



## **Evaluación de variedades de maíz destinado a ensilaje**

Analuisa Palma, Luis Angel y Parraga Guabil, Paola Estefania

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Lucero Borja, Jorge Omar

14 de febrero del 2022





DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICADO DEL DIRECTOR

Certifico que el trabajo de titulación, **“Evaluación de variedades de maíz destinado a ensilaje”** fue realizado por los señores **Analuisa Palma Luis Angel y Parraga Guabil Paola Estefania**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 14 de febrero de 2022



Firmado electrónicamente por:  
**JORGE OMAR  
LUCERO BORJA**

---

**Ing. Lucero Borja, Jorge Omar**

C.C.: 1711853190



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

### RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Analuisa Palma Luis Angel y Parraga Guabil Paola Estefania**, con cédulas de ciudadanía n° 2300595648 y 2300049331, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Evaluación de variedades de maíz destinado a ensilaje”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 14 de febrero de 2022

Firmas:

**Analuisa Palma Luis Angel**

C.C.: 2300595648

**Parraga Guabil Paola Estefania**

C.C.: 2300049331



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, **Analuisa Palma Luis Angel y Parraga Guabil Paola Estefania**, con cédulas de ciudadanía n° 2300595648 y 2300049331 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Evaluación de variedades de maíz destinado a ensilaje”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 14 de febrero de 2022

Firmas:



---

**Analuisa Palma Luis Angel**

C.C.: 2300595648



---

**Parraga Guabil Paola Estefania**

C.C.: 2300049331

## **Dedicatoria**

Esta tesis va dedicada a mi madre Elvia Mercedes Palma quien me enseñó a través del ejemplo a ser una gran persona, me brindó su apoyo incondicional, me proporcionó sabiduría y me ayuda a seguir adelante día a día.

A mi padre Hugo German Analuisa y mi hermano Cristian Analuisa quienes de algún modo estuvieron allí formando parte de mi formación personal.

A mis hermanas Lucero Analuisa y Mercedes Analuisa quienes son un motivo para seguir adelante y me han incentivado en mi desarrollo siempre con una sonrisa.

A mis tíos y abuelos, en especial a Marlene Palma quien ha sido una base sólida en la cual yo me apoyo. A través de sus consejos me ayudó a seguir adelante y no rendirme.

A mi sobrino quien recientemente se ha establecido como parte importante de mi vida y espero ser un ejemplo para él.

A mis amigos más cercanos que fueron como una familia para mí y que de una u otra forma estuvieron allí apoyándome.

A mis compañeros de estudio con quienes atravesé muchas circunstancias difíciles y logramos salir adelante, y a todas esas personas que en algún momento creyeron en mí. Les extiendo mis más profundos agradecimientos.

***Analuisa Palma Luis Angel***

Esta tesis la dedico con mucho cariño a mi padre Ramón Agustín Parraga quien a pesar de los errores que cometí en mi vida me acogió y me apoyó incondicionalmente para que este sueño importante se cumpla, gracias por confiar en mí, por compartir y demostrarme desde muy niña que con paciencia, respeto, esfuerzo y valentía se puede alcanzar todo lo que uno se proponga, eres mi ejemplo a seguir para siempre.

A mi querida madre Leonor Tarcila Guabil por estar siempre para mí, por sus grandes e importantes consejos, por ese amor incondicional que me demuestras a mi y a mi hijo, gracias por brindarme tu apoyo a diario y por enseñarme a ser una mujer de bien, decidida y honesta, te amo.

A mi gran amor para toda la vida, mi hijo Thiago Patricio Ontaneda quien se ha convertido desde el primer momento en mi inspiración para salir adelante cada día, gracias por ser mi motor y mi fuerza, todos mis logros son para ti, te amo.

A mis hermanas Pamela Estefanía Parraga quien a pesar de todo es una persona que amo, admiro y respeto, deseo de corazón que nunca se rinda, espero que este trabajo sea un ejemplo de superación para ella y a mi hermano Cristhian Jesús Parraga quien se ha convertido en un apoyo incondicional.

A toda mi familia por su inmenso cariño y apoyo para que nunca desista de mis sueños, por sus consejos infaltables que estuvieron presentes en mi mente y corazón.

Por último, dedico este trabajo a cada uno de mis amigos, los que estuvieron y los que aún siguen formando parte de mi vida, estoy inmensamente agradecida por las enseñanzas que tuve y por el cariño hacia mí, los llevo en mi corazón por siempre.

***Parraga Guabil Paola Estefania***

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco de todo corazón a mi madre quien a través de su esfuerzo y trabajo me apoyó para finalizar mi carrera como ingeniero agropecuario, aprecio cada acción que realizas por mí, te amo.

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, Extensión Santo Domingo, por haberme brindado la oportunidad de desarrollarme como profesional, y de haber obtenido muchas experiencias positivas dentro de sus instalaciones.

Mis sinceros agradecimientos para todas las personas que componen la extensión, en especial a los docentes que son el pilar fundamental de conocimiento mismo que se compartió con nosotros como estudiantes y esperamos poder compartir ya como profesionales.

Al Ing. Jorge Lucero, le extiendo mis respetos y mi gratitud por haberme dado la oportunidad de desarrollar esta investigación, que además de ser nuestro tutor es un amigo el cual con su apoyo nos empujó a hacerlo de la mejor manera.

Agradezco a Marlene Palma por ese apoyo incondicional, además de tomarme en cuenta como parte importante en su hogar, nuevamente gracias por todo, te quiero mucho.

Finalmente, agradezco a mi compañera y gran amiga Paola Parraga por su amistad a lo largo de la carrera, es una persona muy especial para mí, de igual manera agradezco su dedicación para que esta investigación sea posible.

***Analuisa Palma Luis Angel***

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme vida y salud para poder culminar con mi tesis, por darme fuerzas cada día para no rendirme durante toda mi carrera universitaria.

Mi eterno agradecimiento hacia mis padres, quienes a diario me apoyaron moralmente y económicamente para poder alcanzar este título profesional tanpreciado, agradezco infinitamente todos los esfuerzos que han atravesado por mí y mis hermanos.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, Extensión Santo Domingo por haberme permitido integrarme a su noble institución y poder desarrollarme como profesional, gracias por ser ese lugar que guarda en mí momentos de aprendizaje, dicha y felicidad.

Mi más profundo agradecimiento a cada uno de los docentes que conforman esta gran institución, gracias por inculcarme no solamente conocimientos valiosos acerca de la carrera, sino que también por enseñarme a ponerle amor y ganas a cada iniciativa que me proponga, por su esmero, dedicación y paciencia en cada clase compartida, mil gracias por ayudarme en mi formación académica y personal.

Al gran Ingeniero Jorge Lucero Borja por aceptar ser nuestro tutor académico dentro de esta investigación, gracias por su enseñanza y apoyo en cada momento para poder desarrollar correctamente este trabajo.

A mi compañero de tesis y gran amigo Angel Analuisa quien se ha convertido en una persona especial en mi vida, extendiendo mi más sincera gratitud por su esfuerzo y dedicación en cada parte del trabajo de investigación.

***Parraga Guabil Paola Estefania***

**Índice de contenidos**

Carátula	1
Reporte verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	8
Índice de contenidos	10
Índice de figuras	15
Índice de tablas	16
Resumen	17
Abstract	18
Capítulo I	19
Introducción	19
Capítulo II	22
Revisión de Literatura	22
Cultivo de Maíz	22
Fenología del Maíz	22
Variedades de Maíz	24
Das 3383	24

	11
Pibe Arg 109	24
Tropi 101	24
Atl 400	25
Conservación de Forraje	25
El Ensilaje	26
Proceso de Ensilaje	27
Tipos de Silo	29
Aditivos en el Ensilaje	30
Ensilaje del Cultivo de Maíz	31
Época de Corte	31
Altura de Residuo	32
Estado de Madurez de Grano	32
Tamaño de Picado	33
Llenado y Compactación del Silo	34
Sellado del Silo	34
Periodo de Conservación del Silo	35
Parámetros de Calidad en Ensilaje de Maíz	36
Capítulo III	37
Metodología	37
Ubicación del Área Experimental	37
Ubicación Política	37

	12
Ubicación Geográfica	37
Ubicación Ecológica	37
Parroquia Luz de America “Cultivo Nelson Yánez”.	37
Parroquia Valle Hermoso “Hacienda Diana”.	38
Materiales	39
Etapa de Campo	39
Instalación del Ensayo y Toma de Datos.	39
Recolección de Muestras de Campo.	39
Elaboración de Silo.	39
Evaluación en Laboratorio	40
Pesado y Secado de Muestras de Plantas de Maíz.	40
Métodos	40
Fase de Campo	41
Factores a Evaluar.	41
Diseño Experimental Fase de Silaje	41
Factores a Probar.	41
Tratamientos a Comparar en la Fase de Silaje.	42
Tipo de Diseño para Fase de Silaje.	42
Repeticiones.	42
Características del Área de Estudio de la Fase de Cultivo.	43
Análisis Estadístico	44

	13
Esquema del Análisis de Varianza.	44
Análisis Funcional	44
VARIABLES EVALUADAS	44
Porcentaje de Germinación	45
Número de Hojas	45
Diámetro de Tallo	45
Altura de Planta	45
Distancia entre Nudos	45
Altura de Inserción de Mazorca	45
Días a la Floración	46
IAF (Índice de Área Foliar)	46
Estado de Madurez del Grano	46
Porcentaje de Grano en Silaje	47
Porcentaje de Materia Seca (MS)	47
Acidez (pH del Silaje Estable)	47
Fibra Efectiva (FDNef)	47
MÉTODOS ESPECÍFICOS DE MANEJO	48
Fase de Campo.	48
Fase de Laboratorio.	49
Capítulo IV	50
Resultados y discusión	50

	14
Porcentaje de Germinación	50
Altura de Planta	52
Distancia entre Nudos	54
Diámetro de Tallo	55
Número de Hojas	56
Días a la Floración	57
Altura de Inserción de Mazorca	58
Índice de Área Foliar (IAF)	59
Estado de Madurez de grano	60
Porcentaje de Materia Seca	62
Rendimiento de Materia Fresca y Materia Seca	63
Porcentaje de Grano	64
Análisis de pH	65
Fibra Efectiva	67
Correlaciones entre variables	70
Implicaciones	71
Capítulo V	73
Conclusiones	73
Recomendaciones	74
Bibliografía	75

## Índice de figuras

Figura 1 Estado de madurez de grano para cosecha y elaboración de silo.	33
Figura 2 Ubicación del lugar de investigación.	38
Figura 3 Dimensiones de cada parcela de evaluación.	43
Figura 4 Análisis descriptivo del porcentaje de germinación de acuerdo a la variedad de maíz para silo.	50
Figura 5 Análisis de la altura de planta (cm) en relación a la variedad, en interacción con el día de desarrollo.	52
Figura 6 Análisis del diámetro de tallo (cm) en relación a la variedad, en interacción con el día de desarrollo.	55
Figura 7 Análisis del número de hojas en relación al día de desarrollo de acuerdo a la variedad.	56
Figura 8 Análisis de la altura de inserción de mazorca (cm) en relación a la variedad a los 75 DDS.	58
Figura 9 Análisis del porcentaje de materia seca a la cosecha para la realización del silo.	62
Figura 10 Análisis del pH de las bolsas de silo de acuerdo al tratamiento con microorganismos.	65
Figura 11 Análisis del porcentaje de materia seca por tipo de corte en muestras de silo.	67

## Índice de tablas

Tabla 1 Estadios fenológicos del maíz.	23
Tabla 2 Parámetros de calidad estimados en una muestra de silo de maíz.	36
Tabla 3 Identificación y descripción de los tratamientos a evaluar.	42
Tabla 4 Esquema del análisis de varianza (ANAVA).	44
Tabla 5 Análisis descriptivo de la distancia entre nudos (cm) de las plantas de maíz de acuerdo a la variedad.	54
Tabla 6 Análisis descriptivo de los días a la floración de maíz de acuerdo a la variedad.	57
Tabla 7 Análisis descriptivo del índice de área foliar en maíz de acuerdo a la variedad.	59
Tabla 8 Análisis descriptivo del estado de madurez del grano al momento del corte para ensilaje.	60
Tabla 9 Análisis de materia fresca y materia seca (kg/ha) en relación a la variedad.	63
Tabla 10 Análisis del porcentaje de grano en materia seca de acuerdo a la variedad para la realización de silo.	64
Tabla 11 Análisis de fibra digestible neutra físicamente efectiva de acuerdo a la variedad de maíz ensilada.	69
Tabla 12 Correlaciones de Pearson entre las variables evaluadas en la investigación.	70
Tabla 13 Consumo de silo como única fuente en la dieta de acuerdo al peso del animal.	71
Tabla 14 Consumo de silo como fuente secundaria en dietas formuladas de acuerdo al peso del animal.	72

## Resumen

La nutrición animal se ve afectada en la época seca donde principalmente se siente la escasez de alimento; para contrarrestar este efecto se desarrollaron técnicas de conservación de forraje que se adapten a las condiciones de los productores. Por tal motivo, se evaluaron 4 variedades de maíz destinadas a silo previamente sembrados y seleccionados por la empresa FarmAgro (Pibe ARG 109, Tropi 101, ATL 400, DAS 3383); se delimitaron parcelas de evaluación de 25,5 m<sup>2</sup> para cada variedad, las tomas de datos se realizaron cada 8 días hasta la floración y previo a la cosecha. En la fase de silo se evaluaron 6 repeticiones por variedad, 4 de ellas con aditivos biológicos y 2 testigos para determinar el pH. La variedad DAS 3383 obtuvo un mayor %germinación (93,97%), altura de planta (2,25 m), rendimiento en materia seca (10,13 t/ha) e IAF; por otra parte, Tropi 101 y ATL 400 mantuvieron un comportamiento similar respecto a las variables anteriormente mencionadas (87% a 83%, 2,03 m, 9,8 t/ha respectivamente); Pibe ARG 109 presentó el menor %germinación (49,39%), altura de planta (1,85 m), rendimiento por hectárea (6,8 t/ha) e IAF. No existieron diferencias para %grano, sin embargo, el %MS y estado de grano fue mejor en Pibe ARG 109. La evaluación del pH tuvo diferencias mínimas entre tratamientos con microorganismos (3,9) y sin microorganismos (4,01), sin embargo, no fue relevante. En cuanto a %FDNef no se encontró diferencias significativas entre variedades, el 70% de partículas fueron mayores a 8 mm.

Palabras clave:

- **VARIEDADES DE MAÍZ**
- **MICROORGANISMOS**
- **ENSILAJE**
- **MATERIA SECA**

## Abstract

Animal nutrition is affected in the dry season where food shortages are felt mainly; To counteract this effect, forage conservation techniques were developed that adapt to the conditions of the producers. For this reason, 4 varieties of maize intended for silos previously planted and selected by the company FarmAgro (Pibe ARG 109, Tropi 101, ATL 400, DAS 3383) were evaluated; evaluation plots of 25,5 m<sup>2</sup> were delimited for each variety, data collection was carried out every 8 days until flowering and prior to harvest. In the silo phase, 6 repetitions per variety were evaluated, 4 of them with biological additives and 2 controls to determine the pH. The DAS 3383 variety obtained a higher % germination (93,97%), plant height (2,25 m), dry matter yield (10,13 t/ha) and IAF; On the other hand, Tropi 101 and ATL 400 maintained a similar behavior regarding the aforementioned variables (87% to 83%, 2,03 m, 9,8 t/ha, respectively); Pibe ARG 109 presented the lowest % germination (49,39%), plant height (1,85 m), yield per hectare (6,8 t/ha) and IAF. There were no differences for %grain, however, the %DM and grain status were better in Pibe ARG 109. The pH evaluation had minimal differences between treatments with microorganisms (3,9) and without microorganisms (4,01), without however, it was not relevant. Regarding %FDNef no significant differences were found between varieties, 70% of particles were greater than 8 mm.

Key words:

- **CORN VARIETIES**
- **MICROORGANISMS**
- **SILAGE**
- **DRY MATERIAL**

## Capítulo I

### Introducción

El cultivo de maíz para el Ecuador a través del tiempo se ha conformado como parte importante dentro del desarrollo económico incluyéndose dentro del PIB, además de ser parte de los importante dentro de la dieta de gran parte la población. Según lo establecido por la Corporación Financiera Nacional en el año 2020, Ecuador produjo un total de 1 358,626 toneladas de maíz en una superficie de cosecha de 355,913 ha (CFN, 2018).

El cultivo de grano amarillo además ha sido componente importante dentro del desarrollo de alimentos balanceados para animales conformando hasta un 70% de la dieta. Sin embargo, el uso del cultivo como forraje se ha tomado en consideración como una alternativa de alimentación dentro del sector agropecuario, principalmente en la crianza de rumiantes, mismo que es de alto aprovechamiento en épocas de sequía y que logran mejorar el incremento productivo (Montenegro, 2021). Según los datos presentados por el INEC (2020) la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas posee una superficie de siembra destinada a maíz de 189 hectáreas, además, actualmente se está impulsando la siembra de este cultivo para el desarrollo de silos.

El ensilaje básicamente comprende la conservación de forraje verde picado y almacenado en depósitos herméticos, estos permitirán que se generen procesos de fermentación anaerobia, que dependiendo del almacenamiento llevarán a la estabilidad de conservación del alimento y sus características nutricionales a través de un largo periodo de tiempo (León et al., 2018).

Los silos de maíz han sido una respuesta ante los problemas alimentarios que los productores ganaderos del Litoral llegan debido a la escasez de alimento en la época seca; además en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas se está convirtiendo en un complemento importante en la dieta animal bovina. La Asociación de ganaderos Santo Domingo (Asogan SD) en conjunto con el MAG en el año 2018 lograron el almacenamiento de más de 150 toneladas de maíz, destinados a la alimentación animal (Zambrano, 2018).

El uso de aditivos en los procesos de ensilaje como organismos biocatalizadores (Hongos, BAC, Levaduras), enzimas o sustratos nutritivos, se han considerado como estrategias para elevar la conservación y recuperación de componentes importantes en la dieta tales como los carbohidratos solubles. De esta forma elevar las características cualitativas de un silo además de su calidad nutricional (Villacrés, 2017).

La problemática del sector agropecuario se basa en una correcta selección de materiales de siembra aptos para el uso como forrajes y el desarrollo de silos de calidad acorde a la disponibilidad de tecnologías relacionadas al manejo. Dado que en el mercado la selectividad de semillas para implementación se relaciona con el destino de la producción, las condiciones climáticas, el tipo de manejo y otros factores en la cuales se vayan a desarrollar los cultivos. Posteriormente, también se toma en cuenta el tipo de procesamiento que se le vaya a dar a la materia fresca con una buena elección de la edad de corte, el tipo de ensilado, el uso de aditivos, el tipo de compactación, el tiempo de almacenamiento, etc. Izquierdo (2012), proporciona información sobre el rendimiento forrajero de tres híbridos de maíz, e impulsa el desarrollo de nuevas investigaciones con otros materiales de siembra.

Por tal motivo, este trabajo en conjunto con la empresa FarmAgro tuvo como objetivos evaluar el comportamiento de cuatro variedades de maíz (Pibe ARG 109, Tropi 101, ATL 400 y DAS 3383) sembradas en grandes extensiones para determinar su relación sobre el rendimiento en materia fresca y seca, determinar el efecto de microorganismos homofermentativos como sobre la estabilidad de pH en el silo. Como hipótesis planteadas: a) No hay diferencias en altura de planta, número de hojas, longitud y diámetro de tallo, días a la floración, porcentaje de materia seca, porcentaje de grano, IAF y FDNef entre variedades; y b) No hay diferencias en la calidad de silo entre variedades y tratamientos con la adición de microorganismos homofermentativos.

## Capítulo II

### Revisión de Literatura

#### **Cultivo de Maíz**

El maíz (*Zea mays L.*) es una gramínea monocotiledónea, herbácea, anual, que pertenece a la familia Poaceae y que, además, se presenta como una alternativa económica dentro del punto de vista agrícola y pecuario. Su sistema radicular es fibroso y está constituido por una parte de raíces adventicias seminales cerca del 52% del total de la planta, lo que las convierte en su principal sistema de fijación y absorción, mientras que cerca del 48% lo constituye su sistema nodular. El grano compone alrededor del 42% del peso seco de la planta, se desarrolla dentro de unas estructuras llamadas panojas y pueden producir de entre 12 a 16 hileras con un total de 300 a 1000 granos (Sánchez, 2014).

Presenta un tallo robusto, erecto, el cual puede alcanzar alturas de 2 a 5 metros con una variación de nudos y entrenudos, sus hojas son alternas, alargadas y acuminadas, pueden presentarse de entre 15 a 30 y contienen en ellas pequeñas lígulas. El maíz es normalmente una especie monoica, es decir que posee flores femeninas pistiladas ubicadas en las yemas laterales del tercio medio de la planta y flores masculinas estaminadas reunidas en una panoja terminal (Deras y Flor de Serrano, 2018).

#### ***Fenología del Maíz***

Según Martínez (2015), el maíz presenta diferentes fases fenológicas que transcurren a través de su ciclo ontogénico, fundamentándose en los cambios morfológicos y fisiológicos que atraviesa el cultivo, para que de esta manera se permita

conocer los cambios que existen en cada una de las etapas, así como también los factores ambientales que controlan su duración.

De acuerdo con la escala fenológica para el ciclo de cultivo de maíz propuesta por Ritchie y Hanway (1982) se destacan dos grandes etapas: la vegetativa (V) y la reproductiva (R). Dentro de la etapa vegetativa existen subdivisiones que comienzan con la emergencia del coleóptilo (VE) y continúan con un subíndice numérico para cada hoja hasta que emerge la panoja (VT). Mientras que, la etapa reproductiva se identifica desde la emergencia de los estigmas  $R_1$  hasta alcanzar su madurez fisiológica total  $R_6$ .

**Tabla 1**

*Estadios fenológicos del maíz.*

Etapa	Días	Característica
Siembra	0	
$V_E$	5 a 7	Emergencia
$V_1$	9	1 <sup>era</sup> hoja verdadera
$V_2$	12	2 <sup>da</sup> hoja verdadera
$V_n$		Es visible la hoja verdadera número "n"
$V_T$	55	Panojamiento
$R_1$	59	Emergencia de estigmas
$R_2$	71	Cuaje
$R_3$	80	Grano lechoso
$R_4$	90	Grano pastoso
$R_5$	102	Grano dentado
$R_6$	112	Madurez fisiológica, grano maduro

Nota: En esta tabla se muestran los diferentes estadios fenológicos del cultivo de maíz.

Tomado de Endicott et al. (2015, pp. 9-18).

## **Variedades de Maíz**

### ***Das 3383***

El híbrido DAS 3383 posee las siguientes características principales, amplia adaptabilidad en cuanto a temperatura, suelo y presencia de humedad, posee una densidad estimada de 62 500 plantas por hectárea con una distancia entre surcos de 80 a 85 cm, posee un ciclo aproximado de 120 días invierno y verano, los días a la floración varían entre 53 y 55, además pueden alcanzar una altura total de 2,35 m y una inserción de mazorca entre 1,15 a 1,25 m. Esta variedad posee un color de grano anaranjado cristalino, y una alta resistencia a enfermedades y plagas (FarmAgro, 2020).

### ***Pibe Arg 109***

La variedad Pibe ARG 109 proviene de un tipo de híbrido simple modificado, que presenta una excelente cobertura de suelo, con una buena resistencia a las enfermedades tropicales, tiene una eficiencia potencial en el rendimiento y una facilidad óptima de desgrane. Este híbrido posee un ciclo productivo de 115 a 120 días, con una altura de planta de 230 a 250 cm y una altura de mazorca de 125 a 140 cm, el tiempo estimado de floración es de 52 a 55 días. Una de las características más importantes es la resistencia al acame tanto de tallo como de raíz, en cuanto al grano se refleja en un color anaranjado semicristalino con un buen potencial de rendimiento enmarcado en hasta 18 hileras (Argenetics, 2020).

### ***Tropi 101***

El híbrido Tropi 101, es una variedad precoz de alto rendimiento con características de tolerancia al estrés hídrico y al nicosulfuron el cual es un herbicida de post emergencia. El cultivo presenta una altura de planta de 2,70 m y una inserción de

mazorca de 145 a 160 cm, con un periodo de floración de alrededor de 53 días, el ciclo productivo del cultivo es de 115 días, posee una alta tolerancia al acame, y a las enfermedades de mazorca, sin embargo, no es muy tolerante a las enfermedades de carácter foliar, posee un excelente rendimiento de grano con hasta 22 hileras, presenta buen aprovechamiento para silo con una población de hasta 75 000 plantas/ha. El grano posee un color amarillo/anaranjado semicristalino, en producción de grano la densidad poblacional es de 60 000 plantas/ ha (TROPICORN, 2017).

### ***Atl 400***

La variedad ATL 400 o también conocido como “Maíz 4x4”, es un híbrido triple que posee un buen potencial productivo con un bajo y medio paquete tecnológico, adecuado para las zonas de baja inversión debido a su rusticidad, se adapta eficientemente a las zonas del trópico, posee un buen llenado de grano, presenta tolerancia a la sequía, una densidad estimada de 65 000 plantas por hectárea con doble propósito (grano y forraje), tiene un ciclo productivos de 120 a 130 días acorde a la época de siembra, puede alcanzar una altura total de 2,40 m y una inserción de mazorca a los 0,96 m. Esta variedad cuenta con un grano anaranjado intenso y cristalino de gran sanidad, con un buen potencial de rendimiento (ECUAQUIMICA, 2019).

### **Conservación de Forraje**

Debido a la intensificación de la ganadería y la producción animal, la conservación de forrajes nace como una alternativa económicamente rentable con el objetivo de almacenar los forrajes, utilizarlos como insumo alimenticio principal dentro de los hatos y tenerlos a disposición durante los periodos críticos de sequías para que de esta forma se mantenga la cantidad y calidad de alimento necesario durante todo el año (Uset y Lazzaro, 2009).

Según Mendieta et al. (2015), la producción forrajera a lo largo del año puede presentar alteraciones relacionadas con las características de crecimiento y desarrollo del forraje implementado, las condiciones ambientales de la zona, su estado fitosanitario, momento de la cosecha y el proceso al que se expuso, factores que determinaran la disponibilidad y la calidad del forraje para el consumo. Existen diversos métodos de conservación ya sea en forma de henos o silos, cada uno cumple distintos roles, pero su objetivo principal es contrarrestar la falta de pasto y equilibrar las dietas en los animales.

### ***El Ensilaje***

El ensilaje es un método de conservación de forrajes, que utiliza una fermentación anaerobia como parte de su proceso, con el fin de que bacterias lácticas actúen directamente sobre los carbohidratos del forraje verde picado y mediante el ácido láctico que se produce, impida el crecimiento de bacterias y hongos patógenos que deterioran la calidad del forraje y minimicen su contenido nutritivo (Fernández et al., 2017).

El silo se caracteriza por realizar una considerable disminución del pH a través de la fermentación anaerobia, la presencia de oxígeno reduce la conservación del forraje incrementando el deterioro. Al momento de realizar el corte en fresco del maíz se conserva un pH de 7, al cabo de la fermentación se obtiene un pH de 4,0 a 4,5; la acidificación se consigue a través de bacterias que producen ácido láctico el cual contribuye a la estabilización y disminución de la pérdida de nutrientes (Demagnet y Canales, 2020).

La calidad del ensilado se ve estrechamente relacionado a factores como: cosecha, picado, uso de aditivos, compactación, almacenamiento y de las características del forraje a usar, tales como su contenido de materia seca, carbohidratos solubles, capacidad buffer y cantidad de nitratos del forraje al tiempo de cosecha (Martínez et al.,

2014). Se lo considera una excelente opción para la alimentación en ganaderías del país en forma intensiva, semi-intensiva o estabulada debido a sus mínimas pérdidas de materia seca y de nutrientes lo que lo convierte en un material alimenticio muy palatable para el ganado, libre de sustancias tóxicas que pongan en peligro la salud del animal.

### ***Proceso de Ensilaje***

El proceso de conservación del forraje en el silo se logra a partir de fermentación láctica, la cual se obtiene en condiciones anaeróbicas por el efecto de las bacterias ácido lácticas, siendo las más adecuadas en la producción de ácido láctico. A través de la falta de oxígeno y la acción bacteriana se genera una disminución de pH en el silo, que produce la disminución de los microorganismos indeseables (levaduras, enterobacterias, clostridios, etc) responsables de la disminución de la calidad e incluso, inducen a la putrefacción del silo. La respiración que tiende a generarse en el silo debido a la presencia de oxígeno es perjudicial para el silaje, y a través de la compactación se logra reducir esos efectos nocivos (Oude et al., 2001).

Los procesos de fermentación se ven influenciados por la calidad y el tipo de forraje a ensilar además de otros factores como la cosecha y el método de ensilaje. Garcés et al. (2004), mencionan que al momento que se encuentra el material picado, almacenado, compactado y excluido de la presencia de aire a través del sellado, se generan 4 diferentes fases hasta el producto final:

- Fase aeróbica: en este punto se genera el consumo del oxígeno residual del silo a través de microorganismos aeróbicos tales como levaduras, hongos, clostridios y enterobacterias. Posteriormente se evidencia un aumento de la temperatura siendo este de 4°C a 6°C superior a la temperatura ambiental, y la acción enzimática de algunas proteasas y carbohidrasas, que trabajan conforme a la

reducción del pH en un rango de 6 a 6,5 principalmente en la hidrólisis de las proteínas y carbohidratos. Hay que destacar que esta fase va a depender de la metodología de cosecha, picado, almacenado, compactado y sellado del forraje (Fernández, 1999).

- Fase fermentativa: se alcanza el estado anaeróbico debido a la eliminación del oxígeno residual, además, se abre paso a la fermentación, la cual dependiendo del tipo de forraje y las condiciones de temperatura, pH y humedad en las que se encuentre el silaje puede tardar días o semanas en completarse. En presencia de bacterias acidófilas que principalmente producen ácido láctico (BAC) se mencionan los siguientes géneros (*Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Leuconostoc*), estos se proliferan y se convierten en unos organismos dominantes. Finalmente debido a la producción de ácido láctico y en menor proporción ácido butírico y acético se genera una disminución del pH que puede ir de 3,8 a 5,0 (Garcés et al., 2004).
- Fase estable o de almacenamiento: al no poseer oxígeno no se generan muchos cambios en la composición microbiana proveniente la fase 2, sin embargo, se genera una reducción lenta de los microorganismos y entran en un estado de latencia e inactividad, algunos microorganismos indeseables (*Clostridium* y *Bacillus*) también sobreviven en esta fase en estado de esporas que esperan las condiciones adecuadas para su esporulación. Se mantiene un pH estable de alrededor de 4,0 y se puede almacenar por varios meses o años siempre y cuando se conserve en condiciones óptimas (Oude et al., 2001).
- Fase de deterioro anaeróbico: al momento de la apertura del silo, la exposición con el oxígeno inicia esta fase dando paso a la degradación por levaduras y en

bajos porcentajes por bacterias ácido acéticas de algunos ácidos orgánicos, provocando una elevación de la temperatura y el pH del silo (Gualoto, 2013).

### ***Tipos de Silo***

Al momento de realizar un silo debemos tener en cuenta ciertas características importantes que debe contar el mismo, Gualoto, (2013), menciona que un buen silo debe ser impermeable, poseer paredes lisas, mantener la estructura frente a los agentes microbiológicos y la acción química que se genere en el forraje, poseer un drenaje para los afluentes dentro de la masa ensilada y estar construido en terreno firme. Tomando en cuenta lo anterior, Fernández et al. (2017) mencionan algunos métodos en los cuales se desarrolla el silo:

- Silo en bolsa: En este tipo de silaje se utilizan bolsas de polipropileno, en los cuales se va ubicando y compactando el forraje picado conforme se va introduciendo. Para realizar el drenado de los afluentes se realiza un agujero en la parte inferior para posteriormente cubrirlo con cinta adhesiva, esta práctica es utilizada en ganaderías de baja explotación.
- Silos líquidos: este tipo de silos se realizan principalmente en recipientes con agua, en los cuales se ubicarán residuos de cosecha de fácil sumergimiento, algunos ejemplos se realizan con los residuos del cultivo de papas, mismas que pueden estar cortadas, picadas o en pequeños porcentajes dañadas.
- Silos verticales: este tipo de silo concede una mayor seguridad al momento de realizar la hermetización del mismo y puede estar diseñado de madera, concreto, zinc, metal o plástico. Con una cantidad de MS superior al 30% evitamos el escurrimiento del efluente y se aprovecha de mejor forma la capacidad del silo.

- Silos horizontales: generalmente es el más utilizado y puede tener una forma atrincherada en la superficie o bajo tierra, cuando se realiza en la superficie estos silos poseen paredes laterales ya sea de madera o de concreto. La principal desventaja de este tipo de silaje es que se dificulta asegurar la hermetización en el sellado, sin embargo, es el que mejor se adapta a las diferentes condiciones en las cuales se lo pueda diseñar.
- Silos de trinchera: consiste en la preparación de una zanja en el suelo con una entrada inclinada en el borde para facilitar el ingreso durante la realización del silo y su extracción. La principal desventaja de este silo es la necesidad de cubrir las paredes en la zanja para de esta forma evitar el contacto con la tierra y asegurar que no ingrese humedad o agua al interior del silaje.

### **Aditivos en el Ensilaje**

La implementación de aditivos busca mejorar el mecanismo de preservación del silo además de contribuir a una mejor distribución y desarrollo de las bacterias ácido lácticas al momento de la fermentación. Los aditivos pueden distribuirse en 3 categorías: a) Estimulantes de fermentación, aquí se encuentran los inoculantes bacterianos y enzimas; b) Inhibidores de la fermentación, ácido fórmico, propiónico y anhídrido; c) Aportes nutritivos o sub sustratos, melaza, urea, amoniaco anhidro o semillas ricas en almidón (Titterton y Bareeba, 2001).

El uso de inoculantes de origen bacteriano (*Lactobacillus plantarum* y *Lactobacillus buchneri*) poseen mejores propiedades además de ser de baja inversión económica, contribuye a la seguridad ambiental, seguro al momento de realizar la manipulación, mayor perdurabilidad y de uso en dosis reducidas. Al realizar combinaciones entre microorganismos y enzimas, se genera mayor materia prima para

la síntesis de ácido láctico contribuyendo a la fermentación y mejorando la calidad del silo. Naturalmente las plantas ya cuentan con este tipo de microorganismos, sin embargo, la cantidad en la que ellos se encuentran no es muy elevada, de tal manera que cuando hacemos uso de aditivos biológicos contribuyen a la aceleración de los procesos de fermentación ácido láctica, aumentando de forma más eficiente a la estabilización de la masa y reduciendo ciertos problemas en la fermentación (Titterton y Bareeba, 2001).

El uso de aditivos no es la solución a todos los posibles problemas que se puedan encontrar al momento de realizar un silo, sin embargo, mejoran la recuperación nutricional, dan una prolongada estabilidad anaeróbica, ciertos estudios han demostrado mejoras en cuanto al rendimiento animal. Todo esto se logra por medio del desplazamiento e inhibición de microorganismos indeseables que generan deterioros en el forraje (Demanet, 2017).

## **Ensilaje del Cultivo de Maíz**

### ***Época de Corte***

La época de corte juega un papel importante dentro de la composición nutricional de un silo, el momento óptimo para realizar el ensilaje es cuando el grano se encuentra en  $\frac{1}{3}$  de leche y  $\frac{2}{3}$  de grano sólido, o de igual manera cuando el contenido de humedad de la planta se encuentra alrededor del 70%, en términos de tiempo se puede destacar que esto ocurre entre los 110 y 130 días después de la siembra de acuerdo al tipo de material genético (variedad precoz, intermedia o tardía), manejo y condiciones climáticas a las cuales está sometido. Al momento de ensilar no se recomienda realizar el corte antes o después de esta etapa de madurez debido a que ya se generan ciertos desfases en la calidad y características del silo (Izquierdo, 2012).

***Altura de Residuo***

La altura de residuo hace referencia al punto de corte de la planta de maíz para realizar el silo, generalmente un productor de maíz busca aumentar el rendimiento en masa del silo, por lo tanto, al momento del corte se observa una altura de residuo de 10 a 20 cm (Primer nudo). Al analizarlo en valor nutricional, los puntos de corte recomendables van de los 40 a 50 cm en adelante (a partir del tercer nudo), debido a que se obtendrá mayor calidad de silo, y disminuir la altura de residuo disminuye el valor nutricional del silo, debido a que aumenta el contenido de fibra, disminuye la digestibilidad y posee un menor valor energético (Carrete y Scheneiter, 2012).

***Estado de Madurez de Grano***

Es un determinante al momento de realizar la cosecha para el ensilaje, mismo que se realiza cuando la madurez supera un 50% de grano duro sobre la línea de leche (Demagnet y Canales, 2020).

## Figura 1

*Estado de madurez de grano para cosecha y elaboración de silo.*

Madurez del grano		MS Planta entera	Momento de elaborar ensilaje
Lechoso		< 20	x
Semi pastoso		20 - 28	x
Pastoso		29 - 32	√
Maduro		33 - 35	√√
Madurez completa		36 - 45	√

x: No elaborar ensilaje  
 √: Inicio elaboración de ensilaje  
 √√: Momento óptimo de cosecha  
 √: Maíz sobre maduro

Nota: La figura representa el momento adecuado para elaborar el silo de acuerdo a la madurez del grano. Tomado de Demanet y Canales, (2020, p. 34).

### **Tamaño de Picado**

El volumen de la partícula al momento de realizado el picado posee un efecto de importancia sobre la preparación del silo y de igual manera sobre la alimentación animal. Izquierdo (2012) menciona que, al momento de realizar un silaje de maíz es recomendable mantener un tamaño de partículas de 0,95 a 1,97 cm. Este rango de tamaño se debe a que favorece el proceso de ensilaje y mejora la digestibilidad del mismo; una partícula demasiado grande tiende a generar mayor porosidad y acumulación de cámaras de aire las cuales afectan en proceso anaeróbico de las bacterias acidófilas, esto perjudica el proceso de ensilaje; por el contrario, una partícula demasiado pequeña puede generar trastornos digestivos (Acidosis) (Ramírez, 2009).

### ***Llenado y Compactación del Silo***

Al realizar el picado y la ubicación del material en el lugar en cual se realizará el silo, se debe tomar en cuenta el tiempo, ya que no se recomienda dejar transcurrir demasiado tiempo del corte al sellado del silo. A través de la compactación por capas ya sea con maquinaria pesada en grandes cantidades de silo o de forma manual en bajas proporciones, el objetivo es reducir de la manera más eficiente posible el espacio poroso y eliminar en mayor medida el oxígeno de forma rápida, aumentar la densidad del silo mejora la eficiencia de la reducción del pH, la densidad adecuada en un silo debe superar los 250 kg MS/m<sup>3</sup> (Demanet y Canales, 2020).

Arcila (2012) menciona que, la digestibilidad del forraje ensilado puede variar hasta un 6% de acuerdo al grado de compactación. Existen ciertos factores que inciden en la compactación del silo como el porcentaje de materia seca de la planta y el tipo tanto de cultivo como de ensilaje.

### ***Sellado del Silo***

La fase de sellado corresponde a la finalización del proceso de elaboración de ensilaje para dar paso a la fermentación láctica, dentro de esta fase el objetivo crítico es impedir la entrada de oxígeno y humedad al interior de la masa ensilada. Demanet, (2017) menciona que, a través de esto se facilitan los procesos anaeróbicos y se reducen las pérdidas por paso de aire, además se toma en cuenta que en las primeras horas de realizado el ensilaje la hermetización del mismo es un determinante en la calidad del producto final.

Dentro de los materiales más utilizados en los procesos de ensilaje se encuentra los plásticos mismos que recubren la parte superior, lateral y en algunos casos inferior, en donde se ubican elementos pesados para inmovilizar el plástico y además generar

presión sobre el ensilaje; los materiales que trabajan de forma adecuada son la tierra, pero debido a que genera ciertos problemas de contaminación en el silo al momento de la apertura, se ha recurrido a otras opciones como neumáticos, bolsas de arena o piedra que son conceden mejor manipulación (Oude et al., 2001).

### ***Periodo de Conservación del Silo***

El tiempo de conservación del silo va a depender a la disponibilidad del material que se va a ensilar y, además, es importante que alcance una fermentación anaerobia adecuada para garantizar la calidad del silo y su duración. Todos los ensilajes alcanzan su maduración a los 21 a 30 días en donde existe una alta disminución del pH lo que impide por un lado el crecimiento de bacterias u hongos que lleguen a descomponer el forraje y se propaguen bacterias benéficas que ayudan a mantener y conservar el valor nutricional dentro del mismo de manera indefinida (Mendieta et al., 2015).

El tiempo que se mantiene sellado el silo y la apertura del mismo, está relacionado con la digestibilidad de la materia seca y del almidón. El almidón funciona como una reserva energética de las plantas, además de ser de fácil digestión brinda en las dietas de los animales las cantidades adecuadas de energía, en el maíz, entre el 50 y 60% de las proteínas totales se producen por las zeínas hidrófobas. Todo el material que se extrae después de ser abierto el silo debe ser consumido no más allá de 24 horas para que no se dé un proceso oxidativo en el forraje debido a la exposición del oxígeno en el mismo y se pierda las características originales (Demanet y Canales, 2020).

La pronta apertura de los ensilajes disminuye la disponibilidad de nutrientes y del almidón. Demanet y Canales (2020) mencionan que, la producción de ácido láctico en la fermentación llega a su punto máximo después de los cuatro meses de hecho el ensilaje

y, de la misma forma, la digestibilidad de la materia seca, FDN y almidón se incrementa gradualmente hasta los seis meses.

### ***Parámetros de Calidad en Ensilaje de Maíz***

Un buen ensilaje de maíz va a depender de su proceso de elaboración y de la composición nutricional del forraje que se utilizó, las características del híbrido y el estado fenológico de la planta a la cosecha, todos estos factores reducirán las pérdidas que se pueden producir por procesos de oxidación celular, proteólisis de enzimas y desarrollo de bacterias aerobias que tiendan a perder la calidad final del ensilado (Ashbell y Weinberg, 2001).

#### **Tabla 2**

*Parámetros de calidad estimados en una muestra de silo de maíz.*

Parámetro	Nivel esperado en el ensilaje
Materia seca (%)	33 – 35
pH	4,0 – 4,2
N amoniacal (%)	<5
FDN (%)	35 – 40
EM (Mcal/kg)	2,80 – 3,20
Digestibilidad de FDN (%)	65 – 75
Contenido de almidón (%)	35 – 40
Digestibilidad del almidón (%)	80 – 85

Nota: Criterios de calidad para un ensilaje en maíz. Tomado de Demanet & Canales (2020, p. 41).

## Capítulo III

### Metodología

#### Ubicación del Área Experimental

La presente investigación se llevó a cabo en dos sitios de provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas mencionadas a continuación:

#### *Ubicación Política*

- País: Ecuador
- Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas
- Cantón: Santo Domingo de los Colorados
- Ubicación 1: Parroquia Luz de América
- Ubicación 2: Parroquia Valle Hermoso

#### *Ubicación Geográfica*

- Coordenadas ubicación 1 “Cultivo Nelson Yanez”: 690269.00 m E 9953777.00 m S 17 M
- Coordenadas ubicación 2 “Hacienda Diana”: 691521.00 m E 9986505.00 m S 17 M

#### *Ubicación Ecológica*

##### **Parroquia Luz de America “Cultivo Nelson Yánez”.**

- Zona de vida: Bosque húmedo Tropical
- Altitud: 270 msnm
- Temperatura: 24 a 26°C
- Precipitación: 2860 mm año/año

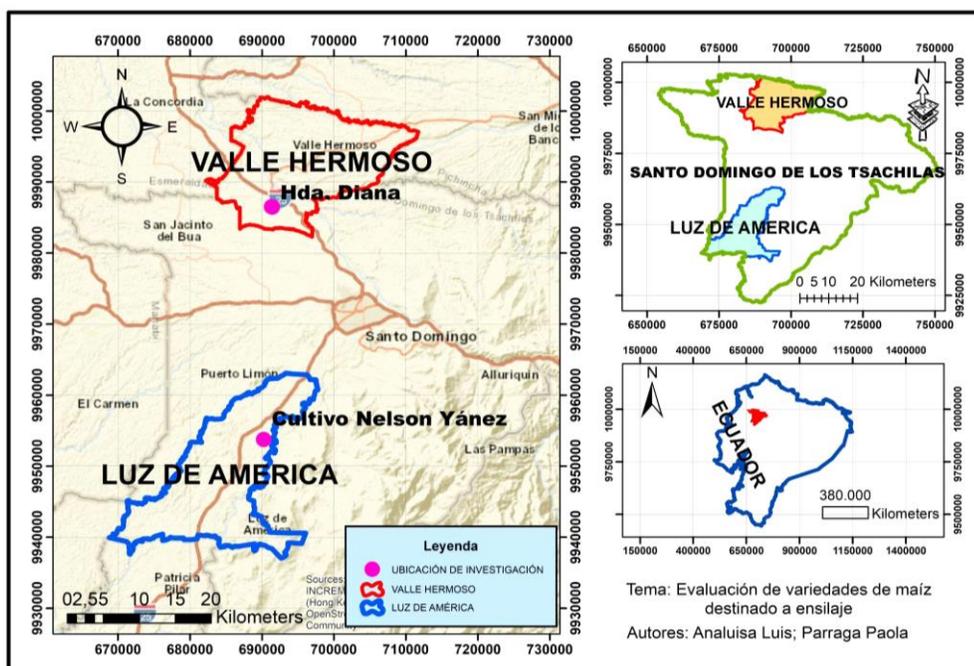
- Humedad relativa: 85 - 90%
- Heliofanía: 680 horas luz/año

### Parroquia Valle Hermoso “Hacienda Diana”.

- Zona de vida: Bosque Húmedo tropical
- Altitud: 300 msnm
- Temperatura: 23 a 28°C
- Precipitación: 3129 mm/año
- Humedad relativa: 89%
- Heliofanía: 803 horas luz/año

**Figura 2**

*Ubicación del lugar de investigación.*



Nota: Descripción gráfica de las ubicaciones geográficas donde se instaló y desarrolló la presente investigación.

## **Materiales**

### ***Etapa de Campo***

#### **Instalación del Ensayo y Toma de Datos.**

Materiales para la evaluación de los cultivos:

- Estacas (200 cm)
- Piola tomatera
- Carteles
- Pintura
- Machetes
- Cinta métrica
- Calibrador
- Cuaderno de campo
- Esferográfico

#### **Recolección de Muestras de Campo.**

Materiales:

- Sobres de manila
- Marcadores
- Machete

Muestras:

- Muestras botánicas de plantas de maíz (tallos, hojas, mazorca y chala)

#### **Elaboración de Silo.**

Materiales:

- Fundas de silo
- Cinta adhesiva
- Esferográfico
- Piola
- Bandejas

Equipos:

- Balanza analítica
- Balanza digital
- Picadora

Insumos:

- Microorganismos anaerobios (Silamix)

### ***Evaluación en Laboratorio***

#### **Pesado y Secado de Muestras de Plantas de Maíz.**

Materiales:

- Esferográfico
- Libreta de notas

Equipos:

- Estufa
- Balanza analítica

Muestras:

- Muestras botánicas de plantas de maíz (tallo, hojas, mazorca y chala)

### **Métodos**

El ensayo se realizó en dos ubicaciones distintas de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas las cuales fueron la Parroquia “Luz de América” en donde se encontraba sembrada una sola variedad de maíz (DAS 3383) y vía “Valle Hermoso” en donde se encontraban tres variedades de maíz (Pibe ARG 109, Tropi 101 Y ATL 400). Se realizaron mediciones de distintas variables, con el fin de evaluar distintas variedades de maíz para la elaboración de silo.

La investigación se realizó en cultivos comerciales previamente sembrados que, en conjunto con la empresa patrocinadora FarmAgro fueron seleccionados de acuerdo a su interés y, además, la forma de evaluación de dichos cultivos se los realizó bajo sus parámetros, de tal manera que, se desarrolló una evaluación de comportamiento del cultivo en campo y una evaluación del comportamiento en silo.

***Fase de Campo*****Factores a Evaluar.**

Factor 1: Variedad con 4 niveles cualitativos:

- Pibe ARG 109
- DAS 3383
- Tropi 101
- ATL 400

Factor 2: Día como medida repetida en el tiempo (27, 35, 43, 51, 59, 67, 75).

***Diseño Experimental Fase de Silaje***

DCA (Diseño Completamente al Azar) con medida repetida en el tiempo

**Factores a Probar.**

Factor 1: Variedad con 4 niveles cualitativos:

- Pibe ARG 109
- DAS 3383
- Tropi 101
- ATL 400

Factor 2: Con microorganismos y Sin microorganismos

### Tratamientos a Comparar en la Fase de Silaje.

**Tabla 3**

*Identificación y descripción de los tratamientos a evaluar.*

Tratamientos	Descripción
T1	Pibe ARG 109 + Microorganismos
T2	DAS 3383 + Microorganismos
T3	Tropi 101 + Microorganismos
T4	ATL 400 + Microorganismos
T5	Pibe ARG 109 Sin Microorganismos
T6	DAS 3383 Sin Microorganismos
T7	Tropi 101 Sin Microorganismos
T8	ATL 400 Sin Microorganismos

Nota: Tratamientos a evaluar dentro de la fase de silaje de acuerdo a su diseño experimental.

#### **Tipo de Diseño para Fase de Silaje.**

En la presente investigación se utilizó un DCA (Diseño Completamente al Azar), dispuesto en arreglo Factorial A x B donde A es la variedad a evaluar y B el empleo de microorganismos.

#### **Repeticiones.**

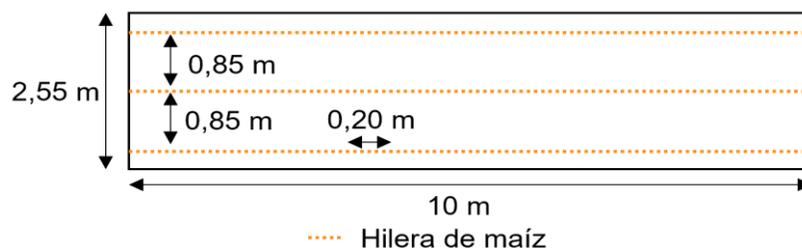
La investigación contó con cuatro repeticiones para el caso de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 y dos repeticiones para los tratamientos restantes T5, T6, T7 y T8, teniendo un total de veinte y cuatro unidades experimentales.

### Características del Área de Estudio de la Fase de Cultivo.

- Número de unidades experimentales: 4
- Forma de la unidad experimental: Rectangular
- Ancho de la unidad experimental: 2,55 m
- Largo de la unidad experimental: 10 m
- Área de la unidad experimental: 25,5 m<sup>2</sup>
- Área neta del ensayo: 102 m<sup>2</sup>
- Área total del ensayo: 102 m<sup>2</sup>

**Figura 3**

*Dimensiones de cada parcela de evaluación.*



Nota: Diseño de las unidades experimentales de la investigación de acuerdo a sus dimensiones en campo.

## **Análisis Estadístico**

### **Esquema del Análisis de Varianza.**

**Tabla 4**

*Esquema del análisis de varianza (ANAVA).*

Fuentes de variación	Fórmula	Grados de libertad
Variedades	$v-1$	3
Tratamiento	$t-1$	1
Error Experimental	$(n-1) - (T-1)$	19
Total	$n-1$	23

Nota: En esta tabla se muestra el Análisis de Varianza utilizado en la investigación de acuerdo a las variedades del estudio y los tratamientos.

### **Análisis Funcional**

La comparación de las medias de las variables fue analizada mediante la prueba LSD Fisher al 5% de significancia. Se emplearon modelos lineales generales y mixtos en variables evaluadas, utilizando el día como medida en el tiempo, con efecto aleatorio.

### **VARIABLES EVALUADAS**

Las variables evaluadas en la presente investigación fueron llevadas a cabo en un periodo de cuatro meses, desde la primera toma de datos hasta la culminación de la elaboración de silo y toma de pH de cada una de las bolsas evaluadas.

**Porcentaje de Germinación.** Se calculó el porcentaje de germinación para cada variedad en la parcela de evaluación, de acuerdo al distanciamiento de siembra y al número de plantas obtenidas en los 25,5 m<sup>2</sup>.

**Número de Hojas.** Se contaron el número de hojas por plantas cada siete días a partir del día 27 después de la siembra para cada variedad. Se evaluaron todas las plantas de cada unidad experimental de acuerdo a la variedad de maíz.

**Diámetro de Tallo.** Se midió el diámetro de tallo cada siete días en milímetros, a partir del día 27 después de la siembra de cada variedad, con ayuda de un calibrador se tomó el grosor de tallo tres centímetros más arriba de la base del tallo. Se evaluaron todas las plantas de cada unidad experimental de acuerdo a la variedad de maíz.

**Altura de Planta.** La altura de la planta se tomó cada siete días en centímetros, a partir de los 27 después de la siembra. Esta medida se realizó con ayuda de una cinta métrica tomando desde la base del tallo hasta el último nudo de la planta; se evaluaron todas las plantas dentro de cada unidad experimental de acuerdo a la variedad de maíz.

**Distancia entre Nudos.** Con la cinta métrica se midió la distancia entre nudos en centímetros de 10 plantas por cada variedad de maíz tomadas al azar, la evaluación se tomó al momento en el que se completó la floración de cada unidad experimental.

**Altura de Inserción de Mazorca.** A los 75 días después de la siembra con la cinta métrica se midió en centímetros desde la base del tallo hasta la inserción de mazorca, se evaluaron todas las plantas dentro de cada unidad experimental de acuerdo a la variedad de maíz.

**Días a la Floración.** Se realizó una observación cualitativa de acuerdo a la aparición de la flor en el área de estudio. Se registró el número de días que tardó aproximadamente el 50% de las plantas en entrar a etapa de floración desde su germinación.

**IAF (Índice de Área Foliar).** Se realizó por el método empírico destructivo en una selección al azar de 6 plantas por cada unidad experimental, a las que, con una cinta métrica, se procedió a medir la longitud y el ancho de cada una de las hojas en centímetros. Posteriormente, se multiplicó el resultado por el factor  $Kc=0,75$ , de acuerdo a Wilhelm et al. (2000).

$$AF = (Suma\ Total\ (Largo\ (m) * ancho\ (m) * 0,70) / N^{\circ}\ Hojas)$$

Con respecto al Índice del área foliar, se multiplicó el resultado del área foliar por el número de plantas sembradas y se dividió por el área que ocupan las mismas.

$$IAF = (\Área\ foliar\ (m^2) * N^{\circ}\ plantas) / \Área\ sembrada\ (m^2)$$

**Estado de Madurez del Grano.** Se realizó una observación cualitativa del grano de 5 mazorcas tomadas al azar en cada unidad experimental dos semanas después de la primera aparición de la mazorca. Se tomó en cuenta la Figura 1 para determinar el porcentaje de madurez del grano a la cosecha.

**Peso Fresco de los Componentes de la Planta.** Se seleccionaron seis plantas al azar dentro de cada parcela de evaluación, con ayuda de una balanza analítica se pesó los componentes por separado en Tallo, hojas, mazorca y chalas de cada una de las plantas previamente empacadas y etiquetadas en sobres de manila.

**Peso Seco de los Componentes de la Planta.** Las muestras previamente empacadas y etiquetadas se colocaron dentro de una estufa en el laboratorio a

una temperatura de 90°C durante 48 horas, posteriormente se pesó cada una de las muestras para determinar la materia seca.

**Porcentaje de Grano en Silaje.** Se obtuvo a través del peso de grano (MS) multiplicado por 100 y dividido para el peso de la planta en materia seca. Se usó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Grano} = ((\text{Peso del grano MS} * 100) / \text{Peso de planta MF})$$

**Porcentaje de Materia Seca (MS).** Para el cálculo del porcentaje de materia seca se utilizó el peso total de la Materia seca (MS), multiplicado por 100 y dividido para el peso total de la Materia fresca (MF).

$$\%MS = (\text{Peso MS (kg)} * 100) / \text{Peso MF (kg)}$$

**Acidez (pH del Silaje Estable).** Se tomaron muestras (12,5 g) de los diferentes tratamientos, con ayuda del pHmetro y agua destilada se realizó la medición del pH en laboratorio para determinar su estabilidad.

**Fibra Efectiva (FDNef).** Se enviaron muestras de 1 kg de silo estable de cada variedad a la estufa durante 72 horas a 75 °C, para determinar la materia seca. Posteriormente se utilizó un separador de partículas en base al modelo Penn State (PSPS) de 3 tamices y un plato, para evaluar la cantidad de materia seca retenida por cada medida (2 cm, 1,5 cm, 0,8 cm). Para determinar la FDNef, se usaron las siguientes fórmulas propuestas por (Mertens, 2002).

$$\text{Fibra físicamente efectiva (FDNef)} = \text{FDN} * \text{pef}$$

El factor de eficiencia física (pef) se determinó por la proporción de partículas retenidas en los tres tamices de acuerdo al modelo Penn State. Con respecto a la FDN se utilizó una constante del 46% en base a Beauchemin & Yang (2005).

### ***Métodos Específicos de Manejo***

El ensayo se dividió en dos fases, la primera comprendió la evaluación del cultivo hasta la elaboración de silo y la segunda de laboratorio la cual se desarrolló dentro de las instalaciones de la Universidad. Se empezó a tomar datos desde el día 27 después de la siembra hasta el día 67 en el caso de las variedades Pibe ARG 109, Tropi 101 y ATL 400 mientras que, la variedad DAS 3383 se prolongó hasta el día 75. En cuanto a los datos tomados en laboratorio, se evaluó el pH de las seis bolsas de silo por variedad de acuerdo al tratamiento establecido después de la elaboración de las mismas.

#### **Fase de Campo.**

##### **Delimitación de las parcelas de evaluación**

Inicialmente se determinó al azar el sitio donde se delimitó el área de estudio evitando la selección del material de los bordes del cultivo de cada variedad. Una vez que se determinó el punto de investigación, con una cinta tomatera se midió las parcelas, las cuales se establecieron con una longitud de 10 m x 2,55 m de amplitud, dentro de cada unidad experimental se sometieron a estudio tres hileras del cultivo quedando un área de 25,5 m<sup>2</sup>. Se identificó cada parcela con su respectivo cartel y con estacas de madera las mismas que fueron previamente pintadas de color rojo.

##### **Picado, llenado y pesado de bolsas de silo**

Con una picadora se procedió a cortar las plantas por variedad, posteriormente, se procedió a llenar las bolsas con fundas negras, gruesas, utilizadas para la recolección de silo (calibre número 8, dimensiones de 60\*120 cm), se llenaron seis fundas por variedad de aproximadamente 30 kg y se obtuvo un total de 24 bolsas. Con respecto al peso inicial y final de las bolsas se utilizó una balanza digital grande.

### **Aplicación de microorganismos (Silamix)**

Dentro de las seis bolsas de silo que se llenaron por variedad, se aplicaron a cuatro de ellas microorganismos y a las restantes se las dejó como testigos (sin microorganismos). Previamente se preparó la mezcla de microorganismos utilizando el aditivo con nombre comercial *Silamix* en una dosis de 2,5 gramos por cada litro de agua, misma que se fue añadiendo a las bolsas conforme se realizaba la preparación del silo. El volumen de mezcla que se utilizó por cada bolsa de silo fue de un litro el cual se distribuyó de manera uniforme por cada capa compactada.

### **Fase de Laboratorio.**

#### **Medición de pH del silo**

Se midió el pH de las seis fundas de silo por cada variedad de maíz evaluado, se tomaron pequeñas muestras en fundas plásticas las mismas que se pesaron antes de llevarlas al laboratorio. Se tomaron aproximadamente 12,5 gramos de cada muestra por tratamiento, se depositó en vasos de precipitación de 250 ml, posteriormente, se adicionaron 100 ml de agua destilada en cada uno de los vasos, se agitó cada 2 minutos y con ayuda de papel filtro y un embudo se coló la muestra en un vaso de precipitación de 100 ml, finalmente con el pHmetro se midió el pH de las muestras. La evaluación se realizó a los 8, 18 y 30 días después de la elaboración de las fundas de silo en el caso de las variedades Pibe ARG 109, Tropi 101 y ATL 400, por otro lado, para la variedad DAS 3383 se evaluó a los días 1, 8 y 14. Se repitió el procedimiento para las cuatro variedades de acuerdo al tratamiento.

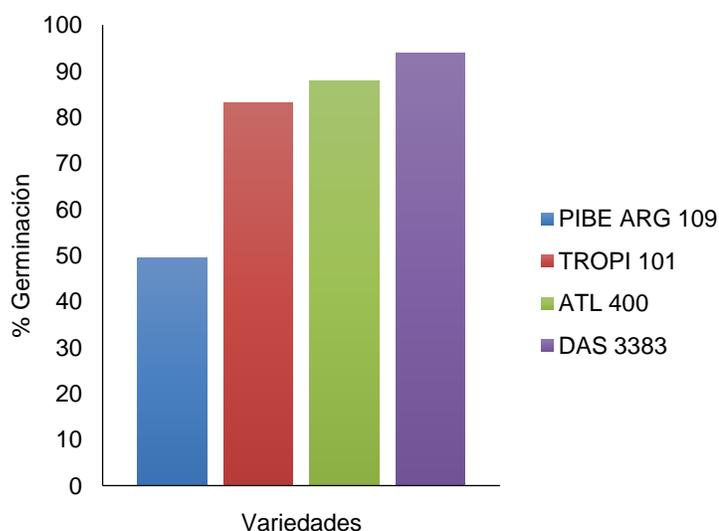
## Capítulo IV

### Resultados y discusión

#### Porcentaje de Germinación

#### Figura 4

*Análisis descriptivo del porcentaje de germinación de acuerdo a la variedad de maíz para silo.*



Nota: Comparación descriptiva del porcentaje de germinación de las 4 variedades de maíz evaluadas a los 27 días después de la siembra.

En la Figura 4 se puede observar que la variedad DAS 3383 tuvo el mayor porcentaje de germinación superior al 90 %, seguido por la variedad ATL 400 y Tropi 101 con porcentajes entre 80 y 90. Por otro lado, la variedad Pibe ARG 109 fue la que menor germinación obtuvo por debajo del 50%. Las tres últimas variedades se localizaron en un mismo lugar de ensayo. El administrador de la hacienda indicó que tuvieron problemas al momento de calibrar la sembradora, ya que no había sido puesta en mantenimiento y

además era mecánica. Se conoce que las sembradoras modernas que funcionan con aire son más precisas al momento de la siembra (López, 2004).

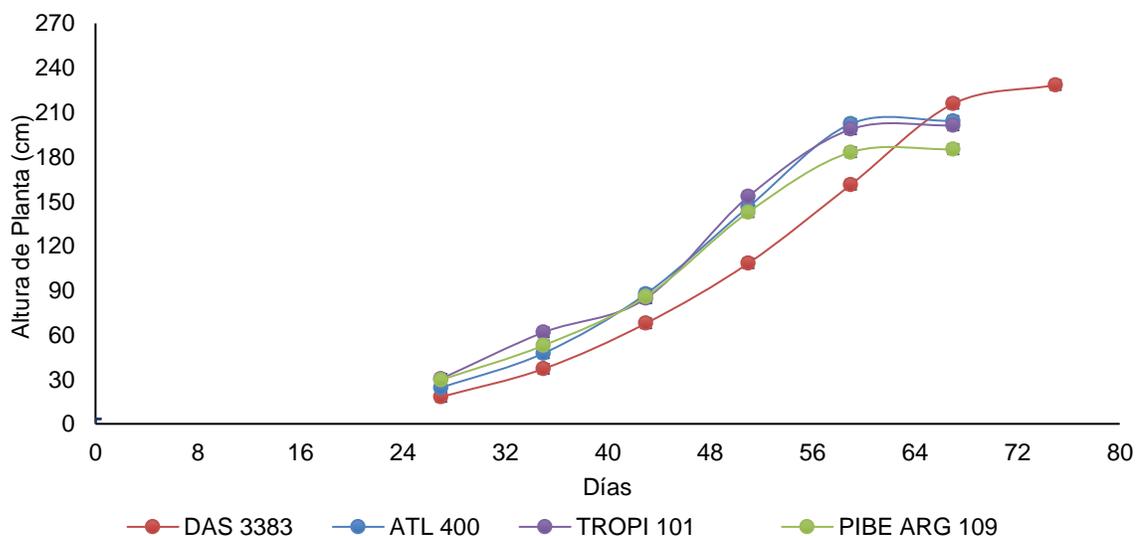
De acuerdo a lo mencionado por Martínez (2015), es necesario que para una correcta emergencia la semilla concentre alrededor del 30 al 40% de su peso en agua, además, indica que cada uno de los estadios ontogénicos en el caso del maíz puede presentar cambios que van a estar relacionados al genotipo y las condiciones ambientales en donde se encuentra principalmente sobre la temperatura y el fotoperiodo. De la misma forma, Fassio et al. (2018) señala que, las primeras fases de desarrollo como la germinación dependen principalmente de la temperatura del suelo y de la fecha de siembra, ya que el crecimiento se torna lento a temperaturas menores a 10°C y su emergencia se alarga si se siembra en fechas tempranas. Este efecto se puede descartar debido al inicio de la época lluviosa proporcionando humedad al suelo y sus temperaturas superiores a los 15°C.

Por otra parte, Lafitte (1994) menciona que, “Hay tres tipos de problemas que pueden surgir durante la siembra. Uno es que la tierra tal vez no haya sido preparada adecuadamente, de tal modo que hay terrones o encostramiento que impiden sembrar a una profundidad uniforme o, incluso, obstaculizan la germinación” (p. 45). Al recorrer en los cultivos esto se evidenció en el área de estudio y toda la extensión de cultivo de las variedades que se encontraban en la Hcda. Diana debido a una mala distribución de materia orgánica (Pollinaza), lo que generó encostramientos en el suelo que se involucran en la emergencia de las semillas, de tal forma que la variedad más afectada fue Pibe ARG 109.

## Altura de Planta

**Figura 5**

*Análisis de la altura de planta (cm) en relación a la variedad, en interacción con el día de desarrollo.*



Nota: ADEVA bajo modelo lineal mixto para altura de planta. Interacción Variedad\*Día ( $p < 0,0001$ );  $R^2 = 0,98$ ; e.e. =  $\pm 3,29$ ; LSD Fisher (Alfa=0,05).

Con base a la Figura 5 se observó que, las variedades ATL 400, Pibe ARG 109 y Tropi 101 presentaron un comportamiento similar de crecimiento, a excepción del día 67 donde la variedad Pibe ARG 109 en comparación con las variedades Tropi 101 y ATL 400, obtuvo un crecimiento por debajo de los 200 cm. El crecimiento de esas variedades se detuvo al día 58, ya que al comparar esas alturas con las del día 67 DDS no fueron distintas ( $p > 0,05$ ). Por otro lado, la variedad DAS 3383 presentó un crecimiento lineal hasta el día 67 y la pendiente disminuyó de manera evidente al día 75 DDS, cabe recalcar, que fue la única variedad que obtuvo un crecimiento por debajo de las otras tres variedades desde la primera toma de datos al día 27 DSS hasta el día 58 DSS, sin embargo, al finalizar las evaluaciones para esta variable, presentó la mayor altura en

comparación con las variedades Pibe ARG 109, Tropi 101 y ATL 400 con 228,41 cm al día 75 DDS.

Reyes (1990) menciona que, la altura de planta se ve relacionada con características propias de la variedad y las condiciones ambientales a las cuales el cultivo se encuentre sometido, mismas que son determinantes para el resultado de la cantidad de nudos en la planta y la longitud que estos posean. Fassio et al. (2018) corroboran esta información mencionando que, la tasa de fotoperiodo, la temperatura y las condiciones del suelo afectan el periodo de elongación de los nudos en la planta en su periodo temprano de crecimiento, esto puede reflejarse en la Tabla 5 donde se muestran los promedios de distancia entre nudos que se obtuvieron por variedad, mismos que tienen relación con la altura de planta donde las variedades con mayor longitud de entrenudos obtuvieron mayor crecimiento (Figura 5).

Zaragoza et al. (2019) indica que, la calidad nutricional de una planta de maíz al corte no se ve relacionado con la altura total de la misma, esto se expresa en los resultados obtenidos en su investigación donde las variedades de mayor altura (2,4 m) y menor altura (2 m) expresaron similitudes en los análisis de rendimiento de materia seca (24 t/ha), digestibilidad (58 %), proteína (8,3 %), FDN (58 %) y FDA (22 %); los datos anteriores se relacionan con los obtenidos en el rendimiento de materia fresca y seca por planta de la variedad de DAS 3383 y Pibe ARG 109 (Tabla 9), sin embargo, Carrete & Scheneiter (2012) afirma que, la calidad del ensilaje en el maíz se ve fuertemente influenciada por la altura de corte de la planta, ya que si su longitud es mayor el porcentaje de proteína y la digestibilidad de la MS aumenta mientras que el contenido de fibra disminuye.

## Distancia entre Nudos

**Tabla 5**

*Análisis descriptivo de la distancia entre nudos (cm) de las plantas de maíz de acuerdo a la variedad.*

Pibe ARG 109	Tropi 101	ATL 400	DAS 3383
15	18	20	20

Nota: La evaluación de esta variable se la realizó al momento que se completó la floración en cada variedad.

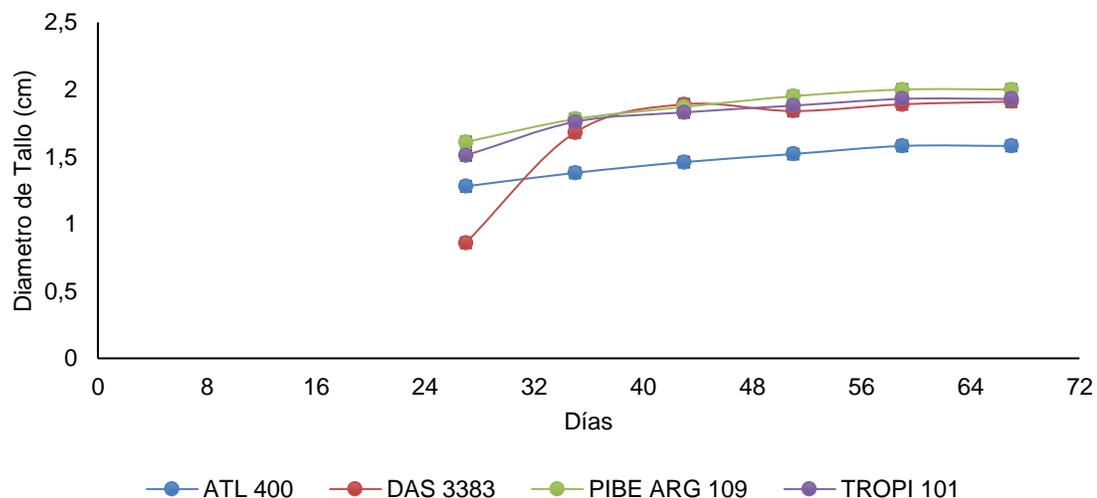
En la Tabla 5 se observa que las variedades ATL 400 y DAS 3383 presentaron una mayor distancia entre nudos con un valor de 20 cm, seguido por la variedad Tropi 101 y por último la variedad Pibe 101.

Masaquiza (2016) menciona que, el tallo del maíz está conformado por nudos y entrenudos que tienden a variar conforme al crecimiento del cultivo, estos se relacionan de forma positiva en ciertos aspectos de la planta como el número de hojas y la altura, esto se observa en las variedades DAS 3383 y ATL 400 que presentaron mayor longitud de entrenudos y mayor altura de planta (Figura 5).

## Diámetro de Tallo

**Figura 6**

*Análisis del diámetro de tallo (cm) en relación a la variedad, en interacción con el día de desarrollo.*



Nota: ADEVA del modelo lineal mixto para diámetro de tallo. Interacción Variedad\*Día ( $p < 0,0001$ );  $R^2 = 0,84$ ; e.e =  $\pm 0,04$ ; LSD Fisher (Alfa = 0,05).

De acuerdo a la Figura 6, las variedades Tropi 101 y Pibe ARG 109 presentaron un diámetro de tallo similar durante todo el ensayo, el mismo que fue en promedio 1,80 cm desde el día 27 hasta el día 67 DDS. De la misma manera, las variedades Tropi 101, Pibe ARG 109 y DAS 3383 demostraron un mayor diámetro de tallo a partir del día 35 hasta el día 67 DDS con 4 mm más a diferencia de la variedad ATL 400 la cual finalizó su crecimiento de diámetro con medidas menores a 1,60 cm. Se identificó que el grosor de tallo de las cuatro variedades se detuvo al día 58 DSS, ya que al comparar sus respectivos diámetros con los del día 67 DDS no fueron distintos ( $p > 0,05$ ). El diámetro de tallo en la variedad DAS 3383 tuvo un crecimiento lineal hasta el día 35 DDS,

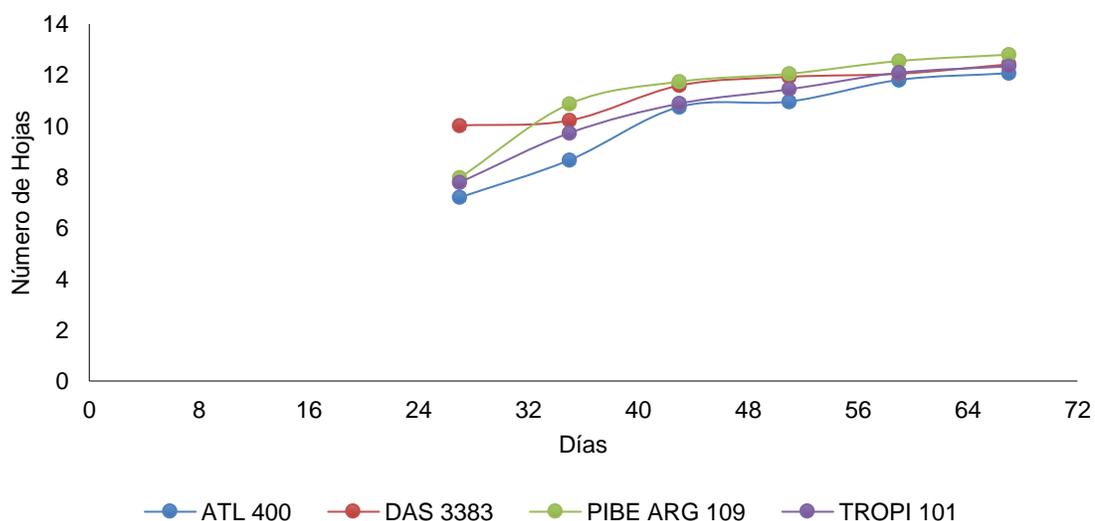
posteriormente se estabilizó con medidas similares a las de las variedades Pibe ARG 109 y Tropi 101.

Vásquez y Ruiz (1993) mencionan que “el grosor del tallo depende de la variedad, las condiciones ambientales y nutricionales del suelo” p.12. De acuerdo a la Figura 6, se puede evidenciar que, las variedades DAS 3383, Pibe ARG 109 y Tropi 101 tuvieron un diámetro de tallo similar a diferencia de ATL 400 que presentó el menor diámetro de tallo, este resultado pudo haber sido generado por el estrés que sufrió la variedad debido a su alta incidencia de *Spodoptera frugiperda* en sus etapas iniciales de desarrollo, mismo que se reflejó en el llenado de grano en la mazorca, ya que a mayor diámetro de tallo se genera un mayor llenado de mazorca tal como lo indica (Barreto et al., 2018).

## Número de Hojas

### Figura 7

*Análisis del número de hojas en relación al día de desarrollo de acuerdo a la variedad.*



Nota: ADEVA del modelo lineal mixto del número de hojas. Interacción Variedad\*Día ( $p < 0,0001$ );  $R^2 = 0,93$ ; e.e =  $\pm 0,14$ ; LSD Fisher (Alfa=0,05).

En la Figura 7 se observa que la variedad DAS 3383 a los 27 DDS alcanzó el 80% del total de sus hojas, mientras que las tres variedades restantes mostraron alrededor del 60 al 70%. Las variedades ATL 400, DAS 3383, Pibe ARG 109 y Tropi 101 al finalizar su desarrollo tuvieron similar cantidad de hojas con un rango de 11 a 12, estos resultados concuerdan con las investigaciones realizadas en híbridos de maíz por Bahena et al. (2017) y Cuenca (2019) donde se presentaron promedios de 12 a 13 hojas.

Deras (2014) indica que, el desarrollo de todas las hojas en la planta de maíz se genera alrededor de los 35 días después de la siembra, tal como se observa en figura 7 con respecto a la variedad DAS 3383 que a los 27 días después de la siembra ya contaba con un alto desarrollo foliar.

### Días a la Floración

**Tabla 6**

*Análisis descriptivo de los días a la floración de maíz de acuerdo a la variedad.*

Pibe ARG 109	Tropi 101	ATL 400	DAS 3383
51 días	58 días	58 días	58 días

Nota: La contabilización de los días se realizó cuando el 50% de las parcelas de evaluación presentaron floración.

En la Tabla 6 se observa que la variedad Pibe ARG 109 fue la más precoz ya que a los 51 DDS completó el 50% de su etapa de floración a diferencia de las tres variedades restantes (Tropi 101, ATL 400 y DAS 3383) las cuales demoraron hasta 58 DDS para completarla. Estos resultados se asemejan a los presentados por Vasco et al. (2017) que describen los días promedio de floración masculina de diferentes híbridos de maíz desde 49,8 a 53,6 días en tres zonas cálidas del Litoral ecuatoriano (Ventanas, Valencia y

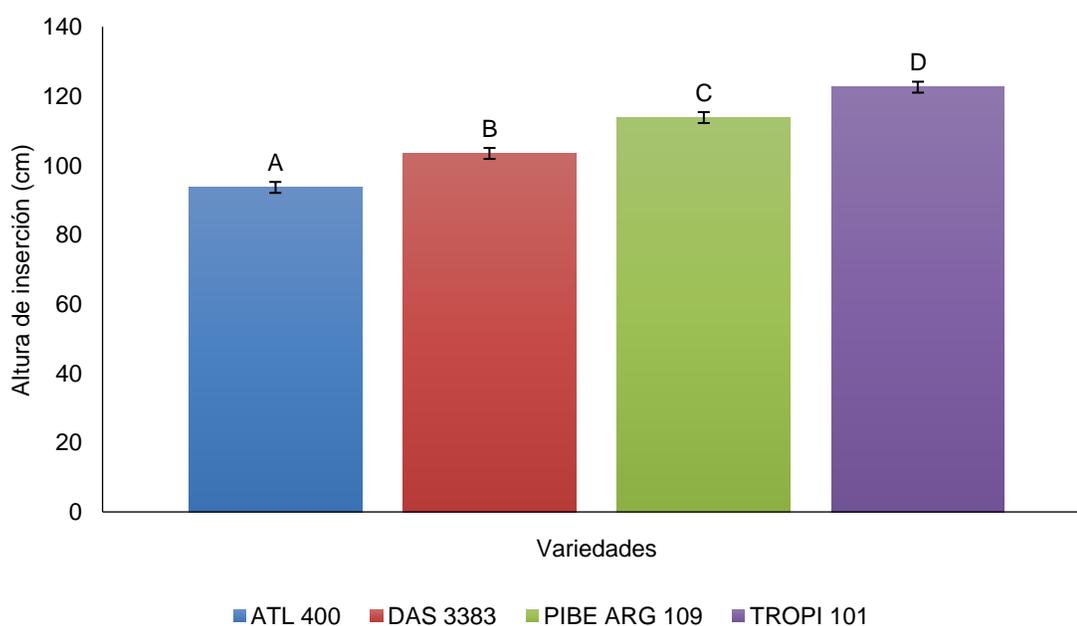
Vinces). Esto puede estar relacionado con la tasa de fotoperiodo y el tiempo de exposición diaria que requiere la planta para alcanzar floración (Martínez, 2015).

Monar (2007) evidenció que, a mayor distanciamiento de siembra se acortan el tiempo a la floración, esto pudo influir en los resultados obtenidos por la variedad Pibe ARG 109, dado que al contener un menor porcentaje de germinación (Figura 4) obtuvo un mayor distanciamiento entre plantas permitiendo un mayor acceso de luminosidad.

### Altura de Inserción de Mazorca

#### Figura 8

*Análisis de la altura de inserción de mazorca (cm) en relación a la variedad a los 75 DDS.*



Nota: ADEVA de la altura de inserción de mazorca (cm), efecto de la Variedad ( $p < 0,0001$ );  $R^2 = 0,84$ ; e.e. =  $\pm 1,58$ ; LSD Fisher (Alfa=0,05).

La Figura 8 indica que si existieron diferencias significativas entre variedades con respecto a la altura de inserción de mazorca. La variedad ATL 400 fue la que presentó

una menor altura de inserción comparado con las tres variedades restantes, las cuales demostraron una longitud de inserción superior a los 100 cm. Por otra parte, la variedad Tropi 101 fue la que mayor altura de inserción de mazorca presentó, seguido por la variedad Pibe ARG 109 y DAS 3383; cabe recalcar que las diferencias en inserción de mazorca entre variedades fueron de aproximadamente 10 cm.

Guamán et al. (2020) mencionan que, a mayor longitud de planta aumenta la altura de inserción de mazorca, este resultado no se evidencia en el comportamiento de las variedades evaluadas debido a que, DAS 3383 y ATL 400 a pesar de poseer mayor tamaño de planta (Figura 5) su inserción de mazorca fue menor en comparación a las demás variedades.

Por otro lado, Esposito et al. (2015) indican que, una menor inserción de espiga contribuye a reducir el efecto palanca que provoca el acame en la planta, tal efecto se pudo observar en las variedades de mayor altura de inserción como son Pibe ARG 109 y Tropi 101.

### Índice de Área Foliar (IAF)

**Tabla 7**

*Análisis descriptivo del índice de área foliar en maíz de acuerdo a la variedad.*

Variedad	Área de evaluación m <sup>2</sup>	Plantas/ parcela	Área foliar /planta	Índice de área foliar
Pibe ARG 109	25,5	82	5,89	18,93
Tropi 101	25,5	138	6,64	35,91
ATL 400	25,5	146	5,9	33,75
DAS 3383	25,5	170	7,77	51,8

Nota: La cantidad del área foliar/planta representa los promedios de las medidas de las hojas de seis plantas tomadas al azar dentro de cada unidad experimental.

De acuerdo a la Tabla 7 la variedad Pibe ARG 109 tuvo el menor índice de área foliar y número de plantas por parcela. Por otra parte, la variedad DAS 3383 alcanzó resultados superiores tanto en índice de área foliar como en número de plantas/parcela; tal como lo indican Sánchez et al. (2011) que a mayor densidad poblacional mayor será el índice de área foliar, sin embargo, esto no ocurre con la variedad ATL 400 en relación a Tropi 101 dado que a pesar de tener una mayor densidad de plantas no obtuvo un mayor índice de área foliar.

Tapia y Camacho (1988) indican que otras condiciones pueden influir en estos resultados tales como; el genotipo, la edad del cultivo, las condiciones ambientales, el fotoperiodo y la posición de las hojas.

### **Estado de Madurez de grano**

**Tabla 8**

*Análisis descriptivo del estado de madurez del grano al momento del corte para ensilaje.*

Variedad	Edad de corte (Días)	Madurez de grano	% Materia seca
Pibe ARG 109	92	Maduro	33,14
Tropi 101	92	Pastoso	30,64
ATL 400	95	Pastoso	28,15
DAS 3383	100	Maduro	22,64

Nota: Observación cualitativa del estado de madurez de grano en base a Demanet & Canales, (2020, pág. 34).

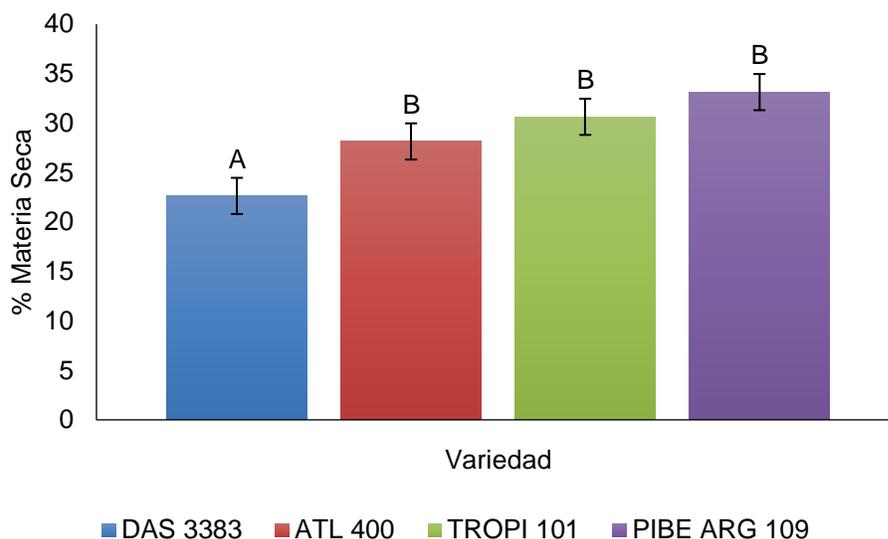
Con base a lo mencionado por Genter et al. (1970), el incremento del peso de la mazorca tiene relación con el estado de madurez de grano lo que posteriormente se refleja en la acumulación de materia seca total, en el caso de la variedad Tropi 101 y ATL 400 (Tabla 8) presentaron una madurez de grano pastoso a la cosecha con menores porcentajes de materia seca en comparación con la variedad Pibe ARG 109. La mayor madurez de grano de Pibe ARG 109 pudo deberse a que presentó una floración precoz a diferencia de las demás.

En la Tabla 8 se puede evidenciar que la variedad DAS 3383 presentó un estado de grano maduro a la cosecha con el menor porcentaje de materia seca. Este dato es distinto a lo presentado por Demanet y Canales (2020) quienes señalan que, el porcentaje de materia seca en estadio de grano maduro es superior al 33%, es decir  $\frac{3}{4}$  partes de grano duro. Los factores que pudieron influir en el porcentaje de materia seca son el nivel de daño por plagas o enfermedades al área foliar, la cantidad de humedad retenida o el factor humano al momento de la toma del dato; de la misma forma Moreno y Molina (2007) mencionan que, para obtener un dato correcto de materia seca se debe tomar la muestra en condiciones similares tales como: hora, clima y edad, esto se relaciona perfectamente con la Figura 9 debido a que la toma de Materia fresca en DASS 3383 se realizó en horas de la mañana en un día bastante nublado donde las plantas tenían más contenido de humedad por la baja evaporación.

## Porcentaje de Materia Seca

**Figura 9**

*Análisis del porcentaje de materia seca a la cosecha para la realización del silo.*



Nota: ADEVA del porcentaje de materia de maíz al corte para silo acorde a la Variedad ( $p < 0,0042$ );  $R^2 = 0,48$ ; e.e. =  $\pm 1,83$ ; LSD Fisher (Alfa=0,05).

En la Figura 9 se observa que la variedad DAS 3383 presentó el menor porcentaje de materia seca a diferencia de las variedades Pibe ARG 109, Tropi 101 y ATL 400, con un valor de 22%. Sin embargo, en la Tabla 9, DAS 3383 presentó un mayor promedio de peso en materia fresca respecto a las otras variedades de maíz, esto se puede atribuir al menor grado de incidencia de mancha de asfalto en el cultivo a diferencia de las otras variedades. Ertle & Schwarz (2003) señalan que el incremento de materia seca en distintos híbridos de maíz puede deberse a problemas en el follaje o senescencia de las mismas. La variedad Pibe ARG 109 presentó una mayor presencia de la enfermedad seguido por TROPI 101 y en menor escala ATL 400. También hay que destacar que la enfermedad presenta una mayor incidencia en fase de floración y en condiciones de

humedad propicias (Deras & Flor de Serrano, 2018), lo que se relaciona con la afección en Pibe ARG 109 debido a una floración más temprana.

### Rendimiento de Materia Fresca y Materia Seca

**Tabla 9**

*Análisis de materia fresca y materia seca (kg/ha) en relación a la variedad.*

Variedad	Plantas/m <sup>2</sup>	Kg		Kg	
		MF/Planta	MS/Planta	MF/ha	MS/ha
Pibe ARG 109	3,22	0,64	0,21	20427,65	6809,22
Tropi 101	5,41	0,57	0,18	31059,02	9957,65
ATL 400	5,73	0,6	0,17	34281,37	9504,31
DAS 3383	6,67	0,66	0,15	44133,44	10027,78

Nota: Rendimiento de las variedades en materia fresca (MF) y materia seca (MS) por hectárea.

Conforme a la Tabla 9, la variedad que obtuvo un mayor rendimiento promedio por hectárea tanto en materia fresca y materia seca fue DAS 3383, seguido por ATL 400 y Tropi 101; la variedad que menos rendimiento obtuvo fue Pibe ARG 109.

Sánchez et al. (2011) describe la relación positiva que tiene la densidad de plantas con el rendimiento de materia fresca y seca, en su investigación presenta los siguientes resultados de materia fresca: a) 37,3 t/ha (83 000 plantas/ha), b) 32,1 t/ha (62 500 plantas/ha) y c) 25,5 t/ha (50 000 plantas/ha); de la misma forma, Camarasa et al. (2019) evidencian datos de materia fresca de: a) 66,1 t/ha (70 000 plantas/ha), b) 52,8 t/ha (50 000 plantas/ha) y c) 53,6 t/ha (30 000 plantas/ha), mientras que en este ensayo se mantuvo la relación positiva de acuerdo al porcentaje de germinación de cada variedad (Figura 4) con los siguientes resultados: a) 44,13 t/ha DAS 3383 (66 666 plantas/ha), b)

34,28 t/ha ATL 400 (57 254 plantas/ha), c) 31,06 t/ha Tropi 101 (54 117 plantas/ha) y d) 20,43 t/ha Pibe ARG 109 (32 156 plantas/ha).

### Porcentaje de Grano

**Tabla 10**

*Análisis del porcentaje de grano en materia seca de acuerdo a la variedad para la realización de silo.*

Variedad	Medias	n	e.e	LSD Fisher
Tropi 101	30,58	6	2,36	A
ATL 400	31,39	6	2,36	A
Pibe ARG 109	31,98	6	2,36	A
DAS 3383	34,29	6	2,36	A

Nota: ADEVA del porcentaje de grano en relación de la Variedad ( $p < 0,7160$ );  $R^2 = 0,06$ ; e.e =  $\pm 2,36$ ; LSD Fisher (Alfa=0,05).

Hunter (1986) nos indica que, la calidad de silo no depende directamente de un mayor porcentaje de grano, dado que este es un indicativo en la digestibilidad debido a que existe un aumento en la lignificación de los demás componentes de la planta.

De acuerdo al análisis LSD Fisher presentado en la Tabla 10, no hay diferencias significativas entre las cuatro variedades de maíz con respecto al porcentaje de grano evaluado en materia seca, es decir que existe alrededor de un 32% en promedio entre las variedades, estos resultados fueron similares a los obtenidos por Schroeder et al. (2000) donde menciona que, en ensilajes realizados de cultivos comerciales se obtuvo un porcentaje de grano menor al 30%, sin embargo, Castaño y Gutiérrez (2002) bajo

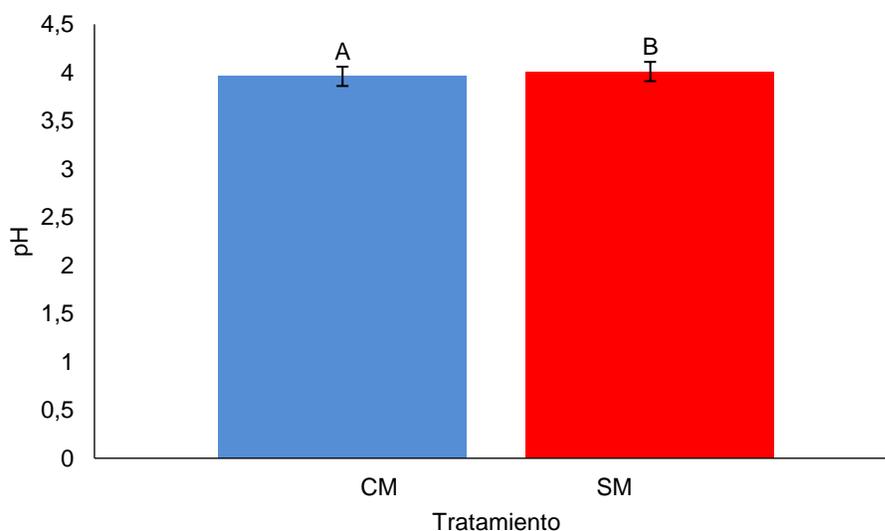
condiciones de ensayo, obtuvieron valores de 43 a 57% indicando que es necesario elegir correctamente un híbrido y el momento en que se va a cosechar.

### Análisis de pH

Una vez realizado el ADEVA para el pH en el silaje, se evidenció un efecto significativo sobre los tratamientos ( $p < 0,055$ ), más no para variedades ( $p = 0,2862$ ), ni para interacción Tratamiento\*Variedad ( $p = 0,7792$ ).

### Figura 10

*Análisis del pH de las bolsas de silo de acuerdo al tratamiento con microorganismos.*



Nota: ADEVA de la variación del pH en relación a los Tratamientos ( $p < 0,055$ );  $R^2 = 0,94$ ; e.e =  $\pm 0,01$ ; LSD Fisher (Alfa = 0,05).

El uso de microorganismos en ensilajes es una forma de acortar la fermentación y alcanzar la estabilidad del silo a través de bacterias anaeróbicas. Según Demanet (2017), las bacterias homofermentativas tales como *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus spp* y *Enterococcus spp* permiten una rápida disminución del pH del silo,

asegurando la proliferación de bacterias ácido lácticas que contribuyen a la conservación de energía y proteína en el ensilaje.

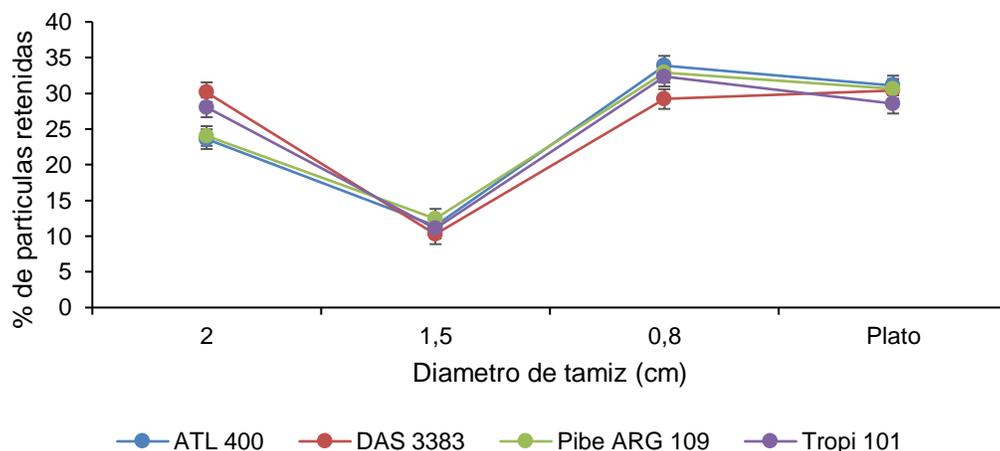
En la Figura 10 se evidencia que existió diferencia significativa entre tratamientos ( $p < 0,055$ ), sin embargo, dichos valores fueron imperceptibles ya que el rango de pH medido fue de 3,9 en el caso de las bolsas con tratamiento y de 4,01 en el caso de las bolsas sin tratamiento, estos resultados fueron mayores a los obtenidos por Cubero et al. (2010) quienes observaron que, en el caso del silo de maíz los parámetros óptimos de pH varían entre 3,49-3,53 para bolsas sin aditivos y de 3,50-3,55 para bolsas con aditivos de bacterias homofermentativas, por otro lado Hansen (2014) menciona que, en silos de maíz generalmente el pH puede diferir entre 4,0 y 3,5.

Por su parte Jaurena (2008) cuestiona el uso de inoculantes biológicos en el ensilaje de maíz debido a su baja tasa de variación de pH mismo que se evidencia en la Figura 10.

## Fibra Efectiva

**Figura 11**

*Análisis del porcentaje de partículas retenidas en relación al tamaño de partícula en silo de maíz de distintas variedades.*



Nota: ADEVA del porcentaje de partícula de silo retenido para cada tipo de tamiz. Interacción Variedad\*Diámetro de tamiz ( $p=0,0071$ ); ADEVA  $R^2=0,91$ ; e.e=  $\pm 1,38$ ; LSD Fisher (Alfa=0,05).

En la figura 11 se observó que, las variedades Pibe ARG 109 y ATL 400 presentaron valores similares en cuanto a la retención de partículas en el tamiz de 2 cm con un valor del 25%; en cuanto a los tamices de 1,5 y 0,8 cm, las variedades anteriormente mencionadas en conjunto con Tropi 101 acumularon alrededor del 45% de partículas de materia seca, además, esta última variedad al igual que DAS 3383 retuvieron cerca del 30% de partículas con el tamiz de 2 cm, sin embargo la misma variedad DAS 3383 fue la única con una retención menor al 40% en los tamices de 1,5 y 0,8 cm. El valor de retención de partículas en el plato se mantuvo cerca de 30% en todas las variedades.

Las partículas retenidas en el tamiz de 2 cm fueron mayores al 23% independiente de cada variedad a diferencia de los obtenidos por Neto et al. (2014) y Beauchemin y Yang (2005) con resultados del 17% y 20% respectivamente, en cuanto a la proporción en conjunto de los tamices de 1,5 y 0,8 cm presentaron alrededor del 15% más de partículas retenidas, además, obtuvieron resultados por debajo del 23% de partículas en el plato en comparación a los datos presentados en la figura 11. Sus evaluaciones fueron realizadas en dos picados tentativos de 10 y 19 mm.

Tal como se pudo observar en los datos presentados anteriormente, aumentar el tamaño de picado tentativo disminuye el porcentaje de partículas menores a 0,8 cm, y se refleja un aumento en las proporciones de mayor diámetro, sin embargo, esto no se evidencia en el ensayo a pesar de tener una mayor acumulación de materia seca en los tamices de 2 cm. Por otro lado, la tasa de acumulación en el plato se mantuvo cerca del 30%, lo que se considera como límite superior aceptable dentro de un separador de PSPS en base a lo mencionado por Gregoret y Gallardo (2006) quienes también indican que es recomendable tener un menor valor de partículas finas. Esto se relaciona a nivel nutricional, ya que un tamaño de partícula menor a 8 mm contribuye a un desequilibrio en los procesos de rumia que, posteriormente disminuye la producción de saliva lo que desencadena una alteración en el pH ruminal provocando severas complicaciones en el bovino como acidosis (Hutjens, 2003).

Heinrichs y Kononoff (2019) establecen que los rangos óptimos de acumulación de partículas en el tamiz medio (entre 1,9 cm y 0,8 cm) es de 45 a 65%, lo que se relaciona con los valores obtenidos en la investigación (Figura 11).

**Tabla 11**

*Análisis de fibra digestible neutra físicamente efectiva de acuerdo a la variedad de maíz ensilada.*

Variedad	FDN	Factor de eficacia física	FDNef %MS
DAS 3383	46	0,69	31,8
Pibe ARG 109	46	0,69	31,86
ATL 400	46	0,7	32,07
Tropi 101	46	0,71	32,63

Nota: ADEVA de la FDNef calculado en base al factor de efectividad física de cada Variedad ( $p=0,6594$  NS);  $R^2=0,08$ ; e.e=  $\pm 0,52$ ; LSD Fisher (Alfa=0,05).

No se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de FDNef en las diferentes variedades ( $p>0,05$ ), dando como resultado una igualdad estadística en la cantidad de fibra efectiva independientemente de la variedad y la cantidad de materia seca retenida en la sección de corte (Tabla 11).

Los valores obtenidos sobre el factor de eficacia física en el ensayo fueron de aproximadamente 0,70 representando el comportamiento de un material con una tendencia de picado medio a fino ( $\leq 11$  mm) en base a lo presentado por Beauchemin y Yang (2005) con resultados de 0,73 para picado medio y 0,67 para picado fino. Por otro lado, Palladino et al. (2006) menciona, que obtener una mayor cantidad de partículas menores a 10 mm tienden a disminuir la FDNef en el silo.

Los silos con un valor alto de FDNef a nivel nutricional se relacionan con un mayor tiempo de alimentación, una menor tasa de pasaje, un aumento en el tiempo de rumia (6 a 8 h/día), por el contrario, si la FDNef es baja la tasa de rumia es menor generando

problemas digestivos como acidosis (Santini, 2014). Los valores obtenidos de FDNef fueron de alrededor del 32% (Tabla 11), este resultado se relaciona con los obtenidos por Beauchemin y Yang (2005) con 33,58%, sin embargo, Neto et al. (2014) obtuvo un 41,96% de FDNef con una tasa promedio de picado de 11 mm en las 2 investigaciones. En relación a los datos presentados Mertens (2002) indica que el porcentaje de FDNef para partículas de maíz entre 0,6 y 1 cm es del 34% teniendo en cuenta un factor de eficiencia de 0,80 y un FDN del 40%.

### Correlaciones entre variables

**Tabla 12**

*Correlaciones de Pearson entre las variables evaluadas en la investigación.*

	Altura de planta	Diámetro de tallo	Número de hojas	Inserción de mazorca	% Materia seca total
Altura de planta	1	< 0,0001	< 0,0001	0,0009	0,0002
Diámetro de tallo	0,54	1	< 0,0001	0,0005	< 0,0001
Número de hojas	0,79	0,64	1	0,93	0,0074
Inserción de mazorca	-0,5	-0,53	0,01	1	0,0338
% Materia seca total	0,68	0,71	0,53	-0,43	1

Nota: Coeficiente de correlación de Pearson, parte baja, valores p ( $p < 0,1$ ) entre variables evaluadas, parte superior.

En la Tabla 12 se puede evidenciar que, a mayor altura de planta se incrementa el diámetro de tallo, de la misma manera, estas dos variables inciden en el aumento de la tasa de aparición de hojas. Por otra parte, al incrementar el diámetro de tallo se reduce

la altura de inserción de mazorca. En cuanto al número de hojas no existió una relación de hojas eleva el porcentaje de materia seca. Geiger et al. (1986) indica que, el porcentaje de materia seca se ve influenciado por los componentes aéreos de la planta principalmente por las hojas y el tallo lo que implica mayor producción de biomasa.

Por otra parte, a medida que aumenta el tamaño de la planta, la inserción de mazorca es menor y el porcentaje de materia seca aumenta, a diferencia de lo presentado por Guamán et al. (2020) en donde la correlación de Pearson para inserción de mazorca fue positiva.

### Implicaciones

**Tabla 13**

*Consumo de silo como única fuente en la dieta de acuerdo al peso del animal.*

Silo MF (kg/ha)	Peso promedio (kg/animal)	Consumo de MS en PV (%)	Ración de silo (kg/animal)	Consumo de 50 animales (kg)	Duración del alimento (días)	Ganancia de peso diario (kg/animal)
31059	300	2,8	28	1400	22	0,8
	350	2,7	32	1575	20	0,8
	400	2,5	33	1667	19	0,8
	500	2,4	40	2000	16	0,8

Nota: Tiempo de alimentación de 50 animales en base al consumo MS/PV (%) y el rendimiento de una hectárea de silo al 30% de MS.

Un animal con una ganancia de peso de 0,8 kg/día requiere consumir 28 kg/día de silo en materia fresca. El consumo de silo aumenta conforme se incrementa el peso del animal y los días de duración del alimento disminuyen, por esta razón, con los datos

presentados en la tabla 13 se puede evidenciar la cantidad de producción de silo (MF) en una hectárea y realizar el estimado para el manejo de 50 animales de 300 kg de peso con un objetivo de 500 kg. Se necesitan alrededor de 250 días para alcanzar el peso objetivo y una producción de aproximadamente 13 ha, mismas que pueden ser fraccionadas utilizando 6,5 hectáreas con 2 ciclos de cultivo.

**Tabla 14**

*Consumo de silo como fuente secundaria en dietas formuladas de acuerdo al peso del animal.*

Rendimiento de silo MF (kg/ha)	Peso promedio (kg/animal)	Consumo de MS en PV (%)	Ración de silo (kg/animal)	Consumo de 50 animales (kg)	Duración del alimento (días)	Ganancia de peso diario (kg/animal)
31059	300	1	10	500	62	0,3
	350	1	12	583	53	0,3
	400	1	13	667	47	0,3
	500	1	17	833	37	0,3

Nota: Tiempo de alimentación de 50 animales en base al 1% de consumo (MS/PV) y el rendimiento de una hectárea de silo al 30% de MS.

Dentro de una dieta formulada con relación de 35:65, se garantiza una ganancia de 0,3 kg/día usando el silo como complemento, en la Tabla 14 se puede observar que la ración de silo en MF aumenta conforme al peso, pero, la duración del alimento es menor. Se necesitan alrededor de 5 hectáreas de cultivo de maíz destinado al ensilaje para cubrir el 35 % de la dieta en los 250 días que se requiere para alcanzar los 500 kg de peso en los 50 animales.

## Capítulo V

### Conclusiones

Con base a los resultados obtenidos en este trabajo de titulación se concluye lo siguiente:

Que una correcta selección del híbrido, un buen tratamiento de semilla y buenas prácticas de siembra influyen sobre el rendimiento de MS/ha, al aumentar la tasa de germinación en campo.

Se evidenció que el porcentaje de grano no tiene diferencias significativas entre variedades, por lo cual se concluye que la selección del híbrido a ensilar no estaría siempre sujeto a esta variable, debido a que esta se correlaciona con el porcentaje de materia seca de la planta y la altura de cosecha.

En cuanto al análisis de pH se concluyó que el uso de microorganismos homofermentadores no influye sobre el pH de estabilización óptimo de los silos para cada variedad, debido a que estos se mantuvieron dentro de los niveles óptimos para ensilaje de maíz

Se concluyó que el contenido de FDNef en el silo no tuvo diferencias entre variedades debido a un factor de eficiencia física similar en el análisis Penn State.

## Recomendaciones

Se recomienda seguir un plan de manejo adecuado iniciando desde la correcta selección del método de siembra hasta la cosecha incluyendo planes de fertilización adecuados, controles fitosanitarios preventivos y manejo de malezas con el fin de brindar a los cultivos un mejor desarrollo que se vea reflejado en su rendimiento y producción de materia seca altamente digestible.

Se recomienda elegir el momento óptimo para ensilar las plantas de maíz indistintamente de la variedad que se establezca, teniendo en cuenta principalmente el estado de madurez de grano y porcentaje de materia seca a la cosecha, esto permitirá una buena fermentación y conservación del forraje, así como también alta palatabilidad animal.

Se debe tomar en cuenta que para obtener un mejor funcionamiento del rumen es necesario que las partículas de silo se concentren en mayor proporción sobre los 8 mm, además se recomienda balancear el contenido de energía con el de la fibra en la dieta.

Se recomienda realizar las respectivas tomas de datos en condiciones similares de hora, clima y edad del cultivo para una mayor precisión en los resultados a obtener.

Se recomienda el uso del método PSPS (Penn State) para determinar el tamaño de partículas objetivo ya que se considera actualmente una herramienta útil en el campo nutricional para pequeños y medianos productores.

## Bibliografía

Arcila, J. (2012). *Producción de silo de maíz en San Pedro de los Milagros para suplementación bovina*. Obtenido de Corporación Universitaria Lasallista: <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/943/1/produccion%20de%20silo%20de%20maiz%20en%20san%20pedro%20de%20los%20milagros%20para%20suplemantacion%20bovina.pdf>

Argenetics. (2020). *PIBE ARG 109*. Obtenido de Solagro.

Ashbell, G., & Weinberg, Z. (2001). Ensilaje de cereales y cultivos forrajeros en el trópico. *En Uso del Ensilaje en el Tropic Privilegiando Opciones para Pequeños Campesinos*. FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/3/X8486S/x8486s09.htm#bm9>

Bahena, G., Castillo, A., Broa, E., Olvera, M., Jaime, M., & García, F. (Mayo de 2017). Respuesta agronómica de maíces híbridos a la fertirrigación en Xalostoc, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(3). Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342017000300531](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000300531)

Barreto, A., Flor, J., Santana, F., Pico, J., Trueba, S., & Bravo, R. (10 de Noviembre de 2018). Crecimiento y producción del maíz, *Zea mays* L. en huertos biointensivos y convencionales en Lodana, Manabí, Ecuador. *Journal of Science and Research: Revista de Ciencia e investigación*, 3(4). Obtenido de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/604>

Beauchemin, K., & Yang, W. (1 de Junio de 2005). Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on

corn silage. *Journal of Dairy Science*, 88(6), 2117-2129. Obtenido de [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(05\)72888-5/fulltext#secd56955251e2818](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(05)72888-5/fulltext#secd56955251e2818)

Blessing, D., & Hernández, G. (Mayo de 2009). *Comportamiento de variables de crecimiento y rendimiento en maíz (Zea mays L.) VAR. NB-6 bajo prácticas de fertilización orgánica y convencional en la Finca El Plantel. 2007-2008*. Obtenido de Universidad Nacional Agraria: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01b647.pdf>

Camarasa, J., Barletta, P., & Larrosa, F. (Agosto de 2019). Rendimiento de forraje y calidad nutricional con densidad bajas en maíz para ensilaje. *INTA*, 10(40), 38-41.

Carrete, J. R., & Scheneiter, O. (2012). Maíz para Silaje. En *Bases para el manejo del Cultivo de Maíz* (1 ed., Vol. 1, págs. 219-233). G. H. Eyhérbide. Obtenido de <https://www.forrtec.com.ar/uploads/232-20181123084313-pdfEs.pdf>

Castaño, J., & Gutiérrez, L. (2002). Evaluación de híbridos de maíz para silaje. *Revista Argentina Producción Animal*, 22(1), 171-172.

CFN. (Septiembre de 2018). *Ficha sectorial: Cultivo de Maíz*. Obtenido de Corporación Financiera Nacional: Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2018/FS-Cultivo-de-Maiz.pdf>

Cubero, J. F., Rojas, A., & WingChing, R. (Diciembre de 2010). Uso del inóculo microbiano elaborado en finca en ensilaje de maíz (*Zea mays*). valor nutricional y fermentativo. *Agronomía Costarricense*, 34(2), 237-250. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/262503461\\_Uso\\_del\\_inoculo\\_microbial](https://www.researchgate.net/publication/262503461_Uso_del_inoculo_microbial)

\_elaborado\_en\_finca\_en\_ensilaje\_de\_maiz\_Zea\_mays\_Valor\_nutricional\_y\_fermentativo

Cuenca, S. (Diciembre de 2019). *Alta densidad de siembra en el comportamiento agronómico de cuatro híbridos de maíz (Zea mays L.) Santa Elena*. Obtenido de Universidad Agraria del Ecuador: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CUENCA%20LOPEZ%20SHYLA%20SAMANTHA.pdf>

Demagnet, R. (Octubre de 2017). *Aditivos biológicos para ensilajes*. Obtenido de Plan Lechero Watts: <https://www.watts.cl/docs/default-source/charlas-a-productores/aditivos-biologicos-para-ensilajes.pdf?sfvrsn=4>

Demagnet, R. (Noviembre de 2017). *Sellado de silos*. Obtenido de Plan Lechero Watts: <https://www.watts.cl/docs/default-source/charlas-a-productores/sellado-de-silos.pdf?sfvrsn=4>

Demagnet, R., & Canales, C. (2020). *Manual de cultivo de maíz para ensilaje (2020 ed., Vol. 1)*. F. Deck; A. Knopel; L. Reyes; J. Vásquez. Obtenido de <http://www.watts.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-cultivo-del-ma%C3%ADz-para-ensilaje-2020-versi%C3%B3n-digital.pdf?status=Temp&sfvrsn=0.26297860107998994>

Deras, H. (2014). *Guía técnica del cultivo del maíz*. Obtenido de IICA: <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>

Deras, H., & Flor de Serrano, R. (2018). *Cultivo de Maíz (Zea mays L.)*. Obtenido de CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL "Enrique Álvarez Córdova":

[http://centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Centa\\_Ma%C3%ADz%202019.pdf](http://centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Centa_Ma%C3%ADz%202019.pdf)

ECUAQUIMICA. (2019). *SEMILLA DE MAÍZ HÍBRIDO ATL 400 – ECUAQUIMICA*.

Obtenido de ECUAQUIMICA: <http://www.ecuaquimica.com.ec/producto/semilla-de-maiz-hibrido-atl-400/>

Endicott, S., Brueland, B., Keith, R., Schon, R., Bremer, C., Farnham, D., . . . Carter, P.

(2015). *Maíz: Crecimiento y desarrollo*. Obtenido de PIONEER:

[https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin\\_America\\_Central/Chile/Servicios/Informacion\\_tecnica/Corn\\_Growth\\_and\\_Development\\_Spanish\\_Version.pdf](https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf)

Esposito, G., Balboa, G., Cerliani, C., & Balboa, R. (2015). Rendimiento potencial de maíz.

En *El cultivo de maíz en San Luis* (INTA ed., págs. 32-52). Jorge Garay y Juan Colazo. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_maizensanluis.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_maizensanluis.pdf)

Ettle, T., & Schwarz, F. (2003). Effect of maize variety harvested at different maturity

stages on feeding value and performance of dairy cows. *Animal Reseach, EDP Sciences*, 52(4), 337-349. Obtenido de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00889974/document#:~:text=While%20the%20maize%20variety%20had,relative%20to%20maturity%20stage%201.>

FarmAgro. (2020). *Linea comercial de productos PIONEER DAS3383*. Obtenido de

FarmAgro:

<https://www.farmagro.com/uploads/fichas/474f8289fb00a099b8cc7b5dd1e441fcff948ca8ad1fe5aa.pdf>

Fassio, A., Ibañez, W., Fernández, E., Cozzolino, D., Pérez, O., Restaino, E., . . . Vergara, G. (2018). *El cultivo de maíz para la producción de forraje y grano y la influencia del agua*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Obtenido de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8897/1/st-239-2018.pdf>

Fernández, A. (1999). *El silaje y los procesos fermentativos*. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal: [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_silos/01-el\\_silaje\\_y\\_los\\_procesos\\_fermentativos.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/01-el_silaje_y_los_procesos_fermentativos.pdf)

Fernández, M., Zambrano, S., Zumba, L., & López, G. (Septiembre de 2017). Consideraciones generales sobre el proceso de elaboración de silos. *Roca*, 14(3). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6759753.pdf>

Garcés, A., Berrio, L., Ruiz, S., Serna, J., & Builes, A. (Noviembre de 2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*, Volumen I(Nº 1), p. 68. Obtenido de <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/179/1/066-71%20Ensilaje%20como%20fuente%20de%20alimentaci%C3%B3n%20para%20el%20ganado.pdf>

Geiger, H., Melchinger, A., & Schmidt, G. (1986). Analysis of factorial crosses between flint and dent maize inbred lines for forage performance and quality traits. En *Breeding of Silage Maize* (págs. 147-154). O. Dolstra y P. Miedema. Obtenido de <https://edepot.wur.nl/318529#page=140>

Genter, C., Jones, G., & Carter, M. (1 de Julio de 1970). Dry matter accumulation and depletion in leaves, stems and ears of maturing maize. *Agronomy Journal*, 62(4),

535-537. Obtenido de  
<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1970.00021962006200040033x>

Gregoret, R., & Gallardo, M. (21 de Marzo de 2006). *Ensilajes: ¿por qué es importante el tamaño de picado?* Obtenido de INTA: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/ensilajes-porque-importante-tamano-t26277.htm>

Gualoto, A. R. (Abril de 2013). *Evaluación del contenido nutricional del sijale de maíz en forma de microsilos inoculados con bacterias ácido lácticas.* Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4767/6/UPS-YT00151.pdf>

Guamán, R., Desiderio, X., Villavicencio, Á., Ulloa, S., & Romero, E. (Mayo de 2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2). Obtenido de <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/2196/2929#info>

Hansen, C. (2014). *Evaluando la calidad de ensilaje.* Obtenido de Sitio de Argentino de producción animal: [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_silos/247-evaluando.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/247-evaluando.pdf)

Heinrichs, J., & Kononoff, P. (16 de Agosto de 2019). *Evaluando el tamaño de partículas de forrajes y RTMs usando el nuevo separador de partículas de forrajes de Penn State.* Obtenido de Universidad Estatal de Pensilvania: <https://dairy-cattle.extension.org/evaluando-el-tamano-de-particula-de-forrajes-y-rtms-usando-el-nuevo-separador-de-particulas-de-forraje-de-penn->

state/#:~:text=tama%C3%B1o%20de%20part%C3%ADcula.-  
 ,El%20nuevo%20Separador%20de%20Part%C3%ADculas%20de%20Forraj

Hunter, R. B. (1986). Selecting hybrids for silage maize production: a Canadian experience. En *Breeding of Silage Maize* (págs. 140-146). O. Dolstra y P. Miedema. Obtenido de <https://edepot.wur.nl/318529#page=140>

Hutjens, M. (2003). *Guía de alimentación* (Segunda edición ed., Vol. 1). HOARD'S DAIRYMAN EN ESPAÑOL. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=IjMc9zztMfUC&pg=PA2&lpg=PA2&dq=Gu%C3%ADa+de+Alimentaci%C3%B3n.+segunda.+Fort+Atkinson:+Hoard%27s+Dairyman+en+Espa%C3%B1ol.&source=bl&ots=iFCalm5pDw&sig=ACfU3U2TcrK nzQxQU6L9XCgfk n-Fusrz7Q&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwipkL-z7uz1>

INEC. (2020). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Obtenido de INEC: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>

Izquierdo, R. A. (Enero de 2012). *Evaluación del cultivo de maíz (Zea mays), como complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1832/15/UPS-YT00102.pdf>

Jaurena, G. (2008). Contribución de la inoculación bacteriana a la fermentación de silajes de planta entera de maíz y sorgo. *Revista Argentina de Producción Animal*, 28(1), 21-29. Obtenido de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bibunfa.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=016638>

- Lafitte, H. R. (1994). *Identificación de problemas en la producción de maíz tropical: guía de campo*. CIMMYT. Obtenido de [https://semillastodoterreno.com/wp-content/uploads/2011/05/identificacion\\_problemas\\_produccion\\_maiz\\_tropical.pdf](https://semillastodoterreno.com/wp-content/uploads/2011/05/identificacion_problemas_produccion_maiz_tropical.pdf)
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). Conservación de forrajes. En *Pastos y forrajes del Ecuador: siembra y producción de pasturas* (págs. 539-545). Abya Yala.
- López, J. I. (Junio de 2004). *Uso y funcionamiento de sembradoras de precisión en sistemas de labranza de conservación*. Obtenido de Universidad Autónoma Agraria:  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1299/USO%20Y%20FUNCIONAMIENTO%20DE%20SEMBRADORAS%20DE%20PRECISION%20EN%20SISTEMAS%20DE%20LABRANZA%20DE%20CONSERVACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez, A., Argamentoría, A., & de la Roza, B. (2014). *Manejo de forrajes para ensilar*. Obtenido de Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentaria (SERIDA) del Principado de Asturias, Villaviciosa, Asturias, España:  
<https://ria.asturias.es/RIA/bitstream/123456789/5501/1/Archivo.pdf>
- Martínez, D. (Marzo de 2015). *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Obtenido de Repositorio INTA: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_maizensanluis.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_maizensanluis.pdf)
- Masaquiza, J. (2016). *Valoración del rendimiento de maíz (Zea mays) en relación con la aplicación de biodegradantes en el sector la Isla, cantón Cumandá* ). Obtenido de Universidad Técnica de Ambato:  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24084/1/tesis%20005%20Ing>

enier%C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Juan%20carlos%20Masaquisa%20-%20cd%20005.pdf

Mendieta, B., Fariñas, T., Reyes, N., & Mena, M. (2015). *Conservación de Forrajes*.

Obtenido de CGIAR:  
[https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/70061/Manual\\_conservacion\\_de\\_forrajes\\_CRS\\_USDA\\_CIAT\\_2015.pdf?sequence=3](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/70061/Manual_conservacion_de_forrajes_CRS_USDA_CIAT_2015.pdf?sequence=3)

Mertens, D. R. (2002). *Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets*. Obtenido

de USDA-ARS, Madison, WI:  
<https://www.nutritionmodels.com/papers/MertensPNC2002.pdf>

Monar, C. (2007). *Efecto de épocas de siembra y densidad de maíz (Zea mays L.) en el sistema intercalado con caupí (Vigna unguiculata Walp)*. Obtenido de Universidad de Puerto Rico.

Montenegro, B. (2021). *Alternativas de alimentación de rumiantes en el trópico*

*Ecuatoriano*. Grupo Compás. Obtenido de  
<https://www.uteq.edu.ec/doc/investigacion/libros/58.pdf>

Moreno, F., & Molina, D. (2007). *Buenas Practicas Agropecuarias (BPA) en la producción*

*de ganado de doble propósito bajo confinamiento* (1 ed.). CTP Ltda. Obtenido de  
<https://www.fao.org/3/a1564s/a1564s00.htm>

Neto, A., Bispo, A., Junges, D., Bercht, A., Zopollatto, M., Daniel, J., & Nussio, L. (18 de

September de 2014). Exchanging physically effective neutral detergent fiber does not affect chewing activity and performance of late-lactation dairy cows fed corn and sugarcane silages. *Journal of Dairy Science*, 97(11), 7012-7020. Obtenido de

[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(14\)00643-2/fulltext#relatedArticles](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(14)00643-2/fulltext#relatedArticles)

Oude, S., Driehuis, F., Gottschal, J., & Spoelstra, S. (2001). Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación. En *Uso del Ensilaje en el Tropic Privilegiando Opciones para Pequeños Campesinos*. FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/3/X8486S/x8486s04.htm#bm04>

Palladino, A., Wawrzkievicz, M., & Bargo, F. (2006). *La Fibra*. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal: [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/66-fibra.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/66-fibra.pdf)

Ramírez, H. A. (2009). *Ensilado de maíz para ganado lechero. Consejos prácticos ilustrados para mejorar la calidad del ensilado*. Obtenido de Sitio Argentino de Producción animal: [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_silos/287-Ensilado\\_de\\_maiz.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/287-Ensilado_de_maiz.pdf)

Reyes, P. (1990). *El maíz y su cultivo* (Tercera edición ed.). AGT.

Sánchez, I. (15 de Diciembre de 2014). Maíz I (Zea mays). *Reduca (Biología). Serie Botánica.*, 7(2), 151-171.

Sánchez, M., Aguilar, C., Valenzuela, N., Sánchez, C., Jiménez, M., & Villanueva, C. (2011). Densidad de siembra y crecimiento de Maíces Forrajeros. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 281-295. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5039885>

- Santini, F. (Mayo de 2014). *Conceptos básicos de la nutrición de rumiantes*. Obtenido de INTA: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_curso\\_nutricin\\_animal\\_aplicada\\_2014.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_curso_nutricin_animal_aplicada_2014.pdf)
- Schroeder, G., Elizalde, J., & Fay, J. (2000). Caracterización del valor nutritivo de los silajes de maíz producidos en la provincia de Buenos Aires. *Revista Argentina Producción Animal*, 20(3-4), 161-177.
- Tapia, H., & Camacho, A. (1988). *Manejo integrado de la producción de Frijol basado en labranza cero*. TZ-Verlag-Ges.
- Tinoco, C., Fonseca, A., Villareal, E., & Ruiz, A. (Septiembre de 2008). Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Scielo*, 34(3). Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0568-25172008000300001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172008000300001)
- Titterton, M., & Bareeba, F. (Diciembre de 2001). *Ensilaje de gramíneas y leguminosas en los trópicos*. Obtenido de FAO: <https://www.fao.org/3/x8486s/x8486s06.htm#bm06>
- TROPICORN. (2017). *Hibrido TROPI-101*. Obtenido de Croper.com: <https://www.croper.com/73-agro-reza/36-granos-y-cereales/3542-maiz-tecnificado/6771-maiz-hibrido-tropi-101-x-60-000-semillas>
- Uset, O. A., & Lazzaro, M. (Marzo de 2009). *Reservas Forrajeras*. Obtenido de INTA: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-reservas-forrajeras.pdf>
- Vasco, A., Saenz, C., Vasco, S., & Vasco, D. (12 de Diciembre de 2017). Comportamiento agronómico y evaluación económica de híbridos de maíz cristalino duro (*Zea mays*

L.) en tres zonas agroecológicas del Litoral ecuatoriano. *Siembra*, 4(1), 66-75.

Obtenido de

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/501/489>

Vásquez, J., & Ruiz, O. (1993). *Influencia de cultivos antecesores y métodos de control en malezas sobre la cenosis de las malezas, crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de maíz (Zea mays L.), sorgo (Sorghum bicolor (L) Moench) y pepino (Cucumis sativus L.)*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria: <https://repositorio.una.edu.ni/1482/>

Villacrés, R. (28 de Septiembre de 2017). *Efecto de la adhesión de Bacillus sp. en ensilaje de maíz (Zea mays) sobre la cinética de degradación ruminal in situ y fermentación ruminal in vitro*. Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26306/1/TESIS%20RICARDO%20SOLIS%20VILLACRES.pdf>

Wilhelm, W., Ruwe, K., & Schlemmer, M. (7 de Enero de 2000). Comparison of three leaf area index meters in a corn canopy. *Crop Sci*, 40, 1179-1183. Obtenido de <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1074&context=usdaarsfacpub>

Zambrano, J. (2018). Complemento de alimentación de ganado con ensilaje. La Hora.

Obtenido de Noticias Santo Domingo:

<https://lahora.com.ec/santodomingo/noticia/1102205418/en-asogan-complementan-alimentacion-del-ganado-con-el-ensilaje->

Zaragoza, J., Tadeo, M., Espinosa, A., López, C., García, J., Zamudio, B., . . . Rosado, F. (Marzo de 2019). Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles

Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(1), 101-111.

Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10n1/2007-0934-remexca-10-01-101.pdf>