



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC
LICENCIATURA DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**



**“RENTABILIDAD DEL ENSILADO DE MAÍZ Y MAÍZ RASTROJO EN
ALMOLOYA DE LAS GRANADAS COMO ESTRATEGIA DE
ALIMENTACIÓN PARA GANADO BOVINO EN ÉPOCA DE SECAS”**

T E S I S

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

PRESENTA

JONATHAN BENÍTEZ REYES

ASESOR

DR. EN C. SAMUEL REBOLLAR REBOLLAR

COASESOR

DR. EN C.A.R.N. SERGIO PUEBLA ALBITER

TEMASCALTEPEC, ESTADO DE MÉXICO; DICIEMBRE DE 2021.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. ANTECEDENTES	5
Importancia del maíz en el mundo	5
Importancia del maíz en México.....	7
Historia del ensilado de maíz	8
III. JUSTIFICACIÓN	10
IV. OBJETIVOS.....	12
General.....	12
Específicos	12
V. HIPÓTESIS	13
VI. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
Conservación de forrajes	14
Métodos de conservación de forraje	14
Proceso de formación del ensilaje.....	15
Variedades de maíz	17
Composición de la planta de maíz	18
Características de un Maíz Forrajero.....	19
Rendimiento del maíz forrajero	20
Rendimiento de hojas, tallo y elote.....	21
Ensilado de maíz	22
Momento Óptimo de Cosecha.....	23
El ensilado y sus usos	25
Las ventajas del uso del ensilaje	25
Factores que modifican la calidad del ensilaje.....	26
Composición química del ensilaje de maíz.....	28
Aspectos relacionados con la realización del ensilaje	29
6.6.7. Tipos de silos.....	30
Subproductos agrícolas	33

Los residuos agrícolas y sus características	33
Alimentación de Bovinos.....	35
Alimentos Utilizados para bovinos	36
Maíz rastrojo	36
Ventajas de utilizar maíz rastrojo en la alimentación animal.....	37
Valor nutritivo del maíz rastrojo.....	38
Composición química del rastrojo de maíz.....	38
Utilización de maíz rastrojo en la alimentación animal:.....	39
Producción de maíz rastrojo en México	40
VII. MATERIALES Y MÉTODOS	41
7.1 Localización de la zona de estudio.....	41
7.2. Información utilizada.....	42
Encuestas	42
Muestreo	44
Información de las encuestas	44
Determinación de los costos.....	45
VIII. RESULTADOS.....	46
Ensilado de maíz.....	47
Características socioeconómicas.....	47
Análisis del sistema de producción de ensilado de maíz.....	48
Análisis económico.....	50
Costos variables.....	50
Costo total (CT)	54
Ingresos totales por venta.....	54
Punto de equilibrio (PE).....	56
Relación beneficio-costo (RB/C).....	56
Maíz rastrojo	57
Características socioeconómicas.....	57
Análisis del sistema de producción de maíz rastrojo	58
Análisis económico.....	61

Costos variables.....	61
Costos fijos.....	63
Costo total (CT)	65
Ingresos totales por venta.....	66
Punto de equilibrio (PE).....	67
Relación beneficio-costo (RB/C).....	68
IX. DISCUSIÓN	70
X. CONCLUSIÓN	72
XII. BIBLIOGRAFÍA	73
XII. ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proporción de los diferentes componentes de una planta de maíz.....	18
Tabla 2. Contenido de micro minerales y vitaminas en el maíz (mg/kg).....	18
Tabla 3. Composición química del ensilaje de maíz.	29
Tabla 4. Composición química del rastrojo de maíz (% de materia seca).....	38
Tabla 5. Proteína bruta y digestibilidad de la materia seca en diferentes componentes del rastrojo de maíz.....	39
Tabla 6. Características socio-económicas en la producción de ensilado de maíz en Almoloya de las granadas	47
Tabla 7. Semillas utilizadas por los productores para la siembra de maíz en Almoloya de las granadas	48
Tabla 8. Datos de producción del ensilado de maíz en Almoloya de las granadas.	49
Tabla 9. Costo variables generados por cada actividad realizada respecto al ensilado de maíz.....	52
Tabla 10. Costos fijos en la producción de ensilado de maíz.....	53
Tabla 11. Costos totales en la producción de ensilado de maíz.....	54
Tabla 12. Ingresos totales en la producción de ensilado de maíz.....	55
Tabla 13. Ingreso, costo y ganancia del ensilado de maíz.....	55
Tabla 14. Características socio-económicas en la producción de maíz rastrojo en Almoloya de las granadas	58
Tabla 15. Semillas utilizadas por los productores para la siembra de maíz en Almoloya de las granadas	59
Tabla 16. Datos de producción del maíz rastrojo en Almoloya de las granadas....	60
Tabla 17. Costo variables generados por cada actividad realizada respecto a maíz rastrojo	63
Tabla 18. Costos fijos en la producción de maíz rastrojo	64
Tabla 19. Costos totales en la producción de maíz rastrojo	65
Tabla 20. Ingresos totales en la producción de maíz rastrojo	66
Tabla 21. Ingreso, costo y ganancia de maíz rastrojo	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de Almoloya de las Granadas	41
Figura 2. Silo tipo horizontal de montón, utilizado para el almacenamiento y conservación del ensilado de maíz en Almoloya de las granadas.....	50
Figura 3. Molienda del maíz rastrojo en Almoloya de las granadas.....	60
Figura 4. Tumba y amontonamiento del maíz rastrojo en Almoloya de las granadas	61

RESUMEN

Con el objetivo de estimar costos de producción y rentabilidad de ensilado de maíz y maíz rastrojo como estrategia de alimentación para el ganado bovino en épocas de secas en la comunidad de Almoloya de las Granadas., se realizó esta investigación, mediante un muestreo no probabilístico, llamado también muestreo intencional, para obtener información, a través de encuestas semi estructuradas, que se aplicaron mediante entrevistas directas a los productores de ensilado de maíz y maíz rastrojo del pueblo de Almoloya de las Granadas, con información del ciclo primavera/verano 2020 e información relacionada al proceso de ensilaje tanto de 2020 como de 2021. Se analizaron variables de tipo socioeconómico, incluyendo el umbral de rentabilidad y la relación beneficio costo.

Las unidades de producción se caracterizan como pequeñas unidades de producción, esto debido a que la superficie destinada para la siembra del cultivo corresponde a aproximadamente una hectárea. La edad promedio de los productores no rebasa los 45 años de edad mientras que los años destinados a la producción del ensilado de maíz fueron de nueve.

La producción promedio para los productores de ensilado de maíz fue de 28 toneladas y de acuerdo a los costos de producción obtener cada una de ellas les cuesta la cantidad de 1 278.4 pesos, mientras que la producción promedio de los productores de maíz rastrojo fue de 7.2 toneladas que a su vez les cuesta la cantidad de 3 587.23 pesos por tonelada.

Por su parte el análisis económico de la producción y utilización del ensilado de maíz y maíz rastrojo, permite afirmar que ambas actividades son económicamente rentables dada vez que el ingreso por la venta es mayor al costo total de producción.

De acuerdo a lo anterior y basado en el resultado de la relación beneficio costo, se puede evidenciar que las dos actividades generan ganancias económicas .46 y .16 pesos respectivamente por cada peso que se invierten en la actividad.

Siendo la actividad económica de producción de ensilado de maíz la que presenta mayor

índice de rentabilidad en relación a la relación beneficio-costos de la utilización del maíz rastrojo

Palabras clave: costos de producción, rentabilidad, ensilado de maíz, maíz rastrojo, análisis económico, relación beneficio costo.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de maíz a nivel mundial es más grande que cualquier otro cereal. Anualmente la producción es de 850 millones de toneladas (t) en grano que se cultiva en una superficie de 162 millones de hectáreas (ha), con una producción promedio de 5.2 toneladas por hectárea (t/ha). México es el segundo importador de maíz y se provee de los Estados Unidos (EEUU) y la Argentina. Alemania y Francia son los principales productores de maíz forrajero (Cruz, 2021).

En México es común la utilización del maíz rastrojo como alimento para rumiantes, pese a que posee poco valor alimenticio, baja digestibilidad y es tosco debido a su estado de lignificación. El interés por la utilización de residuos agrícolas en la alimentación de rumiantes se ha venido incrementando en el ámbito mundial en los últimos años, a medida que la disponibilidad de granos se reduce. Es también importante la competencia nula entre monogástricos y rumiantes por alimentos fibrosos y la habilidad que tienen los rumiantes para convertir esos materiales fibrosos en productos útiles para el hombre (carne, leche, pieles, lana, etc.) (Magaña *et al.*, 2001).

En México se producen alrededor de 70 millones de t de residuos agrícolas, de las cuales, el rastrojo de maíz, sorgo y paja de trigo, representan 58 %, 12 % y 15.0 %, respectivamente. Existen métodos para tratar los forrajes fibrosos que permiten incrementar el consumo y la digestibilidad de estos alimentos y por lo tanto incrementar la productividad animal (Magaña *et al.*, 2001).

El ensilado de maíz juega un papel importante con respecto a la alimentación y la economía de los productores a pequeña escala, ya que es uno de los granos más abundantes en cuanto a cultivos a nivel nacional, además de que es un forraje de alta calidad, es un cultivo utilizado en muchas unidades de producción lecheras y de ganado de carne.

La popularidad del ensilado de maíz, se debe al rendimiento alto de un cultivo digerible, de alta energía y facilidad de adaptación a la cosecha y alimentación. En un silo de maíz bien sellado, se puede almacenar el ensilado para largos períodos de tiempo sin perder calidad (Bustamante, 2004). Una de las razones principales por la que se han utilizado los ensilados es que gracias a ellos se puede conservar el alimento en temporadas de sequía, representando una opción de alivio cuando existe escasez de alimento, al permitir así mantener la productividad de los animales durante estos periodos.

Es importante e interesante analizar si las estrategias de producción de ensilado y almacenamiento de rastrojo de maíz, como estrategia de alimentación para la época de secas es, efectivamente, una estrategia rentable. Situación que condujo a formular las siguientes preguntas a) ¿es rentable alimentar al ganado bovino en época de secas ya sea con ensilado o rastrojo de maíz? b) ¿Cuánto desembolsa de dinero un productor, en promedio, para producir una tonelada ya sea de ensilado o de rastrojo de maíz, desde la preparación del suelo para la siembra del grano hasta el momento en que ya está listo para ofrecerse a los animales? c) ¿Cuál es la cantidad de ensilado o rastrojo que el productor brinda al animal para garantizar su producción en época de secas? d) ¿Qué ventajas y desventajas representa el suministrar este tipo de alimentos al ganado bovino en época de secas?

Aunado a lo anterior, resultó también importante realizar una comparación de costos de producción en cuanto al ensilado y al rastrojo de maíz, como herramienta para realizar un análisis de rentabilidad bajo los dos enfoques de alimentación, y concluir qué tipo de alimentación resulta tener un mayor índice de rentabilidad económica.

II. ANTECEDENTES

Importancia del maíz en el mundo

El uso de maíz para forraje, ya sea como planta en pie o ensilado, es una práctica común en todos los países de agricultura avanzada ya que contribuye a resolver el problema que plantea la estacionalidad de la producción forrajera, frente a requerimientos animales de relativa constancia. Se adapta para la conservación y posterior alimentación del ganado debido a tres causas principales

- a - Alto volumen de producción en un solo corte.
- b - Alto contenido de hidratos de carbono fácilmente aprovechables
- . c - Relativa amplitud del período de cosecha.

El forraje de maíz es un alimento excelente para los rumiantes debido al elevado contenido de energía que aporta el grano, a través del almidón. El ensilaje de maíz se usa como fuente de energía y su bajo contenido proteico se corrige fácilmente con tortas de soja o girasol, como así también con pellets de alfalfa. En el hemisferio norte interviene en los sistemas de producción como un eslabón fundamental en los esquemas nutricionales.

Su destino en EE.UU. está catalogado generalmente para grano; sin embargo, tiene una importancia sustancial como forrajero en muchas áreas meridionales donde es posible su cultivo. Se cosechan por año, cerca de 2.4 millones de ha de maíz para ensilaje, siendo Wisconsin el estado con mayor superficie cultivada (300.000 ha), aunque California ha aumentado la superficie sembrada en forma exponencial en los últimos años gracias a su gran irradiancia y factibilidad de riego.

En la Unión Europea es actualmente el cultivo forrajero más importante para el ganado lechero, ya que se pican para ensilaje más de 3.3 millones de ha, muchas de ellas en las áreas del norte (solamente el 20 % se siembra en las del sur). Como consecuencia, el

mejoramiento específico para ensilaje se realiza sobre materiales con ciclos pre-coces a semi precoces, no aptos para gran parte de las zonas de producción. En los primeros ideotipos de maíz no se discriminaba de acuerdo a su destino (forraje o grano). Se aceptaba que el rendimiento y la calidad del ensilaje estaban determinados por el rendimiento y el porcentaje de grano por encima del resto de los componentes del vegetal. Este criterio es el que se aplica actualmente en muchas regiones del mundo y explica en parte la escasa presencia de híbridos forrajeros en algunos mercados.

Como consecuencia, hasta no hace mucho tiempo, los híbridos de maíz seleccionados por alto rendimiento de grano se utilizaron para producción de ensilaje, asumiendo que el rendimiento de forraje y su calidad estaban determinados por la relación grano/ (tallos hojas).

Muchos investigadores europeos y canadienses han cuestionado tal tendencia, basados en que el ensilaje se produce con la planta completa y no solamente con el grano. En la actualidad se conoce perfectamente que esta relación no es un carácter satisfactorio para predecir el valor alimenticio en el mejoramiento del maíz para ensilaje, y el énfasis debería estar dirigido a la digestibilidad de la planta en su totalidad.

Otro de los componentes de la aptitud de un forraje es el valor de ingesta o capacidad de consumo a la que es inducido el animal, muy difícil de comprender y complicado de evaluar. El estudio de los factores de rendimiento en materia seca total, muestra que el mismo rendimiento puede realizarse a través de morfologías muy diferentes. En este caso, la proporción de granos no representa un papel privilegiado. Así, se plantea que los esfuerzos deben estar dirigidos hacia la calidad del componente vegetativo (Caña hojas), conservando una proporción óptima de grano.

En el plano fisiológico el antagonismo calidad del tallo -proporción de grano se explica muy bien: Si existe fecundación, los productos de la fotosíntesis y de la proteosíntesis se acumulan en el grano, en caso contrario quedan en el tallo. El aumento de la densidad en el cultivo se traduce en una caída de la proporción de grano, pero no en una caída de

la digestibilidad de la planta entera. Hoy en día los aspectos de calidad son considerados más importantes que el rendimiento de materia seca. La idea de los productores sobre el tipo de maíz más adecuado para ensilaje, ha tenido un cambio considerable en la última década.

Existen muchas consideraciones acerca de las características más adecuadas que debería reunir un genotipo de maíz para ser considerado apto para ensilar. De acuerdo con las necesidades del productor y las exigencias del mercado, tales características pueden cambiar. En general, se puede afirmar que un maíz apto para ensilaje debe mostrar un rendimiento óptimo de materia orgánica digestible, ser de fácil cosecha y preservación, permitir una elevada ingesta y ser eficientemente utilizado por los rumiantes. (Sitio Argentino de Producción Animal, 2010).

Importancia del maíz en México

El maíz es un cultivo de gran importancia en México, debido a que se utiliza para consumo humano y animal. En el caso del consumo animal, se utiliza como forraje fresco, ensilado o rastrojo, destinando su uso principalmente en la época de estiaje (Luna *et al.*, 2013). En las cuencas lecheras de México el ensilado de maíz se utiliza comúnmente en la alimentación del ganado lechero, puede constituir de 30 a 40 % de la ración, en base seca, de vacas en producción (González *et al.*, 2005). En 2017 se sembraron en el país 598 167 ha, se cosecharon 573 034 ha y se obtuvieron 16 261 864 toneladas de forraje, con un rendimiento promedio de 28.4 t/ha (SIAP, 2017).

El valor nutritivo del ensilado de maíz depende del híbrido empleado, la densidad de plantación utilizada, condiciones de crecimiento, grado de madurez y humedad al momento de cosecha y de las condiciones de ensilaje (Satter y Reiss, 2012).

El cultivo del maíz para ensilado en México presenta bajo rendimiento de materia seca por hectárea, bajo contenido de grano y alto de fibra lo que ocasionan que la digestibilidad

y energía del forraje sean bajas. Esta situación se debe en parte al uso de híbridos considerados como forrajeros, de elevada altura y gran capacidad para producir follaje, así como de prácticas en el manejo del cultivo para obtener grandes volúmenes de materia verde por hectárea pero, con pobre valor nutritivo, ya que por lo general estos materiales se siembran a altas densidades de población, lo que ocasiona una escasa cantidad de grano, siendo este último donde se encuentra el mayor valor energético del maíz forrajero como alimento para el ganado (Núñez *et al.*, 2005).

El incremento de la productividad de maíz forrajero sin disminuir la calidad del forraje es determinante para una eficiente producción de leche, consecuentemente, con el aumento de la cantidad de ensilado de calidad en las raciones para la alimentación del ganado, se esperaría una disminución en los costos de producción sin disminución de la producción de leche (Reta *et al.*, 2000).

Para obtener un ensilado de alto valor nutritivo y alta producción de materia seca es necesario seleccionar el híbrido o variedad a sembrar. En los últimos años se ha encontrado, en diversas investigaciones que, mediante la selección adecuada de los genotipos de maíz forrajero para ensilado, se pueden obtener los materiales más sobresalientes en rendimiento de materia seca y principalmente de mayor calidad, ya que existen diferencias entre híbridos de maíz en cuanto a sus contenidos de proteína cruda, fibra y digestibilidad de la materia seca (Reyes y Reyes, 2000).

Historia del ensilado de maíz

El inicio de la técnica de ensilaje no se sabe con exactitud, pero se cree que se empezó a ensilar forraje hace aproximadamente 3000 años debido a que en las ruinas de Cartago al norte de África a 17 km de la ciudad de Túnez, fueron hallados restos de ensilaje de forraje que datan del año 1200 A.C. Por otra parte, en el museo de Nápoles en Italia, se exhiben pinturas egipcias de 1000-1500 A.C., mostrando las reservas de forraje semejando un silo de piedra (Vieyra, 2006).

Valencia et al., (2011) señalaron que la primera noticia que se tiene documentada sobre ensilaje, data del año 1786. Se encontró en las memorias de la Universidad de Agricultura de Young, en un artículo del profesor John Symonds, de la Universidad de Cambridge, en el cual se describen los estudios realizados en Italia relativos al del uso de hojas en la alimentación del ganado, las que una vez cortadas de los árboles, se ponían en recipientes de madera, se compactaban y posteriormente se tapaban con arena, para ser utilizadas en la época de estiaje.

Se descubre en Londres en el año 1852, el proceso de ensilaje de gramíneas y leguminosas en fosas similares a las que se utilizan en nuestros días. En 1873 se empieza a utilizar en los Estados Unidos, en donde se extendió rápidamente como ensilaje de maíz, en la década de 1920, los primeros productos que se conservaron fueron los granos, posteriormente su uso se extendió a raíces, tubérculos y hierbas frescas y finalmente a las leguminosas (Vieyra, 2006). En Finlandia en 1933, se comenzaron a agregar ácidos y minerales diluidos al forraje en el momento del ensilaje para prevenir la fermentación butírica y disminuir el pH. En los últimos 20 años lo que más ha tomado fuerza en la investigación sobre ensilajes, ha sido la utilización de aditivos, que mejoren la fermentación ácido láctica del forraje. En la actualidad existen gran variedad de aditivos que se usan en los ensilajes como bacterias lácticas, enzimas y levaduras, entre otros (Martínez, 2003).

III. JUSTIFICACIÓN

Una de las principales problemáticas que repercuten sobre la producción que afectan a los productores de ganado bovino es la limitada disponibilidad de forrajes para la alimentación durante la época seca, referida al alza constante en el precio de los insumos y que, por lo general, impacta en la viabilidad económica de las unidades de producción (UP).

Los residuos (esquilmos) de cosecha, también conocidos como rastrojos, son subproductos agrícolas que desempeñan un papel importante en las actividades agropecuarias. Su rol como alimento animal es difundido ampliamente a nivel nacional e internacional, sobre todo en los sistemas mixtos, que combinan actividades agrícolas con las ganaderas (Reyes, 2013).

El maíz rastrojo consiste en hojas, tallos y mazorcas de maíz (*Zea mays* ssp. *Mays* L.) Que quedan en un campo después de la cosecha. Tal rastrojo constituye aproximadamente la mitad del rendimiento de un cultivo de maíz y es similar a la paja de otras gramíneas de cereales. Este rastrojo nutricionalmente es bajo en proteína y alto en fibra. Pese a ser un producto rico en fibra, este residuo agrícola tiene un alto nivel de hemicelulosa (37.1 %) y relativamente bajo nivel en lignina (4 %). Se puede utilizar como alimento para ganado, especialmente en situaciones de déficit de forraje (época de secas).

El ensilado es una opción excelente para la alimentación en las ganaderías de México por la gran variedad de granos y forrajes. Se pueden producir varias cosechas en el año, mientras en los países con estaciones solo se cosecha una vez al año. El maíz es el cultivo más popular para ensilar, porque satisface los requisitos exigidos, esta planta cíclica se debe cortar después de la formación de la espiga, cuando la semilla se encuentre en estado lechoso-masoso; es decir, cuando mediante la presión del grano con la uña libera una sustancia blanquecina

Que mezclada con el mismo grano forma una masa, cuando el maíz presenta su máxima concentración de carbohidratos solubles (SAGARPA, 2005).

Tanto el ensilado como el rastrojo de maíz son una innovación viable para los productores de ganado de carne que cuentan tierras disponibles para la siembra en las UP; sin embargo, se ha observado que los productores hacen uso de estos dos subproductos derivados del maíz grano, por lo cual es de suma importancia conocer que características o variables les permiten la incorporación de esta innovación en UP con superficie de tierras menores como también conocer la rentabilidad, ventajas y desventajas que se presenta al utilizar este tipos de productos durante la alimentación en época de secas para el ganado bovino.

IV. OBJETIVOS

General

Estimar costos de producción y rentabilidad de ensilado de maíz y maíz rastrojo como estrategia de alimentación para el ganado bovino en épocas de secas en la comunidad de Almoloya de las Granadas.

Específicos

1. Estimar el costo de producción del ensilado de maíz por unidad de superficie en de Almoloya de las Granadas.
2. Analizar los costos de producción adicionales al cultivo de maíz por unidad de superficie, para la transformación del cultivo por medio del ensilaje.
3. Cuantificar el costo de producción del rastrojo de maíz por hectárea cultivada en de Almoloya de las Granadas.
4. Determinar la rentabilidad del proceso de ensilado de maíz y maíz rastrojo.

V. HIPÓTESIS

La utilización de ensilado y maíz rastrojo como estrategia de alimentación del ganado bovino en la época de secas, reduce costos de producción, convirtiéndose en una estrategia que garantiza la rentabilidad económica de los productores de ganado bovino en el pueblo de Almoloya de las Granadas.

VI. REVISIÓN DE LITERATURA

Conservación de forrajes

La conservación de forrajes pretende o tiene como finalidad el almacenar los forrajes o los excedentes de forraje que hay en la época de abundancia (lluvias), para ser usados en la época de escasez (sequía). Se busca que dichos forrajes conserven la mayor cantidad de los nutrimentos que tenían al momento de ser cortados (Moreno y Sueiro, 2009).

Métodos de conservación de forraje

Henificación: método de conservación de forrajes, que consiste en poner a secar el forraje directamente al sol, con el objetivo de eliminar el agua que se encuentra en los tejidos de la planta, hasta lograr un contenido de humedad por debajo del 20 % (Cattani, 2011). La calidad del forraje henificado está determinada por el forraje que le da origen y por un buen manejo del mismo, desde que se inicia el henificado hasta que se ofrece a los animales, esto ayuda a minimizar las pérdidas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la calidad del forraje conservado en forma de heno nunca será superior al forraje de origen.

Henilaje: el henilaje se define como un método de conservación de forrajes que consiste en cortar el forraje y someterlo a un pre marchitamiento por un tiempo corto hasta lograr que el contenido de materia seca sea de un 50 % (Moreno y Sueiro, 2009). Una vez logrado ese porcentaje de MS se realiza el empaquetado con un plástico con la finalidad de generar condiciones herméticas en el rollo o paquete y evitar la entrada de aire. Una vez que se ha sellado el paquete, el forraje continúa respirando, esto hace que se consuma el oxígeno presente y se inicie la fermentación anaeróbica de los azúcares de las plantas produciendo ácido láctico que disminuye el pH (4.5-5) y conservan el forraje (Moreno y Sueiro, 2009).

Ensilaje: El ensilaje es un método de conservación basado en un proceso de

fermentación. (Mannetje,1999), señala que es un método de conservación de forrajes en el cual el forraje es puesto en un depósito llamado silo, acomodado por capas, eliminando el aire mediante la compactación y cubriéndolo finalmente. Con la finalidad de producir una fermentación ácido láctica e inhibir el crecimiento de microorganismos degradadores de la materia orgánica.

Por su parte (McDonald *et al.* 1991), definieron al ensilaje como la fermentación de los carbohidratos solubles del forraje por medio de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas.

Proceso de formación del ensilaje

El ensilaje es una técnica de conservación de forraje, que consiste en una fermentación láctica bajo condiciones anaeróbicas. Las bacterias ácido lácticas fermentan los carbohidratos hidrosolubles 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. Una vez que el material fresco ha sido almacenado, compactado y cubierto para excluir el aire, el proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas (Weinberg y Muck, 1996).

Fase 1. Fase aeróbica. En esta fase que dura sólo pocas horas el oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los materiales vegetales y a los microorganismos aeróbicos y anaeróbicos como las levaduras y las enterobacterias. Además, hay una actividad importante de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, que mantienen siempre que el pH fluctúe en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6.5-6.0).

Fase 2. Fase de fermentación. Esta fase comienza al producirse un ambiente anaeróbico. Dura de varios días hasta varias semanas, dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad de las bacterias ácido lácticas proliferará y se convertirá en la población predominante.

A causa de la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3.8 - 5.0.

Fase 3. Fase estable. Mientras se mantenga el ambiente sin aire, ocurren pocos cambios. La mayoría de los microorganismos de la Fase 2 lentamente reducen su presencia. Algunos microorganismos ácidosobios sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. Sólo algunas proteasas y carbohidrasas y, microorganismos especializados, como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos pero a menor ritmo.

Fase 4. Fase de deterioro aeróbico. Esta fase comienza con la apertura del silo y la exposición del ensilaje al aire. Esto es inevitable cuando se requiere extraer y distribuir el ensilaje, pero puede ocurrir antes de iniciar la explotación por daño de la cobertura del silo (p. ej. roedores o aves). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético.

Esto induce un aumento en el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, como algunos bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aeróbicos como mohos y enterobacterias. El deterioro aeróbico ocurre en casi todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire. Sin embargo, la tasa de deterioro depende de la concentración y de la actividad de los organismos que causan este deterioro en el ensilaje. Las pérdidas por deterioro oscilan entre 1.5 y 4.5 % de materia seca (Honig y Woolford, 1980).

Variedades de maíz

Según Miramontes (2012), pese a la adopción generalizada de germoplasma mejorado, las razas criollas ocupan más del 20 % de la superficie dedicada al maíz en las costas de Oaxaca y La Frailesca, y son sembradas por más de 25 % de los agricultores, en particular por aquellos que no cuentan con recursos.

La Universidad Autónoma de Chapingo (UACH) contribuye desarrollando investigación en su Unidad Central y en el Centro Nacional de Rescate y Mejoramiento de Maíces Criollos (CENREMMAC), enfocándose al mejoramiento genético de las 50 razas criollas de maíz documentadas en el país.

La UACH también ha participado en varios programas interinstitucionales, junto con la Fundación McKnight, CIMMYT, INIFAP, Colegio de México, Universidad de California, Universidad de Iowa, Universidad de Carolina del Norte y el Colegio de Posgraduados. En esos programas colaboran de manera protagónica productores de Morelos, Yucatán, Puebla y Guerrero, con el objetivo de capacitarse y desarrollar tecnologías para mejorar la producción bajo el Sistema Milpa (maíz- frijol-calabaza-arvenses).

Asimismo, han desarrollado paquetes tecnológicos que pueden ser adoptados por cualquier tipo de productor en las diferentes zonas del país. Entre las variedades e híbridos generados para el país se tienen los siguientes:

- El híbrido Mariscal y 8 variedades para Jalisco, Colima y Nayarit.
- 5 variedades sintéticas, 5 híbridos interlineales y 5 híbridos intervarietales para altitudes de 1600 hasta 2800 msnm.
- 6 variedades para Oaxaca, 4 variedades (en colaboración con INIFAP Y UMSNH) para Michoacán.
- 3 variedades (en colaboración con CINVESTAV-Mérida) para Yucatán.
- 2 variedades (en colaboración con INIFAP) para Guerrero y Morelos.
- 2 variedades para Guanajuato.
- 3 variedades semicomerciales (HV: Ranchero, campesino y Jornalero).

- 2 variedades de maíz cacahuacintle (Nevado1 y Nevado 3).
- 5 Híbridos de maíz azul (H-San José, H-San Juan, H-San Isidro H-SanPedro y H-San Miguel).
- 2 Variedades Sintéticas para producción de forraje, elote y grano (VS-Chapingo 3 y VS-San Bernardino).

Composición de la planta de maíz

Para entender mejor la composición de la planta de maíz en estado seco, a continuación se describe:

Tabla 1. Proporción de los diferentes componentes de una planta de maíz.

Componente	Composición porcentual en base seca (%)
Panoja	12
Tallos	17.6
Chalas	8.9
Total caña	38.5
Mazorca	11.8
Grano	49.7
Total espiga	61.5

Fuente: (Guimaraes, 1999).

En la Tabla 2 se pueden apreciar los niveles de micro minerales y vitaminas presentes en la planta de maíz:

Tabla 2. Contenido de micro minerales y vitaminas en el maíz (mg/kg).

Cu	Fe	Mn	Zn	Vit E	Biotina	Colina
4	28	7	24	21	0.07	500

Fuente: (De Blas *et al.*, 2010).

Características de un Maíz Forrajero

Chávez (1995), mencionó que para la formación de líneas autofecundadas, es necesario a partir de poblaciones previamente seleccionadas con base en amplia variabilidad genética. Por lo regular, estas poblaciones son las mejores variedades criollas de la región para la cual se va a producir el híbrido. Los caracteres que se deben considerar en la evaluación y selección de líneas para fines forrajeros es la cantidad de hoja, tallo, elote y su relación, así como, en relación a la planta completa; características que incidirán en el contenido de proteína, energía metabolizable, fibra detergente neutra y ácida.

Sin embargo, en algunas regiones de México, no existen datos de la interacción de híbridos y estados de madurez en producción y calidad nutricional del forraje, ni se dispone de información para determinar el momento óptimo de cosecha del maíz forrajero (Núñez et al., 2005), estos últimos autores, realizaron estudios sobre calidad de maíces para forraje y observaron que todos los híbridos estudiados tuvieron concentraciones similares de proteína cruda, con un promedio de 8.7 %; fibra detergente neutro de 57.3 % y una digestibilidad del 67.7 %. Aspectos que se tienen que considerar como una referencia importante, si se pretende hacer investigación en la formación y evaluación de maíces con calidad forrajera, que permitan producir materia seca en mayor volumen y de mejor calidad, para abaratar los costos de la producción de leche, por concepto de alimentación.

Paliwal (2001), menciona que los parámetros útiles para un buen forraje de maíz son: las proteínas crudas, el contenido de fibra, la materia seca digestible total, los nutrimentos digestibles totales y un bajo contenido de lignina. El germoplasma del maíz forrajero debería presentar un crecimiento rápido, resistencia a enfermedades foliares, tolerancia a las siembras con altas densidades y alta capacidad de producción de biomasa.

Un cultivo de maíz para ensilar es un conjunto de mazorcas, hojas, tallos y totomoxtle. La mazorca contiene el grano, el cual es de alto valor nutritivo para los animales, mientras

que el del resto de la planta puede asimilarse al de un forraje de mediana a baja calidad. La mazorca es el componente de la planta de mayor valor nutritivo debido a que el grano, constituido fundamentalmente por almidón, es altamente utilizado por los rumiantes. Se estima que los animales digieren más del 90 % de los 10 granos, aunque hay variaciones debidas al procesamiento de ellos, madurez del cultivo y a la variedad. El otro componente de la mazorca es el olote que representa aproximadamente el 17 % del peso de la misma. El resto de la planta de maíz forma el subproducto llamado rastrojo cuando se secan, el cual está conformado por 45-50 % de hojas, 40-45 % de tallos y el resto (10-15 %) por el totomoxtle. Estos componentes son todos de mediana a baja calidad. Por ejemplo, las hojas que incluyen la lámina y vaina, tiene una calidad similar al totomoxtle. Cuando este material se expone a 24 horas de degradación en el rumen, que es el tiempo en que los ensilados son retenidos, se observa que solamente se degrada alrededor de un 45 % (Di Marco *et al.*, 2003).

Rendimiento del maíz forrajero

En una investigación de Núñez *et al.* (2005), señalan los resultados de rendimiento promedio de forraje verde y seco, de tres estado de madurez, de 57.8 t/ha 20 t/ha, respectivamente. El contenido de materia seca a la cosecha fue de 35.4 %. Además, observaron que con respecto al efecto del estado de madurez, la producción de forraje verde por hectárea disminuyó de 71.3 a 57.1 y 45 t/ha, para los estado lechoso masoso, hubo un avance de 1/4 y 1/3 de la línea de leche en el grano a la cosecha, respectivamente. Sin embargo, la producción de forraje seco por hectárea fue similar (20 t/ha) para los tres estados de madurez evaluados. El aumento en contenido de materia seca se debe tanto a la pérdida de humedad de las plantas al avanzar el estado de madurez, como al mayor contenido de grano, ya que este contiene menor humedad respecto a hojas y tallos. Los contenidos de materia seca de 26, 31, 35 y 39 % fueron para los estados correspondientes a grano dentado, 1/2, 3/4 y madurez fisiológica aparición de la capa negra; (Núñez *et al.*, 2005). También se ha observado que los híbridos de maíz existe variabilidad fenológica, fenotípica y productiva de grano y forraje (Martínez *et al.*, 2004).

La densidad de siembra también influye en los rendimientos de materia seca, tal y como se vio en un estudio de densidad de siembra en dos variedades de maíz, donde se observaron rendimientos de forraje verde de 31.81, 36.57, 37.38, 38.46 y 37.84 t/ha para las densidades de 45, 60, 75, 90 y 105 plantas ha⁻¹, respectivamente (Reyes, 1990). En un estudio realizado Enríquez et al. (2003), señalan que en 14 genotipos (10 con calidad proteica del maíz y 4 normales) con 70,000 plantas ha y 160-60-60 de fertilización, obteniendo los siguientes resultados: Pioneer 3028 W alcanzó los más altos rendimientos de materia verde y seca con 37.82 y 13.34 t/ha, respectivamente. Entre los materiales con Calidad Proteica del Maíz (QPM) sobresalen los genotipos: H-553 C, H-55, y la variedad Tornado, de maíz normal, que rebasaron las 31 y 10 t/ha de materia verde y seca, respectivamente. La proporción de hoja, tallo y mazorca tuvieron valores promedio de 17, 33 y 50%, respectivamente, con valores semejantes entre genotipos, con excepción de H -512 que mostró una alta proporción de tallos (45 %).

Rendimiento de hojas, tallo y elote

La producción de hojas y tallos se detiene primero que la producción de grano, por lo cual el porcentaje de mazorca (contenido de grano) aumenta con el avance del estado de madurez, parámetro que es importante, debido a que el grano es la parte energética del maíz, y a que tiene un efecto de dilución de la fibra detergente neutra, la cual contiene sustancias menos digestibles del forraje. La concentración de fibra detergente neutra aumenta principalmente en hojas y tallos y su digestibilidad disminuye al avanzar el estado de madurez (Jhonson et al., 1999).

En lo que respecta a componentes morfológicos, Tinoco y Pérez (2005), observaron que existe variabilidad genética en genotipos para componentes morfológicos, siendo H520, VS-536 y Nutria los que presentaron los mejores rendimientos de grano con un 49 a 54 % de grano, en cambio, todos los materiales fluctuaron entre 18 a 20 % de hoja y 29 a 33 % de tallo.

En el trabajo hecho por Rivas et al. (2005), Estudiaron el rendimiento de materia seca, componentes morfológicos y la calidad nutritiva en seis genotipos de maíz, donde observaron diferencias significativas entre genotipos y la materia verde acumulada fue mayor para la cruzada doble 41x47, CP-Promesa, la cruzada simple CL1xCL13 y Criollo; y que ésta fue influenciada por la cantidad de tallo y elote, además de que algunos presentaron los mayores rendimientos de materia seca del ensilado.

Los mayores rendimientos de elote por hectárea se obtienen en la fecha de primavera – Verano. La siembra debe realizarse de preferencia del 1 de marzo al 30 de abril. Si se siembra antes de esta fecha, el cultivo se expone a la presencia y daño de una posible helada tardía (FAO, 2005).

Ensilado de maíz

Ensilar es el método de almacenamiento o conservación de forraje de maíz en silos (*bunker, montón, silo press, silo pack, etc.*), en donde se brindan ciertas condiciones para facilitar procesos fermentativos hasta ciertos niveles y cuyo producto final es el ensilaje. El proceso consiste en coger el material que se desea ensilar y picarlo en trozos muy pequeños de (5mm) máximo y llevarlo a una superficie en la cual se elimine todo el oxígeno que tenga el producto, en esta forma cumplir un proceso anaeróbico que permita una fermentación de buena calidad y no se pudra por excesos de aire; al cabo de 20 días mínimo se procede a destapar el silo el cual debe tener un olor dulce, demuestra la buena calidad (FENALCE, 2021).

El forraje de maíz es uno de los más utilizados para la producción de ensilaje ya que es de fácil recolección y manejo, representa una mezcla de grano y fibra digestible, esto lo hace una de las fuentes principales de energía para la alimentación de rumiantes principalmente en los productores de leche, mejorando su producción (Mier, 2009).

Momento Óptimo de Cosecha

La “línea de leche” del grano de maíz, ha sido ampliamente utilizada como indicador de la fecha apropiada de cosecha. Tradicionalmente se ha recomendado cosechar el maíz para ensilaje cuando la “línea de leche” se ubica entre un medio a 3/4 del grano, debido a que en dicho punto se logra el máximo rendimiento de materia seca digestible (Darby, 2002).

Amador y Boschini (2000), evaluaron la composición nutricional de las partes de la planta de maíz, a diferentes edades de crecimiento. Observaron que la concentración de materia seca en el tallo es menor que en la hoja, en todas las edades del crecimiento. Encontrando el nivel de proteína cruda (PC) en el tallo fue alto (18 %) en los primeros 50 días, decreció a 11 % a los 80 días y en los restantes días se mantuvo entre 6.5 y 7.5 %. En la hoja la PC. mostro superioridad a 20 % en los primeros 80 días y disminuyó paulatinamente hasta un 14 % al final del periodo. (Nuñez et al., 2005), estudiaron las características morfológicas y agronómicas de las líneas de maíz amarillo, observó que existe variabilidad entre los genotipos en sus características y en su rendimiento, destacando que los rendimientos fueron más altos para la primera fecha de siembra que fue cuando se obtuvieron los índices más altos de radiación solar y fueron aprovechados por las plantas para acumular más materia seca.

Las fechas de siembra afectaron la expresión de sus características, así como la floración ocurrió en menor número de días en la época de siembra con el mayor pico de radiación recibida cuando no hubo nubosidad. Sin embargo, desde entonces las plantas de maíz y los métodos de procesamiento han cambiado. Los genetistas han desarrollado híbridos con el rasgo de “permanencia verde” y han seleccionado materiales con rápido secado de grano para así reducir las necesidades de combustible utilizado durante el secado.

Por el contrario, la conservación de la humedad de la fibra ha mejorado con la selección de híbridos 14 resistentes a enfermedades, tolerantes a sequía y parásitos. En consecuencia, la estrecha relación entre la “línea de leche” del grano con la madurez de la planta y su contenido de humedad actualmente no es clara y presenta marcadas

diferencias entre híbridos (Nuñez et al., 2005). El contenido de materia seca aparece como un estimador más consistente y confiable para predecir el momento óptimo de cosecha, en particular si las condiciones de crecimiento del cultivo no son ideales. Sin embargo, si la “línea de leche” refleja estrechamente la madurez del grano, la cosecha basada en aquella puede ser útil cuando no se procesa el grano para ensilaje. En cambio, cuando los granos están bien procesados, la madurez del grano tiene poco impacto en la digestibilidad del almidón, por lo que es preferible la cosecha basada en el contenido de materia seca de la planta (Bianco, 2003).

Los rangos del contenido de materia seca típicamente comprenden desde un mínimo del 30 %, para evitar las pérdidas de efluentes, hasta el 40 % para permitir un ensilado óptimo del material cosechado. La cosecha con bajo contenido de materia seca se sustentan en determinaciones in vitro de energía digestible, mientras que la cosecha con mayor contenido de materia seca se sustenta tanto en el rendimiento como en la digestibilidad (Peña et al., 2004).

Si se tiene en cuenta que el rendimiento neto de energía alcanza un máximo cuando el contenido de materia seca es del 37 al 40 %, parece sorprendente que las recomendaciones, en algunos casos, superen el 40 % de materia seca, a menos que la capacidad del equipo de descarga para manejar productos más húmedos sea limitada (Paliwal, 2001).

La cosecha puede realizarse de forma manual separando las mazorcas de la planta para llevarlas a un secado final, almacenarlas y desgranarlas. Otra forma de recolección es por medio de máquinas, donde se obtiene una cosecha limpia, sin pérdidas de grano y más sencilla. Para las mazorcas se utilizan cosechadoras de remolque o con tanque incorporado. Inmediatamente después se secan con aire caliente y se pasan por un mecanismo desgranador. Una vez extraídos los granos se vuelven a secar para eliminar la humedad (Robles, 1990).

Hay otras cosechadoras más grandes y modernas que abarcan hasta ocho surcos y van triturando los tallos de la planta. La mazorca también se tritura y la cosecha se limpia 15 por un dispositivo de dos tamices. En la recolección, lo recomendable es que las mazorcas se encuentren bien secas (SAGARPA, 2011).

El ensilado y sus usos:

El uso del ensilaje en operaciones ganaderas en gran escala representa uno de los insumos comerciales empleados. Dentro de esta óptica comercial es preciso comprender claramente el objetivo de este insumo y que efectos produce su empleo. En el caso del ensilaje esto es más complejo porque su empleo implica una reordenación de los insumos del sistema de alimentación de la finca y no es un insumo externo. Es más difícil poder demostrar la rentabilidad de estos ajustes de manejo que combinan aportes de insumos provenientes de la finca comparados con que aquellos insumos adicionales de origen externo (Cowan, 1997)

Las ventajas del uso del ensilaje:

- Como una **reserva para épocas de sequía**, lo que implica ensilar hierba o cultivos bajo condiciones óptimas y almacenarlos por períodos de uno a 20 años. Este ensilaje se utiliza solamente en períodos de extrema escasez de alimento.
- Para **aumentar la productividad**, como empleo tradicional del ensilaje para aumentar la reserva de alimento del ganado. Su almacenaje es de menos de un año. El uso del ensilaje está asociado frecuentemente con un cambio en el uso de la tierra de más cultivos a menos praderas.
- Para **facilitar el manejo de forrajeras y de cultivos** donde la cosecha de forraje para ensilar también facilita otras prácticas de manejo. P.ej. la mayor densidad de tallos y producción de los forrajes de zona templada para ensilarlos al comienzo de la temporada cuando ocurre un exceso de producción vegetativa lo que permite sembrar el cultivo sucesivo más temprano.

- Para **usar mejor el excedente de producción**; este exceso, en general, es considerado un desperdicio y el ensilaje sirve para almacenar el excedente y evitar pérdidas por efectos de madurez o deterioro *in situ*.
- Para **equilibrar el contenido de nutrientes** de la dieta, el ensilaje permite suplir nutrientes en períodos en que la ración estacional muestra deficiencias. Por ejemplo, combinando el uso del ensilaje de leguminosas para complementar el ensilaje de maíz, o combinando el ensilaje de maíz con el uso de praderas de leguminosas o con el uso de ensilajes que tengan distintos valores de contenido en fibra.
- Para permitir el **almacenaje de alimentos muy perecederos** ya que el proceso del ensilaje permite conservarlos por un largo período; por ejemplo, el ensilaje de subproductos muy acuosos. La técnica es similar a la empleada en la conservación de alimentos por medio de la adición de sustancias químicas o de la exclusión del aire en granos muy húmedos.

Todas estas ventajas se basan en la idea de que el uso del ensilaje debe ser rentable para ser incluido en el sistema de alimentación de la unidad de producción (Cowan, 1997).

Factores que modifican la calidad del ensilaje

Existen diversos factores que determinan la calidad final del ensilaje, relacionados con el material a ensilar, como con la realización correcta del ensilado.

Factores Relacionados con el Forraje: La calidad fermentativa en un ensilado depende del contenido materia seca, carbohidratos hidrosolubles y capacidad tampón (Argamentería *et al.*, 1997).

Contenido de materia seca: Se recomienda un contenido de materia seca del 30- 35 por ciento del forraje antes de ensilarlo, ya que es un factor importante para el éxito de la

fermentación (Ashbell y Weinberg, 1999). De esta forma, la degradación del ácido láctico y la producción de amoníaco por bacterias butíricas se ven considerablemente atenuados (Cañeque y Sancha, 1998).

Contenido de azúcares solubles: Este es un factor muy importante debido a que los microorganismos usan los carbohidratos hidrosolubles como la fuente principal de energía de las bacterias ácido lácticas. Los principales son la fructosa, sacarosa y fructosanos. Un bajo contenido de carbohidratos hidrosolubles del forraje limita las condiciones de la fermentación. Bajo esta condición, el pH no baja como para llegar al estado de conservación. Normalmente se requiere un mínimo de seis a 12 % de carbohidratos hidrosolubles, para una fermentación apropiada del ensilaje (Alaniz, 2008). Cuando un material no contiene cantidades suficientes de azúcares, es necesario añadirle melaza o alguna otra fuente de azúcares que faciliten su fermentación (Mannetje, 1999), generalmente esto ocurre en forrajes maduros.

Capacidad tampón: se define como la resistencia que tiene la planta a los cambios en el pH. La capacidad tampón está relacionada o depende de la composición de la planta en cuanto a proteína bruta, iones inorgánicos (Ca, K, Na) y la combinación de ácidos orgánicos; otro factor que afecta dicha capacidad es la edad de la planta debido a que aumenta la proporción tallo/hoja, con lo cual los procesos metabólicos disminuyen. Como consecuencia, se reduce el contenido de ácidos orgánicos, por lo tanto hay un descenso de la capacidad tampón con la maduración (Roza, 2005). Cuanto mayor sea la capacidad tampón será necesario que se forme más ácido láctico en el ensilado para poder alcanzar el pH óptimo de cuatro y, mayor cantidad de azúcares fermentables serán consumidos por los microorganismos para producir dicho ácido (Cañeque y Sancha, 1998).

Grado de madurez óptimo: El proceso de ensilaje no mejora la calidad inicial del forraje o del alimento, limitándose a conservarla cuando se realiza en forma adecuada. En forrajes, el momento óptimo de cosecha será cuando el valor nutritivo y las características físico químicas se cumplan, por ejemplo, los forrajes jóvenes presentan

un valor nutricional elevado, pero debido a su gran contenido de agua y bajo porcentaje de materia seca, los hace poco recomendables para ensilar, ya que la producción por hectárea es baja, aunque el consumo sea elevado. Por otra parte, cuando son recolectados muy maduros, aunque aumente su producción por hectárea, presentan un alto contenido de carbohidratos estructurales en sus paredes (celulosa, hemicelulosa y lignina) y un contenido bajo en materias nitrogenadas, lo que determina un valor nutricional bajo y un menor consumo, por lo que tampoco se recomiendan (Cañeque y Sancha, 1998).

Composición química del ensilaje de maíz

El forraje de maíz es de los más utilizados para ensilaje, ya que tiene un alto contenido de carbohidratos hidrosolubles, para ser transformados en ácido láctico, presenta un bajo poder tampón que permite que el pH baje rápidamente y además, que una vez ensilado el contenido de materia seca es alto. El ensilaje de maíz debe tener un pH bajo, cercano o por debajo de cuatro.

En cambio, la proteína muestra un rango que va de 9.37 a un 7.58 por ciento. Mientras que para el caso de minerales el rango va desde 6.40 a 4.80 %. Por otro lado, la fibra bruta muestra un rango que va de 28.21 a 19.71 %, mientras que la fibra detergente neutra tienen un rango que va de 55.22 a 41.35 % y, la fibra detergente ácida va de 32.58 % a 22.66 %, mientras que para el caso del almidón, éste tiene un rango de 10.50 % a 33.30 %. Con esto podemos observar que el ensilaje de maíz es un alimento con elevado valor energético, valor protéico bajo y contenido en minerales bajo.

El contenido en almidón es elevado y, un contenido de fibra bajo (Tabla 3) (Calsamiglia *et al.*, 2004).

Tabla 3. Composición química del ensilaje de maíz

Materia seca	pH	Cenizas	PB	NH4	FB	FDN	FDA	Almidón
<20	3.8	6.4	9.37	0.89	28.21	55.22	32.58	10.5
20-25	3.73	6.26	9.2	0.25	27.13	52.38	30.29	12.63
25-30	3.76	5.43	8.28	0.21	23.17	47.63	26.17	24.22
30-35	3.8	4.94	7.62	0.23	20.98	44.53	23.94	28.23
>25	3.89	4.8	7.58	0.23	19.71	41.38	22.66	33.3

PB= Proteína bruta; NH4=Amonio; FB= Fibra bruta; FDN= Fibra detergente neutra; FDA= Fibra detergente ácida.

(Calsamiglia *et al.*, 2004)

Aspectos relacionados con la realización del ensilaje

Tamaño de partícula: este es un factor muy importante en el proceso de llenado del silo, ya que un tamaño de partícula adecuado, nos va a permitir una mejor compactación del forraje y, a expulsar la mayor cantidad de aire posible con la finalidad de evitar fermentaciones indeseables (Wheaton *et al.*, 1993). (Gallardo, 2003), comenta que los alimentos mezclados, tales como, ensilaje con heno picado y concentrados deben tener entre un cinco y 10 % de partículas mayores a dos cm, entre un 40 y 50 % de partículas entre 0.8 y 2 cm y el resto más pequeñas.

Altura de corte: La altura de corte recomendada es de 15 cm del ras del suelo, cosechando a esta altura se maximiza la producción de forraje.

Pre marchitamiento: Si tenemos un forraje con un contenido alto de humedad se puede reducir ésta mediante el prensado o exponiéndolo al aire libre durante un período de tiempo corto (6-24 horas), hasta obtener contenidos de materia seca entre 30 y 40 %, siempre y cuando no sobrepasemos estos contenidos, ya que ello inhibiría también el desarrollo de la flora microbiana beneficiosa y además dificultaría el prensado del forraje,

obligando a un picado más fino del mismo (Cañeque y Sancha, 1998).

Llenado y apisonado: La forma correcta para el llenado del silo es por medio de capas de forraje picado, el tamaño de la capa va desde los 20 hasta los 80cm, dicho tamaño depende del tipo de silo y de la herramienta utilizada para el apisonado del forraje, una vez hecha la capa el forraje se debe apisonar, con la finalidad que este quede bien compactado y así expulsar la mayor cantidad de aire posible asegurándonos que no quede aire entre las capas que conlleve a una mala fermentación del mismo. Si se pretende utilizar aditivos, estos deben ser esparcidos en cada capa, procurando que el aditivo quede bien distribuido. Así sucesivamente hasta obtener el llenado total del silo.

El tiempo o la velocidad con la que se llene el silo, puede determinar la calidad del ensilaje; cuando los llenados se hacen rápido disminuye el tiempo de exposición del forraje al aire, con esto se disminuyen las pérdidas por respiración y se acorta la fase aeróbica del proceso. En el caso de silos de grandes dimensiones el llenado se debe de hacer en tres días o un máximo de cinco para posteriormente ser sellado (Hiriart *et al.*, 1998).

Cosecha del maíz para ensilaje: Se recomienda cosecharlo cuando el contenido de humedad es del 65 por ciento, en este estado la producción de materia seca es mayor, y durante la cosecha, almacenaje y alimentación del ganado, las pérdidas de forraje se minimizan (Roth y Heinrichs, 2001). Dicho contenido se tiene cuando la línea de leche está a la mitad del grano; la línea de leche es la división entre la porción líquida y sólida del grano.

6.6.7. Tipos de silos:

Aéreos o de torre: Son los menos comunes ya que para su construcción se ocupan materiales como ladrillo, bloques de cemento, cemento armado, piedra, láminas metálicas, lo que hace que tengan un elevado costo. Tienen techo que proporciona una

buena protección contra la lluvia. Con relación a otros silos, presentan una mejor compactación del forraje, menores pérdidas superficiales del ensilaje, pero producen mayores pérdidas por jugos exprimidos. Estos silos además de costosos, requieren maquinaria complicada para llenarlos y vaciarlos (Jiménez y Moreno, 2000).

Subterráneos o de trinchera: En comparación con el anterior este tipo de silo es más barato, el llenado y vaciado es más fácil y no requiere de maquinaria compleja, no hay pérdida por efluentes, pero tienen el riesgo de presentarse más pérdidas de forraje, debido a que la superficie expuesta es mayor (Holguín e Ibrahim, 2005). Estos se construyen cavando un hueco o zanja en el suelo, poco profundo con paredes inclinadas hacia afuera y lisas. Lo malo de este tipo de silos es que presentan pérdidas adicionales por filtración de humedad. Se pueden construir en terrenos de relieve inclinado, pero no se recomienda su construcción en terrenos pedregosos y arenosos.

Horizontal (tipo Bunker): Este tipo de silos es de los más utilizados, es muy parecido al de trinchera sólo que se construye a nivel de piso con bardas de piedra con su respectiva inclinación y piso de cemento, lo que los hace un poco costosos, sin embargo, si se logra un buen llenado del silo y compactado del forraje las fermentaciones siempre son las deseables, además que si el sellado de éste es bueno, las pérdidas se reducen al mínimo (Ojeda, 1999).

Horizontal de montón: Este tipo de silo es de los más sencillos y menos costosos, ya que no tiene construcción alguna, el forraje se deposita directamente sobre la tierra, en un piso cementado o cubierto por un plástico. Dicho forraje se acomoda de forma circular, en la medida que el forraje se va acumulando se compacta mediante pisoteo o se utiliza un pisón, un rodillo u otro equipo y, como su nombre lo indica, hasta formar un montón. Una vez finalizado el proceso se cubre con plástico y se colocan materiales pesados encima para ayudar a la compactación (Deere y Company, 2005).

De vacío (de bolsa), micro silos: En este tipo de silo el forraje se coloca dentro de aproximadamente la mitad del rendimiento de un cultivo de maíz y es similar a la paja de otras gramíneas de cereales (Sánchez, 2020).

Producción de ensilado de maíz en México

El maíz es el cultivo más importante de México, además de alimento la planta es también un excelente forraje para el ganado, especialmente para las vacas lecheras y los animales de tiro.

El maíz forrajero se aprovecha como alimento ganadero en varias etapas del crecimiento de la planta, principalmente a partir del momento en que aparece la panoja.

En México, el maíz amarillo se destina a la industria o fabricación de alimentos balanceados para la producción pecuaria. En el 2019, la producción de maíz forrajero a nivel nacional fue de 15.6 millones de t lo que generó 10,198,617.5 millones de pesos (SADER, 2020)

Los principales estados productores de maíz forrajero son:

- Jalisco con más de cinco millones de toneladas.
- Durango con más de un millón 942 mil toneladas.
- Zacatecas con más de un millón 721 mil toneladas.

El maíz ha sido utilizado como forraje para la alimentación de ganado en diferentes formas, tales como rastrojo, grano y ensilaje. Debemos saber que la producción de maíz para forraje es la base de la alimentación de ganado lechero en algunas regiones ganaderas del país, tales como en el estado de Jalisco o Chihuahua; la producción de

maíz forrajero en forma de ensilaje es el más común para este tipo de manada (SADER, 2020).

Subproductos agrícolas

Los subproductos más abundantes en el país son residuos de cosecha como rastrojo de maíz, paja de sorgo o soca, paja de frijol, punta de caña, y paja de trigo, estos representan el 91 % del total (Flores, 1983).

En términos generales el contenido de nutrientes de los esquilmos agrícolas es muy pobre y no satisface los requerimientos de nutrientes para mantenimiento y producción del animal (Herrera, 1992).

La mayoría son pajas o rastrojos que tienen muy bajo valor nutritivo ya que por lo voluminosos son consumidos en cantidades reducidas; además, su digestibilidad, proteína cruda y energía son insuficientes para promover alguna producción significativa. Aun así estos subproductos usados estratégicamente pueden ser una excelente opción para reducir los costos de alimentación y, cuando son procesados, pueden aportar suficientes nutrientes para promover ligeros aumentos de peso o producción de leche. Los subproductos agrícolas se pueden utilizar para funciones de mantenimiento en época de estiaje, o formando parte de raciones combinadas con otros ingredientes que complementen las deficiencias de energía, proteína y minerales de los ingredientes convencionales en condiciones intensivas de producción ovina (Salinas y Gutiérrez, 2000).

Los residuos agrícolas y sus características

Klopfenstein (1980), mencionó que en algunos países es impresionante el potencial que tienen los residuos de cosechas para la producción animal ya que al menos por cada kilogramo de grano producido queda en el campo la misma cantidad de forraje, pero el

problema radica en que la planta al momento de la cosecha del grano es madura de tal manera que este esquilmo es muy fibroso.

El uso de residuos de cosechas está relacionado principalmente con el tipo de residuo cosechado, disponibilidad y calidad de sus nutrientes para satisfacer los requerimientos de los animales y por otro lado se requiere que los costos de corte, manejo, transporte, almacenamiento y procesamiento sean lo suficientemente bajos para competir con otras fuentes de alimentos (Brown, 1990).

De acuerdo a la clasificación internacional de alimentos, las pajas y rastrojos están comprendidos dentro del grupo de forrajes toscos pertenecientes al primero de los ocho grupos, junto con la harina de alfalfa, heno de gramíneas y leguminosas, cascarillas de semillas, etc. Estos forrajes se caracterizan por su alto contenido de fibra mayor al 18 por ciento (Church, 1989).

Las características generales de los forrajes toscos son las de ser alimentos voluminosos, con poco peso por unidad de volumen, la mayoría de ellos presentan un alto contenido de material clasificado como paredes celulares compuestas por altas y variadas cantidades de celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice y son pobres en carbohidratos fácilmente utilizables, si se comparan con los granos (Van Soest, 1970).

El tamaño de Partícula y su Efecto sobre el Valor Nutritivo de los Forrajes y Consumo por los Animales. Según Pigden y Bender (1978) los factores limitativos de desdoblamiento de la celulosa son la lignificación, tamaño de partículas y los contenidos de nitrógeno y sustancias minerales, ya que la lignocelulosa, pobre en nitrógeno requieren ser complementada con éste elemento para facilitarle al máximo su digestión, pero la reducción del tamaño de partícula por molienda aumenta el requerimiento de nitrógeno.

También mencionan que cuando existe menos del 65 por ciento de digestibilidad de un forraje, el factor volumen es importante para regular la ingestión y se puede modificar por

molienda mecánica ya que reduce el tiempo y la energía necesaria para que las partículas atraviesen el rumen aumenta el área superficial y, con ello el índice de fermentación en el rumen incrementa la densidad del pienso y por consiguiente se eleva la capacidad efectiva de aprovechamiento del animal.

Por lo tanto la molienda es un modo eficaz de mejorar la calidad de los forrajes toscos; ya que permite que el animal aproveche casi tanta energía digestible (ED) como con los forrajes de buena calidad no sometidos a tratamiento. Por su parte Balch y Campling (1982) mencionan que el tamaño crítico no está bien definido y probablemente varía con el tamaño del animal y posiblemente con la especie de planta. Troelsen y Cambell (1988) consideran que las leguminosas tienen un mayor rango de pasaje que los pastos de similar digestibilidad.

Alimentación de Bovinos

Los animales tienen una serie de necesidades alimenticias que en parte son suplidas por lo que ellos comen diariamente, como por ejemplo el pasto de piso, ciertos “matones”, ramas de árboles y hojas secas, entre otros. Estos materiales aportan cantidades limitadas de nutrimentos, dentro de los cuales principalmente se habla de energía, proteínas y minerales (Laiño et al., 2016).

Es por ello que diariamente lo que consumen los animales no les satisface las necesidades diarias para que ellos produzcan y se desarrollen eficientemente, ya sea porque hay poca disponibilidad de comida en los potreros, porque los pastos son de baja calidad o por ambas condiciones.

Las necesidades nutricionales que más cuesta llenar a los animales en producción y desarrollo que están únicamente pastoreando son, la energía y proteína (Triana Prada et al., 2014).

Alimentos Utilizados para bovinos

Un adecuado balance entre la cantidad de nutrientes dará como resultado niveles altos de producción sin desmejorar la condición corporal del individuo, es por ello que los nutrientes que son requeridos para poder cubrir los requerimientos de mantenimiento, producción y reproducción del ganado son obtenidos a través de los diversos alimentos ingeridos como son principalmente el forraje (Chala, alfalfa, etc), rastrojos, alimentos balanceados (concentrados), agua, suplemento de sales minerales y vitaminas (García-Muñiz et al., 2007).

En los últimos años se ha incrementado la oferta de residuos agrícolas y se estima un probable incremento en la demanda, (Muro Reyes et al. 2013), dando así al agricultor una alternativa para manutención de sus animales en épocas secas del año, por ende no conlleve a grandes pérdidas económicas en la época seca del año.

Los subproductos agroindustriales y los residuos de cosecha constituyen en los países agrícolas una fuente importante de alimento, y en la mayoría de los casos, por falta de conocimiento y voluntad técnica, no son aprovechados de manera adecuada (Castellanos et al. 2017). Estos son la parte que queda de un cultivo luego de haberse extraído el fruto comestible o cosecha, mientras que los subproductos de cosecha se originan luego del procesamiento de este (Muro Reyes et al., 2013).

Una razón por la cual los residuos de cosecha adquieren una baja calidad nutritiva es cuando el estado de la planta está maduro, momento en que la proporción hoja tallo es menor, además los nutrientes de alto valor se encuentran en frutos y raíces (Escobar and Parra, 1984).

Maíz rastrojo

Este subproducto representa el 75 % de los residuos de cosecha producidos en México. La producción de biomasa residual que genera un cultivo de maíz de grano (cañas, hojas,

chalas y mazorcas), fluctúa entre 20 a 35 toneladas por hectárea y en el maíz de choclo (cañas y hojas) varía entre 16 a 25 toneladas por hectárea (Salinas y Gutiérrez, 2000).

El maíz es uno de los cultivos más importantes, pues forma parte de los ingredientes básicos de la dieta de la población urbana y rural (Ernst et al., 2002).

Ventajas de utilizar maíz rastrojo en la alimentación animal

Como alimento animal, el rastrojo se puede utilizar potencialmente en forma de forraje, recolectado por el hombre o mediante el pastoreo directo. El empleo como forraje brinda grandes ventajas puesto que permite controlar el consumo y aplicar métodos de mejora de sus propiedades como alimento animal. El pastoreo directo y restringido del rastrojo, aporta beneficios al desarrollo de los ciclos agroecológicos, debido a que garantiza un determinado nivel de depósito de heces fecales y orines en el campo y el ganado, especialmente bovino, no consume todo el material vegetal.

Normalmente los animales seleccionan la parte del rastrojo con mejores aportes nutrimentales y el resto continúa aportando cobertura y nutrientes al suelo. Otra ventaja del pastoreo directo es que evita los costos de recolección y empaque, y permite el reposo de las áreas regulares de pastoreo (Guevara, 2012).

El rastrojo de maíz (como otros tipos de residuos de cultivos) se puede utilizar como alimento para ganado, especialmente en situaciones de déficit de forraje. Tienen un valor nutricional ligeramente más alto que la paja de trigo. El rastrojo de maíz puede ser beneficioso para los productores de carne porque los tallos de maíz pueden proporcionar una fuente de alimentación de bajo costo para las vacas nodrizas en gestación media (Sánchez, 2020).

Valor nutritivo del maíz rastrojo

El valor nutritivo de los forrajes es una experiencia del potencial del animal para producción, a partir de la retención de nutrientes contenidos en el alimento. El rastrojo de maíz se caracteriza por poseer bajos contenidos de proteína cruda (5.4 %), energía metabolizable (1.8 Mcal./kg MS), minerales y altos contenidos de fibra cruda (36 %), fibra detergente neutro (73 %) y lignina (7 %) (Orcasberro y Fernández, 1982).

Composición química del rastrojo de maíz

En el siguiente cuadro conoceremos acerca de la composición química que presenta el rastrojo de maíz:

Tabla 4. Composición química del rastrojo de maíz (% de materia seca)

Materia prima	M.S (%)	P.C	E.E	Ceniza	FND	FDA
Rastrojo de maíz	95.8	4.9	1.23	6.83	72.45	46.75

Fuente: (De Blas et al., 2010).

En el cuadro siguiente, se aprecia sobre la cantidad de proteica bruta y la digestibilidad de la materia seca en las diferentes partes que conforma el rastrojo de maíz

Cada una de estas estructuras posee características físico-químicas propias, lo que le confiere un valor nutritivo muy diferente, dependiendo de si el residuo corresponde a maíz de grano o maíz para consumo fresco.

Los tallos presentan las estructuras más lignificadas y de menor contenido de proteína bruta (3.1 %) y las hojas entre 4 % y 7 % (Arreiche and Mora, 2005).

Tabla 5. Proteína bruta y digestibilidad de la materia seca en diferentes componentes del rastrojo de maíz

Componente	PB(%)	DIVMS(%)
Hojas	4.5	55.6
Tallos	3.1	59.7
Chalas	4.7	69.1
Mazorcas	4.7	58
Cañas + Hojas	4.2	55.8

Fuente: (Arrieche and Mora 2005).

Utilización de maíz rastrojo en la alimentación animal:

La nutrición del ganado no solo se basa en el consumo de rastrojos, deben considerarse otros elementos que permitan obtener una proteína de mejor calidad y minerales que permitan conseguir un buen desarrollo. Existen distintas posibilidades de utilizar los residuos agrícolas en la producción bovina, muy pocos de esos residuos son utilizados en la producción en forma orgánica; La presencia de bacterias en el rumen de los rumiantes, les permite utilizar eficientemente dietas compuestas por forrajes bastos, aun de baja digestibilidad (Muro Reyes et al., 2013).

Los ovinos, caprinos y bovinos son rumiantes, capaces de aprovechar la fibra de los forrajes mediante un proceso llamado rumia, por lo que el forraje se usa de forma indiscriminada como alimento, sin tomar en cuenta su estado vegetativo. La degradación del forraje se acelera a partir de su estado de madurez, ya que entre más seco se encuentre, su digestibilidad será menor. De ahí que en la ganadería surgiera el concepto de “nutrientes digestibles”, y estos sean más importantes que los nutrientes en base cruda (Lafore et al., 1999).

El rastrojo de maíz puede utilizarse en casi todas las categorías de vacunos, a excepción de los terneros recién destetados. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que es un

recurso fibroso, con bajo contenido de proteínas y aportes limitados de energía. Al ser utilizado en pastoreo directo y por razones de rotación de cultivos, podrá usarse durante un corto periodo de tiempo antes de roturar el suelo para el siguiente cultivo (Ortiz, 2017).

El cosechado y almacenado, puede constituir un excelente recurso invernal para la alimentación de vacas en su último tercio de gestación. También para alimentar novillos en el periodo de otoño - invierno, cuando se quieren obtener bajas tasas de ganancia de peso, para aprovechar el crecimiento compensatorio que se producirá con los pastos en la siguiente primavera (Hazard, 2000).

Producción de maíz rastrojo en México:

Como lo menciona, Mercedes Borja Bravo, en su artículo Producción y consumo de rastrojos, en México, el maíz es el cultivo más importante desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social; de igual manera, es el más significativo por la superficie sembrada y el volumen de producción. Anualmente se destinan 7.8 millones de hectáreas para la producción de este grano, que representa 49.7% de la superficie nacional cultivable. La producción de maíz en México durante el periodo 2008-2011, fue en promedio anual de 21.3 millones de toneladas.

El maíz es un cultivo que tiene presencia en casi todos los estados del país, se produce en los ciclos agrícolas de producción: primavera-verano (P-V) y otoño-invierno (O-I), en diversa condiciones agroclimáticas y fuentes de humedad (riego, temporal, humedad residual).

Los estados con mayor volumen de producción de maíz son: Sinaloa (21.9 %), Jalisco (13.6 %), Chiapas (6.8 %), Michoacán (6.7 %), Estado de México (6.3 %), Guerrero (6.2 %), Guanajuato (5.3 %) y Veracruz (5.2 %). Estos ocho estados aportaron el 72 % de la producción nacional de grano de maíz en el periodo 2008-2011 (SIACON-SIAP,

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Localización de la zona de estudio

El trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Almoloya de las Granadas municipio de Tejupilco, ubicada al suroeste del Estado de México. Se encuentra en las coordenadas, *latitud 18°58'28"N y longitud 100°7'57"W*. Este pueblo, se caracteriza por estar en una zona de transición, entre climas templados subhúmedos y climas de trópico semi seco, con clima subhúmedo, con lluvias en verano. La precipitación rebasa los 1500 mm al año, la temperatura está entre 12 y 26°C al año, se encuentra a una altura mediana de 1 540 metros sobre el nivel del mar (msnm).

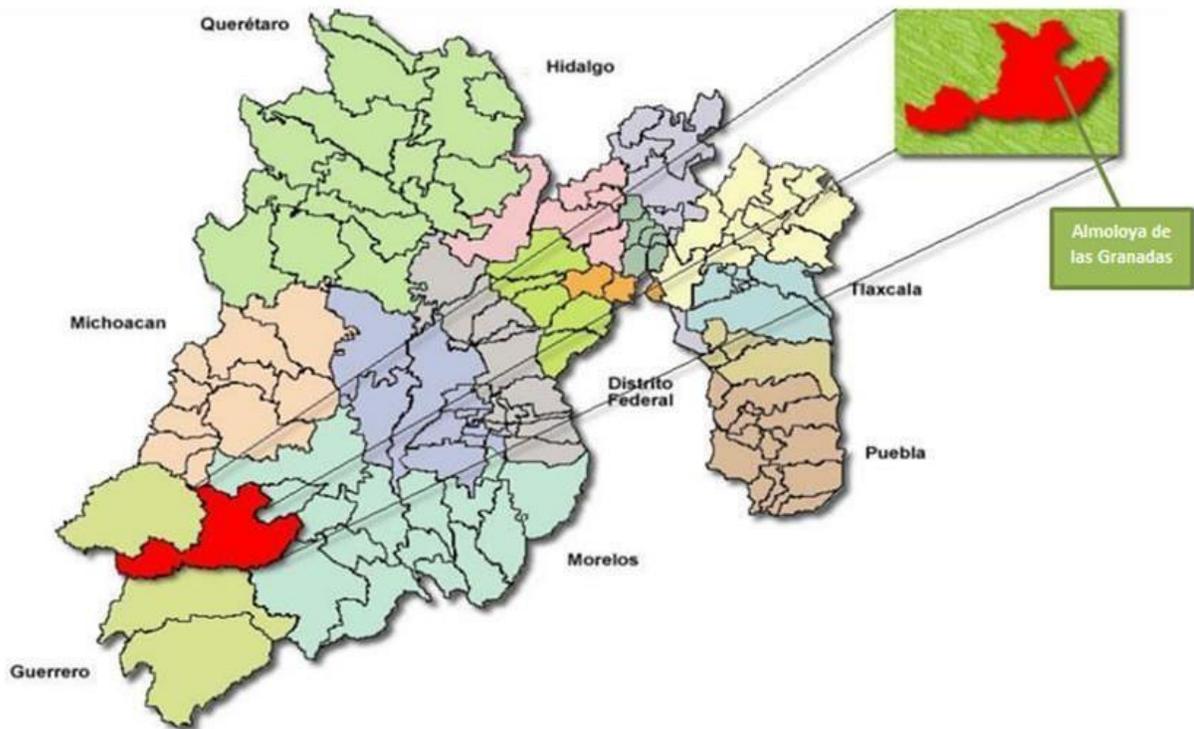


Figura 1. Ubicación de Almoloya de las Granadas.

7.2. Información utilizada

La información secundaria básica utilizada para la elaboración de este trabajo se obtuvo a través de la revisión de diversas fuentes bibliográficas existentes. Tesis elaboradas en el Centro Universitario UAEM Temascaltepec, así como también de otros espacios académicos de la misma universidad, instituto nacional de investigaciones forestales agrícolas y pecuarias (INIFAP) y diferentes revistas agronómicas, entre otros.

También se analizó la información recopilada en los diferentes sitios web de la secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Secretaría del Campo (SC), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y de la misma manera la información contenida en distintas páginas web.

Encuestas

Para recopilar la información primaria, se optó por la utilización de encuestas semi estructuradas, que se aplicaron mediante entrevistas directas a los productores de ensilado de maíz y maíz rastrojo del pueblo de Almoloya de las Granadas, con información del ciclo primavera/verano 2020 e información relacionada al proceso de ensilaje en el 2020.

La encuesta es una metodología aplicada en diversos campos de la investigación y utilizada ampliamente para el estudio de explotaciones y sistemas agrarios (Rodríguez *et al.*, 1998). Es aquella que permite dar respuestas a problemas en términos descriptivos como de relación de variables, tras la recogida sistemática de información según un diseño establecido previamente que asegure el rigor de la información obtenida (EUMED, 2008). Se define como un conjunto de técnicas destinadas a recoger, procesar y analizar información que se da en unidades o en personas de un colectivo determinado. La encuesta es un método de recopilación de información de uso práctico para los investigadores que requieren representar la realidad social, económica y estructural de una muestra representativa de una

población (William, 1993). En adición, Malhotra (1997) menciona que el método de encuesta tiene varias ventajas:

- Primero, el cuestionario es fácil de aplicar.
- Segundo, los datos que se obtienen son confiables porque las respuestas se limitan a las alternativas mencionadas.
- Por último, la codificación, el análisis y la interpretación son relativamente sencillos.

Sin embargo, el mencionado autor también considera que el método de *encuesta* tiene las siguientes desventajas:

- Que los entrevistados no puedan o no estén dispuestos a proporcionar la información deseada.
- Que los entrevistados no estén dispuestos a responder si la información que se pide es delicada o personal.
- Que las preguntas estructuradas y las alternativas de respuesta fija pueden dar como resultado la pérdida de la validez en cierto tipo de datos, como creencias y sentimientos.

Por último, el hecho de que no es fácil redactar las preguntas de manera apropiada.

La encuesta se estructuró con el objeto de obtener información sobre la propiedad de la tierra, cantidad sembrada de maíz, variedad utilizada, gastos para la preparación del terreno, desembolsos para la fertilización del maíz, maquinaria empleada desde la siembra hasta la molienda de la planta en sus diferentes estados fisiológicos, cantidad de mano de obra que se emplea durante todas las actividades realizadas en la siembra, precios de compra-venta en la zona del ensilado y el maíz rastrojo y todos los gastos indirectos que se generarán durante la producción.

Muestreo

Las encuestas se aplicaron a productores tanto de ensilado de maíz como de maíz rastrojo en de Almoloya de las Granadas, se utilizó un muestreo no probabilístico, llamado muestreo intencional también conocido como muestreo por juicio, muestreo por intención, similar al *bola de nieve*. Es una técnica de muestreo en la cual la persona a cargo de realizar la investigación se basa en su propio juicio para elegir a los integrantes que formarán parte del estudio. Se aplica cuando la muestra estadística a formar es seleccionada en el entorno próximo al investigador, sin que medien requisitos específicos, pero tratando de cumplir, al menos 10% del total de la población.

El objetivo es facilitar el trabajo de quien desarrolla el estudio, se privilegia la disponibilidad de las personas y la facilidad para acceder a ellas. Incluso suelen aceptarse voluntarios que deseen colaborar con el estudio. Cabe mencionar que los investigadores suelen creer que pueden obtener una muestra representativa utilizando un buen juicio, lo cual resulta por supuesto en un ahorro de tiempo y dinero.

Para este estudio, y por información preliminar de campo (recorrido piloto con información proveniente de forma directa de la Delegación Municipal), se ha contabilizado que del total de la población masculina, mayor de 18 años y menor de 80 que se dedicó a cultivar maíz grano de temporal en el ciclo primavera/verano 2020, ascendió a 100 productores, de los cuales, sólo 10 % de ellos, ensila y 8% muele la planta con mazorca.

Información de las encuestas

El método de obtención de información de campo, fue a través de la aplicación de una encuesta, vía entrevista. Esto es, se visitó al productor elegido en la muestra por intención que cumpla con las características del estudio y se le hizo preguntas directas enfocadas al proceso de cultivo, proceso de ensilar y molienda de mazorca con la planta, así como preguntas relacionadas a costos fijos y variables de las

actividades, precios de venta del producto y demás variables técnico-económicas determinantes de la rentabilidad de la actividad.

La información de las encuestas se procesó en una hoja de Excel, por número de encuestado y por cada variable incluida por orden importancia, de tal manera que permita lograr tanto los objetivos como comprobar la hipótesis.

Determinación de los costos

Con referencia en Rebollar (2011), a nivel privado, los costos se clasifican en fijos y variables. Los primeros no dependen del volumen de producción, deben asumirse aunque no haya producción, permanecen tanto en el corto como en el largo plazo y representan la ganancia (negativa) en ausencia de producción. Los segundos, representan los desembolsos reales vinculados al pago por compra de insumos variables, ocurren cuando hay producción, dependen de la cantidad producida y cambian cuando cambia el volumen producido.

Dentro de los costos fijos, se enfatizó en la vida útil del activo fijo o inmovilizado, su precio de compra, años de utilidad, dividido entre los meses del año y multiplicado por la cantidad de producto generado. Los egresos variables, simplemente, se multiplicaron el precio del insumo por la cantidad utilizada. Todo ello se hizo para cada productor encuestado, después se obtuvo el costo total por cada productor, su costo variable promedio, costo fijo promedio y costo medio total. Posteriormente, se obtuvo un promedio del costo al considerar el total de productores encuestados.

Por tanto, el costo total por actividad (CT) = CV + CF = PxX + CF; donde Px fue el precio del insumo variable que se utilizó en el proceso y X la cantidad de insumo variable utilizado. El ingreso total (IT) por venta, se obtuvo al multiplicar

La cantidad de producto final que se obtuvo por el promedio vigente en el mercado local. Así, el IT = PyY, donde Py fue el precio por tonelada de producto obtenido y Y, la cantidad de producto que se obtuvo, para la venta.

En adición, la ganancia del proceso se calculó como la diferencia aritmética entre el IT menos el CT; es decir: Ganancia (G) = IT – CT = PyY – (PxX + CF)

Por lo que, si la G es mayor que cero, será evidencia de rentabilidad del proceso, de lo contrario, habrá pérdida económica en la producción.

Asimismo, se determinó el valor de otro indicador de rentabilidad, conocido como Relación Beneficio/Costo (RB/C), como la división del IT entre los CT; esto es:

$$RBC = \frac{\$IT}{\$CT}$$

Si el valor de la RB/C es mayor que 1.0, habrá evidencia de rentabilidad por peso invertido en la actividad.

Finalmente, otro indicador adicional de la actividad será el punto conocido como Umbral de rentabilidad (Rebollar, 2011), llamado, Capacidad de Producción Mínima Económica (CPME), normalmente conocido como Punto de Equilibrio (PE). La expresión a utilizar, será:

$$PE (Q) = \frac{\text{Costo fijo total}}{\text{Precio de venta} - \text{Costo variable medio}}$$

Y:

$$PE (\text{pesos}) = \frac{\text{Costo fijo total}}{\frac{\text{Precio de venta menos el Costo variable medio}}{\text{Precio de venta}}}$$

Finalmente, se concluyó si la actividad es rentable o no, con base en toda la metodología que utilizará en el estudio.

VIII. RESULTADOS

Ensilado de maíz

Características socioeconómicas

Con base a los resultados obtenidos sobre el sistema de producción de ensilado de maíz en Almoloya de las granadas, las unidades de producción se caracterizan como pequeñas unidades de producción, esto debido a que la superficie destinada para la siembra del cultivo corresponde a menos de una hectárea (ha), oscilando entre 0.9 ± 0.5 según el resultado obtenido (Tabla 6).

La edad promedio de los productores no rebasa los 45 años de edad (44 ± 8.8), el primer valor es la media y el segundo la desviación estándar, mientras que los años destinados a la producción del ensilado de maíz fue de siete (7 ± 3.1); según la integración familiar, el número de hijos por productor fue de 2 ± 1.5 y solo el 28 % de ellos tiene cuatro hijos que de forma irregular apoyan las actividades del sistema.

Al respecto, la escolaridad media por productor fue de 12.9 ± 4.8 años; sin embargo, el 57 % de los productores solo concluyeron su educación media básica (secundaria), mientras que el 43 % de los productores concluyeron sus estudios de licenciatura (Tabla 1); por tanto, se deduce que la producción de ensilado de maíz se desarrolla por productores con una formación académica básica y con un rango de edades que no superan el medio siglo.

Tabla 6. Características socio-económicas en la producción de ensilado de maíz en Almoloya de las granadas.

Concepto	valor
Edad (años)	44 ± 8.8
Integración familiar (hijos)	2 ± 1.5
Hectáreas sembradas	0.9 ± 0.5
Tiempo en la actividad (años)	7 ± 3.1

Fuente: elaboración propia, con información de campo.

Análisis del sistema de producción de ensilado de maíz

Con relación a la tendencia de las tierras, los resultados indican que la totalidad (100 %) de los productores encuestados establecen su cultivo en propiedades privadas. Las semillas utilizadas para la producción se adquieren en establecimientos agropecuarios locales, vendedores de la región y en algunos casos la semilla utilizada es seleccionada del año anterior de cosecha.

Con base a los resultados obtenidos, las semillas comerciales más utilizadas son D-KALB 75-00 con el 70% de utilización, PIONEER P4039 con el 15% y el 15% de los productores restantes se inclinan por la siembra tradicional utilizando semillas criollas de siembras anteriores (Tabla 7)

Tabla 7. Semillas utilizadas por los productores para la siembra de maíz en Almoloya de las granadas.

Concepto	Valor
Semilla DEKALB 7500 (%)	70
Semilla PIONEER P4039 (%)	15
Semilla de la cosecha anterior (%)	15
Total	100%

Fuente: elaboración propia, con información de campo.

Referente a la preparación del terreno de cultivo, las actividades previas predominantes fueron: rosa, tumba y quema, rastreo, barbecho y arado, solo el 15 % de los productores realiza la actividad de rosa, tumba y quema, mientras que el resto (85%) no realiza tal actividad, la actividad de rastreo, barbecho y arado la realizan la totalidad de los productores encuestados, sin embargo, ninguno de ellos cuenta con maquinaria agrícola

propia, por lo que el 100% de los productores rentan la maquinaria para realizar dichas actividades.

Con relación a la época de siembra, el 100 % de los productores lo realizan en la temporada de lluvias (junio- noviembre) predominando la fecha de siembra del 10 al 15 de junio según el 80% de los productores encuestados, mientras que el 20% de los productores establecen su cultivo en las fechas del 25 de mayo al 15 de junio.

La superficie de tierra sembrada promedio dedicado exclusivamente a la producción de ensilado de maíz es de 8 900 m² (0.89 ha) con una densidad de siembra promedio de 20 kg/ha, teniendo así una producción promedio de 28 t/ha (28 000kg) (Tabla 8).

Tabla 8. Datos de producción del ensilado de maíz en Almoloya de las granadas.

Concepto	Valor
Superficie para el ensilado de maíz (ha)	0.89
Densidad de siembra (kg/ha)	20
Producción (t)	28

Fuente: elaboración propia, con información de campo.

Para el almacenamiento y conservación del ensilado de maíz, el tipo de silo que utiliza el 100 % de los productores es el llamado *horizontal de montón*, este tipo de silo es considerado de los más sencillos y menos costosos, el forraje se deposita directamente sobre la tierra y se cubre por un plástico, se acomoda de forma circular a medida que el forraje se va acumulando, se compacta mediante pisoteo manual o con ayuda de la maquinaria agrícola; el 100% de los productores realiza la renta de maquinaria agrícola para la actividad. Una vez finalizado el proceso se cubre con plástico y se colocan materiales pesados encima para ayudar a la compactación.



Figura 2. Silo tipo horizontal de montón, utilizado para el almacenamiento y conservación del ensilado de maíz en Almoloya de las granadas.

Análisis económico

Costos variables

Referente a los costos variables de producción, el resultado promedio fue de 35 345.3 pesos, este costo corresponde a la totalidad de las actividades realizadas en todo el proceso productiva de manera variable, procedente de la utilización de insumos variables: dichas actividades se describen a continuación (Tabla 4).

- **Preparación del suelo**

Para el establecimiento del cultivo de maíz el costo variable fue de $(13\ 500 \pm 1\ 587)$ pesos promedio por productor, donde se realizaron actividades tales como rosa, tumba y quema, barbechar, rastrear y arar la tierra.

- **Siembra**

Los costos generados por esta actividad dependieron de qué tipo de siembra efectuó cada uno de los productores si realizaron siembras tradicionales o siembras mecánicas, el resultado del costo promedio por la siembra fue de $(11\ 300 \pm 794.10)$ pesos promedio.

- Fertilización

El costo variable por fertilización fue de $(81\ 045 \pm 4\ 717.3)$ pesos, que se generó de acuerdo a todas las variables que esta actividad conlleva como lo son, tipo de fertilizante utilizado, precio del fertilizante, número de veces en las que se fertilizó la siembra, jornales utilizados por cada fertilización, precio del jornal por día y número de días de trabajo.

- Semilla utilizada

El costo variable de la semilla correspondió únicamente al tipo de semilla que utilizaba cada productor y el precio de cada una, donde el resultado encontrado fue de $(11\ 387.3 \pm 525.2)$ pesos

- Uso de herbicidas e insecticidas

Para el uso de herbicidas e insecticidas en la siembra el costo variable fue de $(25\ 380 \pm 2\ 359.9)$ pesos, que dependió del tipo de producto utilizado, precio unitario de cada producto, cantidad de unidades utilizadas, precio por cada producto, cantidad de veces que se aplicaron herbicidas y/o insecticidas, jornales utilizados y precio del jornal por día.

- Proceso de ensilaje

Durante el proceso del ensilaje se realizaron distintas actividades tales como, tumba y amontonamiento, molienda, número de horas trabajadas con el tractor, precio por hora, proceso de tapado del ensilado, jornales utilizados para cada actividad, precio del jornal por día, costo del material para realizar el tapado del silo de las cuales se obtuvo un costo variable igual a $(80\ 185.0 \pm 4\ 335.8)$ pesos.

- Insumos indirectos

Son aquellos en los que no fue posible contempla a simple vista pero que también generan un valor económico importante en cuanto a la producción se refieren (costos implícitos en términos de economía agropecuaria), entre ellos se encuentran los costos de alimentación de los jornaleros y costos por transporte que a su vez generaron un costo variable implícito de $(24\ 620.0 \pm 1\ 898.2)$ pesos.

Tabla 9. Costo variables generados por cada actividad realizada respecto al ensilado de maíz.

Actividades realizadas	Costo (\$)	%
Preparación del suelo	(13 500.0 ± 1 587)	5.5
Siembra	(11 300.0 ± 794.10)	4.5
Fertilización	(81 045.0 ± 4717.3)	32.7
Semilla utilizada	(11 387.3 ± 525.2)	4.6
Herbicida e insecticidas	(25 380.0 ± 2359.9)	10.2
Proceso de Ensilaje	(80 185.0 ± 4335.8)	32.4
Insumos Indirectos	(24 620.0 ± 1898.2)	9.9
Costo variable promedio	35 345.3	14.2
Total	247 417.3	100

Fuente: estimaciones propias con datos de campo.

Con base en la Tabla 9, se puede observar que las dos actividades que generan un desembolso económico mayor por parte del productor son: la fertilización y el proceso de ensilaje, que en conjunto representan el 65% de los costos variables de la actividad.

Costos fijos

Desde el punto de vista de la Economía Agropecuaria, los costos fijos de producción, en lo general, no dependen del volumen de producción, ni del mercado y deben asumirse aún si no hay producción (Parkin y Loría, 2015); no cambian en el corto plazo y, la única forma de generar ganancia para una empresa pecuaria, si es que cierra o deja de producir, es asumir todos sus costos fijos tanto de operación como de administración y ventas (Rebollar, 2011).

Los costos fijos alcanzados para la producción de ensilado de maíz promediaron 450.4 pesos donde las herramientas que generaron dichos costos fueron la compra de:

- Pala cuadrada
- Pala redonda
- Cavador Hércules
- Talacho-pico
- Barreta de punta
- Machete recto
- Machete con vuelta
- Martillo
- Azadón
- Fumigadora de mochila
- Carretilla.

Tales herramientas tienen una vida útil (considerada en esta) de tres años por lo cual se les realizó la depreciación anual, posteriormente mensual y se multiplicó por los meses que dura la actividad (Tabla 10).

Tabla 10. Costos fijos en la producción de ensilado de maíz.

Productor	Costo fijo (CF) (\$)
1	476.1
2	375.6
3	518.9
4	497.2
5	346.7
6	498.9
7	439.4
Total	3152.8
Promedio	450.4

Fuente: elaboración propia, con información de campo.

Costo total (CT)

Los costos totales se calcularon realizando la sumatoria de los costos fijos más los costos variables, como se aprecia en la Tabla 11.

Tabla 11. Costos totales en la producción de ensilado de maíz.

Productor	Costo fijo (\$)	Costo variable (\$)	Costo total (\$)
1	476.1	51 389.9	51 866.0
2	375.6	46 360.0	46 735.6
3	518.9	29 860.0	30 378.9
4	497.2	19 379.8	19 877.0
5	346.7	35 357.7	35 704.4
6	498.9	41 125.0	41 623.9
7	439.4	23 944.9	24 384.3
Total	3152.8	247 417.3	250 570.1
		35345.3 ±	35 795.7 ± (11
Promedio	450.4 (± 66.2)	(11741)	725.1)

Fuente: estimaciones propias con información de campo

El costo total promedio (CMeT) o costo por productor fue de $35\,795.7 \pm (11\,725,1)$ pesos, lo que significa que si se tiene una producción promedio de 28 t (tabla número 8) a cada uno de los productores por cada tonelada de ensilado de maíz que producen les cuesta la cantidad de 1 278.4 pesos.

Ingresos totales por venta

El ingreso total (IT) es todo el dinero que obtiene la empresa por la venta de productos. Se obtiene de multiplicar la cantidad producida y/o vendida por su precio.

Se calculó multiplicando la cantidad de toneladas producidas de ensilado de maíz por el precio de venta que maneja cada uno de los productores (Tabla 12).

Tabla 12. Ingresos totales en la producción de ensilado de maíz.

Productor	Rendimiento (t)	Precio de venta (\$/t)	Ingresos totales (\$/t)
1	60.0	2 000.0	120 000.0
2	50.0	1 300.0	65 000.0
3	15.0	2 500.0	37 500.0
4	15.0	2 200.0	33 000.0
5	18.0	2 000.0	36 000.0
6	20.0	2 000.0	40 000.0
7	18.0	2 000.0	36 000.0
Total	196.0	14 000.0	367 500.0
Promedio	28.0 (± 18.7)	2 000.0 (± 360.5)	52 500.0

Fuente: estimaciones propias con información de campo

Tabla 13. Ingreso, costo y ganancia del ensilado de maíz

Productor	Ingreso total (\$/t)	Costo total (\$/t)	Ganancia (\$)
1	120 000.0	51 866.0	68 134
2	65 000.0	46 735.6	18 264.4
3	37 500.0	30 378.9	7 121.1
4	33 000.0	19 877.0	13 123
5	36 000.0	35 704.4	295.6
6	40 000.0	41 623.9	-1 623.9
7	36 000.0	24 384.3	11 615.7
Total	367 500.0	250 570.1	116 929.9
Promedio	52 500.0	35 795.7	16 704.3

Fuente: estimaciones propias con información de campo

Con base en la Tabla 13 se puede observar que en promedio cada uno de los productores tiene un costo total de producción, promedió, de 35 795.7 pesos y gracias a la venta de

su producto obtienen la cantidad de 52 500 pesos, cantidad que representa sus ingresos promedió, lo que da como resultado que en ganancias económicas cada uno de los productores obtiene la cantidad de 16 704.3 (596.5 \$/t o 18 768.8 \$/ha) pesos por la actividad que desempeña.

Punto de equilibrio (PE)

El punto de equilibrio (PE) en pesos, se calculó como sigue (Rebollar y Jaramillo, 2012):

$$PE \text{ (pesos)} = \frac{\text{costo fijo total}}{\frac{\text{precio de venta} - \text{costo variable medio}}{\text{Precio de venta}}} = \frac{450.40}{\frac{2000 - 1488.17}{2000}} = \frac{450.40}{\frac{511.83}{2000}} = \$ 1\,759.95$$

$$PE \text{ (Q)} = \frac{\text{costo fijo total}}{\text{precio de venta} - \text{costo variable medio}} = \frac{450.40}{2000 - 1488.17} = \frac{450.40}{511.83} = 0.87$$

El punto de equilibrio (PE), conocido como umbral de rentabilidad, es donde los costos totales de producción se igualan al ingreso total por ventas, los costos totales incluyen costos fijos más costos variables.

Bajo las condiciones que se plantean, tales resultados, significan que durante el periodo de análisis, el productor tendría que haber vendido y/o producido .87 t de ensilado de maíz para que el costo de producción se igualara al ingreso por venta, situación que hace viable al sistema constituyendo una fuente de ingresos y una forma de subsistencia.

De esta manera la forma de comprobar el PE, puede ser la siguiente:

$$\text{Costo Fijo Total (\$)} = 450.40$$

$$\text{Costo Variable Total (\$)} = 1\,488.17 (0.87997) = 1\,309.5449549$$

$$\text{Costo Total (\$)} = 450.40 + 1309.5449549 = 1\,759.94$$

Relación beneficio-costo (RB/C)

Según los resultados obtenidos la relación beneficio costo (RB/C) de la producción de ensilado de maíz el Almoloya de las granadas fue de 1.4 derivado del cociente de dividir el valor de los beneficios (ingresos) entre el valor de los costos (egresos), como se muestra a continuación:

$$RBC = \frac{\$IT}{\$CT} = \frac{367500}{250570} = 1.46$$

Basado en el resultado de la relación beneficio costo, se puede evidenciar que la actividad es rentable ya que el productor adquiere en ganancias económicas 0.46 pesos por cada peso que invierte en la actividad.

Basado en lo anterior, si los costos de producción aumentaran en un 46 %, los ingresos por venta de tonelada de ensilado serían igual al costo total de producción por tonelada, por lo que el productor no obtendría ganancias ni pérdidas en la actividad agropecuaria, por otra parte, si el ingreso total por venta de tonelada de ensilado disminuyera en un 46 % los productores igualarían su ingreso a su costo total, por lo que basado en los resultados la actividad agropecuaria resulta ser económicamente atractiva para los productores.

Maíz rastrojo

Características socioeconómicas

Con base a los resultados obtenidos sobre el sistema de producción de maíz rastrojo en Almoloya de las granadas, las unidades de producción se caracterizan como pequeñas unidades de producción, esto debido a que la superficie destinada para la siembra del cultivo corresponde a poco más de una hectárea (ha), oscilando entre 1.2 ± 0.6 según el resultado obtenido (Tabla 14).

La edad promedio de los productores no rebasa los 45 años de edad (43.3 ± 14.8), el primer valor es la media y el segundo la desviación estándar, mientras que los años destinados a la producción del ensilado de maíz fue de once (11.3 ± 8.0); según la integración familiar, el número de hijos por productor fue de 1.8 ± 1.3 y solo el 25 % de ellos tiene tres o más hijos que de forma irregular apoyan las actividades del sistema.

Al respecto, la escolaridad media por productor fue de 10.3 ± 3.8 años; sin embargo, el 25 % de los productores solo concluyeron su educación básica (primaria), el 59 % concluyeron sus estudios de educación media básica (secundaria) y solo el 16% de los productores concluyeron sus estudios de licenciatura. (Tabla 1); por tanto, se deduce que la producción de maíz rastrojo se desarrolla por productores con una formación académica media básica y con un rango de edades que no superan el medio siglo.

Tabla 14. Características socio-económicas en la producción de maíz rastrojo en Almoloya de las granadas.

Concepto	valor
Edad (años)	43.3 ± 14.8
Integración familiar (hijos)	1.8 ± 1.3
Hectáreas sembradas	1.2 ± 0.6
Tiempo en la actividad (años)	11.3 ± 8.0
Escolaridad (años)	10.3 ± 3.8

Fuente: elaboración propia, con información de campo.

Análisis del sistema de producción de maíz rastrojo

Con relación a la tendencia de las tierras, los resultados indican que la totalidad (100 %) de los productores encuestados establecen su cultivo en propiedades privadas. Las semillas utilizadas para la producción se adquieren en establecimientos agropecuarios locales, vendedores de la región y en algunos casos la semilla utilizada es seleccionada del año anterior de cosecha.

Con base a los resultados obtenidos, las semillas comerciales más utilizadas son D-KALB 75-00 con el 83 % de utilización, PIONEER P4039 con el 8.5 % y el 8.5 % de los productores restantes se inclinan por la siembra tradicional utilizando semillas criollas de siembras anteriores (Tabla 15)

Tabla 15. Semillas utilizadas por los productores para la siembra de maíz en Almoloya de las granadas.

Concepto	Valor
Semilla DEKALB 7500 (%)	83.0
Semilla PIONEER P4039 (%)	8.5
Semilla de la cosecha anterior (%)	8.5
Total	100%

Fuente: elaboración propia, con información de campo.

Referente a la preparación del terreno de cultivo, las actividades previas predominantes fueron: rosa, tumba y quema, rastreo, barbecho y arado, solo el 25 % de los productores realiza la actividad de rosa, tumba y quema, mientras que el resto (75 %) no realiza tal actividad, la actividad de rastreo, barbecho y arado la realizan la totalidad de los productores encuestados, sin embargo, ninguno de ellos cuenta con maquinaria agrícola propia, por lo que el 100% de los productores rentan la maquinaria para realizar dichas actividades.

Con relación a la época de siembra, el 100 % de los productores lo realizan en la temporada de lluvias (junio- noviembre) predominando la fecha de siembra del 10 al 20 de junio según el 75 % de los productores encuestados, mientras que el 25% de los productores establecen su cultivo en las fechas del 25 de mayo al 10 de junio.

La superficie de tierra sembrada promedio dedicado exclusivamente a la producción de maíz rastrojo es de 11 500 m² (1.15 ha) con una densidad de siembra promedio de 15.9 kg/ha, teniendo así una producción promedio de 7.2 t/ha (7 2000kg) (Tabla 3).

Tabla 16. Datos de producción del maíz rastrojo en Almoloya de las granadas.

Concepto	Valor
Superficie para el ensilado de maíz (ha)	1.15
Densidad de siembra (kg/ha)	15.9
Producción (t)	7.2

Fuente: elaboración propia, con información de campo.

Para el almacenamiento y conservación del maíz rastrojo, el tipo de material que utiliza el 100 % de los productores son los llamados costales, donde después de la molienda de la planta es colocado y guardado en diferentes establecimientos.



Figura 3. Molienda del maíz rastrojo en Almoloya de las granadas



Figura 4. Tumba y amontonamiento del maíz rastrojo en Almoloya de las granadas

Análisis económico

Costos variables

Referente a los costos variables de producción, el resultado promedio fue de 25 268.75 pesos, este costo corresponde a la totalidad de las actividades realizadas en todo el proceso productivo de manera variable, procedente de la utilización de insumos variables: dichas actividades se describen a continuación (Tabla 17).

- **Preparación del suelo**

Para el establecimiento del cultivo de maíz el costo variable fue de $(16\ 500 \pm 836.5)$ pesos promedio por productor, donde se realizaron actividades tales como rosa, tumba y quema, barbechar, rastrear y arar la tierra.

- **Siembra**

Los costos generados por esta actividad dependieron de qué tipo de siembra efectuó cada uno de los productores si realizaron siembras tradicionales o siembras mecánicas, el resultado del costo promedio por la siembra fue de $(13\ 100 \pm 668.4)$ pesos promedio.

- Fertilización

El costo variable por fertilización fue de $(108\ 870 \pm 4\ 465.3)$ pesos, que se generó de acuerdo a todas las variables que esta actividad conlleva como lo son, tipo de fertilizante utilizado, precio del fertilizante, número de veces en las que se fertilizó la siembra, jornales utilizados por cada fertilización, precio del jornal por día y número de días de trabajo.

- Semilla utilizada

El costo variable de la semilla correspondió únicamente al tipo de semilla que utilizaba cada productor y el precio de cada una, donde el resultado encontrado fue de $(24\ 295.3 \pm 1\ 027.1)$ pesos

- Uso de herbicidas e insecticidas

Para el uso de herbicidas e insecticidas en la siembra el costo variable fue de $(16\ 995 \pm 732)$ pesos, que dependió del tipo de producto utilizado, precio unitario de cada producto, cantidad de unidades utilizadas, precio por cada producto, cantidad de veces que se aplicaron herbicidas y/o insecticidas, jornales utilizados y precio del jornal por día.

- Molienda

Durante el proceso de molienda se realizaron distintas actividades tales como, tumba y amontonamiento, molienda, número de horas trabajadas con el tractor, precio por hora, precio por costal, jornales utilizados para cada actividad, precio del jornal por día de las cuales se obtuvo un costo variable igual a $(99\ 565 \pm 3\ 165.7)$ pesos.

- Insumos indirectos

Son aquellos en los que no fue posible contempla a simple vista pero que también generan un valor económico importante en cuanto a la producción se refieren (costos implícitos en términos de economía agropecuaria), entre ellos se encuentran los costos de alimentación de los jornaleros y costos por transporte que a su vez generaron un costo variable implícito de $(23\ 900.0 \pm 946.2)$ pesos.

Tabla 17. Costo variables generados por cada actividad realizada respecto a maíz rastrojo.

Actividades realizadas	Costo (\$)	%
Preparación del suelo	(16 500 ± 836.5)	5.5
Siembra	(13 100 ± 668.4)	4.3
Fertilización	(108 870 ± 4 465.3)	35.9
Semilla utilizada	(24 295.3 ± 1 027.1)	8.0
Herbicida e insecticidas	(16 995 ± 732)	5.6
Molienda	(99 565 ± 3 165.7)	32.9
Insumos Indirectos	(23 900.0 ± 946.2)	7.8
Costo variable promedio	25 268.75	
Total	303 225	100

Fuente: estimaciones propias con datos de campo.

Con base en la Tabla 17, se puede observar que las dos actividades que generan un desembolso económico mayor por parte del productor son: la fertilización y el proceso de molienda, que en conjunto representan el 68.8 % de los costos variables de la actividad.

Costos fijos

Los costos fijos alcanzados para la producción de maíz rastrojo promediaron 559.38 pesos donde las herramientas que generaron dichos costos fueron la compra de:

- Pala cuadrada
- Pala redonda
- Cavador Hércules
- Talacho-pico
- Barreta de punta
- Machete recto

- Machete con vuelta
- Martillo
- Azadón
- Fumigadora de mochila
- Carretilla.

Tales herramientas tienen una vida útil (considerada en esta) de tres años por lo cual se les realizó la depreciación anual, posteriormente mensual y se multiplicó por los meses que dura la actividad (Tabla 18).

Tabla 18. Costos fijos en la producción de maíz rastrojo.

Productor	Costo fijo (CF) (\$)
1	658.3
2	434.2
3	684.2
4	536.7
5	600.8
6	237.5
7	298.3
8	498.3
9	638.3
10	799.2
11	657.5
12	669.2
Total	6 712.5
Promedio	559.38

Fuente: elaboración propia, con información de campo.

Costo total (CT)

Los costos totales se calcularon realizando la sumatoria de los costos fijos más los costos variables, como se aprecia en la Tabla 19.

Tabla 19. Costos totales en la producción de maíz rastrojo.

Productor	Costo fijo (\$)	Costo variable (\$)	Costo total (\$)
1	658.3	17 760	18 418.3
2	434.2	18 835	19 269.2
3	684.2	43 200	43 884.2
4	536.7	23 480	24 016.7
5	600.8	28 580	29 180.8
6	237.5	9 960	10 197.5
7	298.3	29 050	29 348.3
8	498.3	11 530	12 028.3
9	638.3	40 610	41 248.3
10	799.2	26 950	27 749.2
11	657.5	25 260	25 917.5
12	669.2	28 010	2 8679.2
Total	6 712.5	303 225	30 9937.5
	(559.38 ± 166.3)	(25 268.75 ±	(25 828.12 ±10
Promedio		10 075.05)	158.8)

Fuente: estimaciones propias con información de campo

El costo total promedio (CMeT) o costo por productor fue de (25 828.12 ± 10 158.8) pesos, lo que significa que si se tiene una producción promedio de 7.2 t (tabla número 3) a cada uno de los productores por cada tonelada de maíz rastrojo que producen les cuesta la cantidad de 3 587.23 pesos.

Ingresos totales por venta

El ingreso total (IT) es todo el dinero que obtiene la empresa por la venta de productos. Se obtiene de multiplicar la cantidad producida y/o vendida por su precio.

Se calculó multiplicando la cantidad de toneladas producidas de maíz rastrojo por el precio de venta que maneja cada uno de los productores (Tabla 20).

Tabla 20. Ingresos totales en la producción de maíz rastrojo.

Productor	Rendimiento (t)	Precio de venta (\$/t)	Ingresos totales (\$/t)
1	5	4 000	20 000
2	5	4 500	22 500
3	12	4 000	48 000
4	7.2	4 000	28 800
5	10	4 000	40 000
6	2.2	4 500	9 900
7	6.5	4 500	29 250
8	2.8	4 500	12 600
9	10.2	4 300	43 860
10	6.5	4 500	29 250
11	8	4 000	32 000
12	11	4 000	44 000
Total	86.4	50 800	360 160 (30 013.3 ± 12364.5)
Promedio	(7.20 ± 3.2)	(4233.3 ± 249.8)	

Fuente: estimaciones propias con información de campo

Tabla 21. Ingreso, costo y ganancia de maíz rastrojo.

Productor	Ingreso total (\$/t)	Costo total (\$/t)	Ganancia (\$)
1	20 000	18 418.3	1 581.7
2	22 500	19 269.2	3 230.8
3	48 000	43 884.2	4 115.8
4	28 800	24 016.7	4 783.3
5	40 000	29 180.8	10 819.2
6	9 900	10 197.5	-297.5
7	29 250	29 348.3	-98.3
8	12 600	12 028.3	571.7
9	43 860	41 248.3	2 611.7
10	29 250	27 749.2	1 500.8
11	32 000	25 917.5	6 082.5
12	44 000	28 679.2	15 320.8
Total	360 160	309 937.5	50 222.5
Promedio	30 013.3	25 828.1	4 185.2

Fuente: estimaciones propias con información de campo

Con base en la Tabla 21 se puede observar que en promedio cada uno de los productores tiene un costo total de producción, promedió, de 25 828.1 pesos y gracias a la venta de su producto obtienen la cantidad de 30 013.3 pesos, cantidad que representa sus ingresos promedio, lo que da como resultado que en ganancias económicas cada uno de los productores obtiene la cantidad de 4185.2 (581.2 \$/t o 3 487.6 \$/ha) pesos por la actividad que desempeña.

Punto de equilibrio (PE)

El punto de equilibrio (PE) en pesos, se calculó como sigue (Rebollar y Jaramillo, 2012):

$$PE \text{ (pesos)} = \frac{\text{costo fijo total}}{\frac{\text{precio de venta} - \text{costo variable medio}}{\text{Precio de venta}}} = \frac{559.38}{\frac{4233.33 - 3665.3}{4233.3}} = \frac{559.38}{\frac{568.03}{4233.33}} = 4168.96$$

$$PE (Q) = \frac{\text{costo fijo total}}{\text{precio de venta} - \text{costo variable medio}} = \frac{559.38}{4233.3 - 3665.3} = \frac{559.38}{568.03} = .98$$

El punto de equilibrio (PE), conocido como umbral de rentabilidad, es donde los costos totales de producción se igualan al ingreso total por ventas, los costos totales incluyen costos fijos más costos variables.

Bajo las condiciones que se plantean, tales resultados, significan que durante el periodo de análisis, el productor tendría que haber vendido y/o producido .98 t de ensilado de maíz para que el costo de producción se igualara al ingreso por venta, situación que hace viable al sistema constituyendo una fuente de ingresos y una forma de subsistencia.

De esta manera la forma de comprobar el PE, puede ser la siguiente:

$$\text{Costo Fijo Total (\$)} = 559.38$$

$$\text{Costo Variable Total (\$)} = 3665.3 (0.984771) = 3609.481146$$

$$\text{Costo Total (\$)} = 559.38 + 3609.481146 = 4168.96$$

Relación beneficio-costo (RB/C)

Según los resultados obtenidos la relación benéfico costo (RB/C) de la producción de maíz rastrojo en Almoloya de las granadas fue de 1.16 derivado del cociente de dividir el valor de los beneficios (ingresos) entre el valor de los costos (egresos), como se muestra a continuación:

$$RBC = \frac{\$IT}{\$CT} = \frac{360160}{309938} = 1.16$$

Basado en el resultado de la relación beneficio costo, se puede evidenciar que la actividad es rentable ya que el productor adquiere en ganancias económicas 0.16 pesos por cada peso que invierte en la actividad.

Basado en lo anterior, si los costos de producción aumentaran en un 16 %, los ingresos por venta de tonelada de ensilado serían igual al costo total de producción por tonelada, por lo que el productor no obtendría ganancias ni pérdidas en la actividad agropecuaria, por otra parte, si el ingreso total por venta de tonelada de ensilado disminuyera en un 16 % los productores igualarían su ingreso a su costo total, por lo que basado en los resultados la actividad agropecuaria resulta ser económicamente atractiva para los productores

IX. DISCUSIÓN

Respecto a las variables socioeconómicas sobre la edad y el nivel de escolaridad, respecto a la producción de ensilado de maíz, Gutiérrez 2018, argumenta que no representan diferencias en cuanto al nivel de producción de los productores., lo cual concuerda con los resultados obtenidos en la presente investigación siendo que el nivel educativo no representó un impedimento para el nivel productivo en la producción de ensilado de maíz en Almoloya de las granadas.

Por otro lado, dentro de los factores limitantes de la producción de ensilado de maíz según (Field, 2013), los principales factores son la disponibilidad de terreno, solvencia económica y maquinaria disponible, con la finalidad de obtener o aumentar los niveles de rentabilidad del sistema, los resultados son similares a los encontrados en nuestra investigación puesto que los factores limitantes para la zona de estudio fueron similares.

Los costos de producción también pueden variar por el tipo de silo utilizado, ya que según Villalobos *et al.* (2015), existen diferencias entre cada tipo de silo, siendo el silo horizontal de montón es el de menor costo de elaboración, razón específica que deriva la preferencia de los productores de la zona de estudio en la utilización de silo horizontal de montón.

Respecto a la utilidad e importancia del ensilado de maíz como estrategia de alimentación para la producción animal, los resultados encontrados son similares a los reportados por (Gutiérrez, 2018) quien argumenta que la utilización del ensilado de maíz es muy útil e importante para la alimentación del hato además de ser económicamente rentable.

El rendimiento por hectárea del maíz rastrojo encontrado en este estudio (7.2 t/ha) es inferior en comparación al estudio realizado por (Salinas y Gutiérrez, 2000) donde mencionan que la producción de maíz rastrojo que genera un cultivo de maíz (cañas,

hojas, y mazorcas), fluctúa entre 20 a 35 toneladas por hectárea y en el rastrojo únicamente (cañas y hojas) varía entre 16 a 25 toneladas por hectárea.

En relación a la utilización del maíz rastrojo como alternativa para la alimentación animal los resultados obtenidos concuerdan con Asmud y Lars, 1983, argumentando que promover la utilización óptima del maíz rastrojo, permite reducir costos de producción derivados de la alimentación animal.

X. CONCLUSIÓN

Las actividades económicas de producción y utilización de ensilado de maíz y maíz rastrojo, como estrategia de alimentación animal durante el periodo de estudio, son fundamentadas bajo la estrategia de sustitución de la utilización de alimentos comerciales para la alimentación animal, implicando la baja en los costos de producción y mayor rentabilidad en actividades agropecuarias. Por su parte el análisis económico de la producción y utilización del ensilado de maíz y maíz rastrojo, permite afirmar que ambas actividades son económicamente rentables dada vez que el ingreso por la venta es mayor al costo total de producción. Siendo la actividad económica de producción de ensilado de maíz la que presento mayor índice de rentabilidad en relación a la relación beneficio-costos de la utilización del maíz rastrojo.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Alaniz, V. 2008. Adición de residuo de la industria cervecera al ensilaje de maíz como alternativa de forraje para ganado. Tesis. Maestría. Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Regional Durango. Durango, Dgo. p. 35.
- Amador, A.; Boschini, C. 2000. Fenología productiva y nutricional del maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana* 11(1). pp. 171-177.
- Argamentería G. A., B. de la Roza D., A. Martínez F., M. Sánchez y A. Martínez M. 1997. El ensilado en Asturias. Asturias: Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias. p. 127.
- Arrieche, I. y Mora, O. (2005). Efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre el cultivo del maíz en suelos degradados del estado Yaracuy, Venezuela. *Bioagro*, 17(3) pp. 155–159.
- Asmud, E.; Lars, V.M. 1983. Forrajes conservados como alimento para vacas lecheras. In: Broster, W.; Henry, S. eds. *Estrategia de alimentación para vacas lecheras de alta producción*. México. p. 258.
- Ashbell, G. y Z. Weinberg. 1999. Ensilaje de cereales y cultivos forrajeros en el trópico. *Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO*. FAO. p. 111-119.
- Balch. C. and Campling R. 1982. Regulation of voluntary food intake in ruminants. *Nutr. Abst. Anu. Rev.* 36:669. U.S.A. p.15.
- Bianco, A., L. Astigarraga, F. Hernandez, N. Nuñez y R. Mello. 2003. Evaluación de ensilaje de maíz (ciclo medio y ciclo largo). II. Rendimiento, relación grano– planta,

producción y composición de la leche en vacas Holando. XVII. Reunión de ALPA. Memorias. Habana, Cuba. pp. 2363 – 2367.

Brown, W. 1990. Ammoniation or cane molasses supplementation of Tropical Grass Hay. Agricultural research and education center, University of Florida USA. pp. 377-381.

Bustamante, J. (septiembre de 2004). Estrategias de alimentación para la ganadería bovina en Nayarit. Obtenido de <https://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/publicacionesnayarit/PUBLICACIONES%20DEL%20INIFAP/PUBLICACIONES%20EN%20PDF/FOL>

Calsamiglia, S., A. Ferret. y A. Bach. 2004. Tablas FEDNA de valor nutricional de forrajes y subproductos fibrosos húmedos. Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid. p. 70.

Cañeque M., V. y J.L. Sancha S. 1998. Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes. Mundi Prensa. Madrid. p. 1-270.

Castellanos, S., Gamarra, J., Gómez, C., and Fernández, M. (2017). Amonificación de la panca de maíz (zea mays l) con tres niveles de urea para la mejora de su digestibilidad. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 28(1) pp. 78–85.

Cattani, A. 2011. Sitio argentino de Producción Animal. Recuperado de: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_henos/30-Henificacion.pdf. 05 de marzo 2021.

Cowan, R. 1997. Cost effective feeding systems for subtropical dairy farms. pp. 13-24.

Chávez A., J. L. 1995. Mejoramiento de Plantas 1. Segunda Edición. Ed. Trillas. México. p.136.

Church, D. 1989. Digestive Physiology and nutrition of ruminants. vol. 2 (Second Ed.) Corvallis U.S.A. p. 412.

Cruz, V. 2021. Nutrición vegetal. Soluciones químicas y ambientales. Recuperado de <https://www.yara.com.mx/nutricionvegetal/maiz/produccionmundial/#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20ma%C3%ADz%20a,promedio%20de%205.2%20t%2Fha>. 20 Marzo 2021.

Darby, H.M. 2002. Fecha de la cosecha y la influencia en el rendimiento de híbridos de maíz de forraje, calidad y conservación. Agron. J. 95. pp. 559-566.

Deere & Company, I. 2005. John Deere. Recuperado de: http://www.deere.com/es_MX/ag/homepage/tips/ensilaje.html. 05 marzo 2021.

De Blas, C., Mateos, G., and García-Rebollar, P. (2010). Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal. Normas FEDNA para la Formulación de Piensos Compuestos. p.56

Di Marco, O. N. y M. S. Aello. 2003. Calidad nutritiva de la planta de maíz para silage. Unidad Integral Balcarse. (Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP)-INTA EEA Balcarse). p. 66.

Enríquez, J. F.; Romero, J. y Tovar, M. del R., (2003). "Productividad forrajera de maíces de alta calidad proteínica y normales, en Isla, Veracruz" en Memorias xvii Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (alpa), pp. 119-122.

Ernst, O., Bentancur, O., and Borges, R. (2002). Descomposición de rastrojo de cultivos en siembra sin laboreo: trigo, maíz, soja y trigo después de maíz o de soja. Agrociencia, 6(1) pp. 20–26.

EUMED. La gestión del conocimiento como ventaja competitiva para las agencias de viajes y turismo. 2012. Metodología de la investigación. Recuperado de <https://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/zll/metodologia-investigacion.html> . 4 de Feb 2021.

Escobar, A. and Parra, R. (1984). Procesamiento y tratamiento físico químico de los residuos de cosecha con miras al mejoramiento de su valor nutritivo. Estrategias para el uso de residuos de cosecha en la alimentación animal. p.12.

FENALCE. Ensilaje de maíz. 2021. ¿Qué es el ensilaje? Recuperado de <https://www.fenalce.org/alfa/pg.php?pa=79#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20ensilaje%3F,producto%20final%20es%20el%20ensilaje>. 4 de Feb 2021

Field A. (2013). Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics. 4th ed. SAGE Publications. Great Britain.

Flores, M.1983. Bromatología Animal. Tercera edición. Limusa, México D.F. pp. 35-45

Food and Agriculture Organization (FAO) 2005. Desarrollo de infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas. p.84.

Francisco Guevara. Usos múltiples de los rastrojos: soluciones diversas. 2013. Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Recuperado de https://www.zef.de/uploads/tx_zefportal/Publications/tbeuchelt_download_Rastrojos%20manejo,%20uso%20y%20mercados%20en%20el%20centro%20y%20sur%20de%20M%C3%A9xico.pdf. 3 de Feb 2021.

Gallardo, M. 2003. Tecnologías para corregir y mejorar la calidad de los forrajes conservados. Santa Fé, Argentina. INTA. p. 51-61.

García-Muñiz, J. G., Mariscal-Aguayo, D. V., Caldera-Navarrete, N. A., Ramírez Valverde, R., Estrella-Quintero, H., and Nuñez Domínguez, R. (2007). Variables relacionadas con la producción de leche de ganado holstein en agroempresas familiares con diferente nivel tecnológico. *Interciencia*, 32(12) pp. 841–846.

González, C. F.; Peña, R. A.; Núñez, H. G. y Jiménez, G. C. 2005. Efecto de la densidad y altura de corte en el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 28(4):393-397.

Guimaraes, E. (1999). *Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina*, vol. 313.p.34.

Gutiérrez M. (2018). *Ensilado de maíz, una alternativa viable de forraje para sistemas de producción de leche en pequeña escala*. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. pp 44

Hazard, T. (2000). *Alimentación de terneros y vaquillas de lechería*. Zaragoza. España Editorial Acribia. Serie Remehue (64) pp. 35–41.

Herrera, R. 1992. Características nutricionales de los esquilmos agrícolas y subproductos agroindustriales. Memoria del curso “utilización de residuos agrícolas en la alimentación de rumiantes en pastoreo”. Centro de investigaciones ecológicas del sureste. Chiapas, México. pp. 58-65.

Hiriart A., M.E., K. Bolsen W. y B. Brent. 1998. Un estudio de los cambios químicos y microbianos en el ensilaje de maíz: Efecto de aditivo biológico y sellado. Conferencia Internacional de Ensilaje. Escocia. p. 174-178.

Holguín V., A. y M. Ibrahim. 2005. Ensilaje: estrategia de conservación de forrajes para la época seca. Recuperado de: http://www.fao.org/fileadmin/templates/lead/pdf/07_article02_es.pdf. 05 marzo 2021.

Honig, H. and M.K. Woolford. 1980. Changes in silage on exposure to air. Journal Forage Conservation in the 80's. pp.111-119.

Jiménez, J. F. y Moreno, M. J. 2000. El ensilaje: Una alternativa para la conservación de forrajes. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Bucaramanga, Colombia. p. 16-19.

Jonson L., J. H. Harrison, H. Hunt, K. Shinnars, C. G. Doggett and D. Sapienza. 1999. Nutritive value of corn silage as affected by maturity. J. Dairy Sci. 82. pp. 2813-2825.

Klopfenstein, T. 1980. Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatment. Animal Sci. Department, University of Nebraska. U.S.A. p. 10.

Laino, A., Navarrete, E., Véliz, K., Burgos, J., Torres, J., y Vélez, N. (2016). Valoración nutritiva del rastrojo de *zea mays* y *oryza sativa* para la alimentación de ovinos en el trópico ecuatoriano. *Revista Amazonica Ciencia y Tecnología*, 4(3) pp. 235–249.

Lafore, M., Felipe San Martín, H., Bojorquez, C., Arbaiza, T., and Carcelén, F. (1999). Diagnostico alimenticio y composición químico nutricional de los principales insumos de uso pecuario del valle del mantaro. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 10(2) pp.74–78.

Lane R. 1999. Ensilaje en pequeñas bolsas plásticas. *Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos*. FAO. Roma. p. 81-83.

Luna, O. J. G.; García, H. J. L; Preciado, R. P.; Fortis, H. M.; Espinoza, B. A.; Gallegos, R. M. A and Chavarría, G. J. A. 2013. Evaluation of hybrids from simple crosses using maize elite landraces with forage outstanding characteristics for a Mexican arid land. *Trop. Subtrop. Agroecosys.* 16(1):119-126.

Magaña, J., Suárez, C, Peña, L., Rodríguez, S. 2001. Análisis químico y digestibilidad in vitro de rastrojo de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 12 (2): 189-192. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43712209.pdf>

Malhotra, N. 1997. *Investigación de mercados. Un enfoque práctico*, España: Prentice hall hispanoamericana. 890 pp.

Mannetje L. 1999. Introducción a la conferencia sobre el uso del ensilaje en el trópico. Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos. FAO. Roma. p. 1-4.

Martínez G., M. I., R. Gaytán B., L. Reyes M., M. Luna F., J. S. Padilla R. y N. Mayek P. 2004. Rendimiento de grano y forraje de maíces híbridos de riego en Aguascalientes y Zacatecas, México. Agricultura Técnica en México. 30. pp. 53-61.

Martínez A., M. 2003. Uso de aditivos como mejoradores del ensilaje de maíz. Tesis. Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. p. 64.

McDonald, P. Henderson, A. R., and Heron, S. J. 1991. The biochemistry of silage. 2nd ed. Chalcombe Publications. Britain. p. 340.

Mercedes Borja. Producción y consumo de rastrojos en México. 2013. Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Recuperado de https://www.zef.de/uploads/tx_zefportal/Publications/tbeuchelt_download_Rastrojos%20manejo,%20uso%20y%20mercados%20en%20el%20centro%20y%20sur%20de%20M%C3%A9xico.pdf. 3 de Feb 2021.

Mier, Q. 2009. Caracterización del valor nutricional y estabilidad aeróbica de ensilajes en forma de microsilos para maíz forrajero. Tesis. Maestría. Universidad de Córdoba. Córdoba, España. p. 59.

Miramontes, C. 2012. Situación actual y perspectivas del maíz en México. Recuperado de https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/143-maiz_ensilaje.pdf 30 Marzo 2021.

Moreno, E. y N. Sueiro. 2009. Curso de Pasturas. Recuperado de: <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PASTURAS%20CRS/Seminarios%202009/Conservacion%20de%20Forrajes.pdf>. 05 de marzo 2021.

Muro Reyes, L., Camacho Villa, T., and Guevara-Hernandez, F. (2013). Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. p. 89.

Núñez H., G., R. Faz C., F. González C. y A. Peña R. 2005. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. *Téc. Pecu. Méx.* 43. pp.69-78.

Ojeda G. 1999. Técnicas de cosecha y de ensilado. Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos. FAO. Roma. p. 137-146.

Orcasberro, R. y Fernández R. 1982. Los forrajes en la alimentación de ovinos. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México. p. 96.

Ortiz, R. (2017). El cambio climático y la producción agrícola. Banco Interamericano de desarrollo. pp13–17.

Paliwal, R. L. Gonzalo, G., Lafitte, H. R. y Violic, A.D. 2001. El maíz en los trópicos. Mejoramiento y protección. Departamento de Agricultura. FAO. Roma, Italia. P.89.

Parkin, M. y Loría, E. (2015). *Microeconomía. Versión para América Latina*. 11ava ed. Pearson. México, D. F.

Peña, R., A., F, González, C., G. Nuñez, H. y C. Jiménez. 2004. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. Rev. Fitotec. Mex. 27. pp. 1- 6.

Pigden, W. y Bender, F. 1978. Aprovechamiento de la lignocelulosa por los rumiantes. En: FAO. Revista Mundial de Zootecnia. 12; pp. 43-46.

Rebollar, R. S. (2011). Métodos para estimar costos de producción y rentabilidad. Experiencias y casos de estudio. 1ra ed. Editorial Académica Española. 103 p. Madrid, España

Reta, S. D. G.; Gaytán, M. A. y Carrillo, A. J. S. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. Rev. Fitotec. Mex. 23(1):37-48.

Reyes, C.1990. El maíz y su cultivo. A.G.T. Editor, S. A. México, D. F. p. 460.

Reyes, C. P. y Reyes, M. F. 2000. Producción de maíz para ensilaje. In: Congreso de la Producción de Forraje Verde y Conservado. Associated Consultant Internacional (Ed.). Querétaro, Qro. México. 17-21 pp.

Rivas J., M. A., A. Carballo C., J. Pérez P., G. González J. y A. García Z. 2005. Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana* 22. pp. 281-295.

Robles, S. R. (1990). Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. México. p.660.

Rodríguez, O. A., Berbel, V. J. y Ruiz, A. P. (1998). Metodología para el análisis de la toma de decisiones de los agricultores. MAPA, INIA. Madrid, España. 101. 157 pp.

Roth G., W. and A.J. Heinrichs. 2001. Corn silage production and management. *Agronomy Facts* 18. Pennsylvania State University. p. 7.

Roza D. 2005. El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. IV Jornadas de Alimentación Animal. Pontevedra: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentaria del Principado de Asturias. p. 20.

Salinas Ch. y E. Gutiérrez O. 2000. Valor nutritivo de esquilmos y subproductos agrícolas para ovinos de pelo. Memoria de 1er taller sobre ovinos de pelo del golfo y noreste de México. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria Tamaulipas. pp 95-113

SADER. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2020. Maíz forrajero también es maíz. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-forrajero-tambien-es->

SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Avance de siembras y cosechas, resumen nacional por cultivo. <http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola-siap-gob-mx/AvanceNacionalSinPrograma.do>.

Sitio Argentino de Producción Animal. 2010. Maíz para ensilaje. Recuperado de www.produccion-animal.com.ar 28 Marzo 2021.

Tinoco A., C. A. y Pérez P., A., (2005). Características forrajeras y de producción de grano en genotipos comerciales de maíz en Acayucan, Veracruz. p.54.

Triana Prada, M. L., Mogollon Villamizar, E., et al. (2014). Efecto de la suplementación con saccharina sobre indicadores productivos, rumiantes y sanguíneos de bovinos doble propósito del centro de investigación agropecuario la fortuna. p. 67.

Troelsen, J. And Campbell C.1988. Voluntary consumption of forage by Sheep and its relation to the size and shape of particles in the digestive tract. Anim. Prod. 10. pp. 289-296.

Valencia C., A., A. Hernández B. y B. López D. 2011. El ensilaje: ¿qué es y para qué sirve? Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana. XXIV (2).

Van Soest., P. 1970. The chemical basis for nutritive evaluation of forages. Proc. Nat. Conference on Forag, USA. p.16.

- Vieyra C., M. 2006. El ensilaje como método de conservación de forrajes. Servicio Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. p. 1-28.
- Villalobos, L; Arce, J; WingChing, R. 2015. Costos de producción de ensilados de pastos tropicales elaborados en lecherías de Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical* 9(2): 2215-3527.
- Weinberg Z., G. and R.E. Muck. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Reviews*.19:53- 68.
- William, F. 1993. Constructing questions for interviews and questionnaires: theory and practice in social reserrch. Cambridge University Press. 228pp.
- Wheaton H., F., F. Martz. and F. Meinershagen. 1993. Corn silage. University Extension. Missouri, USA. p. 50.

XII. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta para los productores de ensilado de maíz en Almoloya de las granadas



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC

LICENCIATURA: INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

“Encuesta para elaborar tesis de licenciatura”

PRODUCTORES DE ENSILADO DE MAIZ, P/V 2020

I. DATOS GENERALES

Fecha de entrevista: _____

Nombre del productor: _____

Edad: _____

Municipio: _____

Nombre del rancho o comunidad: _____

Miembros de la familia: _____ Varones: _____ Mujeres: _____

La tenencia de la tierra es:

Pequeña propiedad: Propiedad. Comunal: Propiedad Ejidal:

II. PRODUCCIÓN

Fecha en que inicio con las labores de producción del ensilado de maíz: _____

Superficie de Siembra (ha): _____

Cantidad de semilla (kg, bultos): _____

Densidad de siembra (kg/ha): _____

Superficie de siembra destinada al ensilado de maíz (ha): _____

De las siguientes actividades, ¿cuáles realiza usted para la preparación del suelo?:

Roza, tumba y quema	Jornales utilizados	\$/ jornal	Días de trabajo
Rastreo	Horas de tractor	\$/hora	Días de trabajo
Barbecho	Horas de tractor	\$/hora	Días de trabajo
Arado	Horas de tractor	\$/hora	Días de trabajo
Sembradora mecánica	Horas de tractor	\$/hora	Días de trabajo
Siembra manual (tradicional)	Jornales	\$/ jornal/día	Días de trabajo

III. SEMILLA UTILIZADA

Utiliza semillas criollas: Si: No:

Variedad	kg utilizados	\$/kg

Utiliza semillas mejoradas: Si: No:

Variedad	kg utilizados	\$/kg

IV. FERTILIZACIÓN

Utiliza fertilizantes orgánicos (estiércol animal): Si: No:

Tipo de fertilizante	Kg/ utilizados	\$/kg

Utiliza fertilizantes químicos: Si: No:

¿Cuántas fertilizaciones químicas realiza?: _____

Primera fertilización.

Fertilizante	\$/kg	Jornales utilizados	\$/ jornal/día	Días de trabajo

Segunda fertilización

Fertilizante	\$/kg	Jornales utilizados	\$/ jornal/día	Días de trabajo

Tercera fertilización

Fertilizante	\$/kg	Jornales utilizados	\$/ jornal/día	Días de trabajo

V. HERBICIDAS E INSECTICIDAS

Utiliza herbicidas e insecticidas: Si: No:

¿Cuántas aplicaciones realiza?: _____

Plagas por las cuales lo utiliza: _____

Herbicida/ insecticida	\$/frasco	Jornales utilizados	\$/ jornal/día	Días de trabajo

VI. PROCESO DE ENSILAJE

¿Cuál considera es la etapa óptima de maduración del maíz para realizar su ensilado?:

(lechoso/masoso): % lechoso: % masoso:

¿Realiza la tumba y amontonamiento del maíz previo al proceso de picado?:

Si: No:

Si la respuesta es sí: ¿Cuántos jornales y cuantos días necesita para realizarlo?

Jornales	Días	\$/jornal/día

Cuenta usted con maquinaria propia para realizar el ensilaje: Si: No:

Si la respuesta es sí: Horas de trabajo	\$/hora	Horas/ de trabajo

Realiza renta de maquinaria Agrícola: Si: No:

Tractor	Horas utilizadas	\$/hora
Molino	Horas utilizadas	\$/hora
Otro	Horas utilizadas	\$/hora

¿Cuántos jornales necesito durante el proceso de molienda del ensilado?

Jornales	Días	\$/jornal/día

Qué tipo de material utiliza para el tapado del ensilado:

Material	Metros	\$/metro

VII. RENDIMIENTO

Cantidad obtenida de ensilado de maíz en la superficie sembrada

Superficie (ha)	Rendimiento (kg/Ton)

VIII. PRECIOS DE COMPRA/VENTA DE ENSILADO DE MAIZ/KG

COMPRA	VENTA
\$/kg	\$/kg

IX. INSUMOS INDIRECTOS

Insumos	Cantidad	\$
• Gasolina		
• Comida		
• Herramienta		
• Bebidas		
• Otros....		



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC

LICENCIATURA: INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

“Encuesta para elaborar tesis de licenciatura”

PRODUCTORES DE RASTROJO DE MAIZ, P/V 2020

I. DATOS GENERALES

Fecha de entrevista: _____

Nombre del productor: _____

Edad: _____

Municipio: _____

Nombre del rancho o comunidad: _____

Miembros de la familia: _____ Varones: _____ Mujeres: _____

La tenencia de la tierra es:

Pequeña propiedad: Propiedad. Comunal: Propiedad Ejidal:

II. PRODUCCIÓN

Fecha en que inicio con las labores de la siembra del maíz: _____

Superficie de Siembra (ha): _____

Cantidad de semilla (kg, bultos): _____

Densidad de siembra (kg/ha): _____

Superficie de siembra destinada a la molienda del rastrojo de maíz (ha): _____

De las siguientes actividades, ¿cuáles realiza usted para la preparación del suelo?:

Roza, tumba y quema	Jornales utilizados	\$/ jornal	Días de trabajo
Rastreo	Horas de tractor	\$/hora	Días de trabajo
Barbecho	Horas de tractor	\$/hora	Días de trabajo
Arado	Horas de tractor	\$/hora	Días de trabajo
Sembradora mecánica	Horas de tractor	\$/hora	Días de trabajo
Siembra manual (tradicional)	Jornales	\$/ jornal/día	Días de trabajo

III. SEMILLA UTILIZADA

Utiliza semillas criollas: Si: No:

Variedad	kg utilizados	\$/kg

Utiliza semillas mejoradas: Si: No:

Variedad	kg utilizados	\$/kg

IV. FERTILIZACIÓN

Utiliza fertilizantes orgánicos (estiércol animal): Si: No:

Tipo de fertilizante	Kg/ utilizados	\$/kg

Utiliza fertilizantes químicos: Si: No:

¿Cuántas fertilizaciones químicas realiza?: _____

Primera fertilización.

Fertilizante	\$/kg	Jornales utilizados	\$/ jornal/día	Días de trabajo

Segunda fertilización

Fertilizante	\$/kg	Jornales utilizados	\$/ jornal/día	Días de trabajo

Tercera fertilización

Fertilizante	\$/kg	Jornales utilizados	\$/ jornal/día	Días de trabajo

V. HERBICIDAS E INSECTICIDAS

Utiliza herbicidas e insecticidas: Si: No:

¿Cuántas aplicaciones realiza?: _____

Plagas por las cuales lo utiliza: _____

Herbicida/ insecticida	\$/frasco	Jornales utilizados	\$/ jornal/día	Días de trabajo

VI. PROCESO DE MOLIENDA

Fecha en que inicio con las labores de molienda del rastrojo de maíz: _____

¿Realiza la tumba y amontonamiento del maíz previo al proceso de la molienda?:

Si: No:

Si la respuesta es sí: ¿Cuántos jornales y cuantos días necesita para realizarlo?

Jornales	Días	\$jornal/día

Cuenta usted con maquinaria propia para realizar el molienda: Si: No:

Si la respuesta es sí: Horas de trabajo	\$/hora	Horas/ de trabajo

Realiza renta de maquinaria Agrícola: Si: No:

Tractor	Horas utilizadas	\$/hora
Molino	Horas utilizadas	\$/hora
Otro	Horas utilizadas	\$/hora

¿Cuántos jornales necesito durante el proceso de molienda del maíz?

Jornales	Días	\$/jornal/día

Qué tipo de material utiliza para el envasado del rastrojo:

Material	Cantidad	\$

VII. RENDIMIENTO

Cantidad obtenida de rastrojo de maíz en la superficie sembrada

Superficie (ha)	Rendimiento (kg/Ton)

VIII. PRECIOS DE COMPRA/VENTA DE ENSILADO DE MAIZ/KG

COMPRA	VENTA
\$/kg	\$/kg

IX. INSUMOS INDIRECTOS

Insumos	Cantidad	\$
• Gasolina		
• Comida		
• Herramienta		
• Bebidas		
• Otros....		