

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE ENSILAJE DE MAÍZ (*Zea mays*) COMO SUPLEMENTACIÓN EN LA ALIMENTACIÓN BOVINA



JUAN SEBASTIÁN BARRETO GARCÍA



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS AGROPECUARIAS
VILLAVICENCIO

2026

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE ENSILAJE DE MAÍZ (*ZEA MAYS*) COMO SUPLEMENTACIÓN EN LA ALIMENTACIÓN BOVINA

JUAN SEBASTIÁN BARRETO GARCÍA

Trabajo de grado para optar al título de administrador de empresas agropecuarias

Asesor

Mg. CARLOS FRANCISCO ALVAREZ CORTES

Médico Veterinario Zootecnista

Magister Sistemas Sostenibles de Salud Producción Animal Tropical

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS AGROPECUARIAS

VILLAVICENCIO

2026

Autoridades Académicas

P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O. P.

Rector General

P. Mauricio Antonio CORTÉS GALLEJO, O. P.

Vicerrector Académico General

P. Luis Antonio ALFONSO VARGAS, O. P.

Rector Seccional Villavicencio

P. Adrián Mauricio GARCÍA PEÑARANDA, O. P.

Vicerrector Académico Seccional Villavicencio

Mg. Julieth Andrea SIERRA TOBÓN

Secretaria General Seccional Villavicencio

Mg. Mario Fernando PRIETO DELGADILLO

Decano de la Facultad de Administración de Empresas Agropecuarias

Tabla de contenido

	Pág.
Resumen.....	7
Abstract.....	8
Introducción.....	10
1. Planteamiento del problema.....	12
2. Objetivos.....	13
2.1. Objetivo general.....	13
2.2. Objetivos específicos.....	13
3. Marco referencial.....	14
4. Metodología.....	19
4.1. Área de estudio.....	19
4.2. Establecimiento del Cultivo.....	19
4.3. Manejo agronómico del cultivo.....	22
4.4. Elaboración y almacenamiento de silo.....	24
5. Análisis de mercado.....	26
5.1. Proyección de crecimiento.....	26
6. Resultados.....	33
6.1. Análisis de costos.....	33
6.2. Costos fijos y variables.....	34
6.3. Punto de equilibrio.....	34
6.4. Relación Costo – Beneficio (B/C).....	35
7. Conclusiones.....	37
8. Referencias.....	38

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1 Análisis completo de suelos del área destinada al cultivo de maíz híbrido para ensilaje	20
Figura 2 Preparación del área de siembra	21
Figura 3 Cultivo de maíz híbrido en desarrollo	22
Figura 4 Control químico de plagas	23
Figura 5 Cultivo de maíz listo para cosecha	24
Figura 6 Cosecha de Maíz con Cosechadora<	24
Figura 7 Empacado de Silo en bolsas Silo Press	25
Figura 8 Tamaño del hato ganadero	27
Figura 9 Tipo de producción predominante	28
Figura 10 ¿Utiliza suplementos alimenticios durante la época seca?	28
Figura 11 ¿Qué tipo de suplemento utiliza con mayor frecuencia?	29
Figura 12 ¿Con qué frecuencia utiliza suplementos durante el año?	29
Figura 13 ¿Conoce el ensilaje de maíz como suplemento alimenticio?	30
Figura 14 ¿Ha utilizado silo de maíz en su finca?	30
Figura 15 ¿Considera que el silo es un alimento de buena calidad nutricional para el ganado?. 30	30
Figura 16 ¿Estaría interesado en comprar silo de maíz durante la época seca?	31
Figura 17 ¿Qué cantidad mensual estaría dispuesto a adquirir en época seca?	31

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 Distribución de fertilizantes aplicados al cultivo de maíz híbrido durante el ciclo fenológico	22
Tabla 2 Costos de producción por hectárea de ensilaje de maíz híbrido	33
Tabla 3 Tabla comparativa de ingresos, costos y utilidades del proyecto	36

Resumen

El presente estudio evaluó la factibilidad técnica, económica y productiva de establecer un sistema de producción de ensilaje de maíz (*Zea mays*) como estrategia de suplementación alimentaria para bovinos en el municipio de San José del Guaviare, Colombia. Se implementó un diseño metodológico aplicado que contempló el establecimiento de 10 hectáreas de maíz híbrido bajo condiciones agronómicas locales, la caracterización del proceso de ensilaje mediante tecnología SiloPress y la evaluación de variables relacionadas con el manejo del cultivo, eficiencia en la conservación del forraje, estructura de costos y análisis de mercado. Los resultados indican que el sistema propuesto es económicamente viable, con una relación beneficio-costos de 1,79 y un punto de equilibrio alcanzado con la comercialización del 11,4% del volumen total producido (350 toneladas). La encuesta aplicada a ganaderos evidenció una alta aceptación del producto, con un 100% de disposición de compra en épocas críticas de oferta forrajera. Se concluye que la producción tecnificada de ensilaje de maíz representa una alternativa eficiente y sostenible para optimizar la nutrición bovina, mitigar los efectos de la estacionalidad climática y fortalecer la resiliencia de los sistemas ganaderos regionales.

Palabras clave: Ensilaje de maíz, suplementación bovina, viabilidad económica, sistemas ganaderos sostenibles, conservación de forrajes.

Abstract

This study assessed the technical, economic, and productive feasibility of implementing a maize silage (*Zea mays*) production system as a strategic feed supplementation alternative for cattle in the municipality of San José del Guaviare, Colombia. An applied methodological approach was adopted, including the establishment of 10 hectares of hybrid maize under local agronomic conditions, the application of SiloPress bagging technology for silage production, and the evaluation of variables such as crop management, forage conservation efficiency, production cost structure, and market demand. The results demonstrate the economic viability of the project, with a benefit-cost ratio of 1.79 and a breakeven point achieved with the commercialization of only 11.4% of the projected output (350 tons). A survey conducted among local cattle producers revealed a strong market acceptance, with 100% expressing willingness to purchase silage during periods of forage scarcity. It is concluded that the implementation of a technically sound maize silage system constitutes an efficient and sustainable strategy to enhance bovine nutrition, reduce vulnerability to climatic seasonality, and improve the resilience of regional livestock systems.

Keywords: Maize silage, cattle supplementation, economic viability, sustainable livestock systems, forage conservation.

Glosario

Anaeróbico: Condición en la que no existe oxígeno disponible. Es fundamental para el proceso de ensilaje, ya que permite la fermentación láctica que conserva el forraje.

Bacterias ácido-lácticas (BAL): Microorganismos responsables de transformar los azúcares solubles del forraje en ácido láctico durante el ensilaje, reduciendo el pH y evitando la descomposición.

Ensilaje: Técnica de conservación de forrajes mediante fermentación anaeróbica, que permite almacenar alimento con alto valor nutricional para épocas de escasez.

Forraje: Material vegetal, como pastos, gramíneas o leguminosas, destinado a la alimentación del ganado.

Materia seca (MS): Porcentaje de un alimento que queda después de eliminar toda el agua. Es un indicador clave para evaluar el valor nutricional del forraje.

pH del suelo: Medida que indica la acidez o alcalinidad del suelo, determinante para la disponibilidad de nutrientes en los cultivos.

Punto de equilibrio: Nivel mínimo de producción o ventas en el que los ingresos cubren exactamente los costos totales del proyecto, sin generar pérdidas ni ganancias.

Relación beneficio-costos (B/C): Indicador financiero que mide la rentabilidad de un proyecto comparando los beneficios generados con los costos totales invertidos.

SiloPress: Sistema de almacenamiento de ensilaje en bolsas plásticas de gran capacidad, diseñado para facilitar la compactación del forraje y mantener condiciones anaeróbicas.

Suplementación bovina: Práctica de proveer alimentos adicionales a los pastos naturales para cubrir los requerimientos nutricionales del ganado, especialmente en épocas de escasez.

Introducción

El principal rol de la ganadería es proporcionar una fuente segura de proteínas para una población mundial en rápido crecimiento con el fin de contribuir a la seguridad alimentaria. Los patrones de consumo en las economías industrializadas y emergentes han llevado a una intensificación de la ganadería y a un mercado de alimentos más globalizado, lo que ha provocado enormes cambios en el uso de tierras agrícolas, praderas y pastos, sistemas de producción altamente intensivos y a un tráfico mundial de alimentos y productos animales (Teixeira et al., 2018).

La producción ganadera es un componente fundamental del sistema agroalimentario. Para lograr una mayor productividad con menor repercusión, primero debemos dar prioridad al aumento de la eficiencia de los sistemas ganaderos. Esto requiere optimizar la conversión de los pastos y reducir su desperdicio, mejorar la utilización de los nutrientes, minimizar la degradación de las tierras y los recursos hídricos, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar la degradación ambiental. Además, es necesario dar prioridad a la adopción de prácticas agrícolas y ganaderas climáticamente inteligentes (Carotenuto, 2023).

Colombia es el cuarto productor de carne bovina en Latinoamérica, después de Brasil, Argentina y México, que en 2022 se ubicaron en segundo, sexto y séptimo lugar respectivamente (Cámara de Comercio de Bogotá, 2023).

Según el Censo ICA 2024, el ganado bovino se concentra principalmente en los departamentos de Antioquia (11%), Meta (8%), Casanare (8%), Córdoba (8%), Caquetá (7%), Bolívar (6%), Cesar (6%), Magdalena (5%), Santander (5%) y Cundinamarca (5%) los cuales representan el 75% del total de la población (Instituto Colombiano Agropecuario, 2024).

En la ganadería bovina, una de las prácticas habituales es el pastoreo, que constituye una fuente directa de alimento para el ganado en los potreros, complementado con alimentos balanceados. (IICA, 2023).

El ensilaje es un proceso de conservación de alimentos a través de una fermentación anaeróbica, es decir, sin presencia de oxígeno. Este tipo de fermentación hace que todo el material conservado se vuelva ácido, lo que impide el crecimiento de hongos y bacterias dañinas (Callejo, 2018). Además, es un alimento nutritivo y muy palatable (agradable a los animales) que se dispone para la alimentación del ganado durante todo el año (CRS, 2015).

Con este trabajo se pretende determinar la factibilidad y rentabilidad de la producción de silo de maíz como alternativa de suplementación bovina, que permita a los ganaderos del municipio de San José del Guaviare, departamento del Guaviare, suplir la demanda alimenticia en época de sequía y evitar la pérdida de peso en el ganado.

1. Planteamiento del problema

La ganadería es la actividad productiva más importante del departamento del Guaviare, generadora de más de 5000 empleos, base económica de las familias campesinas. En los últimos años ha desarrollado una cadena láctea en la que se genera empleo y dinamismo empresarial (USAID, 2021).

La producción de ganadería bovina se fundamenta en un sistema de manejo extensivo orientado a la cría, levante y ceba, aunque en los últimos años ha tomado gran fuerza la producción de leche. Esta actividad representa en total el 8,6% del PIB departamental, con una producción pecuaria del 9,1% (USAID, 2021).

Hoy día es la principal actividad económica del departamento con una población bovina de 596.706 cabezas de ganado, de los cuales San José del Guaviare tiene 255.500 cabezas de ganado (Instituto Colombiano Agropecuario, 2024).

En la actualidad, el cambio climático y la variabilidad de las condiciones han afectado gravemente la producción ganadera en los llanos orientales, provocando en época de verano, una disminución considerable en la producción de forraje debido al estrés hídrico, y en época de invierno, produciendo un superávit de forraje que puede ser conservado como reserva de alimento para tiempos críticos. Por lo anterior, es importante implementar estrategias alimenticias adecuadas y eficaces, como el ensilaje, que permitan suplir las exigencias nutricionales de los bovinos en las épocas de estrés hídrico.

Teniendo en cuenta lo anterior, la producción de ensilaje se convierte en una alternativa de producción inteligente, permitiendo tener una buena fuente de alimento en las épocas de sequía, evitado un deterioro en la nutrición de los bovinos y pérdidas económicas a los ganaderos.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Estudiar la factibilidad para la producción de ensilaje de maíz (*zea mays*) como suplementación en la alimentación bovina.

2.2. Objetivos específicos

Analizar la viabilidad económica de la producción de ensilaje como suplementación bovina.

Evaluar los costos de producción del ensilaje de maíz y su comparación con otras fuentes de alimentación para el ganado.

Investigar la demanda de ensilaje de maíz en la región y su aceptación por parte de los productores de ganado.

3. Marco referencial

La elaboración y conservación de alimento en forma de ensilaje se ha convertido en una importante herramienta de manejo, que permite a los productores generar y almacenar sus recursos alimenticios dentro de sus sistemas productivos. El objetivo principal de la elaboración de los silos es generar una despensa de alimento, con bajos costos de producción y con excelente calidad nutricional, con el propósito de enfrentar aquellas épocas de poca oferta dentro de los potreros (Morales, 2014).

Uno de los factores que más afecta a los pequeños ganaderos es la limitada disponibilidad de forrajes, de buena calidad nutritiva, durante la época seca. La oferta de forraje guarda estrecha relación con la disponibilidad de semilla, las condiciones del suelo, el clima y el manejo que le proporcione el productor. Los forrajes se han constituido en la fuente más económica de nutrientes para el ganado (Morales, 2014).

La práctica del ensilaje se inició hace aproximadamente 3.000 años, en las ruinas de Cartago en África donde se descubrieron indicios del ensilaje de forrajes alrededor del año 1200 A.C. El primer ensilaje de forraje verde se elaboró en 1786 en Italia donde se preservaron hojas verdes en toneles de madera. En 1842 en Londres se inició el proceso del ensilaje con gramíneas y leguminosas, y es hasta 1873 que esta práctica llega a los Estados Unidos donde se expandió rápidamente con la realización del ensilaje de maíz (Bernal & Chaverra, 2002).

El ensilaje se logra por medio de una fermentación láctica espontánea en condiciones anaerobias. Las bacterias epifíticas de ácido láctico (BAC) fermentan los carbohidratos hidrosolubles (CHS) del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad, ácido acético. Al generarse estos ácidos el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción (Molina et al. 2004). El objetivo esencial del ensilado es conservar los forrajes (o los subproductos agroindustriales) con un mínimo de pérdidas de materia seca y de nutrientes, manteniendo una adecuada apetecibilidad por el ganado y sin que se produzcan durante el proceso sustancias que puedan ser tóxicas para el animal (Ramos, 2018).

El ensilaje de maíz es uno de los forrajes conservados más importantes en los sistemas de producción modernos. En la alimentación de rumiantes, el silo de maíz, con un contenido entre el 30% al 50% de granos, se considera un suplemento energético de la ración o como complemento de la dieta. Los ensilados de maíz se utilizan cada día más por las siguientes ventajas: Altos

rendimiento/ha de alimento de alta energía, alimento palatable y consistente, inmediato almacenaje, rápida cosecha, bajo costo, mínimo porcentaje de pérdidas, siempre y cuando se trabaje en forma correcta (Minervet, 2021).

El forraje seleccionado para ensilarse debe cosecharse fresco, por ejemplo, el maíz, que es la gramínea más utilizada en el país para ensilarse, debe cumplir con ciertos requisitos como un alto contenido de humedad, primordial para el proceso, ésta debe estar entre el 62 y el 70 % y las características que debe presentar el grano de maíz es que debe encontrarse en un estado lechoso-masoso. En este estado de madurez, el grano contiene la cantidad de nutrientes y humedad adecuados para el proceso de fermentación y de acidificación del medio, evitando así que el forraje se pudra (Universidad Nacional Autónoma de México, 2025).

La conservación del forraje depende de condiciones particulares que comienzan cuando concluye el tapado y básicamente se fundamenta en dos mecanismos primarios: un ambiente anaeróbico y la fermentación de carbohidratos, que en conjunto, favorecen la producción de ácido láctico y de otros ácidos orgánicos, que a su vez favorecen la disminución del pH y evitan el crecimiento de microorganismos aeróbicos indeseables tales como hongos, levaduras y bacterias aeróbicas; aunque estos organismos indeseables pueden producirse a un pH bajo (menor a 4), la ausencia de oxígeno evita su proliferación (Universidad Nacional Autónoma de México, 2025).

Los principales cambios químicos y microbiológicos que ocurren durante el proceso de fermentación se pueden dividir en cuatro fases distintas: fermentación aeróbica, fermentación anaeróbica, almacenamiento y salida (Universities of Wisconsin, 2025).

Fase Aeróbica

La fase aeróbica de la fermentación comienza en la cosecha y continúa hasta que se agota el oxígeno, poco después del ensilado. Durante esta etapa, los azúcares vegetales presentes en el material vegetal recién picado se descomponen en dióxido de carbono, agua y calor en un proceso conocido como respiración. Los microorganismos aeróbicos (levaduras, mohos y bacterias aeróbicas) presentes en el material vegetal picado también utilizan los azúcares vegetales durante esta fase inicial y son una fuente importante de respiración. El aumento del crecimiento de levaduras y mohos durante esta fase puede predisponer el ensilado al calentamiento y al deterioro durante la fase de salida.

Con buenas prácticas de manejo, la fase aeróbica durará solo unas pocas horas. Con un manejo inadecuado (es decir, cosechar el cultivo demasiado seco, mala compactación, longitud de

corte inadecuada, llenado lento y/o no cubrir el silo), esta fase puede continuar durante varias semanas.

Fase de Fermentación Anaeróbica

Una vez que se ha agotado el oxígeno, comienza la fase de fermentación anaeróbica. Durante esta fase, una sucesión de diferentes poblaciones de bacterias anaeróbicas fermenta los azúcares. Los azúcares se convierten principalmente en ácido láctico, pero también en ácido acético, etanol, dióxido de carbono y algunos otros productos menores. La producción de ácido reduce el pH del cultivo ensilado, lo que inhibe el crecimiento de otros microbios. Las principales bacterias para el ensilado son las bacterias del ácido láctico (BAL). Las BAL se dividen en dos grandes categorías. Las BAL homofermentativas producen ácido acético y dióxido de carbono, así como ácido láctico. Las homofermentadoras son más deseables que las heterofermentadoras porque su fermentación es más eficiente, lo que resulta en una menor pérdida de materia seca y energía.

Inicialmente, predominan las BAL heterofermentativas. Estos organismos permanecen activos hasta que el pH del material ensilado desciende por debajo de 5. Cuando el pH del forraje ensilado alcanza 5, predominan las BAL homofermentativas. Estas bacterias son extremadamente tolerantes a los ácidos y crecen rápidamente. Como producen solo ácido láctico, el pH del ensilado desciende más rápidamente. Las bacterias permanecen activas hasta que el ensilado alcanza un pH estable de 4 o inferior, o hasta que se agotan los azúcares de fermentación.

Cuando la población natural de LAB es muy baja, pueden proliferar las bacterias del ácido acético. Estas bacterias son menos deseables que las LAB, ya que producen principalmente ácido acético, que retarda la caída del pH, aumenta las pérdidas de materia seca y puede reducir la ingesta de materia seca en el ganado de carne y leche.

En el ensilado de maíz, el proceso de fermentación anaeróbica activa generalmente dura menos de una semana. La velocidad de fermentación depende de la cantidad y el tipo de BAL presentes en el cultivo al ensilar y del contenido de humedad del ensilado. Los forrajes más húmedos fermentan más rápido que los más secos.

Fase de Almacenamiento

Durante la fase de almacenamiento, el pH del material ensilado permanece relativamente estable y hay una actividad microbiana y enzimática mínima si el cultivo ensilado se mantiene anaeróbico.

El factor principal que afecta la calidad del ensilado durante la fase de almacenamiento es la entrada de oxígeno al silo. El oxígeno aumenta el crecimiento de levaduras y mohos, lo que produce pérdida de materia seca y calentamiento en el forraje ensilado. La cantidad de ensilado superior está directamente relacionada con la densidad del ensilado y la cantidad de área de superficie expuesta. El peor escenario sería una pila de ensilado descubierta, colocada demasiado seca y mal compactada. Las pérdidas aeróbicas en estas circunstancias pueden llegar al 20%. Otras causas de pérdida excesiva durante el almacenamiento son grietas en las paredes del silo, puertas mal selladas en silos verticales y rasgaduras en las cubiertas o bolsas de plástico.

Fase de Alimentación

La fase de ensilado comienza una vez que se abre el silo y continúa hasta que se consume el ensilado. Una vez que el ensilado se vuelve a exponer al oxígeno, las levaduras y los mohos se activan nuevamente y convierten los azúcares residuales, los ácidos de fermentación y otros nutrientes solubles en dióxido de carbono, agua y calor. Las pérdidas por ensilado pueden representar hasta el 30% de la pérdida total de materia seca en el proceso de ensilado.

Generalmente, los primeros signos de deterioro aeróbico son el calentamiento y un olor desagradable, seguidos por el crecimiento de hongos en la superficie del ensilado y/o en el comedero. Para cuando aparece el crecimiento de hongos, ya se han perdido cantidades sustanciales de materia seca y nutrientes. Además de la pérdida de nutrientes altamente digestibles, algunos mohos pueden producir micotoxinas que pueden causar enfermedades o reducir el rendimiento del ganado.

Tipos de Ensilaje

El silo es la estructura donde se guarda el ensilaje, y tiene como función conservar su calidad y facilitar la extracción al momento de suministro (InfoAgronomo, 2022).

El silo de Trinchera o zanja también se les conoce como silos de pozo o de zanja. Como su nombre lo indica, es una trinchera, porque en el suelo se realiza un hueco largo no muy profundo generalmente este tipo de silo es subterráneo en algunas partes se les conoce como silo canadiense mejorado.

El silo de montón es uno de los más sencillos de elaborar, la cual consiste en colocar un plástico como base y sobre este se empieza apilar el material que se va ensilar. Después se compacta y se cubre con otro plástico para evitar la entrada de aire.

El silo de Bolsa se les conoce también como microsilos, además de facilitar labores de alimentación, almacenamiento y transporte. Este tipo de práctica muy utilizada por los pequeños productores, especialmente para lecherías donde son pocas las áreas sembradas en pastos.

El silo bunker son aquellos que se construyen sobre el nivel del suelo, cuyas paredes y piso pueden ser de concreto o cualquier material de la región. También se les llama silos horizontales.

4. Metodología

4.1. Área de estudio

Esta investigación se llevó a cabo en la finca Guacamayas ubicada a 22 km del casco urbano del municipio de San José de Guaviare, departamento del Guaviare. El área de la finca es de 120 hectáreas, de las cuales 110 hectáreas están dedicadas a la ganadería. En el departamento del Guaviare el régimen de la precipitación es monomodal, es decir un periodo seco (entre diciembre a febrero) y un periodo de lluvias que se acentúa entre los meses de entre abril a julio (Departamento Nacional de Planeación, 2021).

El área destinada para el establecimiento del cultivo de maíz correspondió a 10 hectáreas, y para el almacenamiento de silo se dispusieron 2000 m².

4.2. Establecimiento del Cultivo

Antes de establecer el cultivo, se realizó un análisis de suelos con el propósito de determinar las condiciones actuales del terreno, así como sus características físicas y químicas. Los resultados indicaron que el suelo presenta una textura franco-arcillosa, con bajos niveles de bases intercambiables (calcio, magnesio y potasio), un pH extremadamente ácido de 4.4, una saturación media de aluminio y concentraciones bajas de boro. En cuanto al contenido de materia orgánica, se registraron niveles medios (Figura 1.). Estos resultados fueron analizados por un Ingeniero Agrónomo profesional.

Figura 1

Análisis completo de suelos del área destinada al cultivo de maíz híbrido para ensilaje

Textura	pH 1: 1	C %	M. O. %	C/N %	N.T. %	P ppm	Al meq/100g	RELACION DE CATIONES			
								Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
FA	4,4	0,17	0,30	8,50	0,02	6,10	0,60	3,00	3,75	1,25	5,00
	Ext. ácido				0,10 - 0,20	40,00	0,10 - 1,00	3,00 - 6,00	15,00 - 30,00	10,00 - 15,00	20,00 - 40,00
					B	B	N	N	B	B	B

PARAMETROS	COMPLEJO DE CAMBIO meq / 100 g						% DE SATURACIONES					
	CIC	BT	Ca	Mg	K	Na	SCa	SMg	SK	SNa	STAl	STB
Resultado Análisis	6,0	0,98	0,60	0,20	0,16	0,02	10,00	3,33	2,67	0,33	37,97	16,33
Rango Adecaudo			3,00 - 10,00	1,50 - 3,00	0,20 - 0,40	0,10 - 1,00	60,00 - 60,00	10,00 - 20,00	2,00 - 3,00	5,00 - 15,00	25-50	35,00 - 50,00
Calificación			B	B	B	B	B	B	B	B	M	B

PARAMETROS	ELEMENTOS MENORES – Partes por Millón (ppm)					
	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
Resultado Análisis	0,90	58,75	1,25	0,80	0,04	5,91
Rango Adecaudo	1,00 - 3,00	20,00-100,00	10,00 - 20,00	2,00 - 4,00	0,30 - 0,60	10,00 - 20,00
Calificación	B	N	B	B	B	B

Nota. El análisis de suelos evidencia textura franco-arcillosa, pH ácido (4,4), saturación media de aluminio y niveles medios de materia orgánica. Estos resultados orientaron el plan de corrección de acidez y fertilización para optimizar el establecimiento del cultivo.

Antes de implementar un plan de nutrición, es importante considerar que el PH del suelo es un factor que determina la disponibilidad de nutrientes, el rango ideal de PH es de 5.6 a 7.5 para garantizar un buen desarrollo y producción del cultivo de maíz. La fertilización tiene por objeto mantener la fertilidad del suelo para conservar el potencial de la productividad. Para ello, el suelo debe tener un contenido óptimo de nutrientes, es decir, los nutrientes que se eliminan con la cosecha deben ser sustituidos por fertilizantes. Además de la eliminación de los nutrientes, hay que añadir los suplementos por pérdidas específicas (por ejemplo, por lixiviación) y para compensar los déficits anteriores. Siendo el Maíz un cultivo exigente y sensible a las variaciones de fertilidad de los suelos, responde muy fácilmente a las incorporaciones de compuestos orgánicos y fertilizantes químicos que se deben aplicar teniendo en cuenta el análisis de suelos, como herramienta de diagnóstico de la fertilidad del suelo para establecer las bases mínimas de fertilización (Gobernación del Valle del Cauca, 2022).

Teniendo en cuenta, las recomendaciones realizadas por el Ingeniero Agrónomo se realizaron las siguientes actividades de preparación de terreno:

- Preparación del área de siembra con 2 pases de arado, con el fin de descompactar el suelo y mejorar las condiciones para la germinación de la semilla.

- Incorporación de fertilizante, para la corrección de pH, disminución de los niveles de aluminio, hierro, y mejorar la disposición de bases intercambiables.
- Nivelación de suelo para la siembra de semilla

El área fue preparada con un mes de antelación a la siembra (Imagen 1). Para el establecimiento del cultivo se utilizó maíz híbrido Pioneer P3966WVYHR, un material genéticamente modificado con tecnología Leptra®, que brinda resistencia a plagas y enfermedades. Esta variedad, de grano blanco y de doble propósito (grano y ensilaje), se caracteriza por su alta producción de biomasa, una cualidad fundamental para la elaboración de ensilaje.

Figura 2

Preparación del área de siembra



Se sembraron 10 hectáreas, a una densidad de 70.000 semillas por hectárea, con una distancia de 80 cm entre surcos, siguiendo las recomendaciones técnicas de la casa comercial (Figura 3).

Figura 3*Cultivo de maíz híbrido en desarrollo***4.3. Manejo agronómico del cultivo**

Para el manejo nutricional del cultivo, se realizaron tres de fertilizaciones: la primera en el momento de la siembra, la segunda en el estado fenológico V5 y la tercera en V10. Estas etapas corresponden al desarrollo vegetativo del cultivo, donde V5 indica la presencia de cinco hojas completamente desarrolladas y V10 diez hojas, lo cual representa fases clave para el aprovechamiento eficiente de los nutrientes y el desarrollo estructural de la planta.

Tabla 1*Distribución de fertilizantes aplicados al cultivo de maíz híbrido durante el ciclo fenológico*

Fuente Fertilizante	Siembra (kg/ha)	V4-V6 (kg/ha)	V9-V10 (kg/ha)
Nitrógeno	-	150	100
Fosforo (DAP)	100	-	-
Potasio (KCL)	30	60	30
Elementos menores (B, Zn, Cu, S)	10	-	-

Nota. La tabla presenta la dosificación de fertilizantes aplicada en tres etapas clave del desarrollo vegetativo del maíz híbrido: siembra, V4–V6 (4 a 6 hojas desarrolladas) y V9–V10 (9 a 10 hojas). Las unidades se expresan en kilogramos por hectárea (kg/ha). La aplicación fue definida con base en el análisis de suelos y recomendaciones agronómicas para el híbrido Pioneer P3966WVYHR.

Para el control de plagas como Lorito o salta hojas se realizaron 2 aplicaciones de Closer 240 SC 200 ml/ ha, la 1er aplicación en V4, y la segunda aplicación 7 días después de la primera (Figura 4).

Figura 4

Control químico de plagas



Finalmente, 125 días después de la siembra, se realizó la cosecha del maíz, cuando el cultivo ya presentaba mazorca completamente formada. Las plantas alcanzaron una altura promedio de 2.90 metros durante su desarrollo (Figura 5). Para la cosecha se utilizó una cosechadora SIGMA 2002 con remolque (Figura 6).

Figura 5

Cultivo de maíz listo para cosecha

**Figura 6**

Cosecha de Maíz con Cosechadora

**4.4. Elaboración y almacenamiento de silo**

Antes del ser cosechado el maíz, se procedió a delimitar el área destinada para el silo. Esta fue debidamente nivelada con el fin de retirar piedras u otros materiales que pudieran dañar la bolsa plástica utilizada para el ensilaje. Asimismo, se eliminaron charcos o zonas con acumulación de humedad que pudieran comprometer la adecuada conservación del material ensilado.

El maíz cosechado fue empacado en bolsas SiloPress, siguiendo las especificaciones técnicas del fabricante. Se utilizaron cuatro bolsas de 6 pies de diámetro por 60 metros de longitud, cada una con una capacidad promedio de 70 a 80 toneladas. Con el apoyo de un remolque y una banda transportadora, el material fue empacado de manera homogénea, evitando la formación de cámaras de aire que pudieran afectar el proceso de fermentación y conservación del ensilaje (Imagen 6).

Figura 7

Empacado de Silo en bolsas Silo Press



Durante el empacado, se aplicó melaza disuelta en agua en una proporción de 1:2 (1 kilogramo de melaza por cada 2 litros de agua), con el propósito de mejorar las características organolépticas y aumentar la palatabilidad del silo, favoreciendo así su aceptación por parte del ganado.

Una vez empacado el material vegetal, se dejó en reposo durante 45 días, tiempo necesario para que el proceso de fermentación anaeróbica optimizara las propiedades nutricionales y de conservación del ensilaje. Transcurrido este periodo, el material fue reempacado en bolsas de ensilaje calibre 5.5, apropiadas para su almacenamiento prolongado y posterior uso en la alimentación animal.

5. Análisis de mercado

Actualmente, la competencia directa en la oferta de ensilaje comercial en el municipio de San José del Guaviare es baja o inexistente, lo cual posiciona al proyecto como una alternativa pionera en el mercado local. No obstante, existen formas de competencia indirecta, como:

- El uso tradicional de forrajes naturales y pastos cultivados en los propios predios.
- La adquisición de alimentos balanceados o concentrados comerciales, cuyo costo por tonelada puede duplicar el de los forrajes conservados (Minervet, 2021).
- Ensilajes artesanales elaborados por algunos productores, que usualmente presentan baja tecnificación, escasa uniformidad y limitada vida útil, afectando su calidad nutricional (Ramos, 2018; Universidad Nacional Autónoma de México, 2025).

Estas alternativas no ofrecen la misma eficiencia nutricional ni la estabilidad que un ensilaje tecnificado, lo cual representa una ventaja competitiva para la producción organizada y tecnificada de silo de maíz.

El costo de producción del ensilaje de maíz, en condiciones tecnificadas, es notablemente inferior al de los concentrados comerciales. Esto permite ofrecer un producto más económico y competitivo, especialmente útil durante las temporadas de sequía o estrés hídrico, cuando los pastos escasean (Callejo, 2018).

Además, al tratarse de una producción local, se eliminan sobre costos logísticos relacionados con transporte de larga distancia, almacenamiento especializado o intermediación comercial, lo que mejora aún más el margen de rentabilidad (CRS, 2015).

5.1. Proyección de crecimiento

El cambio climático y la variabilidad climática han afectado la estabilidad de la producción forrajera, lo que impulsa una tendencia creciente hacia la adopción de reservas forrajeras como el ensilaje (Carotenuto, 2023; Teixeira et al., 2018).

Se espera que la demanda de alimentos conservados siga aumentando, ya que permiten mantener la productividad ganadera en épocas críticas. Adicionalmente, el impulso a la tecnificación ganadera y la adopción de prácticas climáticamente inteligentes, promovidas por el ICA, el SENA y programas internacionales, favorecen la aceptación de tecnologías como el

ensilaje de maíz entre los productores locales (Instituto Colombiano Agropecuario, 2024; USAID, 2021).

Con el propósito de recolectar información para un estudio de factibilidad sobre la producción y comercialización de ensilaje de maíz (*Zea mays*) como alternativa de suplementación alimenticia bovina en el municipio de San José del Guaviare, se aplicó una encuesta dirigida a 20 productores ganaderos de la región. El objetivo fue identificar las prácticas actuales de alimentación, el nivel de conocimiento sobre el uso del silo de maíz y la disposición de los ganaderos a adquirir este suplemento durante épocas críticas, como la temporada seca.

5.1.1 Encuesta

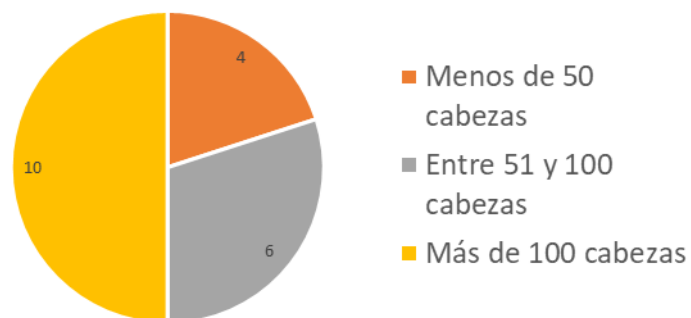
1. Características explotación ganadera

Tamaño del hato ganadero:

- Menos de 50 cabezas = 4
- Entre 51 y 100 cabezas = 6
- Más de 100 cabezas = 10

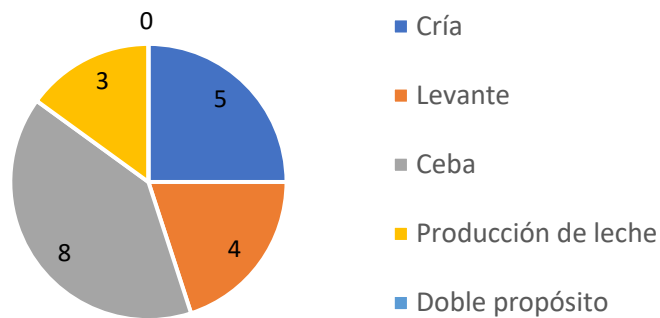
Figura 8

Tamaño del hato ganadero



Tipo de producción predominante:

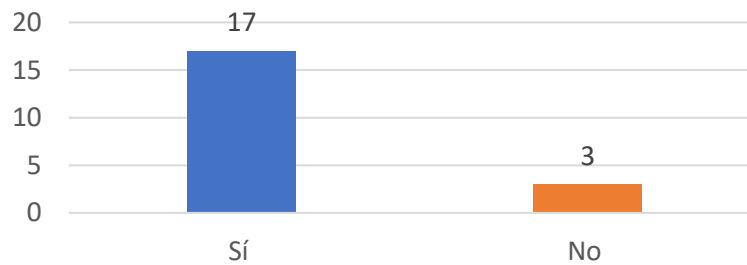
- Cría = 5
- Levante = 4
- Ceba = 8
- Producción de leche = 3
- Doble propósito = 0

Figura 9*Tipo de producción predominante*

2. Oferta y uso de alimentos suplementarios

¿Utiliza suplementos alimenticios durante la época seca?

- Sí = 17
- No = 3

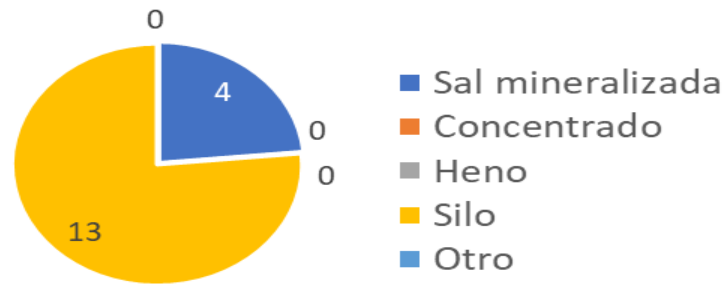
Figura 10*¿Utiliza suplementos alimenticios durante la época seca?*

¿Qué tipo de suplemento utiliza con mayor frecuencia?

- Sal mineralizada = 4
- Concentrado = 0
- Heno = 0
- Silo = 13
- Otro

Figura 11

¿Qué tipo de suplemento utiliza con mayor frecuencia?



¿Con qué frecuencia utiliza suplementos durante el año?

- Solo en época seca = 16
- Todo el año = 2
- Esporádicamente = 2

Figura 12

¿Con qué frecuencia utiliza suplementos durante el año?



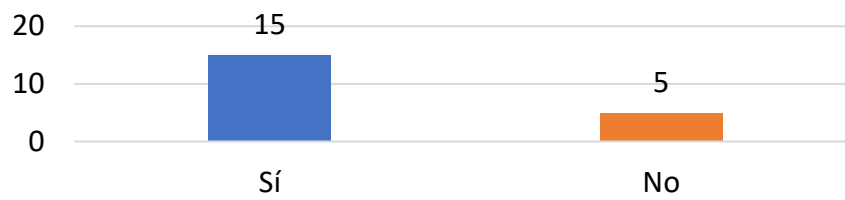
3. Conocimiento y uso del silo de maíz

¿Conoce el ensilaje de maíz como suplemento alimenticio?

- Sí = 16
- No = 4

Figura 13

¿Conoce el ensilaje de maíz como suplemento alimenticio?



¿Ha utilizado silo de maíz en su finca?

- Sí = 15
- No = 5

Figura 14

¿Ha utilizado silo de maíz en su finca?

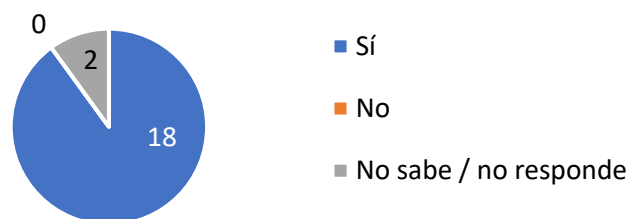


¿Considera que el silo es un alimento de buena calidad nutricional para el ganado?

- Sí = 18
- No = 0
- No sabe / no responde = 2

Figura 15

¿Considera que el silo es un alimento de buena calidad nutricional para el ganado?



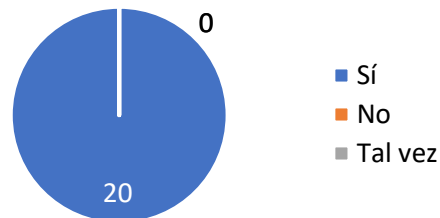
4. *Interés y disposición de compra*

¿Estaría interesado en comprar silo de maíz durante la época seca?

- Sí = 20
- No = 0
- Tal vez = 0

Figura 16

¿Estaría interesado en comprar silo de maíz durante la época seca?

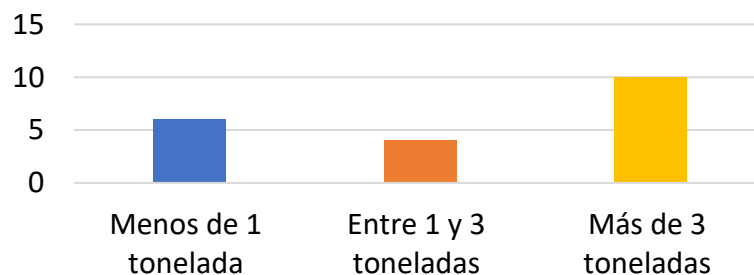


¿Qué cantidad mensual estaría dispuesto a adquirir en época seca?

- Menos de 1 tonelada = 6
- Entre 1 y 3 toneladas = 4
- Más de 3 toneladas = 10

Figura 17

¿Qué cantidad mensual estaría dispuesto a adquirir en época seca?



1. *Características de explotación Ganadera*

En cuanto al tamaño del hato, el 50% de los encuestados posee más de 100 cabezas de ganado, mientras que un 30% cuenta con entre 51 y 100 animales y el 20% restante tiene menos

de 50 cabezas. Esto indica una participación importante de productores medianos y grandes en la actividad.

Respecto al tipo de producción predominante, se observó que el 40% de los productores se dedican principalmente a la ceba, el 25% a la cría, el 20% al levante y el 15% a la producción de leche. No se reportaron fincas con sistemas de doble propósito, lo cual sugiere una especialización productiva en carne y recría.

2. Oferta y Uso de Suplementos Alimenticios

El 85% de los ganaderos manifestó que utiliza suplementos alimenticios durante la época seca, mientras que el 15% indicó que no lo hace. En relación con el tipo de suplemento más utilizado, el 65% señaló el silo de maíz como su principal fuente de suplementación, seguido de la sal mineralizada con un 20%. No se reportó el uso de concentrados ni de heno.

En cuanto a la frecuencia de uso, el 80% de los encuestados indicó que suministra suplementos únicamente durante la época seca, mientras que el 10% lo hace durante todo el año y otro 10% de forma esporádica. Estos resultados reflejan que la suplementación está fuertemente asociada a los periodos de escasez forrajera.

3. Conocimiento y Uso del Silo de Maíz

El 80% de los productores encuestados manifestó conocer el ensilaje de maíz como suplemento alimenticio, y el 75% afirmó haberlo utilizado en sus fincas. Además, el 90% considera que el silo de maíz es un alimento de buena calidad nutricional para el ganado, mientras que el 10% restante expresó no saber o no tener una opinión clara al respecto. Ningún productor manifestó una percepción negativa frente al producto, por el contrario reconocen las bondades nutricionales del mismo.

4. Interés y Disposición de Compra

La totalidad de los encuestados (100%) manifestó interés en adquirir silo de maíz durante la época seca, lo cual evidencia una demanda potencial sólida para este producto. En cuanto a la cantidad mensual que estarían dispuestos a comprar, el 30% indicó que adquiriría menos de una tonelada, el 20% entre una y tres toneladas, y el 50% más de tres toneladas por mes.

6. Resultados

6.1. Análisis de costos

El costo se define como la medición en términos monetarios de la cantidad de recursos usados para algún propósito u objetivo, tal como un producto comercial ofrecido para la venta general o un proyecto de construcción (Hornngren et al., 2012).

El siguiente análisis corresponde a los costos de establecimiento y mantenimiento de una hectárea de maíz híbrido forrajero, así como a los costos asociados al proceso de elaboración del ensilaje. Para el desarrollo del análisis económico se empleó la herramienta Microsoft Excel, lo que permitió sistematizar y facilitar la estimación de los costos de producción, el análisis costo-beneficio, el cálculo del retorno de inversión y la determinación del punto de equilibrio.

Tabla 2

Costos de producción por hectárea de ensilaje de maíz híbrido

Categoría	Concepto	Unidad	Cant.	Valor Unitario	Costo Total
1.Preparación del terreno	Arado (2 pases)	Ha	10	\$ 240.000	\$ 2.400.000
	Rastra / aplicación enmienda/Nivelación	Ha	10	\$ 160.000	\$ 1.600.000
	Fertienmienda / Correctores de pH	Ton / Ha	0	\$ 680.000	\$ 6.800.000
2. Siembra	Semilla híbrida (Pioneer P3966WVYHR)	Bolsa (60.000 semillas)	12	\$ 1.318.000	\$ 15.816.000
	Alquiler sembradora	Pase	10	\$ 180.000	\$ 1.800.000
	Mano de obra para siembra	Jornal	4	\$ 50.000	\$ 200.000
	Transporte de insumos	Flete	1	\$ 300.000	\$ 300.000
3. Fertilización	Fertilizante nitrogenado (urea o similar)	Bulto	60	\$ 114.000	\$ 6.840.000
	DAP (fosfato diamónico)	Bulto	20	\$ 210.000	\$ 4.200.000
	Cloruro de potasio (KCl)	Bulto	24	\$ 153.000	\$ 3.672.000
	Borozinco o micronutrientes	Bulto	5	\$ 171.700	\$ 858.500
	Mano de obra para fertilización	Jornal	4	\$ 50.000	\$ 200.000
4.Control sanitario	Insecticida (Closer 240 SC u otro)	Frasco 200ml	1	\$ 88.300	\$ 88.300
	Mano de obra para aplicación	Jornada	2	\$ 50.000	\$ 100.000
5. Cosecha	Alquiler de cosechadora SIGMA 2002 y mano de obra	Día	4	\$ 332.000	\$ 1.328.000
6. Ensilaje	Bolsas SiloPress (6 pies x 60 m)	Unidad	5	\$ 1.072.917	\$ 5.364.585
	Melaza	Bultos	4	\$ 45.000	\$ 180.000

	Reempacado en bolsas calibre 5.5	Jornal	3	\$ 50.000	\$ 150.000
7. Otros	Imprevistos		1	\$ 600.000	\$ 600.000
	Salario encargado		4	\$ 1.500.000	\$ 6.000.000
Costo Directo Total	-	-	-	-	\$ 58.497.385

Nota. La tabla presenta los costos estimados para el establecimiento, manejo y ensilaje de 10 hectáreas de maíz híbrido en condiciones locales de San José del Guaviare. Los valores se expresan en pesos colombianos (COP) para el año base 2025. Fuente: Elaboración propia

6.2. Costos fijos y variables

Los costos fijos son aquellos que permanecen constantes independientemente del volumen de producción. Estos se generan por el solo hecho de llevar a cabo el proyecto, incluso si no se produce nada (Horngren et al., 2012).

Costos fijos del proyecto:

Salario encargado: \$6.000.000

Total costos fijos: \$6.000.000

Los costos variables, son aquellos costos que aumentan o disminuyen en función del volumen de producción. Es decir, entre mayor producción se obtenga, mayor será el gasto en estos rubros.

Costos variables del proyecto:

Insumos: 43.819.385

Alquiler de maquinaria y transporte: 7.428.000

Mano de obra: 650.000

6.3. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio es el nivel de producción en el que los ingresos igualan a los costos totales (fijos + variables), es decir, donde no se genera ni pérdida ni ganancia. A partir de este punto, cualquier incremento en la producción o ventas representa utilidad para el proyecto (Sapag & Sapag, 2014).

- Producción estimada: 10 ha × 35 t/ha = 350 toneladas
- Precio de venta por tonelada de ensilaje: \$300.000

- Costo variable por tonelada:

$$\frac{\$52.497.385}{350} = \$149.993 \text{ Tonelada}$$

Fórmula del punto de equilibrio (en toneladas):

$$\text{PE} = \frac{\text{Costo Fijo}}{\text{Precio de venta} - \text{Costo variable unitario}}$$

$$\text{PE} = \frac{\$ 6.000.000}{\$300.000 - \$149.993}$$

$$\text{PE} = \frac{\$ 6.600.000}{\$ 150.007} = 40 \text{ Toneladas}$$

El proyecto alcanza su punto de equilibrio al vender aproximadamente 40 toneladas de ensilaje, lo cual representa solo un 11,42% de la producción total estimada (350 toneladas). Este margen de seguridad confirma que el proyecto es financieramente sólido, ya que más del 88% del volumen total proyectado genera rentabilidad.

6.4. Relación Costo – Beneficio (B/C)

La relación beneficio-costos (B/C) es un indicador económico ampliamente utilizado para evaluar la rentabilidad y eficiencia económica de un proyecto. Este indicador compara directamente los ingresos generados con los costos totales de inversión, expresándose como una razón que permite determinar si el proyecto es financieramente viable (Sapag & Sapag, 2014).

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Ingresos Totales}}{\text{Costos Totales}}$$

$$\text{Relación B/C} = \frac{\$105.000.000}{\$58.497.385} = 1,79$$

Una relación beneficio-costos (B/C) igual a 1 indica que el proyecto apenas recupera la inversión, sin generar pérdida ni ganancia. Cuando la relación B/C es mayor a 1, se concluye que el

proyecto es rentable, ya que los beneficios superan los costos de inversión (Sapag & Sapag, 2014).

De acuerdo a lo anterior, se considera que el proyecto es económicamente viable y rentable, ya que, por cada peso invertido, se obtiene un retorno de \$1,79. Este resultado significa que el proyecto no solo recupera los costos de producción, sino que genera un excedente del 79%, lo cual lo hace atractivo para la inversión y financieramente sostenible en el tiempo.

Tabla 3

Tabla comparativa de ingresos, costos y utilizades del proyecto

Concepto	Valor Unitario (COP)	Cantidad	Valor Total (COP)
Producción estimada de ensilaje	\$300.000 / ton	350 t	\$105.000.000
Costo variable unitario	\$149.993 / ton	350 t	\$52.497.385
Costos fijos totales	—	—	\$6.000.000
Costo total del proyecto	—	—	\$58.497.385
Ingresos totales por venta de silo	\$300.000	350 t	\$105.000.000
Utilidad bruta (ingresos – costos)	—	—	\$46.502.615
Punto de equilibrio	—	—	40,00 toneladas
% del total necesario para equilibrio	—	—	11,4% de la producción
Relación beneficio / costo (B/C)	—	—	1,79

Nota. La tabla muestra los ingresos proyectados por la venta de 350 toneladas de ensilaje de maíz, los costos variables y fijos, la utilidad bruta y el punto de equilibrio económico del proyecto. Fuente: Elaboración propia

7. Conclusiones

El proyecto demostró ser rentable con una relación beneficio-costos de 1,79, lo que indica que por cada peso invertido se genera un retorno de \$1,79. Por otra parte, el punto de equilibrio se alcanza al vender el 11,4% de la producción estimada, es decir, 40 toneladas de las 350 toneladas de producción, lo que proporciona un amplio margen de seguridad financiera.

La totalidad de los productores ganaderos encuestados manifestó interés en adquirir ensilaje de maíz durante la época seca, destacando el potencial de alta demanda que tiene el producto y la buena disposición de compra, lo que valida la pertinencia comercial del proyecto.

La oferta local de ensilaje tecnificado es prácticamente inexistente, lo cual posiciona a este proyecto como una alternativa que ofrece alimento de alta calidad, estabilidad y menor costo frente a suplementos comerciales o métodos tradicionales.

La incorporación del ensilaje de maíz como suplemento alimenticio bovino representa una estrategia eficiente de adaptación al cambio climático, al facilitar la conservación del forraje durante períodos de alta disponibilidad y su aprovechamiento en épocas de escasez. Esta práctica contribuye a mitigar los efectos del estrés hídrico sobre la productividad ganadera, asegurando un suministro nutricional constante y reduciendo las pérdidas económicas asociadas a la variabilidad climática.

El estudio establece un modelo técnico de producción detallado, desde el análisis de suelos, manejo agronómico del maíz híbrido, hasta el proceso de ensilaje y almacenamiento, lo que facilita la replicabilidad del proyecto en otras zonas del país con condiciones similares.

Además de sus ventajas económicas, la implementación del ensilaje de maíz promueve prácticas agropecuarias sostenibles y fortalece la seguridad alimentaria del hato bovino, al garantizar una fuente constante de forraje de calidad. Esta estrategia contribuye a optimizar los sistemas de producción en el municipio de San José del Guaviare, especialmente en contextos de variabilidad climática y escasez de recursos alimenticios.

8. Referencias

- Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. (2021). *Plan de Acción de la Ganadería Sostenible en el Guaviare - Programa Riqueza Natural - Task Order Control a la Deforestación en la Amazonía de USAID*.
https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00Z7QV.pdf
- Bernal, L., & Chaverra, H. (2002). *Historia del ensilaje en el mundo*. Universidad Nacional de Colombia.
- Callejo, A. (2018). Conservación de forrajes (V): Fundamentos del ensilado. *Revista Frisón Española*, 223, 70–78. https://oa.upm.es/53336/1/INVE_MEM_2018_286059.pdf
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2023). *Informe Sectorial Ganadero* [Presentación].
<https://bibliotecadigital.ccb.org.co/server/api/core/bitstreams/8084ec30-c67b-4ad8-8ccd-755a0c8e0ac9/content>
- Carotenuto, G. (2023). *Liberando el potencial de la producción ganadera sostenible*. FAO.
<https://www.fao.org/newsroom/detail/unlocking-the-potential-of-sustainable-livestock-production/es>
- Catholic Relief Services. (2015). *Manual de conservación de forrajes*. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/Manual_conservacion_de_forrajes_CRS_USDA_CIAT_2015.pdf
- Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2021). *Cartilla Guaviare: Necesidades de financiación para la gestión del cambio climático*.
<https://finanzasdelclima.dnp.gov.co/financiamientoclimatico/necesidades-de-financiacion/Documentos%20compartidos/Cartilla-Guaviare.pdf>
- Gobernación del Valle del Cauca. (2022). *Manual técnico para el cultivo de maíz en el Valle del Cauca*.
<https://www.valledelcauca.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=viewpdf&id=70237>
- Horngrén, C. T., Datar, S. M., Foster, G., & Rajan, M. V. (2012). *Contabilidad de costos* (14.^a ed.). Pearson.
- InfoAgronomo. (2022). *Tipos de ensilaje*. <https://infoagronomo.net/tipos-de-ensilaje-pdf/>

- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2024). *Censos pecuarios nacionales*.
<https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2023). *Guía técnica: Manejo de pasturas y ensilaje para la alimentación animal*.
<https://repositorio.iica.int/handle/11324/22164>
- Minervet. (2021). Importancia del maíz en la producción animal. *Veterinaria Digital*.
<https://www.veterinariadigital.com/articulos/importancia-del-maiz-en-la-produccion-animal/>
- Molina-Garcés, M., Roa-Berrío, L., Alzate-Ruiz, S., León-de Serna, J., & Builes-Arango, A. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(1), 66–71. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69511010.pdf>
- Ramos, M. (2018). El ensilado de forrajes: Conceptos básicos. *Revista de Ciencia Animal*, 6(2), 45–51.
- Sapag, N., & Sapag, R. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Teixeira, C., Ludes, T., Sarmiento, N., Proença, V., & Domingos, T. (2018). *Ficha técnica de biodiversidad ganadería*. Fundación Global Nature. <https://fundacionglobalnature.org/wp-content/uploads/2020/01/ganaderia.pdf>
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2025). *Proceso de ensilaje*.
https://suayed.cuautitlan.unam.mx/uapas/11_Ensilaje/index.html
- Universities of Wisconsin. (2025). *Ensilado*. Corn Agronomy.
<https://corn.agronomy.wisc.edu/Silage/S005.aspx>