdidas fermentativas, un beneficio crucial en forrajes con baja densidad nutricional (Duarte *et al.*, 2023).

En ese sentido, la aplicación de estas alternativas no solo logra aumentar la producción láctea, sino que también contribuyen a la disminución del sobrepastoreo y optimización de la eficiencia del ganado al reducir la energía que invierten en conseguir su alimento (Hidalgo *et al.*, 2018). Sumado a esto, la glicerina mantiene una adecuada conversión alimenticia en el ganado mejorando la integridad del producto, específicamente en cuanto a la grasa intramuscular y las características de la canal (Oviedo, 2012).

Finalmente, se destaca que la producción de ensilaje es una técnica muy económica y viable, lo que resulta en altas utilidades para los productores, gracias a sus bajos costos operativos y la consecuente rentabilidad generada (Águila, 2024). Del mismo modo, la alta disponibilidad de la glicerina bruta en el mercado se traduce en un precio de adquisición bajo. Esta ventaja económica justifica y permite su inclusión estratégica como suplemento energético en los programas de alimentación para animales (Ariza *et al.*, 2012).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el uso de glicerina bruta en la reducción de pérdidas fermentativas de ensilaje de maíz (*Zea mays*) en el Centro Experimental San Francisco-UPEC.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Establecer diferentes inclusiones de glicerina bruta para reducir las pérdidas fermentativas en el ensilaje de maíz.
- Determinar el mejor tratamiento en estudio con el aditivo que reduce las pérdidas fermentativas.
- Realizar un análisis de costo/beneficio de los tratamientos en estudio.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cómo influye el uso de glicerina bruta en la reducción de las pérdidas fermentativas del ensilaje de maíz (*Zea mays*) en el Centro Experimental San Francisco-UPEC?
- ¿Cómo influyen los diferentes niveles de inclusión de glicerina para reducir las pérdidas fermentativas del ensilaje de maíz?
- ¿Cuál es el mejor tratamiento en estudio con el aditivo que reduce las pérdidas fermentativas?
- ¿Qué tratamiento presenta la mejor rentabilidad?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Torres (2020), de la Escuela Agrícola Zamorano, realizó una revisión sobre el desempeño productivo del ensilaje (maíz, caña dulce y sorgo), sobre el rendimiento de leche bovina, con el objetivo de determinar el tipo de alimento con el mejor aporte de nutrientes y la mayor producción. Concluyendo en que el ensilaje a base de maíz presentó los mejores resultados tanto en la composición nutricional como en la producción láctea, alcanzando un rendimiento notable de 34,3 kg de leche por vaca al día. Esto confirma su gran valor y aporte en las dietas alimenticias de los animales en producción.

Duarte (2023), de la Universidad Pedro Juan Caballero, en Paraguay, analizó el efecto de diversas concentraciones de glicerina bruta como estrategia para mitigar las pérdidas fermentativas en el ensilaje de *Pennisetum purpureum*, con el objetivo de verificar la mejor inclusión. Los resultados demostraron que la inclusión del 30 % de glicerina bruta ofreció los mejores parámetros: la pérdida de efluentes se redujo en 12,05 %, las pérdidas de gases disminuyeron hasta un 57,3 %, y el contenido de materia seca fue el más alto en comparación con las otras dosis evaluadas. Estos hallazgos comprueban que la aplicación de glicerina bruta en el ensilaje genera mejoras significativas en la fermentación.

Por otra parte, Madruga (2021), de la Universidad de la República, analizó la fermentación y caracterización bromatológica de Avena sativa (variedad Cantara LEA-1), evaluando su influencia con relación a la madurez de la planta. Los resultados demostraron que el tratamiento (Z69-73), correspondiente a la cosecha en la fase de grano acuoso a lechoso, resultó ser el mejor. Este éxito se atribuyó al balance ideal que presentó en sus características, incluyendo niveles intermedios de materia seca, azúcares solubles y proteína bruta,

lo que permitió alcanzar una fermentación óptima con una pérdida mínima de efluentes.

Finalmente, Triviño (2024), de la Universidad Estatal de Quevedo, analizó la viabilidad económica y las perspectivas de inversión al suplementar ovinos de la raza Pelibuey con ensilado de maíz enriquecido con subproductos de palma africana (*Elaeis guineensis*). Los resultados demostraron que la inclusión de ensilajes basados en subproductos mejora la rentabilidad de la producción. Específicamente, el Tratamiento uno se destacó como el más rentable, con un punto de equilibrio de 162,83 kg, presentando un beneficio neto favorable y una tasa de rentabilidad óptima.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Los forrajes

Los forrajes constituyen un elemento fundamental en los sistemas de producción lechera, debido a que suministran nutrientes esenciales y fibra en la alimentación animal. Los tipos de forrajes empleados pueden ser diversos, como pastos, ensilajes sorgo, alfalfa u otros cereales, cuya utilización depende de la disponibilidad existente en cada región. No obstante, diversos factores restringen su oferta, por lo que resulta necesario evaluar y desarrollar alternativas forrajeras orientadas a satisfacer las demandas nutricionales del hato bovino, asegurando los niveles adecuados de la producción (Sánchez *et al.*, 2020).

2.2.2. El maíz

Considerado por su gran capacidad fotosintética y excelente aporte de carbohidratos. A lo largo del tiempo, ha tenido varias transformaciones y cambios tecnológicos, incluso generando una revolución agrícola (Simón y Golik, 2018). Del mismo modo, Barreto *et al.* (2018) mencionan que es un producto muy significativo para los sistemas alimentarios sostenibles del país, destacando por sus cualidades adaptativas ante diferentes condiciones ambientales, plagas y enfermedades.

En el Ecuador el maíz es el cultivo de ciclo corto más esencial, ya que es el grano más usado en la creación de productos agroindustriales, así como para el consumo humano y animal. Algo destacable es su rentabilidad gracias a los diversos usos, especialmente en la industria alimentaria y de piensos. Además, esta planta es un pilar fundamental de la identidad cultural de la región (Albán *et al.*, 2021, como se citó en Bermúdez *et al.*, 2024).

2.2.3. Origen e Importancia del maíz

El maíz se encuentra relacionado con culturas precolombinas hace mucho tiempo atrás (Simón y Golik, 2018). Su origen se remonta a la antigüedad, cuando lo cultivaban los asentamientos indígenas de América. Estos pueblos consagraban al maíz como un cultivo sagrado, creyendo que la humanidad era creada a partir de él. Finalmente, este se transformó en un insumo fundamental en el régimen alimenticio de diversas civilizaciones (Cobos *et al.*, 2020, como se citó en Carrasco *et al.*, 2023).

Su importancia como cultivo para la fabricación de ensilaje está centrada en que representa una alternativa ideal para complementar las dietas de vacas en producción. El objetivo es aprovechar los recursos disponibles y ser más eficientes a través de la integración de la energía y el almidón que ofrece el maíz en la alimentación de los animales (Canales y Filippi, 2020).

2.2.4. Taxonomía del maíz

El maíz es un cultivo perteneciente al reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Liliopsida, orden Poales y a la familia Poaceae; corresponde al género *Zea* y finalmente la especie *Zea mays* L. (Conterón, 2021).

2.2.5. Composición nutricional del maíz

Para Gélvez (2023), el maíz presenta un contenido aproximado de 85 % de materia seca y un nivel de nutrientes digestibles totales cercano al 51 %. Asimismo, la energía digestible y metabolizable se sitúan alrededor de 2,15 y 1,75 Mcal/kg, respectivamente. En cuanto a su composición química contiene aproximadamente 5,4 % de proteína, 0,47 % de calcio, 0,07 % de fósforo, 1,1 % de grasa, 6,10 % de ceniza y 29,5 % de fibra.

2.2.6. Descripción botánica del maíz

Según Espinoza (2016), este cultivo presenta la siguiente descripción:

- Raíz: Presenta un sistema radical adventicio.
- Tallo: Presenta un eje con nudos y entrenudos con longitudes variables en la parte central del tallo. Los brotes y las raíces principales salen a partir de entrenudos muy cortos ubicados en la parte inferior del tallo y finalmente, hay entrenudos superiores que transportan agua y nutrientes hacia las hojas.
- Hojas: Formadas por la lámina, el cuello y la vaina. Donde la lámina puede presentar longitudes de 1,5 metros con forma angosta y alargada, además, de un nervio central muy visible en su envés.

- Mazorca: Cubierta por hojas que la protegen casi en su totalidad y que presenta una estructura compacta (Villar, 1995, como se citó en Espinoza, 2016).
- Panoja: Tiene ramificaciones primarias, secundarias y terciarias cuyo eje principal se ubica en la parte final del tallo (Noriega, 1992, como se citó en Espinoza, 2016).

2.2.7. Manejo del cultivo de maíz

Según Morales (2019) los criterios para el manejo del maíz son:

- Clima y época de siembra: Requiere la presencia de clima cálido con abundante agua y una temperatura entre 18 y 20 °C para el desarrollo inicial de la plántula, no se recomienda sembrar en meses muy ventosos ya que es un cultivo que puede ser afectado por esta condición.
- Preparación del suelo: Puede realizarse una labranza manual o preparación mecánica. El primero método se practica más en terrenos con pendientes pronunciadas. En el método mecánico se rotura el suelo de 10 a 20 cm de profundidad y es usado en superficies más regulares.
- Densidad de siembra: Se recomienda establecer un marco de plantación con una separación de entre 75 a 80 cm para líneas de siembra y de 40 cm para cada planta, colocando los granos a una profundidad que oscile entre los 3 y 5 cm.
- Fertilización: Se recomienda primero realizar un análisis de suelo, pero por lo general se aplica (100-60-40 kg de N, P y K por hectárea) aplicados al momento de la siembra o pasado una semana (Morales, 2019).
- Control de malezas: Se debe realizar un manejo en los 15 a 45 días de la siembra mediante labores manuales y si se aplica herbicidas hay que considerar la contaminación que genera.
- Control de plagas y enfermedades: Tener semillas tolerantes a enfermedades y desinfectarlas, mantener el cultivo libre de malezas, aplicar fungicidas e insecticidas, pero con criterio y finalmente, rotar cultivos.
- Cosecha: Si es para consumo se lo cosecha tierno y si está destinado para forraje debe ser cuando comienza el momento de muñequero (Rivas *et al.*, 2014).

2.2.8. Plagas y enfermedades del maíz

Plagas

Según Peralta (2019), las plagas más comunes que atacan el cultivo de maíz son:

- Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*): Este insecto en estado de larva ataca de manera directa al cultivo, perforando el tallo, mazorca y panoja del maíz.
- Pulgones (*Rhopalosiphum maidis*): Son áfidos que consumen la savia de la planta disminuyendo el rendimiento del cultivo y actuando como transmisores de virus.
- Barrenadores: Son gusanos que atacan las hojas y el interior del tallo, rompiendo y trozando el cultivo
- Gusano del maíz (*Helicoverpa zea*): Este gusano ataca los granos del maíz en plena formación de las mazorcas, cuando presentan un estado tierno.

Enfermedades

Según el (CIMMYT, 2004), las enfermedades más comunes son:

- Tizón foliar (*Exserohilum turcicum*): Produce manchas acuosas de forma ovalada en las hojas, ocasionando necrosis y quemadura total del follaje.
- Roya común (*Puccinia sorghi*): Se presenta en la floración del cultivo produciendo pústulas pequeñas y pulverulentas en las hojas.
- Mancha foliar gris (*Cercospora zeae-maydis*): Ocasiona manchas alargadas y necróticas en las hojas y genera un mal llenado del grano luego de la floración.
- Carbón común (*Ustilago maydis*): Genera agallas blancas y ataca tallos, hojas y mazorca ocasionando enanismo en plantas jóvenes.
- Pudrición del tallo y mazorca (*Fusarium spp.*): Genera el marchitamiento de las plantas en pie, atacando el floema y tejidos adyacentes.

2.2.9. Comercialización del maíz

El aumento constante de la producción global del maíz se debe a la creciente demanda y a una combinación de innovación tecnológica, altos rendimientos y expansión del área agrícola. El maíz ya ostenta el liderazgo en volumen de producción entre los cereales y se proyecta que en los próximos diez años se consolide como el cultivo más importante en producción y comercialización (Erenstein *et al.*, 2022).

Históricamente, la producción ecuatoriana de maíz ha sido insuficiente para cubrir su demanda, lo que obligó al país a recurrir a la importación. Sin embargo, las

importaciones se redujeron significativamente gracias a las mejoras en la producción local y las políticas de incentivo agrícola. Las cifras demuestran que las importaciones de maíz amarillo pasaron de 131.335 toneladas en 2013 a 113.655 toneladas en 2014 y, finalmente, a solo 33.000 toneladas en 2015 (Pule, 2020).

2.2.10. El ensilaje

A nivel mundial, el ensilaje se considera una técnica que ayuda a preservar los alimentos y forrajes para optimizar los recursos y disminuir los gastos operativos. Esta, es una opción conveniente ya que no se necesita gran cantidad de maquinaria y tampoco de infraestructura ofreciendo así, una fácil adaptación a los sistemas de producción (Gutiérrez, 2014).

Debido a la marcada estacionalidad de la producción de forraje en Ecuador, caracterizada por intensas sequías y épocas de lluvia, los ganaderos se ven impulsados a investigar y adoptar nuevos cultivos forrajeros. Esta estrategia es crucial para asegurar y preservar el suministro de alimento y, así, mitigar la escasez para el ganado bovino. (Gutiérrez, 2014).

En este proceso se lleva a cabo una fermentación anaeróbica, logrando estabilizar las propiedades nutricionales del material y garantizando su conservación por largos periodos de tiempo (Castillo *et al.*, 2011). Además, su propósito principal es mantener el forraje con la menor pérdida posible, tanto de nutrientes como de materia seca, garantizando una aceptación adecuada para el ganado (Ramos, 2018).

Para Iburguren *et al.* (2025), el ensilaje es un proceso que consiste en picar finamente y compactar el forraje, creando condiciones anaeróbicas e iniciando la fermentación. También se menciona que, durante esta etapa, los microorganismos consumen los carbohidratos presentes en el del forraje para transformarlos en ácido láctico, reduciendo el pH y creando un ambiente ácido donde los microorganismos descomponedores no pueden proliferar. Por lo que, se puede mantener en buen estado durante mucho tiempo siempre y cuando no haya oxígeno.

2.2.11. Origen e historia del ensilaje

En la antigüedad tanto Romanos como egipcios ya utilizaban esta técnica de conservación. Aunque en los años 40 no fue una técnica muy atractiva para los productores debido a la gran cantidad de personas que se necesitaba para su manejo y distribución. No obstante, durante la década de 1950, el progreso de esta actividad cobró fuerza gracias a la aparición de tecnología moderna, al

abaratamiento de los procesos productivos y al surgimiento de nuevas herramientas como el rastrillo de empuje que facilitaba labores de manejo. Además, con el pasar del tiempo estas evolucionaron progresivamente, beneficiando a muchas granjas que lograron construir alojamientos para autoalimentar los animales mediante el ensilaje (Vieyra, 2006).

2.2.12. Importancia del ensilaje

En la actualidad hay una gran cantidad de métodos para almacenar y preservar los ensilajes sin comprometer su calidad, lo que posibilita su uso en el momento oportuno y bajo condiciones favorables (Coello, 2024, como se citó en Bermúdez *et al.*, 2024). Por esta razón la importancia del ensilaje radica en su disponibilidad para las épocas de escasez donde hay un déficit de alimentos permitiendo a los productores contar con reservas de forraje de gran calidad haciendo que las propiedades nutritivas se mantengan obteniendo un alto valor energético y gran versatilidad en la alimentación bovina (Bermúdez *et al.*, 2025).

Del mismo modo, Hinostroza (2022) menciona que el ensilaje es un componente fundamental en la alimentación lechera durante todo el año, ya que garantiza forrajes de excelente calidad y disminuye los gastos operativos. Por lo tanto, es prioritario asegurar una materia prima de calidad y ejecutar la fermentación con la máxima eficiencia posible, lo cual simplifica la tarea de equilibrar nutricionalmente las raciones.

2.2.13. Requerimientos para un buen ensilaje

Para Filippi y Canales (2020), los requerimientos que se consideran al momento de tener un ensilaje de calidad son:

- Trituración: La calidad viene determinada por factores que incluyen el proceso de molienda y el tamaño de partícula cortada. En los sistemas que requieren fibra larga, se establece un calibre de partícula de 20 a 25 mm; mientras que en aquellos que no lo requieren, el tamaño de partícula cortada es de 15 y 20 mm.
- Compactación: La fermentación anaeróbica no puede producirse en presencia de oxígeno, ya que afecta la conservación del forraje y aumenta las pérdidas del ensilaje. La función de compactar es eliminar la mayor cantidad de aire posible mediante peso y fuerza, creando así un medio óptimo para una fermentación adecuada. La capa compactada no debe superar los 10 cm de altura.

- Sellado: El sellado es la etapa final de todo el proceso realizado y se le considera la parte más crucial ya que impide que el oxígeno ingrese al ensilaje.
- Apertura: Abrir el ensilaje de maíz antes de tiempo impide que se utilicen correctamente sus nutrientes, ya que no se alcanza el máximo potencial digestivo si el periodo de almacenamiento es muy corto.

2.2.14. Tipos de ensilaje

Según García (2001), los tipos de ensilajes son:

- Verticales: Gracias a su estructura cilíndrica, estos silos logran una compactación superior, lo que permite eliminar casi por completo el oxígeno en su interior. Además, pueden ser de diversos materiales como madera, plástico, zinc o metal.
- Horizontales: Aunque se puede adaptar su forma a diversas condiciones es muy complicado lograr un cierre total.
- De trinchera: Es básicamente una fosa rectangular excavada en la tierra, la cual presenta complicaciones al momento de asegurar bien el silo ya que puede ingresar humedad.
- De parva: Son muy susceptibles a sufrir daños en el recubrimiento que protege el silo y lo más probable es que solo el centro de todo el producto sea adecuado.
- En bolsas: Es un método económico para la elaboración de ensilaje ya que no hace falta infraestructura, una de sus ventajas es que facilita las labores de transporte y manejo (Mora y Ulate, 2014, como se citó en Cuzme, 2022).

2.2.15. Comercialización del ensilaje

El ensilaje puede ser producido en bolsas de hasta 50 kg, lo que potencia enormemente su comercialización y distribución. Este formato facilita el manejo, almacenamiento y transporte del material, minimizando significativamente las pérdidas. Es esencial que las bolsas utilizadas sean de un material duradero y altamente resistente, para evitar el ingreso de aire. Su comercialización se realiza a través de plataformas de internet con precios entre 3,50 a 4 dólares por cada bolsa de aproximadamente 40 kg (Valencia, 2020).

2.2.16. La fermentación

Es un proceso mediante el cual las moléculas complejas (como la glucosa) se desintegran y forman compuestos más simples por acción de la respiración anaeróbica y de varios procesos oxidativos (Autmix, 2023).

2.2.17. Proceso de fermentación

Según Elferink *et al.* (2000), hay cuatro fases o etapas que describen el proceso fermentativo del ensilaje.

- Fase anaeróbica: En esta etapa, que dura poco tiempo, el oxígeno presente en el forraje se agota demasiado rápido a causa de la respiración de levaduras y enterobacterias. Además, otras enzimas vegetales, desempeñan un papel importante, siempre que el pH del forraje se mantenga entre 6 y 6,5.
- Fase fermentativa: Esta etapa comienza en un ambiente anaeróbico, dependiendo de las características del forraje y el entorno del proceso. Un desarrollo óptimo potenciará la actividad bacteriana permitiendo que el pH descienda a un rango de 3,8 y 5,0.
- Fase de estabilidad: Se genera cuando no hay oxígeno, la mayoría de los microorganismos disminuyen gradualmente donde sobreviven algunos microorganismos acidófilos que permanecen inactivos, mientras que los bacilos y los clostridios, lo hacen en forma de esporas. Por otro lado, hay microorganismos especializados que persisten, pero a un ritmo bajo debido a que son capaces de tolerar entornos ácidos.
- Fase de deterioro: Esta etapa de degradación se desencadena en el momento en el que hay interacción con el oxígeno ya que es ineludible al momento de su distribución. Este periodo consta de dos etapas; la primera arranca cuando las levaduras y las bacterias acéticas descomponen los ácidos orgánicos generando que el pH aumente. En la segunda fase la temperatura incrementa induciendo a una mayor actividad de microorganismos como bacilos, enterobacterias y mohos que degradan el ensilaje.

2.2.18. Tipos de fermentación

- Fermentación láctica: En esta fermentación se da lugar a la acidificación del ensilaje a partir de la producción de ácido láctico resultante de las azúcares que funcionan como alimento para las bacterias lácticas cuya reproducción se presenta en condiciones anaeróbicas (Fernández *et al.*, 2017, como se citó en Castaño, 2020).
- Fermentación butírica: Se trata de una fermentación no deseada, llevada a cabo por diversas bacterias, que compromete la calidad del ensilado.

Además, se produce ácido acético, propiónico, fórmico y ciertos ácidos volátiles como subproductos de esta fermentación (Silveira y Franco, 2006).

- Fermentación acética: Bacterias aerobias y anaerobias facultativas son formadas como resultado de esta fermentación. Este proceso no es propicio para el ensilaje, ya que las proteínas y los azúcares del forraje son destruidos. Además, hace que el pH no disminuya y que se genere ácido acético y de anhídrido carbónico (Callejo, 2018, como se citó en Cuzme, 2022).

2.2.19. Microorganismos involucrados en la fermentación

Demaret (2019) menciona que hay varios microorganismos que participan en la fermentación.

- Bacterias lácticas: Son capaces de desarrollarse tanto en entornos anaeróbicos como aeróbicos, resultando beneficiosas para el ensilado al mantener intactas las proteínas del forraje. Estas Tienen capacidad de convertir azúcares en ácidos con pocas pérdidas de energía y materia seca, además de tener un poder preservante.
- Bacterias clostridiales: En ausencia de oxígeno, estos organismos causan la pérdida de calidad proteica al degradar los aminoácidos del forraje. Disminuyen en gran medida la calidad nutritiva e incrementan el pH por lo que son indeseables en el ensilaje.
- Levaduras: Al momento que ingresa aire en el ensilaje se da el desarrollo de estos microorganismos los cuales soportan medios ácidos. Esto deriva en la formación de alcohol, que surge como consecuencia de la interferencia de ciertos microorganismos en el ciclo de las bacterias lácticas, compitiendo por el mismo sustrato.
- Hongos: Son microorganismos aeróbicos que producen toxinas a partir del ácido láctico, azúcares y fibras disminuyendo así la calidad nutritiva y generando pérdidas de materia seca.

2.2.20. Factores que determinan la calidad fermentativa

pH

Un ensilaje bien logrado debe tener valores bajos entre 3,6 y 4,2 ya que la acidez determina una fermentación adecuada donde predominan bacterias ácido-lácticas (Favre, 2012).

Materia seca

La determinación del momento de recolección depende directamente del nivel de materia seca presente en el forraje, siendo un parámetro decisivo. En el maíz la recolección no debe comenzar antes de que las plantas tengan, como mínimo, un valor del 30% (Filippi y Canales, 2020).

Ácido láctico

En el ensilaje el contenido láctico debe estar presente en cantidades del 3 al 8 % ya que ayuda a disminuir el pH controlando la producción microbiana. Estas bacterias son anaeróbicas y se desarrollan entre temperaturas de 20 a 45°C (Ponce, 1986).

Azúcares totales

Constituyen el sustrato energético básico que permite el desarrollo microbiano y el éxito del metabolismo fermentativo. El valor óptimo es de 1,8 % de carbohidratos solubles con relación a la materia seca (Gualoto, 2013).

Humedad

Este factor tiene un alto impacto en el ensilaje. Contenidos bajos de humedad pueden producir deterioro del material ensilado, mientras que, una humedad muy elevada reduce la calidad del ensilaje a través de fermentaciones indeseadas y pérdidas de efluentes (Muck y Kung, 2007, como se citó en Undi *et al.*, 2021). Se considera que el contenido hídrico ideal para el forraje de maíz oscila entre el 60 y el 70 % (Gualoto, 2013).

Pérdida de masa

El peso total del ensilado sufre variaciones debido a la lixiviación de efluentes y la compactación interna, lo que puede generar una reducción de hasta el 10 % en la materia seca con un valor ideal del 3 %. Otros factores que intervienen son la respiración, fermentación y deterioro aeróbico (Callejo, 2019).

2.2.21. Pérdidas fermentativas

Según Callejo (2019), las pérdidas fermentativas son la disminución de nutrientes y materia seca generadas durante el proceso de fermentación, atribuibles a la presencia de microorganismos anaeróbicos. Para este autor las pérdidas pueden ir del 10 al 15 % de la materia seca cuando hay levaduras u otros microorganismos indeseados, mientras que en ensilajes bien elaborados con predominio de flora láctica estas pérdidas alcanzan el 5%.

Para Santos *et al.* (2014), los microorganismos presentes en el ensilaje pueden desarrollar fermentaciones indeseadas generando pérdidas fermentativas

durante su conservación, disminuyendo la calidad nutricional con valores de hasta el 30% de pérdida de materia seca.

2.2.22. Principales causas de las pérdidas fermentativas

Malta y da Silveira (2025) mencionan que las causas de pérdidas fermentativas son:

- Aireación: Al exponer el material ensilado con el aire se desarrollan bacterias aeróbicas generando una fermentación indeseable, lo que hará imposible su conservación.
- Exceso de humedad: Produce el desarrollo de ácido butírico comprometiendo el contenido de nutrientes favoreciendo la producción de microorganismos indeseables.
- Bajo contenido de azúcares: Estos son indispensables ya que son la fuente de energía en el ensilaje (Price, 2016).
- Contaminación del silo: El contacto con la tierra, puede ocasionar la proliferación de bacterias afectando el proceso fermentativo y el equilibrio aeróbico (Callejo, 2019).

2.2.23. Efectos de las pérdidas fermentativas

Sobre el ensilaje

Pueden causar pérdidas de nutrientes y de materia seca, lo cual reduce considerablemente el valor nutritivo y la eficiencia del ensilaje (Ferraretto, 2024).

Sobre el animal

Una alimentación basada en ensilado de mala calidad resulta en una menor ingesta por parte del ganado, lo que inevitablemente provoca una disminución en los niveles de producción (Dpto. Técnico de Chr. Hansen Argentina, 2011).

Sobre los productores

La rentabilidad de una explotación agrícola corre un riesgo significativo cuando se utilizan métodos de cosecha inadecuados o sistemas de almacenamiento de baja calidad, ya que ambos factores generan grandes pérdidas (Juarez y Nolan, 2023).

2.2.24. Otro tipo de pérdidas

Según Romero (2004), también se pueden presentar pérdidas de:

- Pérdidas de campo: Se le denomina así a la acumulación de diminutas partículas de forraje en el suelo y al residuo que queda en la base de las plantas, todo esto producto de la recolección mecánica del forraje.

- Pérdidas por oxidación: Suceden cuando hay presencia de oxígeno en el ensilaje a razón de un sellado tardío o mala compactación por lo que se produce una oxidación.
- Pérdidas por lixiviación: Es la eliminación de líquidos que sufre el ensilaje durante todo el proceso y está relacionado con la humedad inicial, la compactación y el forraje o cultivo utilizado.

2.2.25. Aditivos en el ensilaje

En la actualidad, existe un sinnúmero de aditivos para el ensilaje, estos pueden ser industriales o naturales y se aplican dependiendo de su modo de acción y propósito. Su objetivo principal es mantener el equilibrio en el proceso fermentativo y evitar que se desarrollen fermentaciones indeseadas. Si seleccionamos de manera correcta el aditivo puede solucionar la deficiencia de azúcares, reducir problemas por exceso de humedad y controlar la degradación aeróbica (Ramos, 2019). Del mismo modo se puede reducir las pérdidas en la fermentación, mejorar las cualidades nutritivas y favorecer los procesos de conservación (Filippi, 2020).

Según Seven *et al.* (2021), los aditivos utilizados en ensilajes tienen la capacidad de optimizar la fermentación y mejorar la resistencia al deterioro aeróbico, aumentar la flora bacteriana y los sistemas enzimáticos antioxidantes, del mismo modo, mantener la inocuidad del ensilaje y los niveles de ácidos grasos. Además, mencionan que los aditivos son una alternativa eficaz para conservar forrajes, sobre todo en cultivos complejos de ensilar, como la alfalfa, que cuenta con una considerable capacidad amortiguadora y un bajo contenido de carbohidratos.

Entre estos aditivos, se contempla el uso de ingredientes alimenticios y subproductos en los ensilajes debido a su fácil fermentación y su capacidad de absorber la humedad excesiva, aunque trae ventajas estos se deben aplicar en cantidades muy altas y con un manejo e integración adecuadas (Mühlbach, 2001).

2.2.26. Tipos de aditivos

Para Martínez (1990), los aditivos pueden ser de dos tipos, Inhibidores y estimulantes.

- **Inhibidores:** Pueden ser ácidos del tipo orgánico o inorgánico y por lo general son las sustancias químicas que disminuyen el pH del ensilaje. Su difícil disponibilidad o acceso puede hacer que no sea una opción muy viable.

- **Estimulantes:** Son aquellos que estimulan la fermentación y formación de bacterias lácticas como la melaza que aumenta materia seca y estabiliza este proceso fermentativo.

2.2.27. Beneficios de usar aditivos

Según Marshall y Cullough (1982, como se citó en Lara, 2011), usar aditivos en el ensilaje trae las siguientes ventajas:

- Evitan que el forraje se degenere mediante el desarrollo rápido de la acidez.
- Facilitan el proceso fermentativo ya que actúan como sustrato y brindan energía a microorganismos.
- En algunos ensilajes con deficiencias aumentan el contenido proteico.
- Mediante formaldehidos regulan los microorganismos dañinos.
- Actúan como agentes protectores del valor nutritivo del forraje cuando los niveles de hidratación son altos.
- Hacen que los ensilajes sean más apetecibles para el ganado.

2.2.28. Aditivos más comunes

Melaza

Es una fuente rica en carbohidratos solubles y de fácil fermentación. Por esa razón se le atribuye un alto valor energético y protagonismo en la reproducción de microorganismos benéficos que son fundamentales para la conversión láctica. Además, es un aditivo con gran aceptabilidad por parte del ganado (Granados, 2010, como se citó en Espinoza, 2023).

Urea

Este producto usado en el ensilaje optimiza los niveles de proteína y minimiza las mermas de sólidos totales que son generados por levaduras y mohos. Su manera de actuar es inhibirlos ya que la urea se hidroliza en amoníaco favoreciendo el control de estos microorganismos (Quiroz, 2009, como se citó en Dueñas y Burgos, 2021).

Lactosuero

Este es el excedente resultante de las industrias queseras, aunque tiene un color verdoso, apariencia turbia y sabor ácido es una fuente de energía usado en la alimentación de varios animales (Granados, 2010, como se citó en Espinoza, 2023).

Enzimas

Este tipo de aditivos es usado principalmente para forrajes con elevados contenidos de fibra. Actúa degradando los hidratos de carbono y las paredes celulares

produciendo un comportamiento de estado inmaduro (Yang, 1999, como se citó en Lara, 2011).

2.2.29. Glicerina bruta como aditivo para ensilaje

La glicerina bruta es originada a partir de la producción agroindustrial del biodiesel donde se obtienen 100 Kg de glicerina por cada tonelada de biodiesel. Hoy en día hay un incremento considerable en los precios de los productos alimenticios para rumiantes por lo que se buscan nuevas alternativas (Rodríguez, 2021, como se citó en Duarte *et al.*, 2023). Este producto caracterizado por su elevado contenido energético puede ser utilizado en las dietas alimenticias de los animales. Además, múltiples investigaciones han reforzado su aplicación desde el año 2000 (DeFrain *et al.*, 2004, como se citó en França *et al.*, 2012).

Hay una gran cantidad de glicerina obtenida del biodiesel, por ello se buscan múltiples aplicaciones (Betancourt *et al.*, 2016). Con más de 1.500 usos y por sus propiedades fisicoquímicas se le considera una sustancia multifuncional (Posada y Cardona, 2010).

En muchos casos donde los forrajes presentan condiciones desfavorables, comúnmente demasiada humedad, bajo contenido de materia seca y elevada capacidad amortiguadora, la glicerina puede mejorar las condiciones de fermentación y desarrollo de microorganismos debido a la alta capacidad energética y por el potencial para generar bacterias ácido-lácticas (Duarte *et al.*, 2023).

2.2.30. Descripción de la glicerina

La glicerina (1,2,3-propanotriol), obtenida como resultado de la producción del biodiesel, tiene como ingrediente activo al glicerol. Su clasificación puede ser baja, media y alta, dependiendo de la pureza del compuesto en relación con el contenido de etanol, fosforo, agua y glicerol (Schroder y Sudekum, 1999, como se citó en Ariza *et al.*, 2012). Este subproducto presenta una estructura viscosa o líquida, y su coloración puede variar desde colores casi transparentes hasta amarillos y marrones oscuros (Ariza *et al.*, 2012).

Duque y Alzate (2010) describen la glicerina como un componente destacable por sus múltiples beneficios, entre ellos, la versatilidad que presenta, la compatibilidad con innumerables productos químicos, la gran estabilidad al momento de conservarlo y el mínimo nivel de contaminación que genera en el ambiente.

2.2.31. Tipos de glicerina

Según Torres *et al.* (2019) hay tres tipos de glicerina productos del biodiesel.

- Glicerina bruta: Obtenida mediante la transesterificación, donde el nivel de glicerol va de 40 a 88 % debido al contenido de agua, sales y metanol lo que afecta su estado de pureza.
- Glicerina de grado técnico: El nivel de pureza para este tipo de glicerina es del 98 % donde la mayoría de los residuos son descartados.
- Glicerina USP: Este ya es un producto que cumple normas para ser usado en farmacéutica, cosmética y alimentación ya que su nivel de pureza es del 99,7%.

2.2.32. Composición general de la glicerina bruta

Para el uso de la glicerina en la alimentación animal se debe conocer su composición ya que interviene en el organismo de los animales.

Tabla 1. Composición general de la glicerina

Componente	Contenido
Glicerol	70 – 93 %
Contenido en agua	8 – 20 %
Minerales (cenizas / sales)	2 – 10 %
Metanol residual	100 – 750 mg/kg
Energía bruta	4.300 kcal/kg

Fuente: (FEDNA, 2012)

2.2.33. Propiedades de la glicerina bruta

La glicerina presenta varias propiedades importantes que se deben considerar para su aplicación y uso.

Tabla 2. Propiedades de la glicerina

Propiedad	Especificación
Apariencia	Líquido siruposo
Color (APHA)	10
Olor	inoloro
Punto de inflamación	177°C
Punto de fusión	17°C
Punto de ebullición	290°C
Gravedad específica (25/25°C)	1,249
Temperatura de autoignición	393°C

Fuente: (Ospina, 2020)

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Se utilizó el enfoque cuantitativo, centrado en la medición de los parámetros (ácido láctico, materia seca, humedad, pH, azúcares y pérdida de masa), para su posterior análisis estadístico, permitiendo validar la hipótesis planteada.

3.1.2. Tipo de Investigación

- Experimental

Porque se probaron diferentes dosis de glicerina bruta en el ensilaje para verificar la aplicación que genera los mejores resultados.

- De campo

Es de campo, dado que se realizó en la finca de la universidad, permitiendo recolectar datos y muestras en condiciones ambientales reales.

- Aplicada

Es aplicada, porque se centra en mitigar las pérdidas fermentativas del ensilaje de maíz mediante el uso de glicerina bruta como aditivo.

- Bibliográfica

Es bibliográfica, porque se utilizaron libros, artículos científicos y de revistas, tesis de repositorios y sitios web.

3.2. IDEA A DEFENDER

Hipótesis nula (H0)

La aplicación de glicerina bruta no reduce las pérdidas fermentativas del ensilaje de maíz.

Hipótesis alternativa (HA)

La aplicación de glicerina bruta reduce las pérdidas fermentativas del ensilaje de maíz.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 3. Operacionalización de variables

Variables Definición	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumentos
Independiente La glicerina bruta.	T0: Sin aplicación (Testigo)	40 kg de silo de maíz	Sin aplicación	
	T1: Aplicación del 10% de glicerina bruta en el ensilaje	En 40 kg de silo de maíz se aplicó el 10 % de glicerina bruta (0,69 Kg) al primer día del empacado	Aplicación manual	
	T2: Aplicación del 20% de glicerina bruta en el ensilaje	En 40 kg de silo de maíz se aplicó el 20 % de glicerina bruta (1,38 kg) al primer día del empacado		Balanza digital Recipientes Guantes Libreta de registro
	T3: Aplicación del 30% de glicerina bruta en el ensilaje	En 40 Kg de silo de maíz se aplicó el 30 % de glicerina bruta (2,07 kg) al primer día del empacado		
	T4: Aplicación del 40% de glicerina bruta en el ensilaje	En 40 Kg de silo de maíz se aplicó el 40 % de glicerina bruta (2,76 kg) al primer día del empacado	Aplicación manual	
Dependiente Las pérdidas fermentativas	Contenido de ácido láctico		Análisis fisicoquímico de laboratorio (Volumetría)	Kits de ácido láctico
	Contenido de azúcares totales			Refractómetro/ kits de azúcares
	Contenido de materia seca	A los 95 días después del empacado se tomó una muestra de 200 g de silo de maíz para el análisis fisicoquímico expresado en (g/100g)	Análisis fisicoquímico de laboratorio (Gravimetría)	Estufa de secado/ balanza analítica
	Contenido de humedad			

Valor de pH		Análisis fisicoquímico de laboratorio (Potenciometría)	pH-metro digital con electrodo
Pérdida de masa	En 40 kg de silo de maíz se determinó la pérdida de masa empleando el método de diferencia de pesaje. El cálculo se realizó comparando el peso inicial frente al final, expresando la reducción en %.	Pesaje directo	Balanza digital/ libreta de registro/ calculadora
Análisis costo/beneficio (USD)	A los 95 días después del empacado, se determinó la relación costo-beneficio a partir del valor de venta de cada bolsa de ensilaje y los costos de producción incurridos	Fórmula relación costo-beneficio $C/B = \frac{\text{Ganancia neta}}{\text{Costo de producción}}$	Calculadora/ Libreta de registro

3.3.1. Variables en estudio

Contenido de ácido láctico y azúcares totales

Se recolectó una muestra de silo de maíz de 200 gramos para el análisis fisicoquímico inicial y, una vez cumplidos 95 días de fermentación, se obtuvieron muestras de 200 gramos por cada tratamiento de cuatro repeticiones, sumando un total de 20 muestras. Estas fueron enviadas al laboratorio CENAIN, en la ciudad de Quito, para su respectivo análisis fisicoquímico mediante el método de volumetría, bajo la normativa (AOAC).

Contenido de materia seca y humedad

Se obtuvo una muestra de silo de maíz de 200 gramos para el análisis fisicoquímico inicial y, una vez cumplidos 95 días de fermentación, se obtuvieron muestras de 200 gramos por cada tratamiento de cuatro repeticiones, sumando un total de 20 muestras. Estas fueron enviadas al laboratorio CENAIN, en la ciudad de Quito, para su respectivo análisis fisicoquímico mediante el método de gravimetría, bajo la normativa (INEN-ISO 1573).

Valor de pH

Se recolectó una muestra de silo de maíz de 200 gramos para el análisis fisicoquímico inicial y, una vez cumplidos 95 días de fermentación, se obtuvieron muestras de 200 gramos por cada tratamiento de cuatro repeticiones, sumando un total de 20 muestras. Estas fueron enviadas al laboratorio CENAIN, en la ciudad de Quito, para su respectivo análisis fisicoquímico mediante el método de potenciometría, bajo la normativa (NMX-Y-031-SCFI-2006).

Pérdida de masa

Se realizó un pesaje inicial del silo de maíz al momento del empacado y otro al final, cumplidos los 95 días de fermentación, efectuando este proceso para las 20 unidades experimentales, según su tratamiento y repetición. La pérdida de masa se determinó mediante la diferencia entre estos dos valores, expresando el resultado en %.

Análisis costo/beneficio

A los 95 días después del empacado, se determinó la relación costo-beneficio a partir del valor de venta de cada bolsa de ensilaje y los costos de producción asociados al manejo agronómico, el ensilado y la dosificación de glicerina aplicada en cada tratamiento, mediante la fórmula de relación Costo/Beneficio ($C/B = \text{Ganancia neta} / \text{Costos}$).

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Localización del experimento

Este estudio se realizó en el Carchi, específicamente en el Centro Experimental San Francisco (UPEC). Este lugar se ubica a 2.801 m.s.n.m, una temperatura de 12,8 °C, precipitaciones de 792 mm y una humedad promedio del 84 % (Balarezo *et al.*, 2016). Además, cuenta con suelos muy fértiles y profundos, ricos en materia orgánica (Franco, 2016).



Figura 1. Lugar de estudio Centro Experimental San Francisco
Fuente: (Google Earth, 2025)

3.4.2. Características del ensayo

Este estudio fue realizado mediante DBCA.

Tabla 4. Características del ensayo

DBCA	Dimensión
Área total del lote (Maíz)	500 m ²
Distancia entre surcos	0,80 m
Distancia entre plantas	0,40 m
Número de plantas	1.562
Área total del ensayo (Ensilaje)	57m ² (ancho 6m; largo 9,5m)
Tratamientos	5
Repeticiones	4
Unidades experimentales	20

3.4.3. Población y muestra

Constituida con 20 unidades experimentales de silo de maíz, organizadas en cinco tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, aplicando diferentes niveles de adición de glicerina bruta (0, 10, 20, 30 y 40 %). Dado que el análisis incluyó la totalidad de las unidades, la muestra coincidió con la población.

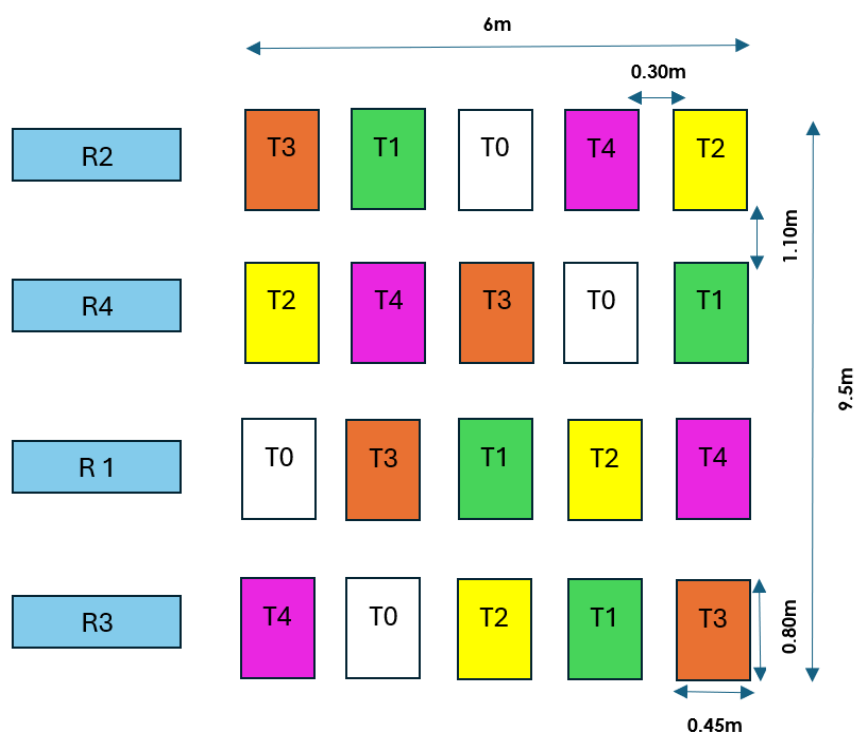


Figura 2. Población y muestra del ensayo experimental

3.4.4. Tratamientos

El estudio estuvo conformado por cinco tratamientos, constituidos por diferentes niveles de glicerina bruta con relación a la materia seca del maíz ensilado. Las dosis en kg se calcularon considerando el peso del ensilaje (40kg) y la materia seca del maíz (17,29 %) obtenida tras el análisis fisicoquímico inicial realizado en el laboratorio CENAIN, en la ciudad de Quito.

En primer lugar, se cuantificó el contenido de materia seca total presente en los 40 kg de materia verde empleando la siguiente fórmula planteada por Zaragoza *et al.* (2021):

$$\text{Materia seca total (kg)} = \frac{\text{MS (\%)} \times \text{MV (kg)}}{100}$$

Donde:

MS= Materia seca

MV=Materia verde

Luego de reemplazar valores, el cálculo se desarrolló de la siguiente manera:

$$\text{Materia seca total (kg)} = \frac{17,29 \% \text{ MS} \times 40 \text{ kg MV}}{100} = 6,91 \text{ kg}$$

Se obtuvo 6,91 kg de materia seca presentes en 40 kg de maíz ensilado. Posteriormente, una vez obtenido este valor, se procedió a calcular la cantidad de glicerina bruta en kg correspondiente a cada dosis (0, 10, 20, 30 y 40%), mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Glicerina bruta (kg)} = \frac{6,91 \text{ kg MS total} \times \text{dosis de glicerina bruta (\%)}}{100}$$

La cantidad de glicerina bruta aplicada en cada tratamiento y su descripción técnica son presentadas a continuación (Tabla 5).

Tabla 5. Tratamientos evaluados

Tratamiento	Glicerina bruta (%)	Glicerina bruta (kg)	Descripción
T0	0	0	40 kg de silo de maíz
T1	10	0,69	40 kg de silo de maíz + 0,69 kg de glicerina bruta aplicados al primer día del empacado
T2	20	1,38	40 kg de silo de maíz + 1,38 Kg de glicerina bruta aplicados al primer día del empacado
T3	30	2,07	40 kg de silo de maíz + 2,07 Kg de glicerina bruta aplicados al primer día del empacado
T4	40	2,76	40 kg de silo de maíz + 2,76 Kg de glicerina bruta aplicados al primer día del empacado

3.4.5. Procedimiento

Preparación del lote y siembra del maíz

Para ello se realizó la selección del terreno (lote de 500 m²) y posteriormente se preparó el lote con tractor, efectuando dos pasadas de arado y dos de rastra con el fin de remover el suelo e incorporar la materia vegetal presente. Una vez listo el terreno, se guachó manualmente con ayuda de herramientas agrícolas.

Seguido a esto, la siembra se realizó con la semilla de maíz previamente desinfectada para evitar la pudrición del grano. Esta, se realizó con un distanciamiento aproximado de 40 cm x 80 cm (entre plantas y surcos, respectivamente).

Manejo del cultivo

El manejo del maíz se realizó de manera tradicional. En primera instancia, a los 8 días después de la siembra se efectuó una fumigación con herbicida selectivo, con el fin de eliminar las malezas que emergen nuevamente y que pueden causar retraso en el desarrollo del cultivo. Posteriormente, a los 30 días, se fertilizó el cultivo con NPK y se procedió al tapado del abono. Asimismo, el aporte se realizó de forma manual empleando herramientas agrícolas convencionales.

Por otra parte, el manejo fitosanitario durante todo el ciclo del cultivo consistió en 5 aplicaciones de fungicidas e insecticidas.

Análisis inicial del maíz

Se recolectaron cinco submuestras de silo de maíz de la planta completa, provenientes de diferentes partes representativas del lote. Todas las submuestras fueron colocadas en un balde y mezcladas cuidadosamente conformando una muestra compuesta. Posteriormente, se tomaron 200 gramos de material, los cuales se sellaron herméticamente, expulsando el oxígeno presente para evitar la degradación de los componentes. El material rotulado se envió al laboratorio CENAIN, en la ciudad de Quito, para su respectivo análisis fisicoquímico.

Cosecha y ensilado del maíz

Se realizó la recolección manual del cultivo y el procesamiento de la planta entera, mediante una máquina ensiladora, logrando partículas de aproximadamente 4 y 5 cm. Posteriormente, se procedió al llenado en bolsas para silo realizando el pesaje adecuado y verificando el peso ideal (40 kg) requerido para el estudio.

Del lote total de 500 m² se obtuvieron 25 fundas de silo, de las cuales se utilizaron 20 para el desarrollo del estudio.

Preparación de glicerina bruta

La glicerina bruta utilizada en el experimento fue adquirida en la distribuidora Químicos del Norte, en la ciudad de Ibarra. Además, se destaca que, para ejecutar el ensayo, se utilizaron 27,6 kg del aditivo, los cuales se pesaron rigurosamente con una balanza digital para asegurar la exactitud en las dosis aplicadas.

Mezclado del maíz con la glicerina bruta

Se realizó un primer pesaje para asegurar que las veinte bolsas de silo utilizadas en el experimento tuvieran un peso exacto de 40 kg. Posteriormente, se extendió un plástico sobre el suelo con el fin de evitar la contaminación del material durante la

mezcla con la glicerina. A continuación, se colocó el material de cada bolsa sobre el plástico y se añadió la cantidad de glicerina correspondiente a cada tratamiento, mezclándose manualmente hasta lograr una mezcla homogénea. Este procedimiento se repitió para las veinte bolsas de silo.

Empacado en bolsas

Una vez realizada la mezcla, el material se colocó en bolsas diseñadas específicamente para la conservación de ensilaje. El contenido se fue agregando gradualmente, compactándolo progresivamente para eliminar el aire presente en la mezcla. Una vez llenas, se realizó un pesaje final de los 40 kg de ensilado, considerando la cantidad de glicerina adicionada según cada tratamiento. Posteriormente, se amarraron las bolsas, eliminando la mayor cantidad de aire posible y, con el fin de asegurar su conservación, cada bolsa fue colocada dentro de otra bolsa adicional. Este procedimiento se repitió para las veinte bolsas de ensilaje utilizadas en el experimento.

Almacenamiento

Previamente, se colocaron 20 canastillas plásticas en el área de almacenamiento, ubicándolas en las posiciones correspondientes a cada bolsa de silo, para garantizar el aislamiento de la muestra con la superficie del suelo.

Tras el sellado de las 20 bolsas de silo, se trasladaron a la bodega, donde se distribuyeron siguiendo el diseño propuesto en la investigación. La bodega, con dimensiones de 6 m x 9,5 m, presentaba diferentes fuentes de variación, motivo por el que se optó este tipo de diseño.

Apertura y toma de muestras del ensilaje

Una vez cumplidos 95 días desde la implantación del proyecto, se procedió a la apertura del ensilaje. Para ello, se emplearon guantes estériles, una balanza digital, etiquetas, marcador, cuchillo, recipientes y bolsas de cierre hermético para la toma de muestras.

En primer lugar, se realizó la limpieza externa de cada bolsa para evitar la contaminación del material. Posteriormente, se efectuó un corte en la parte superior, abriendo la bolsa de forma gradual para prevenir un deterioro aeróbico brusco. Luego, se retiraron los primeros 4 a 5 cm del material y se tomaron tres submuestras de la parte media del ensilaje, puesto que en esta zona la fermentación es más estable.

Todas las submuestras se colocaron en un recipiente limpio para su homogenización, obteniendo así una muestra representativa. Finalmente, se extrajeron 200 gramos de esta mezcla y se depositaron en una bolsa plástica de cierre hermético, expulsando la mayor cantidad de aire posible. Posteriormente se rotuló según el tratamiento y la repetición (20 muestras) correspondiente y se envió a CENAIN para el respectivo análisis.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para su realización, se tomó en cuenta los datos recopilados de todas las variables dispuestas en la investigación (ácido láctico, azúcares totales, materia seca, humedad, pH y pérdida de masa). En primera instancia se realizó un ANOVA con el objetivo de verificar la presencia de significancia ($p < 0,05$) entre tratamientos y bloques evaluados y, posteriormente donde si la hubo, se aplicó Tukey (5 %) para determinar las diferencias específicas mediante las medias arrojadas en el programa InfoStat.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Contenido de ácido Láctico

Según el ANOVA realizado para el contenido de ácido láctico expresado en % (Tabla 6), se obtuvo que los tratamientos evaluados si presentan diferencias significativas entre sí ($p: 0,0001$), confirmando que la dosificación de glicerina bruta influye en la presencia de ácido láctico. En contraste, el factor bloque no presentó efectos significativos ($p: 0,8086$) lo que sugiere que no hubo variabilidad. Finalmente, el ensayo demostró ser preciso en los datos obtenidos ($CV: 7,46\%$).

Tabla 6. ANOVA para contenido de ácido láctico

FV	gl	F	p-valor
Modelo	7	10,51	0,0003
Bloque	3	0,32	0,8086
Tratamiento	4	18,14	0,0001
Error	12		
Total	19		
CV	7,46		

Leyenda: FV= Factor de variabilidad; gl= Libertad estadística; F= Compara diferencias; p-valor= Valor de significancia; CV= Precisión del experimento

Posteriormente, al encontrar significancia entre los tratamientos evaluados, se aplicó Tukey (Tabla 7). El T0 (Testigo) registró el mayor contenido, con un 2,16 % (Grupo A), superando significativamente al T3, T2 y T4. Por su parte, el T1 (2,01 %) mostró un comportamiento intermedio (Grupo A y B) sin diferencias estadísticas respecto al T0 ni a los tratamientos T3 y T2; estos últimos mostrando valores similares de 1,84 % y 1,81 % (Grupo B). El menor contenido se registró en el T4 (1,38 %), ubicándose en el grupo C como el menos eficiente. Finalmente se observa una reducción del contenido de ácido láctico conforme aumenta la dosis de glicerina bruta.

Tabla 7. Tukey para contenido de ácido láctico (%) entre tratamientos

Tratamiento	Medias (%)	n			
T0	2,16	4	A		
T1	2,01	4	A	B	
T3	1,84	4		B	
T2	1,81	4		B	
T4	1,38	4			C

Leyenda: T0= Glicerina bruta (0 %); T1= Glicerina bruta (10 %); T2= Glicerina bruta (20 %); T3= Glicerina bruta (30 %); T4= Glicerina bruta (40 %); Medias= Promedio de la variable evaluada; n= Repeticiones; ABC= Grupos estadísticos

4.1.2. Contenido de azúcares totales

Según el ANOVA realizado para el contenido de azúcares totales (%) detallado en la tabla 8, tanto los tratamientos ($p: 0,3134$) como los bloques ($p: 0,2861$), no presentaron significancia, demostrando que la dosificación de glicerina bruta no influye en el nivel de azúcares totales en el ensilaje bajo las condiciones evaluadas. Pese a la usencia de significancia, los datos recopilados en la investigación presentan confiabilidad y sugiere que son precisos (CV: 2,63).

Tabla 8. ANOVA para contenido de azúcares totales

FV	gl	F	p-valor
Modelo	7	1,37	0,3016
Bloque	3	1,42	0,2861
Tratamiento	4	1,33	0,3134
Error	12		
Total	19		
CV	2,63		

Leyenda: FV= Factor de variabilidad; gl= Libertad estadística; F= Compara diferencias; p-valor= Valor de significancia; CV (%) = Precisión del experimento

4.1.3. Contenido de materia seca

Al aplicar ANOVA para la variable de materia seca expresado en % (Tabla 9), los tratamientos arrojaron que si hay significancia ($p: < 0,0001$), confirmando que la dosificación de glicerina bruta si influye en la concentración de esta variable. En contraste, no hubo significancia entre bloques ($p: 0,5498$), demostrando que no hubo variabilidad. Finalmente, los datos recopilados fueron precisos y confiables (CV: 2,87).

Tabla 9. ANOVA para contenido de materia seca

FV	gl	F	p-valor
Modelo	7	104,38	<0,0001
Bloque	3	0,74	0,5498
Tratamiento	4	182,11	<0,0001
Error	12		
Total	19		
CV	2,87		

Leyenda: FV= Factor de variabilidad; gl= Libertad estadística; F= Comparación de diferencias; p-valor= Valor de significancia; CV (%) = Precisión del experimento

Al encontrar significancia entre los tratamientos evaluados, se aplicó Tukey (Tabla 10). El tratamiento T2 registró el mayor contenido, con un 30,83 % (Grupo A), superando significativamente a los demás tratamientos. En orden descendente, se ubicaron el T4 con un 25,87 % (Grupo B) y el T3 con un 23,97 % (Grupo C), ambos con diferencias estadísticas entre sí. Por su parte, el T1 con 21,14 % (Grupo D) y T0 (Testigo) con 18,62 % (Grupo E), obtuvieron el menor rendimiento.

Tabla 10. Tukey para contenido de materia seca (%) entre tratamientos

Tratamiento	Medias (%)	n				
T2	30,83	4	A			
T4	25,87	4		B		
T3	23,97	4			C	
T1	21,14	4				D
T0	18,62	4				E

Leyenda: T0= Glicerina bruta (0 %); T1= Glicerina bruta (10 %); T2= Glicerina bruta (20 %); T3= Glicerina bruta (30 %); T4= Glicerina bruta (40 %); Medias= Promedio de la variable evaluada; n= Repeticiones; ABCDE= Grupos estadísticos

4.1.4. Contenido de humedad

Según el ANOVA realizado para el contenido de humedad expresado en % (Tabla 11), los tratamientos evaluados si presentaron significancia ($p < 0,0001$), lo que confirma que la dosificación de glicerina bruta si influye en la concentración de esta variable. En contraste, no hubo significancia entre bloques ($p: 0,5498$), demostrando que no hubo variabilidad. Finalmente, el coeficiente de variación obtenido fue muy bajo (0,91 %), indicando homogeneidad y precisión en los datos obtenidos.

Tabla 11. ANOVA para contenido de humedad

FV	gl	F	p-valor
Modelo	7	104,38	<0,0001
Bloque	3	0,74	0,5498
Tratamiento	4	182,11	<0,0001
Error	12		
Total	19		
CV	0,91		

Leyenda: FV= Factor de variabilidad; gl= Libertad estadística; F= Compara diferencias; p-valor= Valor de significancia; CV (%) = Precisión del experimento

Posteriormente, al encontrar significancia entre los tratamientos evaluados, se aplicó Tukey (Tabla 12). La humedad más alta la presentó el T0 (Testigo) con 81,38 % (Grupo A), seguido de manera descendente por el T1 con un 78,87 % (Grupo B), T3 con un 76,03 % (Grupo C) y T4 con un 74,13 % (Grupo D). El valor más bajo se obtuvo en el T2 con un 69,17 % (Grupo E).

Tabla 12. Tukey para contenido de humedad (%) entre tratamientos

Tratamiento	Medias (%)	n				
T0	81,38	4	A			
T1	78,87	4		B		
T3	76,03	4			C	
T4	74,13	4				D
T2	69,17	4				E

Leyenda: T0= Glicerina bruta (0 %); T1= Glicerina bruta (10 %); T2= Glicerina bruta (20 %); T3= Glicerina bruta (30 %); T4= Glicerina bruta (40 %); Medias= Promedio de la variable evaluada; n= Repeticiones; ABCDE= Grupos estadísticos

4.1.5. Valor de pH

Según el ANOVA realizado para el valor de pH expresado en % (Tabla 13), los tratamientos evaluados si presentaron significancia (p: <0,0001), confirmando que la dosificación de glicerina bruta si influye en esta variable. En contraste, entre los bloques no se encontró significancia (p: 0,2683), sugiriendo que no hubo variabilidad. Finalmente, el coeficiente de variación (0,37 %) evidencia precisión experimental y confiabilidad de los datos obtenidos.

Tabla 13. ANOVA para valor de pH

FV	gl	F	p-valor
Modelo	7	15,12	<0,0001
Bloque	3	1,49	0,2683
Tratamiento	4	25,35	<0,0001
Error	12		
Total	19		
CV	0,37		

Leyenda: FV= Factor de variabilidad; gl= Libertad estadística; F= Compara diferencias; p-valor= Valor de significancia; CV (%) = Precisión del experimento

Posteriormente al encontrar significancia en los tratamientos, se aplicó Tukey (Tabla 14). El tratamiento T2 alcanzó el valor más alto con 3,85 (Grupo A), seguido por el T3 con 3,84 (Grupo A y B), el cual compartió similitud estadística con el T1 y T2. Por su parte, el T1 con 3,82 se situó en una posición intermedia (Grupo B y C), seguido del T4 con 3,80 (Grupo C). El menor valor de pH se registró en el T0 (Testigo) que obtuvo 3,76, ubicándose en el último grupo (Grupo D). Finalmente se observa que la inclusión de glicerina bruta incrementa levemente esta variable.

Tabla 14. Tukey para valor de pH entre tratamientos

Tratamiento	Medias	n				
T2	3,85	4	A			
T3	3,84	4	A	B		
T1	3,82	4		B	C	
T4	3,80	4			C	
T0	3,76	4				D

Leyenda: T0= Glicerina bruta (0 %); T1= Glicerina bruta (10 %); T2= Glicerina bruta (20 %); T3= Glicerina bruta (30 %); T4= Glicerina bruta (40 %); Medias= Promedio de la variable evaluada; n= Repeticiones; ABCD= Grupos estadísticos

4.1.6. Pérdida de masa

Según el ANOVA realizado para la pérdida de masa expresada en % (Tabla 15), los tratamientos evaluados demostraron significancia ($p < 0,0001$), confirmando que la dosificación de glicerina bruta si influye en esta variable. En contraste, no se encontró significancia en los bloques ($p: 0,5315$), sugiriendo que no hubo variabilidad. Finalmente, hubo muy buena precisión en los datos y alta confiabilidad (CV: 3,81).

Tabla 15. ANOVA para pérdida de masa

FV	gl	F	p-valor
Modelo	7	86,73	<0,0001
Bloque	3	0,77	0,5315
Tratamiento	4	151,20	<0,0001
Error	12		
Total	19		
CV	3,81		

Leyenda: FV= Factor de variabilidad; gl= Libertad estadística; F= Compara diferencias; p-valor= Valor de significancia; CV (%) = Precisión del experimento

Posteriormente, al encontrar significancia en los tratamientos, se procedió a realizar Tukey (Tabla 16). El tratamiento T0 (Testigo) presentó la mayor pérdida con un 1,92 % (Grupo A), seguido de manera descendente por el T1 con un 1,53 % (Grupo B) y T3 con un 1,39 % (Grupo C). Las menores pérdidas se registraron en el T4 con 1,20 % (Grupo D) y, especialmente, en el T2 con 1,06 % (Grupo E). Finalmente se observa que la adición de glicerina bruta reduce las pérdidas de masa.

Tabla 16. Tukey para pérdida de masa (%) entre tratamientos

Tratamiento	Medias (%)	n				
T0	1,92	4	A			
T1	1,53	4		B		
T3	1,39	4			C	
T4	1,20	4				D
T2	1,06	4				E

Leyenda: T0= Glicerina bruta (0 %); T1= Glicerina bruta (10 %); T2= Glicerina bruta (20 %); T3= Glicerina bruta (30 %); T4= Glicerina bruta (40 %); Medias= Promedio de la variable evaluada; n= Repeticiones; ABCD= Grupos estadísticos

4.1.7. Costo/beneficio

Para obtener la rentabilidad (Tabla 17) por cada bolsa de ensilaje, se consideraron los gastos realizados asociados al manejo en el cultivo, ensilado y la dosificación de glicerina bruta. Los resultados demostraron que el tratamiento T0 (Testigo) alcanzó la mayor rentabilidad (C/B: 1,71 USD), seguido por el T1 (C/B: 1,38 USD) y T2 (C/B: 1,16 USD) con utilidades progresivamente menores. En contraste, el tratamiento T3 (C/B: 1,00 USD) no generó pérdidas ni beneficios y finalmente, el T4 (C/B: 0,88 USD) generó pérdidas, puesto que sus costos de producción superan los ingresos obtenidos por la venta del ensilaje.

Tabla 17. Análisis costo-beneficio (USD)

Tratamiento	Manejo USD/ bolsa	Ensilado USD/ bolsa	Glicerina bruta USD/ bolsa	Costo total USD/ bolsa	Venta USD/ bolsa	Costo/ Beneficio
T0	3,64	1,62	0	5,26	9	1,71
T1	3,64	1,62	1,24	6,50	9	1,38
T2	3,64	1,62	2,48	7,74	9	1,16
T3	3,64	1,62	3,73	8,99	9	1,00
T4	3,64	1,62	4,97	10,23	9	0,88

Leyenda: T0= Glicerina bruta (0 %); T1= Glicerina bruta (10 %); T2= Glicerina bruta (20 %); T3= Glicerina bruta (30 %); T4= Glicerina bruta (40 %)

4.1.8. Tabla resumen

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos en la investigación con el mejor tratamiento para cada variable evaluada, así como el valor ideal y el valor inicial correspondiente.

Tabla 18. Tabla resumen de resultados del análisis fisicoquímico

	Ácido láctico (%)	Azúcares totales (%)	Materia seca (%)	Humedad (%)	Valor de pH	Pérdida de masa (%)
Valor ideal	3-8	1,8	30	70	3,6-4,2	3
Valor inicial	2,34	0,30	17,29	82,71	3,86	-
Valor final	2,16 (T0) ↓	-	30,83 (T2) ↑	69,17 (T2) ↓	3,85 (T2) ↑	1,06 (T2) ↓

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Contenido de ácido láctico

Los resultados obtenidos destacaron al tratamiento T0 (Testigo) con el mayor contenido de ácido láctico (2,16 %), evidenciándose una tendencia decreciente conforme se incrementaron los niveles de glicerina bruta en el ensilaje, alejándose del valor inicial (2,34 %).

Concordando así con Carneiro *et al.* (2013), ya que estos autores obtuvieron un comportamiento similar en su investigación sobre el efecto inhibitorio que ejerce este aditivo hacia el ácido láctico presente en el ensilado de maíz, con una reducción aproximada del 0,3 % por cada 1 % de glicerina añadida.

4.2.2. Contenido de azúcares totales

En esta variable, los tratamientos evaluados no mostraron significancia, manteniendo niveles cercanos al valor inicial (0,30 %), indicando que, bajo las condiciones de esta investigación, el uso de este aditivo no genera cambios ni alteraciones en el ensilaje.

No obstante, estos resultados no concuerdan con Schwingel *et al.* (2020), quienes observaron una reducción progresiva en la concentración de azúcares al incrementar los niveles de glicerina en ensilaje de *Pasto piatã*, atribuyéndose esta discrepancia, posiblemente a la pureza de la glicerina o al tipo de forraje utilizado.

4.2.3. Contenido de materia seca

Esta variable alcanzó su nivel más alto en el tratamiento T2 (30,83 %), logrando un incremento significativo respecto al valor inicial (17,29 %). Este comportamiento demuestra que la adición de glicerina bruta eleva la concentración de sólidos totales en el ensilaje, ayudando eficazmente a forrajes con alto contenido de humedad.

Concordando con Rigueira *et al.* (2018), quienes determinaron que la adición de glicerina incrementó en 0,36 % el porcentaje de sólidos totales en ensilado realizado con *Pasto elefante*. Según los autores, este fenómeno se debe a que la glicerina

posee un elevado contenido de solutos que contribuye a mejorar el aporte de sólidos y el perfil nutritivo del ensilaje.

4.2.4. Contenido de humedad

La inclusión de glicerina bruta provocó una reducción significativa del contenido de humedad, destacando el tratamiento T2 con el valor más bajo (69,17 %) frente a los demás tratamientos y al nivel inicial de referencia (82,71 %), representando un resultado favorable, ya que altos contenidos de humedad producen fermentaciones indeseadas.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Biazon (2014), quien determinó que, al incluir este aditivo en el ensilado a base de maíz, eleva proporcionalmente los sólidos totales y, por consiguiente, reduce la humedad, respaldando que este aditivo es eficaz en forrajes muy húmedos.

4.2.5. Valor de pH

El análisis del pH demostró que, conforme se incrementa la adición de glicerina bruta, el pH aumenta, alcanzando su valor máximo en el tratamiento T2 (3,85) frente al tratamiento T0 (Testigo) que obtuvo 3,76. A pesar de estas diferencias estadísticas todos los tratamientos se mantuvieron dentro del rango óptimo de acidez y, cercanos al valor inicial del pH (3,86).

Concordando así con Duarte *et al.* (2023), quienes determinaron que la incorporación de este aditivo no modifica la acidez en ensilado a base de *Pennisetum purpureum*. Además, los autores observaron que el pH permaneció estable (4,4) permitiendo mantener un ambiente controlado y asegurando la preservación de la calidad nutritiva del material.

4.2.6. Pérdida de masa

La pérdida de masa se redujo significativamente conforme la inclusión de glicerina bruta, alcanzando su mejor resultado en el tratamiento T2, el cual registró la menor pérdida (1,06 %) en comparación con el T0 (Testigo) que obtuvo 1,92 %, reflejando así mayor eficiencia en el proceso de conservación y reduciendo la pérdida de nutrientes.

Concordando así con Junqueira *et al.* (2020), quienes determinaron que la glicerina bruta mitiga eficazmente las pérdidas por gases y efluentes (0,34 %) en ensilaje de

Pasto marandú. Según los autores, este aditivo mejora sus características al limitar la actividad de los microorganismos indeseables, minimizando la pérdida de masa.

4.2.7. Costo/beneficio

Los resultados de rentabilidad de los tratamientos evaluados, demuestran que el T0 (Testigo) es el mejor con 1,71 USD, indicando que por 1 dólar de inversión se generan 0,71 USD. Posteriormente, este margen disminuyó progresivamente en los tratamientos T1 (1,38 USD) y T2 (1,16 USD), hasta alcanzar su punto de equilibrio en el T3 (1,00 USD) sin pérdidas ni beneficios. Por el contrario, el T4 resultó deficitario (0,88 USD), atribuyéndose las pérdidas a que el costo de la glicerina bruta incrementa conforme la dosis aplicada.

Concordando así con Belim *et al.* (2024), quienes sostienen que la rentabilidad de los ensilajes de maíz y trigo depende estrictamente del tipo de insumo y la cantidad aplicada. De acuerdo con los autores, aunque el uso de aditivos mejora el valor nutritivo, su factibilidad económica debe evaluarse cuidadosamente para no superar el valor de mercado. En este sentido, si bien el T0 es el más rentable en términos económicos, el T2 es una opción más viable para los productores ya que otorga un equilibrio entre calidad nutritiva y un margen de ganancia aceptable.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El uso de glicerina bruta influyó de manera positiva al reducir las pérdidas fermentativas. Asimismo, mejoró la calidad nutricional en la mayoría de variables analizadas, confirmando sus beneficios en el ensilaje de maíz.
- Los diferentes niveles de inclusión de glicerina bruta en el ensilaje ejercieron efectos diferenciados en los parámetros evaluados: aunque redujo el contenido de ácido láctico, resultó altamente eficaz para elevar la materia seca y minimizar las pérdidas fermentativas, manteniendo el pH dentro de los rangos óptimos de conservación.
- El T2 (20 % de glicerina bruta), se destacó como el mejor tratamiento, al presentar el mayor equilibrio entre los parámetros evaluados. Su aplicación logró maximizar la mayoría de variables en relación con el testigo y los demás tratamientos.
- El tratamiento T0 (Testigo) obtuvo la mejor rentabilidad según la relación costo-beneficio. No obstante, este resultado contrastó con su calidad nutritiva, la cual fue la más baja del estudio. Por el contrario, el tratamiento T2, aunque registró beneficios económicos menores, destacó por ofrecer la calidad más alta.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda una dosis del 20 % (T2) de glicerina bruta, ya que reduce las pérdidas fermentativas y mejora la calidad nutritiva.
- Se recomienda evitar niveles de inclusión de glicerina bruta superiores al 20 %, ya que dosis elevadas incrementan los costos de producción sin generar mejoras en la calidad nutricional.
- Se recomienda realizar estudios adicionales sobre el uso de glicerina bruta en el ensilaje de maíz evaluando su aplicabilidad en la alimentación bovina.

- Se recomienda evaluar tiempos de fermentación más prolongados para determinar su composición a largo plazo y realizar análisis más completos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Águila, D. J. (2024). *Evaluación de elaboración de ensilaje para alimentación sostenible del ganado caprino en épocas de sequías en la parroquia Garza Real, Cantón Zapotillo*.
<https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c612abd5-a010-440e-ae93-d0f99aaf1a23/content>
- Ariza, C., Afanador, G., Avellaneda, Y., Mejía, G., Mayorga, O., García, G., Pérez, C., Ordóñez, C., Malagon, K., Ortiz, R., Ramos, Y., Rubiano, A., Montañés, D., Loaiza, A., Reina, A., Téllez, L., & Rodríguez, S. (2012). *Glicerina y subproductos del biodiesel: Alternativa energética para la alimentación de aves y cerdos*.
<https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/e793353a-32cf-41db-8d26-d63e6aac9461/content>
- Autmix. (2023). *Qué es la fermentación y su relevancia industrial*.
<https://autmix.com/blog/que-es-la-fermentacion-industrial#que-es-la-fermentaci%C3%B3n>
- Ayele, J., Tolemariam, T., Beyene, A., Tadese, D. A., & Tamiru, M. (2021). Assessment of livestock feed supply and demand concerning livestock productivity in Lalo Kile district of Kellem Wollega Zone, Western Ethiopia. *Heliyon*, 7(10), e08177.
<https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2021.E08177>
- Balarezo, L., Montenegro, G., Mora, S., & Pozo, M. (2016). *Ensilaje nutritivo con emas alimento suplementario para la producción lechera en la hacienda San Francisco de la UPEC*.
<https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/sathiri/article/view/184/232>
- Barreto, A., Vinces, J., Parrales, F., Mendoza, J., Macías, S., & Zamora, R. (2018). *Crecimiento y producción del maíz, Zea mays L. en huertos biointensivos y convencionales en Lodana, Manabí, Ecuador*.
<https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/604/461>
- Belim, S. Y., Savsani, H. H., Chavda, M. R., & Kansagara, Y. G. (2024). Study on comparative economics of silage additives on green maize and wheat straw based silage. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 41(2), 232-235.
<https://doi.org/10.5958/2231-6744.2024.00029.2>
- Bermúdez, D., Ortiz, D., & Campozano, G. (2025). *Ensilaje de Zea mays: Alternativa nutricional en la producción bovina de leche*.
<https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/allpa/article/view/1324/1998>

- Betancourt, C., Castellanos, L., Silva, C., & De Mello, R. (2016). *Características de la glicerina generada en la producción biodiesel, aplicaciones generales y su uso en el suelo*. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4329.2403>
- Biazon, A. (2014). *Glicerina bruta como aditivo na ensilagem do milho para alimentação de vacas em lactação*. <https://rima.ufrj.br/jspui/bitstream/20.500.14407/10297/3/2014%20-%20Almira%20Biazon%20Fran%20c3%a7a.pdf>
- Callejo, A. (2019). *Conservación de Forrajes (XII). Pérdidas en el ensilado (I)*. https://oa.upm.es/55685/1/INVE_MEM_2019_302194.pdf
- Canales, C., & Filippi, R. (2020). *Cultivo del maíz para ensilaje*. <https://www.sochipa.cl/wp-content/uploads/2020/08/manual-cultivo-del-mai%CC%81z-para-ensilaje-2020-versio%CC%81n-digital.pdf>
- Carneiro, J., Oliveira, J., Lima, J., Ribeiro, M., & Carmo, A. (2013). *Effect of the inclusion of glycerin on organic acids production in corn silage*. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/976919/1/Effect-of-the-inclusion-of-glycerin.pdf>
- Carrasco, W., Flores, P., Mora, F., & Gómez, J. (2023). *Historia del maíz desde tiempos ancestrales hasta la actualidad*. 8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10002071>
- Castaño, E. (2020). *Respuesta a la eficiencia nutricional del maíz "Ilusión CPR" en tres cortes para ensilaje en la comuna Río Verde, Santa Elena*. <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d0c0f309-a9ce-4e21-bbb9-dd378c62c236/content>
- Castillo, A., Hernández, A., & López, L. (2011). *El ensilaje: ¿Qué es y para qué sirve?* <https://www.uv.mx/personal/lorelopez/files/2011/05/ENSILAJE.pdf>
- Chicaiza, G. (2017). *Evaluación nutricional del pasto Tropical King grass (Pennisetum purpureum) a manera de microsilos inoculados con suero de leche*. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/cdef5a2c-8b27-47f1-9ad1-c977df52a096/content>
- CIMMYT. (2004). *Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo*. <https://repository.cimmyt.org/server/api/core/bitstreams/03d3c6ee-75b5-4c59-ad61-3e1b8b0a6a3d/content>
- Conterón, T. (2021). *Caracterización de razas de maíz (Zea mays L.) procedentes del banco de germoplasma del INIAP, en el Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura*. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11610/2/03%20AGP%20305%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Cooke, A. S., Machekano, H., Gwiriri, L. C., Tinsley, J. H. I., Silva, G. M., Nyamukondiwa, C., Safalaoh, A., Morgan, E. R., & Lee, M. R. F. (2024). *The nutritional feed gap: Seasonal variations in ruminant nutrition and knowledge gaps in relation to food*

security in Southern Africa. *Food Security* 2024 17:1, 17(1), 73-100.
<https://doi.org/10.1007/S12571-024-01509-1>

Cuzme, A. (2022). *Elaboración de ensilaje con subproductos de proceso de plátano con aplicación de microorganismos lácticos durante la época seca en trópico húmedo*. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/5161/1/ULEAM-AGRO-0260.PDF>

Demanet, R. (2019). *Proceso de fermentación en ensilajes*. https://praderasypasturas.com/rolando/01.-Catedras/09.-Conservacion_de_Forrajajes/2019/04.-Proceso_de_Fermentacion_en_Ensilajes.pdf

Dpto. Técnico de Chr. Hansen Argentina. (2011). *Posibles problemas de ensilaje y sus razones*. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/162-Posibles_problemas.pdf

Duarte, J., Vega, G., Lesmo, N., Ferreira, M., Meza, W., Barreto, S., & Acosta, M. (2023). *Uso de glicerina bruta en la reducción de pérdidas fermentativas de ensilaje de Pennisetum purpureum*. *Temas Agrarios*, 27(2), 378-384.
<https://doi.org/10.21897/RTA.V27I2.3068>

Dueñas, L., & Burgos, M. (2021). *Influencia de la edad de corte y aditivos sobre la calidad nutricional del ensilaje de pasto* CUBA-22.
<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1544/1/TTA28D.pdf>

Duque, J., & Alzate, C. (2010). *Validation of glycerin refining obtained as a by-product of biodiesel*. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/iyu/article/view/966/564>

Elferink, O., Driehuis, F., Gottschal, J., Spoelstra, S., & Stefanie, J. (2000). *Estudio 2.0 - Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/45d227f1-da0e-4fb9-bc9c-1fc6a1dd9e7/content/x8486s04.htm#bm04>

Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. M. (2022). *Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications*. *Food Security*, 14(5), 1295-1319. <https://doi.org/10.1007/S12571-022-01288-7>

Espinoza, F. (2023). *Evaluación de la calidad nutricional del ensilaje de panca de maíz con diferentes aditivos en la Provincia de Santa Elena*. <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4b212610-25f4-4753-ba42-98eeb0a2dd49/content>

Espinoza, J. (2016). *"Fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra de maíz amarillo duro (Zea mays L.) en la localidad de la Molina"*. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e0937072-cdc0-4c0d-85a2-e2e6cae940cd/content>

Favre, M. (2012). *Una guía práctica para conocer la calidad del alimento ensilado*. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/204-calidad.pdf

- FEDNA. (2012). *Glicerina-85%*.
https://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/glicerina-85-actualizado-abril-2012
- Ferraretto, L. (2024). 155 Modulating silage fermentation with microbial inoculants. *Journal of Animal Science*, 102(Supplement_3), 386-387.
<https://doi.org/10.1093/JAS/SKAE234.439>
- Filippi, R. (2020). *Aditivos para ensilajes*. https://praderasypasturas.com/rolando/01.-Catedras/01.-Praderas_y_Pasturas/2020/14.-Aditivos_para_Ensilajes.pdf
- Filippi, R., & Canales, C. (2020). *Manual del cultivo de maíz para ensilaje - Ensilaje: Sexto Capítulo*. https://www.engormix.com/ganaderia/maiz-engorde-bovino/manual-cultivo-maiz-ensilaje_a45962/
- França, A., Madeiro, A., Alevato, C., Frota, M., Silva, J., & Ferraz, F. (2012). *Parámetros fermentativos de silagem de milho*.
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/949019/1/Parametros-fermentativos-de-silagem-de-milho.pdf>
- Franco, W. (2016). *Suelos Volcánicos y Riesgos y Oportunidades en la Vía al Desarrollo Agrícola Sostenible del Cantón Huaca, Carchi-Ecuador*.
https://www.researchgate.net/publication/303496805_Suelos_Volcanicos_y_Riesgos_y_Oportunidades_en_la_Via_al Desarrallo_Agricola_Sostenible_del_Canton_Huaca_Carchi-Ecuador
- Garcés, A., Roa, L., Ruíz, S., Serna, J., & Builes, A. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(1), 66-71.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69511010>
- García, F. (2001). *Estudio 8.0 - Técnicas de cosecha y de ensilado*.
<https://www.fao.org/4/X8486S/x8486s0a.htm#bm10>
- Gélvez, L. (2023). *Maíz rastrojo - Nutrientes para rumiantes*. https://mundopecuario.com/tema61/nutrientes_para_rumiantes/maiz_rastrojo-333.html
- González, M. (2020). *Biopreservación del ensilaje por bacterias ácido lácticas productoras de antimicrobianos a partir de glicerina cruda*.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/27667/1/uy24-19920.pdf>
- Google Earth. (2025). *Centro Experimental San Francisco-UPEC*. Google LLC.
- Gualoto, A. (2013). *Evaluación del contenido nutricional del silaje de maíz en forma de microsilos inoculado con bacterias ácido lácticas*.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4767/6/UPS-YT00151.pdf>
- Gutiérrez, L. (2014). *Ensilaje, una alternativa milenaria de conservación de forraje*.
<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/3471/4221>

- Hidalgo, G., Bravo, W., & Vera, J. (2018). *Ensilaje de maíz y su influencia sobre parámetros productivos en vacas mestizas del trópico*. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/1151/1752>
- Hinostroza, A. (2022). *Qué podemos mejorar en la conservación de ensilaje de pradera*. <https://agrocolun.cl/mejorar-conservacion-de-ensilaje-de-pradera-60/>
- Ibarguren, L., Reborá, C., Bertona, A., & Guerrero, D. (2025). *Ensilaje de forrajeras, una opción que crece en la producción ganadera Argentina*. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/experticia/article/view/8550/7266>
- Juarez, B., & Nolan, D. (2023). *How Managing Forages Can Impact Feed Costs - Dairy Herd*. <https://www.dairyherd.com/news/education/how-managing-forages-can-impact-feed-costs>
- Junqueira, C., Monção, P., Costa, F., Silva, M., Ferreira, F., Alves, I., Medeiros, E., Antunes, M., Ferreira, C., Jardim, E., & Alencar, M. (2020). *The crude glycerin reduces losses fermentative and improves the nutritional value of marandu grass silage in a semiarid region*. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/12505/10491>
- Lara, J. (2011). *Aditivos para el mejoramiento del ensilaje de maíz forrajero*. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB_UMICH/12912/1/FMVZ-L-2011-0459.pdf
- Madrugá, P. (2021). *Calidad de fermentación y composición química de ensilaje de planta entera de Avena granífera Var. Cantara Lea-1: Efecto del estado fenológico*. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/36755/1/FV-35287.pdf>
- Maleko, D., Ng, W. T., Msalya, G., Mwilawa, A., Pasape, L., & Mtei, K. (2018). Seasonal variations in the availability of fodder resources and practices of dairy cattle feeding among the smallholder farmers in Western Usambara Highlands, Tanzania. *Tropical animal health and production*, 50(7), 1653-1664. <https://doi.org/10.1007/S11250-018-1609-4>
- Malta, E. C., & da Silveira, J. (2025). *Cómo reducir las pérdidas durante el proceso de ensilado de maíz - Revista Cultivar*. <https://revistacultivar-es.com/artigos/como-reduzir-perdas-durante-o-processo-de-ensilagem-do-milho>
- Martínez, B. (1990). *Estudio de aditivos y cinética del ensilaje de madero negro (Gliricidia sepium)*. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4981/Estudio_de_aditivos_y_cinetica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Morales, N. (2019). *Variedades e híbridos de maíz: Características y recomendaciones para su manejo agronómico*. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1930.pdf>



- Mühlbach, P. (2001). *Estudio 9.0 - Uso de aditivos para mejorar el ensilaje de los forrajes tropicales*. <https://www.fao.org/4/x8486s/x8486s0b.htm>
- Ospina, I. (2020). *Ficha técnica glicerina*. <https://www.dqisa.com/wp-content/uploads/2020/12/GLICERINA-USP.pdf>
- Oviedo, R. (2012). *El glicerol o glicerina de biodiesel en la alimentación de ganado*. https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/141-glicerina_de_biodiesel.pdf
- Peralta, F. (2019). *Plagas y enfermedades en el cultivo de maíz*. https://books.instituto-idema.org/sites/default/files/2019_11_06_22_16_19_frecoperhotmail.com_PLAGAS_Y_ENFERMEDADES_DEL_MAIZ_-_TAREA.pdf
- Ponce, E. (1986). *Cambios que ocurren en el ensilaje*. <https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/93616b7d-3dcf-47ee-926e-766bbf4ce2c1/content>
- Posada, A., & Cardona, A. (2010). *Análisis de la refinación de glicerina obtenida como coproducto en la producción de biodiésel*. 14(1), 9-27. <https://www.redalyc.org/pdf/477/47715438001.pdf>
- Price, R. (2016). *How to maximise sugar content in grass silage*. https://www.fwi-co-uk.translate.google.com/livestock/grassland-management/maximise-sugar-content-grass-silage?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- Pule, B. O. (2020). *Fluctuación de precios del maíz suave (Zea mays) en las provincias de Imbabura y Carchi comercializado en el mercado Mayorista "Comercibarra", periodo 2014-2017*. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10591/2/03%20AGN%20073%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Queiroz, O. C., Ogunade, I. M., Weinberg, Z., & Adesogan, A. T. (2018). Silage review: Foodborne pathogens in silage and their mitigation by silage additives. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4132-4142. <https://doi.org/10.3168/JDS.2017-13901>
- Ramos, A. (2018). *Conservación de forrajes (V): Fundamentos del ensilado*. https://oa.upm.es/53336/1/INVE_MEM_2018_286059.pdf
- Ramos, A. (2019). *Conservación de forrajes (XIV): uso de aditivos en el ensilado*. https://oa.upm.es/56898/1/INVE_MEM_2019_306040.pdf
- Rigueira, J., Monção, F., De Sales, E., Dos Reis, S., Brant, L., Chamone, J., Rocha, V., & De Assis, D. (2018). Fermentative profile and nutritional value of elephant grass silage with different levels of crude glycerin. *Semina: Ciências Agrárias*, 39(2), 833-844. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n2p833>
- Rivas, F., Martínez, D., Ávila, J., & Miramontes, J. (2014). *El cultivo del maíz generalidades y sistemas de producción en el noreste*. <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20D-EL%20MAIZ.pdf>

- Rivero, S. (2025). *Desafiando la Sequía: La Resiliencia de los Pastizales y el Pastoreo Sostenible*. <https://droughtclp.unccd.int/blog/desafiando-la-sequia-la-resiliencia-de-los-pastizales-y-el-pastoreo-sostenible>
- Romero, I. (2004). *Ensilaje de leguminosas con énfasis en alfalfa y soja*. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/61-ensilaje_de_leguminosas.pdf
- Sánchez, J., Reta, D., Ochoa, E., Reyes, A., Rodríguez, K., & Torres, D. (2020). *Forrajes alternativos: una estrategia sustentable para la lechería en el norte de México*. <https://dellait.com/es/forrajes-alternativos-una-estrategia-sustentable-para-la-lecheria-en-el-norte-de-mexico/>
- Santos, W., Carvalho, T., Cavalcanti, C., Espíndola, A., Mesquita, S., & Neves, A. (2014). *Características y estabilidad aeróbica de ensilajes de caña de azúcar, tratada con urea, NaOH y maíz*. 37(2), 182-190. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269131791008.pdf>
- Schwingel, A., Fernandes, T., Orrico, M., Orrico, A., de Lucas, J., Reis, R., & de Souza, R. (2020). The quality of crude glycerine influences the fermentation and nutritive value of Piatã grass silage. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 49, 1-11. <https://doi.org/10.37496/rbz4920200114>
- Seven, P., Seven, I., Iflazoglu, S., & Yildirim, E. (2021). Silage Additives Usage in Improving Fermentation Quality of Alfalfa Silage: A Review. *Animal and Veterinary Sciences*, 9(6), 175. <https://doi.org/10.11648/J.AVS.20210906.13>
- Silveira, E., & Franco, R. (2006). *Conservación de forrajes: segunda parte*. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612653005.pdf>
- Simón, M., & Golik, S. (2018). *Cereales de verano*. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/162758/CONICET_Digital_Nro.1bfc4eb3-ba85-4000-b53c-edd7319ad777_D.pdf?sequence=9&isAllowed=y
- Tene, D. (2015). "Ensilado de maíz con adición de lactosuero y microorganismos eficientes, en el Cantón Paltas". <https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/3199cc75-df8d-4bd2-8914-a5d7c4714c84/content>
- Tirira, O. (2016). "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". <https://repositorio.upec.edu.ec/server/api/core/bitstreams/345a828e-9665-40ea-ae26-144cf02390cb/content>
- Torres, A., Ben, B., & Pérez, M. (2019). Characteristics of glycerin obtained from the reaction process of sodium methoxide in the production of Biodiesel. *Marzo*, 6(18), 18-28. <https://doi.org/10.35429/JCPE.2019.18.6.18.28>

- Torres, J. (2020). *Comparación de tres tipos de ensilaje (maíz, sorgo, y caña de azúcar) en la producción de leche: Revisión de literatura*. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5940d5b8-7722-4a5e-af12-c9930785df3d/content>
- Triviño, C. X. (2024). *Análisis de rentabilidad y proyección financiera en ovinos pelibuey alimentados con ensilaje de maíz e inclusión de efluentes de *Elaeis guineensis**. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f221fab2-6298-4b46-88f4-4d165fdb5cb5/content>
- Undi, M., Alm, S., Leier, J., & Sedivec, K. (2021). *Silage quality and nutrient content of silage corn hybrids ensiled at varying maturities and moisture contents*. https://www.ndsu.edu/agriculture/extension/publications/silage-quality-and-nutrient-content-silage-corn-hybrids-ensiled-varying?utm_source=chatgpt.com
- Valencia, L. G. (2020). *Factibilidad para la producción y comercialización de ensilaje a base de maíz (*zea mays*) y botón de oro (*tithonia diversifolia*) para la alimentación de bovinos*. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/34625/levalenciag.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vieyra, M. (2006). *El ensilaje como método de conservación de forrajes*. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/12599/FMVZ-L-2006-0135.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Wróbel, B., Nowak, J., Fabiszewska, A., Paszkiewicz, A., & Przystupa, W. (2023). Dry matter losses in silages resulting from epiphytic microbiota activity—A comprehensive study. *Agronomy*, 13(2), 450. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020450>
- Zaragoza, E., Medina, M., Tadeo, M., Espinosa, A., López, C., Canales, E., Chávez, A., & Alonso, H. (2021). Productividad y calidad de forraje de híbridos trilineales de maíz para Valles Altos de México. *Revista fitotecnia mexicana*, 44(4), 537-544. <https://doi.org/10.35196/RFM.2021.4.537>

VII. ANEXOS

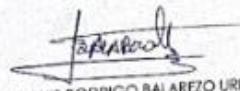
Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI 			
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES CARRERA DE AGROPECUARIA ACTA DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR			
ESTUDIANTE:	Ramírez Huaco Angelo Sebastián	CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401640533
PERIODO ACADÉMICO:	2026 A	PRESIDENTE TRIBUNAL:	DR. LUIS RODRIGO BALAREZO URRESTA
DOCENTE:	DR. HERNAN RIGOBERTO BENAVIDES ROSALES	DOCENTE TUTOR:	DR. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILSMAL
TEMA DEL TIC:	"Evaluación del uso de glicetina bruta en la reducción de pérdidas fermentativas de ensilaje de maíz (Zea mays) en el Centro Experimental San Francisco-UPEC"		
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	8,00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8,00	
3	METODOLOGÍA	8,00	Indicar como realizó la investigación
4	RESULTADOS	8,00	Elaborar cuadros con valores ideales y comparar con valores obtenidos
5	DISCUSIÓN	8,00	Reforzar la Discusión
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8,00	En función a la discusión reforzar las conclusiones y recomendaciones
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	8,00	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,00	Revisar Formato


Obteniendo una nota de: **8,00** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los Investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.


Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **Jueves, 12 de marzo de 2026**



DR. LUIS RODRIGO BALAREZO URRESTA
PRESIDENTE TRIBUNAL



DR. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILSMAL
DOCENTE TUTOR



DR. HERNAN RIGOBERTO BENAVIDES ROSALES
DOCENTE

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND
NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Ramírez Huaca Ángelo Sebastián				
DATE: Miércoles, 6 de mayo de 2026				
Topic: ""Evaluation of the use of crude glycerin in reducing fermentative losses of corn (Zea mays) silage at the Centro Experimental San Francisco-UPEC""				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	TOTAL 9		



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico
o Investigación.**

Autor: Ramírez Huaca Ángelo Sebastián

Fecha de recepción del abstract: Miércoles, 21 de enero de 2026

Fecha de entrega del informe: Miércoles, 6 de mayo de 2026

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Tras analizar el resumen entregado, se concluye que la traducción al inglés es precisa y respeta el contenido original. De acuerdo con la rúbrica empleada en la evaluación, se le asigna una nota de 9, quedando así aprobado el trabajo.

Atentamente



Validar sólo en Firmado.
Firmado digitalmente por:
0401442751 MARTHA ARACELLY
VIVEROS ALMEIDA

MA. Martha Viveros
RESPONSABLE CIDEN

Anexo 3. Análisis inicial del maíz ensilado



Análisis Físico - Químico y Microbiológico de Alimentos, Aguas y Afines • Servicio Profesional

N° 4316-00-FQ1

INFORME DE RESULTADOS

FECHA DE EMISION DEL INFORME:	26-08-2025
CLIENTE ©:	Ramírez Huaca Angelo Sebastian
DIRECCIÓN DEL CLIENTE ©:	San Gabriel. Prov de Carchi
MUESTRA:	Alimento para animales
DESCRIPCIÓN ©:	Silo de maíz
Lote/Identificación ©:	NA
FECHA DE ELABORACIÓN ©:	13-08-2025
FECHA DE VENCIMIENTO ©:	No consta
FECHA/HORA DE TOMA DE MUESTRA:	No consta/No consta
LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	No consta
RESPONSABLE:	N/A
MUESTRA TOMADA POR:	Cliente
FECHA DE RECEPCION:	14-08-2025
PERIODO DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	15-08-2025 ----- 26-08-2025
CONDICIONES AMBIENTALES DE RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO	
TEMPERATURA:	Ambiente
CONTENIDO DECLARADO ©:	1 unidad de 1313 g
CONTENIDO ENCONTRADO:	1 unidad de 1313 g
TIPO DE ENVASE ©:	Funda plástica con cierre ziploc

INFORME

CARACTERISTICAS ORGANOLÉPTICAS	
PARÁMETROS	RESULTADO
Color	Beige + Café + Verde
Olor	Característico
Estado	Sólido

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	VALORES DE REFERENCIA
Humedad	g/100g	82,71	Gravimetría (Norma INEN-ISO 1573)	-----
Materia seca	g/100g	17,29	Gravimetría (Norma INEN-ISO 1573) /Cálculo	-----
pH (10% p/v a 20 °C)	-----	3,86	Potenciometría (Norma NMX-Y-031-SCFI- 2006)	-----
Acidez como ácido láctico	g/100g	1,34	Volumetría (AOAC 942.15- A)	-----
Azúcares Totales	g/100g	< 0,30	Volumetría (Método de Lane y Eynon-AOAC)	-----

EQUIVALENCIAS: g=gramos.

NOTAS: NA

NOTA DE DESCARGO: Los campos marcados con © es información dada por el cliente. Assaylab Cia Ltda no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

COMENTARIOS: NA

Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada.

RESPONSABLE:

QA Alexandra Aymacaña Albán
Directora Técnica Laboratorio CENAIN
ASSAYLAB CIA. LTDA.



Este informe no será reproducido excepto en su totalidad con la aprobación de la Gerente
MCS.16-FQ1 - Informe de Resultados - 5º Rev.: 06 - Fecha Rev.: 13-11-2020

Página 1 de 1

Av. Real Audiencia N66-97 y De Los Eucaliptos, Piso 3 • Teléfonos: 248 3333 / 350 0276/ 346 5302 Cel: 0997101449 e-mail: assaylabcenain@gmail.com • Pagina Web: www.assaylabcenain.com.ec Quito - Ecuador

Anexo 4. Análisis del ensilaje (T0)



Análisis Físico - Químico y Microbiológico de Alimentos, Aguas y Afines • Servicio Profesional

N° 4400-00-FQ4

INFORME DE RESULTADOS

FECHA DE EMISION DEL INFORME:	01-12-2025
CLIENTE ©:	Ramírez Huaca Ángel Sebastián
DIRECCIÓN DEL CLIENTE ©:	San Gabriel, Prov de Carchi
MUESTRA:	Alimento para animales
DESCRIPCIÓN ©:	Ensilaje de maíz fermentado tratamiento 0, 0% Glicerina
Lote/Identificación ©:	NA
FECHA DE ELABORACIÓN ©:	No consta
FECHA DE VENCIMIENTO ©:	No consta
FECHA/HORA DE TOMA DE MUESTRA:	No consta/No consta
LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	No consta
RESPONSABLE:	N/A
MUESTRA TOMADA POR:	Cliente
FECHA DE RECEPCION:	17-11-2025
PERIODO DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	18-11-2025 ----- 01-12-2025
CONDICIONES AMBIENTALES DE RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO	LABORATORIO
TEMPERATURA:	Ambiente
CONTENIDO DECLARADO ©:	1 unidad de 243 g
CONTENIDO ENCONTRADO:	1 unidad de 243 g
TIPO DE ENVASE:	Funda plástica con cierre ziploc

INFORME

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS	
PARÁMETROS	RESULTADO
Color	Característico
Olor	Característico
Estado	Sólido

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	VALORES DE REFERENCIA
Humedad	g/100g	81,16	Gravimetría (Norma INEN-ISO 1573)	-----
Materia seca	g/100g	18,84	Gravimetría (Norma INEN-ISO 1573) /Cálculo	-----
pH (10% p/v a 20 °C)	-----	3,77	Potenciometría (Norma NMX-Y-031-SCFI- 2006)	-----
Acidez como ácido láctico	g/100g	2,04	Volumetría (AOAC 942.15- A)	-----
Azúcares Totales	g/100g	< 0,29	Volumetría (Método de Lane y Eynon-AOAC)	-----

EQUIVALENCIAS: g=gramos,


NOTAS: NA

NOTA DE DESCARGO. Los campos marcados con © es información dada por el cliente. Assaylab Cia Ltda no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

COMENTARIOS: NA

Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada.

RESPONSABLE:


QA Alexandra Aymacaña Albán
Directora Técnica Laboratorio CENAIN
ASSAYLAB CIA. LTDA.



Este informe no será reproducido excepto en su totalidad con la aprobación de la Gerente

MCS.10-F01 - Informe de Resultados - N° Rev.: 06 - Fecha Rev.: 13-11-2020

Página 1 de 1

Av. Real Audiencia N66-97 y De Los Eucaliptos, Piso 3 • Teléfonos: 248 3333 / 350 0276/ 346 5302 Cel: 0997101449 e-mail: assaylabcenain@gmail.com •Página Web: www.assaylabcenain.com.ec Quito - Ecuador

Anexo 5. Análisis del ensilaje (T1)



Análisis Físico - Químico y Microbiológico de
Alimentos, Aguas y Afines • Servicio Profesional

N° 4400-00-FQ3

INFORME DE RESULTADOS

FECHA DE EMISION DEL INFORME:	01-12-2025
CLIENTE ©:	Ramírez Huaca Ángel Sebastián
DIRECCIÓN DEL CLIENTE ©:	San Gabriel. Prov de Carchi
MUESTRA:	Alimento para animales
DESCRIPCIÓN ©:	Ensilaje de maíz fermentado tratamiento 1, 10% Glicerina
Lote/Identificación ©:	NA
FECHA DE ELABORACIÓN ©:	No consta
FECHA DE VENCIMIENTO ©:	No consta
FECHA/HORA DE TOMA DE MUESTRA:	No consta/No consta
LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	No consta
RESPONSABLE:	N/A
MUESTRA TOMADA POR:	Cliente
FECHA DE RECEPCION:	17-11-2025
PERIODO DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	18-11-2025 ----- 01-12-2025
CONDICIONES AMBIENTALES DE RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO	
TEMPERATURA:	Ambiente
CONTENIDO DECLARADO ©:	1 unidad de 241 g
CONTENIDO ENCONTRADO:	1 unidad de 241 g
TIPO DE ENVASE:	Funda plástica con cierre ziploc

INFORME

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	
PARÁMETROS	RESULTADO
Color	Característico
Olor	Característico
Estado	Sólido

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	VALORES DE REFERENCIA
Humedad	g/100g	78,71	Gravimetría (Norma INEN-ISO 1573)	-----
Materia seca	g/100g	21,29	Gravimetría (Norma INEN-ISO 1573) /Cálculo	-----
pH (10% p/v a 20 °C)	-----	3,81	Potenciometría (Norma NMX-Y-031-SCFI- 2006)	-----
Acidez como ácido láctico	g/100g	1,99	Volumetría (AOAC 942.15- A)	-----
Azúcares Totales	g/100g	< 0,29	Volumetría (Método de Lane y Eynon-AOAC)	-----

EQUIVALENCIAS: g=gramos.

NOTAS: NA

NOTA DE DESCARGO: Los campos marcados con © es información dada por el cliente. Assaylab Cia Ltda no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

COMENTARIOS: NA

Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada.

RESPONSABLE:

QA Alexandra Aymacaña Albán
Directora Técnica Laboratorio CENAIN
ASSAYLAB CIA. LTDA.

Este informe no será reproducido excepto en su totalidad con la aprobación de la Gerente



MC5.10-F01 - Informe de Resultados - N° Rev: 06 - Fecha Rev: 13-11-2020

Página 1 de 1

Av. Real Audiencia N66-97 y De Los Eucaliptos, Piso 3 • Teléfonos: 248 3333 / 350 0276/ 346 5302 Cel:
0997101449 e-mail: assaylabcenain@gmail.com • Pagina Web: www.assaylabcenain.com.ec Quito - Ecuador

Anexo 6. Análisis del ensilaje (T2)



Análisis Físico - Químico y Microbiológico de Alimentos, Aguas y Afines • Servicio Profesional

N° 4400-00-FQ1

INFORME DE RESULTADOS

FECHA DE EMISION DEL INFORME:	01-12-2025
CLIENTE ©:	Ramírez Huaca Ángelo Sebastián
DIRECCIÓN DEL CLIENTE ©:	San Gabriel. Prov de Carchi
MUESTRA:	Alimento para animales
DESCRIPCIÓN ©:	Ensilaje de maíz fermentado tratamiento 2, 20% Glicerina
Lote/Identificación ©:	NA
FECHA DE ELABORACIÓN ©:	No consta
FECHA DE VENCIMIENTO ©:	No consta
FECHA/HORA DE TOMA DE MUESTRA:	No consta/No consta
LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	No consta
RESPONSABLE:	N/A
MUESTRA TOMADA POR:	Cliente
FECHA DE RECEPCION:	17-11-2025
PERIODO DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	18-11-2025 ----- 01-12-2025
CONDICIONES AMBIENTALES DE RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO	
TEMPERATURA:	Ambiente
CONTENIDO DECLARADO ©:	1 unidad de 235 g
CONTENIDO ENCONTRADO:	1 unidad de 235 g
TIPO DE ENVASE:	Funda plástica con cierre ziploc

INFORME

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	
PARÁMETROS	RESULTADO
Color	Característico
Olor	Característico
Estado	Sólido

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	VALORES DE REFERENCIA
Humedad	g/100g	69,01	Gravimetría (Norma INEN-ISO 1573)	-----
Materia seca	g/100g	30,99	Gravimetría (Norma INEN-ISO 1573) /Cálculo	-----
pH (10% p/v a 20 °C)	-----	3,85	Potenciometría (Norma NMX-Y-031-SCFI- 2006)	-----
Acidez como ácido láctico	g/100g	1,81	Volumetría (AOAC 942.15- A)	-----
Azúcares Totales	g/100g	< 0,30	Volumetría (Método de Lane y Eynon-AOAC)	-----

EQUIVALENCIAS: g=gramos.

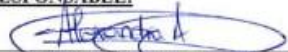
NOTAS: NA

NOTA DE DESCARGO: Los campos marcador con © es información dada por el cliente. Assaylab Cía Ltda no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

COMENTARIOS: NA

Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada.

RESPONSABLE:


QA Alexandra Nymacaña Albán
Directora Técnica Laboratorio CENAIN
ASSAYLAB CIA. LTDA.

Este informe no será reproducido excepto en su totalidad con la aprobación de la Gerente

MCS-10-F01 - Informe de Resultados - N° Rev.: 06 - Fecha Rev.: 13-11-2020



Página 1 de 1

Av. Real Audiencia N66-97 y De Los Eucaliptos, Piso 3 • Teléfonos: 248 3333 / 350 0276/ 346 5302 Cel: 0997101449 e-mail: assaylabcenain@gmail.com • Pagina Web: www.assaylabcenain.com.ec Quito - Ecuador

Anexo 7. Análisis del ensilaje (T3)



Análisis Físico - Químico y Microbiológico de Alimentos, Aguas y Afines • Servicio Profesional

Nº 4400-00-FQ2

INFORME DE RESULTADOS

FECHA DE EMISION DEL INFORME: 01-12-2025
 CLIENTE ©: Ramírez Huaca Ángelo Sebastián
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE ©: San Gabriel, Prov de Carchi
 MUESTRA: Alimento para animales
 DESCRIPCIÓN©: Ensilaje de maíz fermentado tratamiento 3, 30% Glicerina
 Lote/Identificación ©: NA
 FECHA DE ELABORACIÓN ©: No consta
 FECHA DE VENCIMIENTO ©: No consta
 FECHA/HORA DE TOMA DE MUESTRA: No consta/No consta
 LUGAR DE TOMA DE MUESTRA: No consta
 RESPONSABLE: N/A
 MUESTRA TOMADA POR: Cliente
 FECHA DE RECEPCION: 17-11-2025
 PERIODO DE REALIZACIÓN DE ENSAYO: 18-11-2025 ----- 01-12-2025
 CONDICIONES AMBIENTALES DE RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO
 TEMPERATURA: Ambiente
 CONTENIDO DECLARADO ©: 1 unidad de 267 g
 CONTENIDO ENCONTRADO: 1 unidad de 267 g
 TIPO DE ENVASE: Funda plástica con cierre ziploc

INFORME

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	
PARÁMETROS	RESULTADO
Color	Característico
Olor	Característico
Estado	Sólido

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	VALORES DE REFERENCIA
Humedad	g/100g	76,14	Gravimetría (Norma INEN-ISO 1573)	-----
Materia seca	g/100g	23,86	Gravimetría (Norma INEN-ISO 1573) /Cálculo	-----
pH (10% p/v a 20 °C)	-----	3,84	Potenciometría (Norma NMX-Y-031-SCFI- 2006)	-----
Acidez como ácido láctico	g/100g	1,82	Volumetría (AOAC 942.15- A)	-----
Azúcares Totales	g/100g	< 0,29	Volumetría (Método de Lane y Eynon-AOAC)	-----

EQUIVALENCIAS: g=gramos.


NOTAS: NA

NOTA DE DESCARGO: Los campos marcados con © es información dada por el cliente. Assaylab Cia Ltda no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

COMENTARIOS: NA

Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada.

RESPONSABLE:


 QA Alexandra Aymacña Albán
 Directora Técnica Laboratorio CENAIN
 ASSAYLAB CIA. LTDA.



Este informe no será reproducido excepto en su totalidad con la aprobación de la Gerente

MC5.10-F01 - Informe de Resultados - N° Rev: 01 - Fecha Rev: 13-11-2020

Página 1 de 1

Av. Real Audiencia N66-97 y De Los Eucaliptos, Piso 3 • Teléfonos: 248 3333 / 350 0276/ 346 5302 Cel: 0997101449 e-mail: assaylabcenain@gmail.com •Pagina Web: www.assaylabcenain.com.ec Quito - Ecuador

Anexo 8. Análisis del ensilaje (T4)



Análisis Físico - Químico y Microbiológico de Alimentos, Aguas y Afines • Servicio Profesional

N° 4400-00-FQ5

INFORME DE RESULTADOS

FECHA DE EMISION DEL INFORME:	01-12-2025
CLIENTE ©:	Ramírez Huaca Ángelo Sebastián
DIRECCIÓN DEL CLIENTE ©:	San Gabriel. Prov de Carchi
MUESTRA:	Alimento para animales
DESCRIPCIÓN ©:	Ensilaje de maíz fermentado tratamiento 4, 40% Glicerina
Lote/Identificación ©:	NA
FECHA DE ELABORACIÓN ©:	No consta
FECHA DE VENCIMIENTO ©:	No consta
FECHA/HORA DE TOMA DE MUESTRA:	No consta/No consta
LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	No consta
RESPONSABLE:	N/A
MUESTRA TOMADA POR:	Cliente
FECHA DE RECEPCION:	17-11-2025
PERIODO DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	18-11-2025 ----- 01-12-2025
CONDICIONES AMBIENTALES DE RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO	
TEMPERATURA:	Ambiente
CONTENIDO DECLARADO ©:	1 unidad de 311 g
CONTENIDO ENCONTRADO:	1 unidad de 311 g
TIPO DE ENVASE:	Funda plástica con cierre ziploc

INFORME

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	
PARÁMETROS	RESULTADO
Color	Característico
Olor	Característico
Estado	Sólido

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO	VALORES DE REFERENCIA
Humedad	g/100g	74,25	Gravimetría (Norma INEN-ISO 1573)	-----
Materia seca	g/100g	25,75	Gravimetría (Norma INEN-ISO 1573) /Cálculo	-----
pH (10% p/v a 20 °C)	-----	3,79	Potenciometría (Norma NMX-Y-031-SCFI- 2006)	-----
Acidez como ácido láctico	g/100g	1,38	Volumetría (AOAC 942.15- A)	-----
Azúcares Totales	g/100g	< 0,30	Volumetría (Método de Lane y Eynon-AOAC)	-----

EQUIVALENCIAS: g=gramos.

NOTAS: NA

NOTA DE DESCARGO: Los campos marcados con © es información dada por el cliente. Assaylab Cia Ltda no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

COMENTARIOS: NA

Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada.

RESPONSABLE:

QA Alexandra Aymacaña Albán
Directora Técnica Laboratorio CENAIN
ASSAYLAB CIA. LTDA.

Este informe no será reproducido excepto en su totalidad con la aprobación de la Gerente

MC5.10.F11 - Informe de Resultados - N° Rev.: 06 - Fecha Rev.: 13-11-2020



Página 1 de 1

Av. Real Audiencia N66-97 y De Los Eucaliptos, Piso 3 • Teléfonos: 248 3333 / 350 0276/ 346 5302 Cel: 0997101449 e-mail: assaylabcenain@gmail.com • Pagina Web: www.assaylabcenain.com.ec Quito - Ecuador

Anexo 9. Proceso experimental.

A) Desarrollo del maíz



Figura 3. Desarrollo del maíz a los 10, 30 y 60 días



Figura 4. Desarrollo del maíz a los 120 y 150 días

B) Proceso de ensilado



Figura 5. Cosecha y ensilado del maíz

C) Pesaje y mezclado



Figura 6. Pesaje y mezclado

D) Llenado y ubicación de tratamientos



Figura 7. Llenado, sellado y ubicación

E) Apertura y toma de muestras



Figura 8. Apertura y toma de muestras