



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Proyecto de Investigación previo  
a la obtención del título de  
Ingeniero Agropecuario.

**Título del Proyecto de Investigación:**

**“CARACTERÍSTICAS MICROBIANAS Y FERMENTATIVAS DEL ENSILAJE DE  
HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays*) BAJO DOS EDADES DE CORTE Y SESENTA DÍAS  
DE FERMENTACIÓN”**

**Autor:**

**Fausto Javier Mora Espinoza**

**Director de Proyecto de Investigación:**

**Ing. Jorge Gustavo Quintana Zamora, M.Sc.**

**Quevedo – Los Ríos – Ecuador**

**2015**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.**

Yo, **Fausto Javier Mora Espinoza**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Fausto Javier Mora Espinoza**  
**C.C. 1206810192**  
**AUTOR**

## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.**

El suscrito, **Ing. Jorge Gustavo Quintana Zamora, M.Sc.** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Fausto Javier Mora Espinoza**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado, “**CARACTERÍSTICAS MICROBIANAS Y FERMENTATIVAS DEL ENSILAJE DE HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays*) BAJO DOS EDADES DE CORTE Y SESENTA DÍAS DE FERMENTACIÓN**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

**Ing. Jorge Gustavo Quintana Zamora, M.Sc.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

## **CERTIFICACIÓN DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.**

Dando cumplimiento al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las normativas y directrices establecidas por el SENESCYT, el suscrito **Ing. Jorge Gustavo Quintana Zamora, M.Sc.** en calidad de Director del Proyecto de Investigación de Grado “**CARACTERÍSTICAS MICROBIANAS Y FERMENTATIVAS DEL ENSILAJE DE HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays*) BAJO DOS EDADES DE CORTE Y SESENTA DÍAS DE FERMENTACIÓN**”, de autoría del estudiante **Fausto Javier Mora Espinoza**, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el Sistema URKUND es de 10%, el mismo que es permitido por el mencionado software y los requerimientos académicos establecidos.

---

**Ing. Jorge Gustavo Quintana Zamora, M.Sc.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

**“Características microbianas y fermentativas del ensilaje de híbridos de maíz (*Zea mays*)  
bajo dos edades de corte y sesenta días de fermentación”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de  
Ingeniero Agropecuario.

Aprobado por:

---

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Edison Mazón Paredes, M.Sc.

---

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Geovanny Muñoz Rodríguez, M.Sc.

---

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Edgar Pinargote Mendoza, M.Sc.

**QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR**

**2015**

## **AGRADECIMIENTO.**

Agradezco a Dios por ser el guiador de mi vida en todo momento y permitir que en este día de por finalizada una de mis metas que con sacrificio y esfuerzo hoy la veo realizada con júbilo y alegría.

A mis padres Geoconda Espinoza y Fausto Mora por darme la vida, y por apoyarme en mis estudios, especialmente a mi Madre Sra. Geoconda Espinoza Alvarado y al Sr. Luis Álava Parraga dos de mis pilares fundamentales en mi vida que conjuntamente con mis hermanos, sobrinos y mi familia en general me apoyaron incondicionalmente y supieron darme su amor y las fuerzas necesarias para culminar mis estudios universitarios.

A mi padrino el Sr Jesús García, por su apoyo cuando más lo necesite en mi vida universitaria que en todo momento ha estado presente brindándome sus consejos de lucha, paciencia y apoyo para culminar con éxito estos 5 años de estudios y al cual hoy retribuyo parte de ese esfuerzo con este logro verme realizado profesionalmente como Ingeniero Agropecuario.

A mis estimados compañeros de curso en especial a Johanna Bueno, Luis Caicedo y Alejandro Bautista por haber sido parte fundamental en mi trabajo de investigación y terminar con éxito una de mis metas trazadas le agradezco a mis colegas Ing. Jennifer Gamarra y Cristhian Sánchez que gracias a ellos y a su confianza que depositaron en mí en dicho momento pude iniciar la travesía de mi proyecto final de grado.

A mi Tutor Ing. Jorge Quintana Zamora y al personal de laboratorio por su valioso apoyo y coordinación, capacidad, conocimiento, enseñanzas y asesoría brindada, también agradecido con quienes con aprecio supieron apoyarme en su debido momento en mi trabajo investigativo

A la Decana Yenny Torres por su colaboración y apoyo en la realización de los trámites pertinentes en este trabajo.

Y para finalizar a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo “Facultad de Ciencias Pecuarias” que me dio la oportunidad de formar parte de ella, también a los Docentes que me brindaron todos sus conocimientos y supieron enseñarme con excelencia y paciencia durante toda mi travesía de estudios.

## **DEDICATORIA.**

Mi Proyecto investigativo se lo dedico a Dios, por darme salud e iluminarme el camino del bien para lograr cumplir con este objetivo y darme las fuerzas necesarias para seguir luchando por lo que quiero lograr y que a pesar de las dificultades con su ayuda eh logrado superar los obstáculos en mi vida universitaria.

A mis amados padres Sra. Geoconda Espinoza y el Sr. Fausto Mora, en especial a mi querida madre que es una de las personas que más amo ya que gracias a ella con sus enseñanzas, valores y consejos hicieron de mí una persona con ganas de luchar por lo que quiero en la vida, una persona con defectos y virtudes con el fin de brindarle un mejor futuro a ella y a mis seres amados, con orgullo también le dedico mi triunfo Sr. Luis Álava Parraga, por su compañerismo sus consejos de seguir luchando por alcanzar nuestros sueños por estar en el día a día en los triunfos y fracasos de mi vida por su apoyo incondicional y por su noble y sincera amistad es por esto que son ustedes Geoconda, Luis y familia que definitivamente sin ustedes en mi vida no hubiera logrado terminar mi carrera universitaria y verme profesionalizado como un Ingeniero Agropecuario.

Por ultimo mi trabajo final de investigación va dedicado con todo mi cariño a mi familia, a mis abuelitos, mis hermanos, Eloísa, Wendy, Erika, Yelena, Kevin, Eduardo Mora Espinoza a mis sobrinos queridos y también a el Sr. Jesús García y a mis tíos Domitila Espinoza y Dennis Moreira ya que ellos también son parte de mi vida universitaria su apoyo incondicional en cada momento no faltaron sus consejos sus enseñanzas sus incentivos para que yo no desmallara de seguir luchando por mi meta, debido a esto les dedico mi título de Ingeniero Agropecuario a todos mis seres amados.

**Fausto Javier Mora Espinoza**

## RESUMEN.

La investigación tuvo como objetivo determinar las características microbianas y fermentativas del ensilaje de híbridos de maíz (*Zea mays*) bajo dos edades de corte y sesenta días de fermentación. Se aplicó un Diseño Experimental Completamente al Azar con un arreglo bi-factorial de dos edades (60 y 75 días) x cuatro híbridos (INDIA S-810; PIONEER 3041; PIONEER 30K73 e INDIA S-505) se determinó la población de bacterias totales (BT), lactobacilos (LAC), hongos (HON) y levaduras (LEV); la estabilidad aeróbica con el pH y temperatura (TEM) y el análisis económico de los tratamientos. No se encontraron diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ) en BT y LAC con respecto a la edad de corte, híbrido y su interacción. Se mostraron bajas poblaciones de HON y LEV, a los 60 días se presentó el mayor ( $P<0.05$ ) valor de HONG. En cuanto a híbridos, interacciones y en LEV no se encontró diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ). El pH se incrementó respecto al tiempo de apertura del ensilaje se encontraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) en las edades de corte solo a las 0 horas. Los híbridos INDIA S-505 y PIONEER 30K73 reportaron una mejor estabilidad ( $P<0.05$ ) a las 0, 24, 48 y 72 horas. Teniendo la interacción T7 (INDIA S-505 x 60 días) la menor variación de TEM, se encontraron diferencias estadísticas ( $P<0.05$ ) únicamente a las 96 horas donde la edad de 60 días presentó la menor temperatura. El costo por kilogramo varió entre USD 0.08 a 0.11 en los ensilajes. La mayor relación beneficio costo se obtuvo con T4 (PIONNER 3041 x 75 días) con 1.87 y una rentabilidad del 86.98%, de manera general se presenta un mejor beneficio económico con la edad de 75 días, debido al mayor rendimiento de forraje fresco e ingresos con una diferencia de hasta el 75% con respecto a la edad de 60 días.

**Palabras claves:** Silos experimentales, maíz (*Zea mays* L.), características microbianas, estabilidad aeróbica.

## ABSTRACT.

The research aimed to determine the microbial and fermentative characteristics of the silage corn hybrids (*Zea mays* L.) under two cutting ages sixty days of fermentation. An experimental design was used completely randomized with a bi-factorial arrangement of two ages (60 and 75 days) x four hybrids (INDIA S-810, PIONEER 3041, PIONEER 30K73 and INDIA S-505) population of total bacteria (BT) was determined, lactobacilli (LAC), fungi (HON) and yeasts (LEV); aerobic stability with pH and temperature (TEM) and economic analysis of treatments. No statistical difference ( $P > 0.05$ ) in BT and LAC regarding the age cutoff, hybrid and their interaction were found. Low populations of HON and LEV were at 60 days increased ( $P < 0.05$ ) HONG value was presented. As for hybrids, interactions and LEV were no statistical differences ( $P > 0.05$ ). The pH was increased over time opening Silage significant differences ( $P < 0.05$ ) in the age of cut only at 0 hours found. INDIA hybrid S-505 and PIONEER 30K73 reported better stability ( $P < 0.05$ ) at 0, 24, 48 and 72 hours. Having the T7 interaction (INDIA S-505 x 60 days) the least variation of TEM, statistical differences ( $P < 0.05$ ) only at 96 hours where the age of 60 days had the lowest temperature found. The cost per kilogram ranged from 0.08 to 0.11 USD in silages. The greatest benefit cost ratio was obtained with T4 (PIONNER 3041 x 75 days) of 1.87 and a yield of 86.98%, generally presents a better economic benefit to the age of 75 days, due to the higher yield of fresh forage and income with a difference of up to 75% over the age of 60 days.

**Keywords:** Experimental Silos, corn (*Zea mays* L.), microbial, aerobic stability.

## **TABLA DE CONTENIDO.**

<b>Capítulo</b>	<b>Página.</b>
PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.	iii
CERTIFICACIÓN DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO.	vi
DEDICATORIA.	vii
RESUMEN.	viii
ABSTRACT.	ix
TABLA DE CONTENIDO.	x
ÍNDICE DE TABLAS.	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES.	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.	xvii
CÓDIGO DUBLIN.	xviii
INTRODUCCIÓN.	1

### **CAPÍTULO I**

#### **CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

1.1.	Problema de investigación.	3
1.1.1.	Planteamiento del problema.	3
1.1.2.	Formulación del problema.	5
1.1.3.	Sistematización del problema.	5
1.2.	Objetivos.	6
3.2.1.	Objetivo general.	6
3.2.2.	Objetivos específicos.	6
3.3.	Justificación.	7

<b>CAPÍTULO II</b>	9
<b>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	9
2.1. Marco conceptual.	10
2.1.1. El maíz forrajero ( <i>Zea mays</i> ).	13
2.1.2. Estados fenológicos del maíz.	13
2.1.1.1. Fase vegetativa.	13
2.1.1.2. Estadio V8.	14
2.1.1.3. Características del estadio V8.	14
2.1.1.4. Fase reproductiva.	15
2.1.1.5. Estadio R2.	15
2.1.1.6. Período de Llenado de Grano.	15
2.1.2. Factores que inciden en la calidad del ensilaje de maíz.	15
2.1.3. Híbridos de maíz para la producción de forraje.	18
2.1.3.1. Híbrido de maíz PIONEER-3041.	18
2.1.3.2. Híbrido de maíz INDIA S-810.	19
2.1.3.3. Híbrido de maíz INDIA S-505.	19
2.1.3.4. Híbrido de maíz PIONEER-30K47.	19
2.1.4. El ensilado.	20
2.1.4.1. Proceso de ensilaje.	21
2.1.4.2. Microbiología del ensilaje.	23
2.1.4.3. Características fermentativas del ensilaje.	25
2.2. Marco referencial.	26
<b>CAPÍTULO III</b>	33
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	33
3.1. Localización.	34
3.2. Tipo de investigación.	34
3.3. Métodos de investigación.	35
3.4. Fuentes de recopilación de información.	35
3.5. Diseño de la investigación.	35
3.6. Instrumentos de investigación.	37
3.6.1. Variables evaluadas.	37
3.6.1.1. Características microbianas.	37

3.6.1.1.1.	Crecimiento de bacterias lácticas y bacterias totales.	37
3.6.1.1.2.	Crecimiento de levaduras y hongos.	37
3.6.1.2.	Características fermentativas.	38
3.6.1.2.1.	Determinación del pH.	38
3.6.1.2.2.	Determinación de la temperatura.	38
3.6.1.3.	Análisis económico.	38
3.6.1.3.1.	Ingreso Bruto.	38
3.6.1.3.2.	Costo total y unitario de los tratamientos.	39
3.6.1.3.3.	Beneficio neto de los tratamientos.	39
3.6.1.3.4.	Relación beneficio/costo y rentabilidad.	40
3.7.	Procedimiento experimental.	40
3.7.1.	Preparación del forraje del forraje de maíz.	40
3.7.2.	Proceso del ensilaje.	40
3.7.2.1.	Preparación de medios de cultivo y análisis microbiológico.	41
3.8.	Tratamiento de los datos.	41
3.9.	Recursos humanos y materiales.	42
<b>CAPÍTULO IV</b>		<b>45</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		<b>45</b>
4.1.	Resultados y discusión.	46
4.1.1.	Características microbianas.	46
4.1.1.1.	Lactobacillus y bacterias totales.	46
4.1.1.2.	Levaduras y hongos.	48
4.1.2.	Características fermentativas estabilidad aeróbica.	50
4.1.2.1.	Potencial de hidrógeno (pH) del ensilaje.	50
4.1.2.2.	Temperatura (°C) del ensilaje.	54
4.1.3.	Análisis económico.	56
4.1.3.1.	Ingreso bruto.	56
4.1.3.2.	Costo total y unitario.	57
4.1.3.3.	Beneficio neto.	57
4.1.3.4.	Relación beneficio/costo.	57

<b>CAPÍTULO V</b>	59
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	59
5.1. Conclusiones.	60
5.2. Recomendaciones.	61
<b>CAPÍTULO VI</b>	62
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	62
6.1. Literatura citada.	63
<b>CAPÍTULO VII</b>	72
<b>ANEXOS</b>	72
7.1. Anexos	73
7.1.1. Análisis de varianza de las variables estudiadas.	73
7.1.2. Imágenes de la investigación.	75

## ÍNDICE DE TABLAS.

	<b>Página.</b>
Tabla 1. Características climatológicas de la Finca Experimental La María.....	34
Tabla 2. Factores y niveles de estudio.....	36
Tabla 3. Análisis de Varianza ADEVA del diseño experimental.....	36
Tabla 4. Descripción de la combinación de los factores.....	36
Tabla 5. Efectos simples de dos edades de corte y cuatro híbridos sobre la población de bacterias totales y lactobacilos del ensilaje de maíz ( <i>Zea mays</i> L.).....	46
Tabla 6. Efecto de la combinación de los factores dos edades de corte y cuatro híbridos sobre la población de bacterias totales y bacterias lácticas del ensilaje de maíz ( <i>Zea mays</i> L.).....	47
Tabla 7. Efectos simples de dos edades de corte y cuatro híbridos sobre la población de hongos y levaduras del ensilaje de maíz ( <i>Zea mays</i> L.).....	49
Tabla 8. Efecto de la combinación de los factores dos edades de corte y cuatro híbridos sobre la población de hongos y levaduras del ensilaje de maíz ( <i>Zea mays</i> L.).....	50
Tabla 9. Efectos simples de cuatro híbridos y dos edades de corte sobre el pH del ensilaje de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) en diferentes intervalos de tiempo.....	52
Tabla 10. Combinación de los factores, cuatro híbridos y dos edades de corte sobre el pH del ensilaje de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) en diferentes intervalos de tiempo.....	53
Tabla 11. Efectos simples de cuatro híbridos y dos edades de corte sobre la temperatura del ensilaje de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) en diferentes intervalos de tiempo.....	54
Tabla 12. Efecto de la combinación de los factores cuatro híbridos y dos edades de corte sobre la temperatura del ensilaje de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) en diferentes intervalos de tiempo.....	56
Tabla 13. Análisis económico de los tratamientos.....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS.

	<b>Página.</b>
Figura 1. Variación del pH respecto al tiempo de apertura de los ensilajes (promedios generales).....	48
Figura 2. Variación de la temperatura respecto al tiempo de apertura de los ensilajes (promedios generales).....	51

## ÍNDICE DE ECUACIONES.

	<b>Página.</b>
Ecuación 1. Modelo estadístico del diseño experimental.....	35
Ecuación 2. Determinación del número de colonias (NC).....	37
Ecuación 3. Determinación de las unidades formadoras de colonias (UFC).....	37
Ecuación 4. Determinación del recuento final (RF).....	38
Ecuación 5. Determinación del Ingreso Bruto (IB).....	35
Ecuación 6. Determinación del Costo Total (CT).....	36
Ecuación 7. Determinación del Costo Unitario (CU).	36
Ecuación 8. Determinación del Beneficio Neto (BN).....	36
Ecuación 9. Determinación de la Relación Beneficio/costo (R B/C).....	37
Ecuación 10. Determinación de la Rentabilidad Total (RT).....	37

## ÍNDICE DE ANEXOS.

	<b>Página.</b>
Anexo 1. Cuadrados medios, coeficientes de variación de las poblaciones de bacterias totales, lactobacilos, hongos y levaduras de los ensilajes de maíz.....	73
Anexo 2. Cuadrados medios, coeficientes de variación del pH de los ensilajes a diferentes tiempos de exposición aeróbica.....	73
Anexo 3. Cuadrados medios, coeficientes de variación de la temperatura de los ensilajes a diferentes tiempos de exposición aeróbica.....	74
Anexo 4. Preparación de materiales para ensilar.....	75
Anexo 5. Silos sellados y acondicionados para el periodo de conservación.	75
Anexo 6. Acondicionamiento de los materiales para la medición del pH y temperatura de los ensilajes.....	76
Anexo 7. Medición del pH y temperatura de los ensilajes.....	76
Anexo 8. Preparación de medios de cultivo y llenado de cajas Petri para análisis microbiológico.....	77
Anexo 9. Crecimiento microbiológico en medios de cultivo.....	77

## CÓDIGO DUBLÍN.

<b>Título:</b>	Características microbianas y fermentativas del ensilaje de híbridos de maíz ( <i>Zea mays</i> ) bajo dos edades de corte y sesenta días de fermentación.			
<b>Autor:</b>	Fausto Javier Mora Espinoza			
<b>Palabras clave:</b>	Silos experimentales	Maíz ( <i>Zea mays L.</i> )	Características microbianas	Estabilidad aeróbica
<b>Fecha de Publicación:</b>				
<b>Editorial:</b>				
<b>Resumen</b>	<p><b>Resumen.-</b> La investigación tuvo como objetivo determinar las características microbianas y fermentativas del ensilaje de híbridos de maíz (<i>Zea mays</i>) bajo dos edades de corte y sesenta días de fermentación. Se aplicó un Diseño Experimental Completamente al Azar con un arreglo bi-factorial de dos edades (60 y 75 días) x cuatro híbridos (INDIA S-810; PIONEER 3041; PIONEER 30K73 e INDIA S-505) se determinó la población de bacterias totales (BT), lactobacilos (LAC), hongos (HON) y levaduras (LEV); la estabilidad aeróbica con el pH y temperatura (TEM) y el análisis económico de los tratamientos. No se encontraron diferencias estadísticas (<math>P &gt; 0.05</math>) en BT y LAC con respecto a la edad de corte, híbrido y su interacción. Se mostraron bajas poblaciones de HON y LEV, a los 60 días se presentó el mayor (<math>P &lt; 0.05</math>) valor de HONG. En cuanto a híbridos, interacciones y en LEV no se encontró diferencias estadísticas (<math>P &gt; 0.05</math>). El pH se incrementó respecto al tiempo de apertura del ensilaje se encontraron diferencias significativas (<math>P &lt; 0.05</math>) en las edades de corte solo a las 0 horas. Los híbridos INDIA S-505 y PIONEER 30K73 reportaron una mejor estabilidad (<math>P &lt; 0.05</math>) a las 0, 24, 48 y 72 horas. Teniendo la interacción T7 (INDIA S-505 x 60 días) la menor variación de TEM, se encontraron diferencias estadísticas (<math>P &lt; 0.05</math>) únicamente a las 96 horas donde la edad de 60 días presentó la menor temperatura. El costo por kilogramo varió entre USD 0.08 a 0.11 en los ensilajes. La mayor relación beneficio costo se obtuvo con T4 (PIONNER 3041 x 75 días) con 1.87 y una rentabilidad del 86.98%, de manera general se presenta un mejor beneficio económico con la edad de 75 días, debido al mayor rendimiento de forraje fresco e ingresos con una diferencia de hasta el 75% con respecto a la edad de 60 días.</p> <p><b>Abstract. -</b> The research aimed to determine the microbial and fermentative characteristics of the silage corn hybrids (<i>Zea mays L.</i>) under two cutting ages sixty days of fermentation. An experimental design was used completely randomized with a bi-factorial arrangement of two ages (60 and 75 days) x four hybrids (INDIA S-810, PIONEER 3041, PIONEER 30K73 and INDIA S-505) population of total bacteria (BT) was determined, lactobacilli (LAC), fungi (HON) and yeasts (LEV); aerobic</p>			

	<p>stability with pH and temperature (TEM) and economic analysis of treatments. No statistical difference (<math>P &gt; 0.05</math>) in BT and LAC regarding the age cutoff, hybrid and their interaction were found. Low populations of HON and LEV were at 60 days increased (<math>P &lt; 0.05</math>) HONG value was presented. As for hybrids, interactions and LEV were no statistical differences (<math>P &gt; 0.05</math>). The pH was increased over time opening Silage significant differences (<math>P &lt; 0.05</math>) in the age of cut only at 0 hours found. INDIA hybrid S-505 and PIONEER 30K73 reported better stability (<math>P &lt; 0.05</math>) at 0, 24, 48 and 72 hours. Having the T7 interaction (INDIA S-505 x 60 days) the least variation of TEM, statistical differences (<math>P &lt; 0.05</math>) only at 96 hours where the age of 60 days had the lowest temperature found. The cost per kilogram ranged from 0.08 to 0.11 USD in silages. The greatest benefit cost ratio was obtained with T4 (PIONNER 3041 x 75 days) of 1.97 and a yield of 86.98% generally presents a better economic benefit to the age of 75 days, due to the higher yield of fresh forage and income with a difference of up to 75% over the age of 60 days.</p>
<b>Descripción</b>	97 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM
<b>URI:</b>	

## INTRODUCCIÓN.

El ensilaje de maíz es uno de los forrajes conservados más importantes y versátiles en el mundo, se lo considera una mezcla única de grano y fibra digestible, que constituye una de las principales fuentes energéticas para la alimentación de rumiantes, este se almacena en silos que permiten mantener la condición anaerobia (1). El ensilaje es un método de preservación del forraje húmedo basado en convertir carbohidratos solubles en ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico, bajo condiciones anaeróbicas por medio de la acción de bacterias (2).

En la actualidad la investigación de métodos de conservación de alimentos para animales ha tomado un rol más representativo en la sociedad especialmente encaminada a los pequeños productores ganaderos. Se considera importante iniciar este tema de investigación para conocer el comportamiento de híbridos de maíz para forraje que tiene un gran potencial en esta actividad por sus zonas subtropicales donde esta actividad es muy conocida pero para la producción de grano, buscando asegurar la oferta forrajera en calidad y cantidad para cubrir los requerimientos de los animales se utilizan entre otros alimentos a los forrajes conservados. Los métodos tradicionales de conservación de forrajes son los ensilados, henolados y henificados (3).

La información generada por la presente investigación ofrecerá a los ganaderos alternativas de mejorar sus rendimientos mediante la elaboración de ensilajes aprovechando principalmente como base de la dieta de vacas lecheras y novillos de engorde a corral, y para cubrir deficiencias de forraje estacionario o para suplementar pasturas con altos valores nutricionales (4).

Además mediante el uso de esta alternativa de bajo costo se podría generar beneficio económico por la venta de este material donde el productor podría diversificar sus ingresos y encaminarse en un nuevo emprendimiento rentable.

La conversión del alimento está afectada por la digestibilidad del forraje, la cantidad consumida y la eficiencia en su utilización. Estos factores están interrelacionados y todos a su vez, condicionados por las características del animal y de la planta (5).

En cuanto a las unidades ganaderas el 48 % de los productores del país alimentan a sus animales con ensilaje. Se considera que la demanda de ensilaje tiene una tendencia de

crecimiento de carácter lineal. Su crecimiento está influenciado por: precios, ingresos, población, gustos, preferencias, rendimiento, etc. Es decir la demanda de ensilaje está marcada por la influencia de las variables que determinan su comportamiento, el cual se realiza bajo el supuesto de que este comportamiento se repetirá en el periodo proyectado. Siendo así la demanda para el año 2015 de 77473,82 kilogramos de silajes (6).

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de investigación.**

En el Ecuador, durante el período de escasas de lluvia, uno de los problemas más grandes que afronta un establecimiento ganadero es la falta de alimento debido a la estacionalidad de la oferta forrajera durante el año, que puede verse agravado por adversidades climáticas, por ejemplo una sequía prolongada como ocurrió en los años 2008 y 2009, existe un déficit de áreas donde puedan pastorear los animales, por lo que se alimentan con productos de bajo valor energético y proteico, afectando directamente la producción; sin embargo, un manejo adecuado de los desechos agrícolas, que se producen precisamente en forma abundante durante la época de menores precipitaciones pudieran asumir un papel muy importante para resolver los problemas de la alimentación animal, siempre y cuando se balanceen adecuadamente. Siendo los ensilados mayoritariamente los que mantienen mejor las características nutricionales del material original dentro del silo.

Cuando un ensilaje es abierto para ser suministrado y permanece demasiado tiempo en esas condiciones o cuando ingresa aire, por errores en el tapado, los hongos y levaduras comienzan a activarse nuevamente, degradando los azúcares en dióxido de carbono, agua y calor. Esto ocasiona pérdidas importantes y la producción de micotoxinas, que además de ser causantes de enfermedades en los animales reducen la respuesta productiva de ellos (7). Por lo cual se requiere de materiales que tengan una estabilidad aeróbica alta, es decir que las condiciones de pH y temperatura no cambien de manera que promuevan el deterioro.

### **1.1.1. Planteamiento del problema.**

Uno de los principales problemas en época de sequías, es la falta de alimentación para el ganado bovino. Además los productos que se utilizan para la elaboración de los ensilajes, también lo utilizan para la alimentación humana y por otra parte la escasas de insumos y la mayor parte de los productores no utiliza de manera eficiente sus recursos naturales, pues desconocen cuál es el área óptima para pastoreo de su ganado, razón por la cual la producción no es eficiente y se necesita suplir con otros suplementos este déficit alimenticio.

#### **Diagnóstico.**

El ganado bovino como sistema de producción utiliza como fuente principal de alimento a los forrajes, el pastoreo por lo general se realiza con gramíneas nativas o introducidas en el medio, presenta por lo tanto, deficiencias en el contenido de calidad, tanto de proteína, como

de nutrientes, especialmente en épocas de sequía; por lo antes mencionado se presenta como consecuencia el déficit y la baja disponibilidad de producción de alimentos como es el ensilaje.

La insuficiente calidad nutricional para satisfacer los requerimientos alimenticios para mantenimiento y producción del ganado, se refleja en la baja producción de hasta un 40% en relación a aquella obtenida durante periodos de lluvia, situación que puede afectar negativamente el comportamiento productivo y reproductivo del ganado. Por lo tanto es necesario disponer de reservas sustanciosas y reconstituyentes de alta calidad, durante los meses de austeridad. En contraste se pretende evaluar La conservación de (híbridos) maíz forrajeros como alimentos utilizados en forma de ensilaje como alternativa de suplementar durante toda la época de sequias y escases de alimentos por lo que se analizaran sus componentes en el problema establecido.

### **Pronóstico.**

Debido a los antecedentes mencionados la calidad de los silajes de cada uno de los híbridos de maíz forrajeros en cuanto a las características microbianas y fermentativas, se establece la siguiente interrogante:

¿Cuál será el comportamiento de cada híbrido de maíz como tratamiento con relación de mejoras en el ensilaje como dieta para el ganado bovino conteniendo perfectas características microbianas y fermentación láctica; siendo todos estos componentes necesarios en una dieta balanceada para las los animales?

### **1.1.2. Formulación del problema.**

¿Cuáles son las características microbianas y fermentativas del ensilaje de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo dos edades de corte y sesenta días de fermentación?

### **1.1.3. Sistematización del problema.**

- ¿Qué población microbiana (bacterias totales, lactobacilos, hongos y levaduras) tendrá el ensilaje de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo dos edades de corte y sesenta días de fermentación?
- ¿Cuáles son las características fermentativa (pH, temperatura) del ensilaje de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo dos edades de corte y sesenta días de fermentación?
- ¿Qué híbrido y en qué edad de corte se presentara el mayor beneficio económico?

## **1.2. Objetivos.**

### **3.2.1. Objetivo general.**

Evaluar las características microbianas y fermentativas del ensilaje de híbridos de maíz (*Zea mays*) bajo dos edades de corte y sesenta días de fermentación, como alternativa en la alimentación de bovinos.

### **3.2.2. Objetivos específicos.**

- Calcular la población microbiana (bacterias totales, lactobacillus, hongos y levaduras) del ensilaje de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo dos edades de corte y sesenta días de fermentación.
- Determinar las características fermentativa (pH, temperatura) del ensilaje de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo dos edades de corte y sesenta días de fermentación.
- Realizar el análisis económico del ensilajes de maíz (*Zea mays* L.) en las dos edades y con los diferentes híbridos.

### 3.3. Justificación.

El uso de forrajes ensilados en la estación seca es una práctica bien conocida por los productores de ganado de leche y de engorde en la mayoría de los países tropicales y subtropicales. El maíz forrajero ensilado (*Zea mays* L.) se destaca por ofrecer mayores niveles de carbohidratos solubles esenciales para acelerar la fermentación láctica, altos rendimientos de materia seca ha<sup>-1</sup> y adaptación a las condiciones tropicales (8).

La época de escasez de lluvias en la zona del litoral ecuatoriano trae frecuentemente como consecuencia al sobre pastoreo que conlleva a la disminución de la producción de leche, pérdida de peso y retraso en el crecimiento del ganado. Para disminuir el efecto de estas variaciones estacionales recurrimos mediante esta investigación a incentivar a los pequeños ganaderos de nuestra región a la conservación de forrajes, de tal forma que pueda garantizarse el suministro de alimento a animales cuando existan condiciones climáticas adversas.

El ensilaje de maíz es una alternativa viable que no solo permite disponer de alimento en la época de escases sino además, presenta una fuente importante de suplementación alimenticia por sus características nutricionales. La ventaja comparativa del ensilaje de maíz con las otras gramíneas es al contenido de carbohidratos fermentables ya que facilitan la proliferación de bacterias lácticas y por ende la conservación eficiente.

La selección de híbridos y variedades puede jugar un papel importante en la calidad del ensilaje. Esto es particularmente cierto si al ensilaje de maíz nos referimos. Es importante seleccionar híbridos que satisfagan las necesidades de madurez para ser cosechados con rangos específicos de humedad, asegurando así niveles óptimos de fermentación y calidad. Generalmente se recomienda que los productores seleccionen un paquete de híbridos que les permita llevar a niveles óptimos la humedad y la madurez durante el número proyectado de días que necesitarán para cosechar el ensilaje. Si un productor siembra tres o cuatro híbridos, lo mejor será llevar cuando menos del 10 al 15% del hectareaaje total proyectado, a 5 a 7 días más allá de la fecha en que normalmente haría la siembra si fuese a producir grano (9).

En el presente estudio se determinó la diferencia en el comportamiento de las variables microbiológicas y de estabilidad aeróbica entre edades de corte e híbridos. La información que permitirá la toma más eficiente de decisiones con respecto a que material utilizar y en

qué edad cortar la gramínea son dos interrogantes muy comunes a nivel de los productores ganaderos especialmente los pequeños, que requieren de la optimización de los recursos a nivel de sus explotaciones.

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## 2.1. Marco conceptual.

**Maíz.-** Es una especie de gramínea anual de tallo macizo recto y largo, hojas grandes, alargadas y alternas, posee flores masculinas agrupadas en racimos y femeninas agrupadas en mazorca. Se utiliza para la producción de granos o como forraje parara la alimentación de ganado.

**Estado fenológicos.-** Es cada una de las etapas por las pasa una planta a lo largo de un periodo vegetativo y reproductivo.

**R2.-** Es el estado reproductivo donde se observa la floración completa en cada uno de los nudos de la planta.

**V8.-** Es la etapa vegetativa, tiene lugar en la diferenciación de las primeras yemas laterales y empieza el crecimiento de las futuras espigas.

**Ensilaje.-** Es un proceso de conservación del forraje anaeróbicamente basado en una fermentación láctica que produce ácido láctico y disminución del pH. Donde intervienen bacterias ácido lácticas, requieren de características específicas de carbohidratos solubles y materia seca, además de condiciones de compactación adecuada y protección contra la lluvia o infiltración de agua. En depósitos llamados silos.

Existe una gran diversidad de silos: permanentes o temporales, verticales u horizontales. Se puede hacer uso de una gran variedad de recipientes, incluyendo tambores de metal o plástico; tubos de concreto de 2 m diámetro y 2 m de altura; o bolsas plásticas para empaque comercial de un espesor de 2 mm, como las usadas para envasar fertilizantes (10).

**Los tipos de silos** se pueden dividir, por su ubicación: elevados y subterráneos; por su duración: Fijos.- trinchera, bunker, torre y Transitorios.- montón, parva, silo bolsa; por su posición.- Verticales o silo torre, Horizontales.- trinchera, bunker, silo bolsa. Esta elección se deriva de diversos criterios, cuya importancia relativa varía según las explotaciones (11).

**Fermentación.-** Proceso bioquímico por el que una sustancia orgánica se transforma en una generalmente más simple. En el ensilaje se requiere que esta sea de tipo láctica evitando

fermentación secundaria como la acética o la butírica que perjudican la conservación y limitan el consumo de los animales.

**Fermentación Láctica.-** se presenta en el ensilaje consecutivamente al encontrarse en estado anaeróbico, de duración media (varios días a semanas), dependiendo de las características de material almacenado y las condiciones al ser ensilado. La proliferación de bacterias lácticas en condiciones favorables serán dominantes en la biota del ensilaje, produciendo suficiente ácido láctico y otros compuestos que reducirán el pH a valores de 3.8 a 5.0 (12).

**Fermentación ácido butírica por clostridia** (o bacteria ácido butírica) que puede ocurrir si la fermentación ácido láctica falla en producir la suficiente acidez para estabilizar ensilaje (12).

**Microbiología.-** La microbiología de los silajes es la presencia de bacteria epifíticas que producen ácido láctico. También está estrechamente relacionado a la sucesión de microorganismos desde la elaboración del ensilaje los mismos que van desde coliformes, estreptococos y lactobacilos.

**pH.-** Es el coeficiente que indica el grado de acidez de una mezcla o solución. Expresado en una escala logarítmica de 0 a 14.

**Temperatura.-** Es la propiedad de los silajes que está relacionada con la sensación de la variación del clima frío o calor. Se expresa generalmente en grados centígrados.

**Hongos.-** Son un grupo de seres vivos diferente de las plantas y animales y poseen células con núcleo.

**Levaduras.-** Son hongos microscópicos unicelulares que son importantes por su capacidad para realizar la descomposición mediante fermentación de materias orgánicas.

**Bacterias.-** Son microorganismos presentes en los procesos de fermentación, son de un tamaño microscópico.

**Lactobacillus.-** Son bacterias que producen ácido láctico y son del género de bacterias gram positivas.

**Costo.-** Valor sacrificado en la adquisición de activos para ser transformados o revendidos, con el fin de generar los ingresos operativos en un negocio (13).

**Costo Fijo.-** Costo que no varía ante cambios en el nivel de producción. Dichos costos existen aunque la producción sea igual a cero (13).

**Costo Unitario.-** Costo total de los bienes o servicios dividido por el número de unidades producidas, vendidas, número de trabajos o proyectos, expresada en base a determinada unidad de medida (13).

**Costos Variables.-** Aquellos costos que varían en su total, en proporción directa a los cambios en el volumen y cuyo costo unitario permanece constante dentro del rango relevante, a mayor producción, venta o prestación de servicio, mayor costo variable (14).

**Ingresos.-** Incrementos en los beneficios económicos durante el período contable en forma de entradas o aumentos de activos, o decrementos de pasivos que resultan en incrementos de capital diferentes a aquellos relacionados con contribuciones por parte de los socios. Se relacionan siempre con un costo (14).

**Ingresos Brutos.-** Se les puede definir como los beneficios económicos que obtiene una persona natural o jurídica por cualquier actividad que realice, de índole empresarial o no, sin tomar en consideración los costos en que haya incurrido para obtener dichos ingresos (14).

**Precio.-** Es la relación de intercambio de un bien por otro. En otras palabras, es la medida del valor de cambio de los bienes y servicios; el precio de todos los bienes se expresa en términos de dinero (14).

**Rentabilidad.-** Relación existente entre los beneficios que proporcionan una determinada operación o cosa y la inversión o el esfuerzo que se ha hecho; cuando se trata del rendimiento financiero; se suele expresar en porcentajes (15).

**La relación Beneficio/Costo.-** es el cociente de dividir el valor actualizado de los beneficios del proyecto (ingresos) entre el valor actualizado de los costos (egresos) a una tasa de

actualización igual a la tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA), a menudo también conocida como tasa de actualización o tasa de evaluación (15).

El criterio de evaluación es:  $B/C > 1$ : los beneficios son superiores a los sacrificios. El proyecto es viable porque genera aportes económicos;  $B/C = 1$ : los beneficios son iguales a los costos. Es indiferente realizar o no la inversión desde el punto de vista financiero;  $B/C < 1$ : los beneficios son inferiores a los sacrificios. El proyecto no es viable porque genera aportes económicos (15).

### **2.1.1. El maíz forrajero (*Zea mays*).**

El maíz tiene un papel destacado entre las plantas de forraje, debido a su alto rendimiento de masa verde por hectárea asociado con un alto valor nutricional. Una de las principales formas de utilizar esta gramínea es en forma de ensilaje (16).

El maíz que contiene cantidades relativamente grandes de energía o de carbohidratos disponibles, que es bajo en proteínas, es un cultivo ideal para ensilar. Su cosecha al momento adecuado de madurez del grano es un factor muy importante, especialmente en zonas tropicales, donde el crecimiento y el proceso de maduración son muy rápidos (17).

En varios países el maíz, sorgo y girasol se ha utilizado como forraje en la alimentación de rumiantes, en fresco o conservados. La conservación de forraje a través del ensilaje, aunque más caro que el uso directo de los pastos, se ha hecho posible y se recomienda su uso en la estación seca (18).

Aunque el maíz es la planta más utilizada en el ensilaje, es necesario observar el grado de maduración ideal para cosecha de la planta con el fin de establecer el efecto del grado de madurez de la planta sobre el valor nutricional del ensilaje (19). La calidad de ensilaje de maíz varía en función de la producción de forraje, las condiciones climáticas, la microbiota epífitas, contenido de materia seca, carbohidratos solubles y sustancias nitrogenadas (20).

### **2.1.2. Estados fenológicos del maíz.**

#### **2.1.1.1. Fase vegetativa.**

Etapa de germinación y emergencia se entiende por germinación a la serie de procesos que incluyen desde la imbibición o absorción de agua por parte de la semilla, hasta emergencia

de la radícula; y por emergencia, a la etapa desde que emerge la radícula hasta la aparición del coleóptilo sobre el suelo (21).

La semilla de maíz está recubierta por una capa externa que se llama pericarpio. La función de esta capa es proteger a la semilla, limitando o impidiendo la entrada de hongos o bacterias. Si el pericarpio resulta dañado, probablemente la germinación se torne más lenta, pues los patógenos pueden utilizar reservas de las semillas (22).

#### **2.1.1.2. Estadio V8.**

La planta comienza un rápido incremento en la acumulación de materia seca que continuará hasta la etapa reproductiva avanzada. Se requieren altas cantidades de nutrientes y agua del suelo para cumplir con la demanda (23).

Aunque las espigas potenciales se forman justo antes de la formación de la panoja (V5), el número de hileras en cada espiga y el tamaño de la espiga se establecen en V12. No obstante, la determinación del número de óvulos (granos potenciales) no se completará hasta una semana antes de la emergencia de barbas o cerca de V17 (23).

Deficiencias de agua o de nutrientes en esta etapa pueden reducir seriamente el número potencial de granos y el tamaño de la espiga cosechada. El potencial para estos dos componentes del rendimiento está también relacionado con la duración del período para su determinación, principalmente la duración desde el estadio V10 hasta el V17 (23).

Los cultivares de maduración temprana (ciclo corto) generalmente progresarán a través de estos estadios en un tiempo más corto y tendrán espigas de menor tamaño que los de maduración más tardía (23).

#### **2.1.1.3. Características del estadio V8.**

Las características del estado vegetativo V8 se describe (24):

- Ápice de crecimiento y panoja sobre el suelo.
- La caña empieza su periodo de mayor elongación.
- Se produce la elongación de los entrenudos.
- Algunos macollos empiezan a diferenciarse (efecto no deseado y variable según variedad o híbrido).

#### **2.1.1.4. Fase reproductiva.**

Cuando lo importante en la determinación del rendimiento es el período de llenado de grano, la floración temprana aumenta el rendimiento a través de un aumento en el número de días disponibles para el llenado del grano. Contrariamente, cuando el determinante del rendimiento es el tamaño de la planta, una anticipación en la floración provoca una reducción en el rendimiento debido a la menor duración de los estadios vegetativos previo a la floración (25).

#### **2.1.1.5. Estadio R2.**

Aunque el embrión todavía se está desarrollando lentamente durante esta etapa, el coleóptero y la primera hoja embrionaria ya se han formado. La mazorca está casi por alcanzar, o ya alcanzó, su tamaño completo. Las barbas, habiendo completado su función de floración, se oscurecen y comienzan a secarse. Los granos presentan cerca de 85% de humedad, porcentaje que irá descendiendo gradualmente hasta la cosecha (23).

#### **2.1.1.6. Período de Llenado de Grano.**

Si la estación es favorable, la duración del período de llenado de grano es de aproximadamente 55 días, con diferencias varietales que van desde 53 a 61 días. Una parte de la variación en rendimiento de los genotipos de maíz es atribuible directamente a las diferencias en el período de llenado de grano efectivo. La selección recurrente para incrementar el rendimiento aumenta indirectamente el período de llenado de grano (26).

### **2.1.2. Factores que inciden en la calidad del ensilaje de maíz.**

Durante el proceso de producción, varios factores influyen en la obtención de ensilaje de alta calidad, entre ellos, la productividad de los cultivos y la correcta conservación del material ensilado. Mühlbach (1999) citado por Neumann *et al.*, (27) indica que los procesos que ocurren dentro del silo son causados por las características inherentes del forraje ensilado (procesos de origen endógeno que incluyen la respiración, la lisis celular, la proteólisis y la degradación enzimática de oligosacáridos a azúcares simples) a la acción de los microorganismos (acción aeróbica de hongos, levaduras y las enterobacterias anaeróbica

controladas por lactobacilos o por bacterias clostridiales) y / o reacciones químicas (tales como la reacción de Maillard o la hidrólisis de la hemicelulosa de la planta, un factor clave para la ocurrencia de las pérdidas y / o el mantenimiento de la calidad del ensilaje).

La calidad del ensilaje es dependiente de la concentración de hidratos de carbono estructurales y no estructurales y la relación entre ellos. Deben buscar la máxima preservación de la proteína verdadera, ya que esto último influirá en la cantidad de concentrados en la dieta de los animales (28).

El estado de madures de la planta mientras más avanzado, el rendimiento de materia seca es más alto (contenido de 30 a 35% MS) que puede ser más favorable para la producción de ensilaje, pero la pared celular elevada y contenido de lignina puede limitar el consumo y el valor nutritivo del forraje conservado (Van Soest 1994 citado por Ribeiro-Junior *et al.*, (29)).

La etapa de maduración, donde se cosecha el forraje para ensilar ha sido uno de los factores que afectan la calidad y el valor nutritivo del ensilaje. En general, a medida que avanza la etapa de madurez de la planta, se producen cambios en la composición química de los ensilajes, como el aumento de materia seca (MS) y la reducción de la proteína cruda (Rodrigues *et al.*, 1996 citados por Vilela *et al.*, (19)).

Forrajes ensilados con bajos niveles de materia seca producen grandes cantidades de efluentes, o suspensión, que lleva grandes cantidades de nutrientes, que son importantes para las bacterias que producen ácido láctico y el rumiante que va a consumir el forraje, cuando el silo esté listo. Por otro lado, las plantas con altos niveles de materia seca son difíciles de compactar y favorecer la aparición de fermentación aeróbica y el desarrollo de hongos, que limitan definitivamente el consumo del ensilaje (McDonald *et al.*, 1991 citados por Caetano *et al.*, (30)).

Ensilajes de maíz de alta humedad producen efluentes, lo que puede llevar nutrientes solubles (N y azúcares), y transformar una parte del N en N no digestible. Por otra parte, ensilajes con mayor contenido de materia seca y bien compactados, retienen una mayor cantidad de azúcares que pueden ser utilizados como fuente de energía por los microorganismos del rumen. Además, ensilajes con alto contenido de materia seca poseen menor relación FDN/CNF (fibra detergente neutro/carbohidratos no fibrosos) y son más fáciles de digerir (28).

Al aumentar la altura de corte en la cosecha las plantas de maíz, el valor nutritivo de los ensilajes se mejora, reduciendo la concentración de las fracciones fibrosas y aumentando la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, así como los niveles de nutrientes digestibles totales (30). Los efectos del uso de diferentes ensilajes en el rendimiento del animal dependen de la calidad del ensilaje y disponibilidad de nutrientes (18).

La composición química del ensilaje de maíz puede variar ampliamente, dependiendo del contenido de humedad en el momento de ensilado y la proporción de mazorca, entre otros factores también está relacionada la composición del maíz y los aditivos utilizados si fuese el caso (31).

El mayor deterioro del ensilaje de maíz se produce en el estrato superior del silo, debido a la elevación de la temperatura y mayor índice de pH con respecto al estrato inferior (27).

Según McDonald (1991) citado por Neumann *et al.*, (27), las pérdidas controlables resultantes de efluente re-fermentación, la degradación aeróbica en almacenamiento y de alimentación de salida pueden representar hasta el 31% de ensilado, mientras que las pérdidas inevitables debido a la pre-secado, la respiración celular y la fermentación indeseable puede alcanzar el 15%. Por lo tanto, la viabilidad económica de la utilización de ensilado de maíz en la alimentación de rumiantes depende del cuidado para minimizar las pérdidas que pueden ocurrir en diferentes etapas de la producción y que son controlables por los procedimientos técnicos adoptados, ya que se trata de un cultivo de costo relativamente alto despliegue, cosecha y procesamiento.

Varios aditivos para ensilaje han sido utilizados en las últimas décadas, con el objetivo de proporcionar condiciones favorables y una máxima recuperación de la energía del alimento, con una subsecuente ganancia en el desempeño animal. Uno de los aditivos que ha sido ampliamente estudiado en ensilajes de maíz son los inoculantes microbianos, que contribuyen a reducir la proteólisis enzimática, gracias a que favorecen el rápido descenso del pH dentro del silo, lo que potencializa la producción de grandes cantidades de ácido láctico y presenta por lo tanto una posibilidad mayor de recuperación de materia seca (32).

Los inoculantes son eficaces en la disminución de pérdidas de MS durante el proceso de fermentación y, al mismo tiempo, contribuyen a una mayor concentración de nutrientes en el ensilaje, lo que resulta en una menor estabilidad después de abrir los silos. Los ensilajes

con mayor concentración de energía metabolizable tienen pérdidas de materia seca más bajas durante la fermentación y son más estables en contacto con el oxígeno (16).

Los inoculantes microbianos son más efectivos en el ensilaje de maíz, promueven la reducción en los componentes fibrosos (FDN, FDA, celulosa y hemicelulosa) del ensilaje, lo que resulta en un aumento de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y por lo tanto un mayor potencial de valor nutricional (32).

No obstante, la adición de dos inóculos comerciales de bacterias productoras de ácido láctico, uno de tipo homofermentativo y el otro de una combinación de tipos homo- y heterofermentativos, a razón de 106 ufc/g de material fresco al ensilar maíz en microsilos bajo condiciones de laboratorio, no mejoró las características fermentativas del ensilaje resultante en el clima tropical local. El uso de dichos inóculos mejoró ligeramente la estabilidad aeróbica de los resultantes ensilajes, observándose mayor efecto con la combinación de los dos tipos de bacterias productoras de ácido láctico (33).

### **2.1.3. Híbridos de maíz para la producción de forraje.**

El gran número de híbridos disponibles en el mercado, la buena producción de forraje, la facilidad de labranza, y la mecanización, son factores determinantes para el uso del maíz para la producción de ensilaje. La elección del híbrido más adecuado es una de las decisiones de gestión más importantes de un sistema de producción animal, dado que estos cultivares varían en sus características nutricionales (30).

#### **2.1.3.1. Híbrido de maíz PIONEER-3041.**

El híbrido de maíz PIONEER 3041 de la marca DUPONT – PIONEER, tiene la característica de ser rustico con un alto rango de adaptación a la época seca y lluviosa, su periodo vegetativo es de 135 a 165 días como media de acuerdo a la época de siembra. Es un híbrido semi-tardío con una mazorca de tamaño uniforme de 16 a 18 hileras y 42 granos por hilera aproximadamente y excelente relación grano/coronta de 83:17, potencializan el rendimiento. Sus características genéticas son expresadas de mejor manera cuando se siembra con una población de 75,000 plantas/ha, las zonas donde se cultivan son Ventanas, Balzar y Quevedo (34,35).

Gamarra (36), determinó en este híbrido PIONEER 3041, cultivado en la zona de Quevedo, 98.00% en el porcentaje de germinación; 3.06 m de altura; un diámetro del tallo de 2.28 cm; 56423.00 Kg ha<sup>-1</sup> de forraje verde y 9286.50 Kg ha<sup>-1</sup> de materia seca. En la composición química 16.26% de materia seca; 9.89% de proteína bruta y 8.68% de materia inorgánica.

#### **2.1.3.2. Híbrido de maíz INDIA S-810.**

INDIA S-810 es un híbrido de maíz de la marca INDIA con tecnología Biomatrix, es tolerante a enfermedades del tallo, mazorca y foliares, tiene su floración a los 50 días, de un excelente potencial productivo, se cosecha a los 122 días (grano), la altura de la planta alcanza 2.49 m, con una inserción de la mazorca a los 1.29 m, presenta una buena cobertura de la mazorca, cuyo diámetro es 6 cm, la zona de cultivo se extiende en Ventanas, Balzar, Empalme, Colimes, Oriente y Manabí. Las características más representativas de este híbrido es su rusticidad y versatilidad como planta robusta y su sobresaliente tolerancia a enfermedades foliares (37).

En la zona de Quevedo se indica en este híbrido INDIA S-810, una altura de 2.69 m; un diámetro del tallo de 2.11 cm; un rendimiento de 47873.00 Kg ha<sup>-1</sup> de forraje verde y 8195.30 Kg ha<sup>-1</sup> de materia seca. Presenta las siguientes características nutricionales: 16.66% de materia seca; 10.47% de proteína bruta y 8.16% de materia inorgánica (36).

#### **2.1.3.3. Híbrido de maíz INDIA S-505.**

INDIA S-505 es un híbrido de maíz producido por PRONACA, desarrollado con el objetivo de generar de híbridos de selección y combinación de líneas parentales puras, formando heterosis y aumentar la productividad. Se desarrolló en el Centro de Investigaciones Agrícolas La Josefina (38).

Gamarra (36), determinó en este híbrido INDIA S-505, cultivado en la zona de Quevedo, 98.70% en el porcentaje de germinación; 2.55 m de altura; un diámetro del tallo de 2.13 cm; 48830.00 Kg ha<sup>-1</sup> de forraje verde y 8914.50 Kg ha<sup>-1</sup> de materia seca. En la composición química 17.65% de materia seca; 10.42% de proteína bruta y 7.41% de materia inorgánica.

#### **2.1.3.4. Híbrido de maíz PIONEER-30K47.**

El híbrido PIONEER 30K73 de DUPONT – PIONEER, es de excelente rendimiento, pertenece al grupo élite de la marca, tiene un porcentaje de germinación del 90% y 50 a 55

días a la floración y con un promedio de cosecha entre los 130 a 140 días, una altura de inserción de la mazorca de 1.2 a 1.4 m, muy buen anclaje y tallos fuertes y tolerante a enfermedades. Es un híbrido que se puede sembrar en la época lluviosa y seca. Las zonas de cultivo son: La 14, Buena Fe, Vergeles, Loja, Imbabura, Esmeraldas y El Oriente. La nutrición de este híbrido depende del tipo de suelo y de los requerimientos de nutrientes en cada finca (39).

En la zona de Quevedo se indica en este híbrido PIONEER 30K73, una altura de 2.85 m; un diámetro del tallo de 2.19 cm; un rendimiento de 47250.00 Kg ha<sup>-1</sup> de forraje verde y 8811.60 Kg ha<sup>-1</sup> de materia seca. En la composición química 17.99% de materia seca; 11.49% de proteína bruta y 9.23% de materia inorgánica (36).

#### **2.1.4. El ensilado.**

El constante crecimiento de la población mundial, exige la implementación de sistemas agropecuarios productivos y eficientes, que satisfagan las demandas del mercado y las normativas internacionales de comercio (40). En los países tropicales, el forraje es la fuente de alimentación más importante y económica para los rumiantes. Sin embargo, debido a los periodos de sequía que ocurren anualmente se tiene como efecto una disminución en la calidad y cantidad del mismo, por lo que es crucial la práctica de conservación de forraje, ya sea en forma de heno, ensilaje o henilaje (33).

En condiciones tropicales, el cultivo de maíz se considera la primera opción para ensilar, debido a su capacidad de adaptación como cultivo a diferentes latitudes, su ciclo de cosecha, entre 80 y 90 días (grano desarrollado en estado pastoso), producciones de forraje verde entre 30 a 50 t materia verde ha<sup>-1</sup>, alta concentración de carbohidratos fermentables (5 a 20% MS), baja capacidad alcalinizante y la presencia de una abundante flora natural de microorganismos productores de ácido láctico (Manchin 2001 citado por Cubero *et al.*, (41)).

El ensilaje es un método de conservación de forrajes en el que se inhibe el crecimiento de microorganismos degradadores de la materia orgánica, preservados con ácidos, sean estos agregados o producidos en un proceso de fermentación natural, llevado a un depósito de dimensiones y forma variable denominado silo, en el que se dispone en capas uniformes eliminando el aire mediante compresión y cubriéndolo finalmente (42).

El uso del ensilaje es muy común en sistemas de producción animal intensiva de zonas templadas, principalmente por dos razones. Primero, porque durante el invierno no se dispone de un alimento de calidad en los campos y segundo, porque durante todo el año se puede disponer de un suplemento preservado de alta calidad (p. ej.: ensilaje de maíz) para complementar el consumo de pasto y así mejorar la producción de leche y la utilización del nitrógeno (43).

La calidad del producto ensilado depende del valor nutritivo de la materia prima utilizada y de los productos presentes en el proceso de fermentación como los tipos de ácidos y la cantidad de amoníaco. Las características del forraje que determinarán la calidad final del proceso fermentativo son: contenido de materia seca (MS), carbohidratos solubles (CS), capacidad buffer (CB) y la microflora epifita (44).

Durante la fermentación, el forraje se somete a una serie de procesos que pueden causar la pérdida de nutrientes a través de efluentes y gases, que son indeseables y deben ser evitados con el fin de evitar la pérdida de la calidad del alimento. Las pérdidas causadas por la conservación inadecuada puede equivaler al 40% (45).

Aunque el procedimiento de ensilaje se conoce desde hace muchos siglos, todavía quedan muchas preguntas relacionadas con la gestión del silo después de su apertura. Por ejemplo, el deterioro aeróbico del ensilaje, es un fenómeno que resulta de la penetración del aire en los silos, es uno de los principales problemas en el proceso de conservación del ensilado. El oxígeno puede penetrar en la masa, incluso cuando el silo está cerrado, pero especialmente durante la fase de descarga y cuando se está dando ensilaje a los animales (Bernardes *et al.*, 2005 citados por Bumbieris Junior *et al.*, (46)).

El uso de aditivos, como forma de buscar un mejor patrón de fermentación y conservación de ensilajes, es una práctica bastante difundida y diversos tipos de aditivos han sido evaluados en el ensilaje con el objeto de control de la producción de etanol (47).

#### **2.1.4.1. Proceso de ensilaje.**

Durante el proceso de ensilaje, el forraje fresco colocado en el silo se transforma hasta que la masa está completamente estabilizada y adquiere las características de ensilaje. El objetivo principal del proceso de ensilado es llegar a valores de pH suficientes para inhibir el crecimiento de microorganismos indeseables y enzimas catalizadoras de nutrientes (48).

Los diferentes períodos de almacenamiento afectan las pérdidas fermentativas, la composición química y la estabilidad aeróbica de los ensilajes. El aumento del período de almacenamiento (30, 60, 90 y 120 días) provoca un incremento de la producción de efluentes. Este efecto es el resultado de fermentaciones secundarias del ensilaje que aumentan el desbordamiento del contenido celular, lo que conduce a un incremento de la humedad del ensilaje (45). De manera general el ensilaje se divide en dos fases:

**Fase 1:** se denomina aeróbica (presencia de oxígeno), esta fase inicial comprende el corte y llenado del silo. Es la etapa crucial en el proceso del ensilaje pues de la impermeabilidad y correcta compactación depende una rápida estabilización y conservación, en este periodo se incrementa la temperatura por acción de la respiración celular, es importante que este periodo no se prolongue y de paso a la siguiente fase lo más pronto posible. Este periodo puede durar entre unas cuantas horas a un día dependiendo de las condiciones (49).

**Fase 2:** llamada anaeróbica (sin presencia de oxígeno), en este periodo se producen y acumulan ácidos orgánicos, hasta que la cantidad de estos detiene la actividad de los microorganismos. En esta fase y teniendo las condiciones requeridas se produce una alta proliferación de bacterias lácticas ya que su metabolismo generará el suficiente ácido láctico para detener la actividad de microorganismos perjudiciales como enterobacterias y levaduras. Este proceso dura entre dos a tres días en condiciones adecuadas, un ensilaje ha completado su estabilización posterior a los 21 días en la mayoría de los casos, supeditado a al descenso del pH que a su vez depende del contenido de materia seca (49).

La fermentación láctica debe predominar en las condiciones anaeróbicas para que las plantas forrajeras puedan ser conservadas como ensilaje. Hay varios factores que pueden interferir en la calidad de la fermentación, incluidos los microorganismos que llevan a la segunda fermentación, el contenido de carbohidratos solubles, el contenido de materia seca, la compactación y la velocidad en el cierre del silo. Se espera en un buen ensilaje de calidad que las bacterias lácticas homofermentativas se vuelvan dominantes tan rápidamente como sea posible y promover la reducción del pH, que permita la inhibición de las enterobacterias y bacterias de géneros como *Listeria*, *Bacillus*, *Clostridium* y las propias bacterias lácticas heterofermentativas. Un perfil ideal de fermentación en donde se produce la cantidad suficiente de ácido láctico no da lugar a pérdidas por formación de gases y metabolitos secundarios (48).

Según lo descrito por Ojeda (10), el proceso de producción de ensilaje puede ser dividido en cuatro etapas: (i) cosecha; (ii) transporte al silo; (iii) compactación; y (iv) sellado hermético. La primera decisión a tomar en el plan de ensilaje es calcular la cantidad de forraje requerida, lo que depende de los siguientes factores:

- Cantidad y tipo de ganado que recibirá el ensilaje.
- Duración del período de alimentación.
- Proporción de la ración completa que representará el ensilaje (%).
- Recursos disponibles (superficie a cosechar y distancias, equipos y construcciones, mano de obra, capital, asistencia técnica, insumos, etc.).

#### **2.1.4.2. Microbiología del ensilaje.**

La microflora del ensilado juega un papel central en el éxito del proceso de conservación. La flora puede ser dividida básicamente en dos grupos, los organismos deseables y los indeseables. Los primeros son las bacterias productoras de ácido láctico. El segundo grupo está constituido por los microorganismos implicados en los procesos de deterioro anaeróbico (clostridios y entero-bacterias) y en el deterioro aeróbico (levaduras, hongos y listeria) (50). Muchos de estos microorganismos no solamente disminuyen el valor nutricional del ensilaje sino que pueden tener un efecto negativo en la calidad de la leche y la salud animal y humana (50).

Cuando el forraje es recién cortado los microorganismos predominantes bacterias y hongos que viven en presencia de oxígeno (51), cuando esta biomasa es ensilada esta microbiota es alterada por los procesos fermentativos y surgen dos tipos de microorganismos que para el efecto resultan benéficas y perjudiciales.

**Microbiología benéfica.-** cuando se inicia el ensilaje y la masa almacenada pierde oxígeno proliferan las bacterias ácido lácticas o bacterias lácticas que son anaeróbicas facultativas (capacidad de reproducción en presencia o no de oxígeno), se encuentran en los cultivos en pequeñas cantidades, multiplicándose exponencialmente posterior a la recolección, cuando el forraje se pica o desgarrar. La mayoría de estos son mesófilos (prosperan 5° y 50 °C de temperatura), de estas bacterias depende el descenso del pH (acidificación <5%) del ensilaje para que la biomasa almacenada pueda conservarse correctamente (12).

La presencia de estas bacterias lácticas es de gran importancia, por lo cual se han desarrollado inoculantes microbianos usados como aditivos que incluyen bacterias homofermentativas, heterofermentativas, o combinación estas. Los microorganismos homofermentativos (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus spp.*, *Streptococcus faecium*, *Pediococcus pentosaceus* y *Pediococcus acidilactici*) se caracterizan por una velocidad de fermentación más rápida, proteólisis más baja, aumento de la concentración de ácido láctico, niveles más bajos de ácidos acético y butírico, bajo contenido de etanol y una mayor recuperación de energía y de materia seca. Las bacterias ácido lácticas heterofermentativas (*Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus brevis* y *Propionibacterium*), utilizan la glucosa como sustrato para la producción de ácido acético y ácido propiónico, que son eficaces contra mohos y reducción rápida de pH (52).

La capacidad de conservación de las bacterias del ácido láctico (LAB) se ha utilizado desde la antigüedad en alimentos y piensos, como el ensilaje. El efecto antimicrobiano del LAB está relacionado principalmente con la producción de ácido láctico y ácido acético, pero para algunas cepas, la síntesis de bacteriocinas es también de gran importancia (53).

**Microorganismos perjudiciales.-** A este grupo pertenecen los clostridios, es una característica frecuente de los ensilajes contaminados por tierra, son anaeróbicos estrictos, se clasifican sacarolíticos (fermentan el ácido láctico y carbohidratos solubles y lo convierten a ácido butírico y elevan el pH a >5) y proteolíticos (fermentan aminoácidos a ácidos acético y butírico, aminas y amoniac). Se desarrollan con niveles de pH entre 7.0 y 7.5, intolerantes al descenso del pH (inferior a 4.2) y ambiente seco (51).

Otro grupo perjudicial de bacterias son las enterobacterias (bacterias ácido acéticas o bacterias coliformes), que tienen la característica de ser anaeróbicas facultativas. De igual manera los clostridios tienen la capacidad de descarboxilar y desaminar aminoácidos, produciendo amoniac en grandes cantidades, se desarrollan en condiciones de pH neutro (7.0) entre las especies de este grupo se encuentran *Escherichia coli* y *Erwinia herbícola* (51).

Los hongos son los mayores agentes perjudiciales del ensilaje, proliferan como unicelulares (levaduras), o en colonias filamentosas multicelulares (mohos). Entre las levaduras pueden desarrollarse *Candida*, *Saccharomyces* y *Torulopsis*. Los mohos son de tipo aeróbicos

estrictos y son comunes en silos mal sellados o mal impermeabilizados o posterior a la apertura del silo, por lo que se debe ocupara de manera rápida después de abierto, el problema en estos organismos es que producen metabolitos secundarios llamados micotoxinas, que son tóxicas y limitan la palatabilidad del alimento con el subsecuente descenso del consumo de los animales (51).

#### **2.1.4.3. Características fermentativas del ensilaje.**

El valor fermentativo que viene dado por su contenido de principios nutritivos y la digestibilidad de los mismos, debe complementarse con una fermentación correcta que asegure que el ensilado va a ser estable. Estos parámetros fermentativos: nitrógeno amoniacal, nitrógeno soluble total, azúcares residuales, alcoholes, ácidos grasos volátiles y ácido láctico, aportan la información sobre el proceso fermentativo que tuvo lugar (54).

Los valores de pH que se obtengan brindaran las condiciones para la correcta proliferación de bacterias lácticas que acidifican y conservan el alimento y crean situaciones donde microorganismos como hongos y levaduras no pueden prosperar, por lo tanto estos son indicadores importantes para determinar la calidad del ensilaje desde el punto de vista microbiológico (55).

La calidad de un ensilado depende por una parte de su valor nutritivo, que está ligado directamente a su composición química (fibra materias nitrogenadas, minerales, hidratos de carbono, etc.) y por otra de la calidad de conservación, que viene definida por los productos finales de las fermentaciones que tienen lugar en el mismo (56).

También la calidad puede ser evaluada visualmente pues aunque esta información no es precisa, en conjunción con el análisis químico, factores como el olor, color o apariencia general puede suministrar una buena indicación del valor nutritivo esperado. También el aspecto y la composición química antes de ensilar nos pueden dar una idea de la futura calidad del ensilado (56).

## 2.2. Marco referencial.

Cubero, *et al.*, (41) en su estudio; *Uso del inóculo microbial elaborado en finca en ensilaje de maíz (Zea mays). Valor nutricional y fermentativo*, evaluó el efecto de 3 niveles de inóculo microbial producido en finca (0,5, 1,0 y 1,5 l.t<sup>-1</sup> de MF) y un nivel de 0,5 kg.t<sup>-1</sup> MF de inóculo comercial (CEN-Sile®) sobre las características nutricionales y fermentativas del ensilaje de maíz híbrido (Cristiani Burkard®) cosechado a 90 días. El ensilaje sin la aplicación de inóculos microbiales presentó los valores mejores en el pH, en la capacidad buffer y en el nivel de nitrógeno amoniacal.

El contenido de nutrientes digestibles totales (NDT), la energía digestible y metabolizable, la energía neta de mantenimiento, de ganancia y lactancia fluctuaron entre 57.65 – 66.80%, 2.54 – 2.95 Mcal. kg<sup>-1</sup>, 2.08 – 2.42 Mcal. kg<sup>-1</sup>, 1.23-1.53 Mcal.kg<sup>-1</sup>, 0.66-0.94 Mcal.kg<sup>-1</sup> y 1.29-1.52 Mcal.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. La aplicación del inóculo microbial no mostró un efecto sustancial sobre las características fermentativas y nutricionales en el ensilaje de maíz, por lo cual se podría recomendar el empleo de este tipo de biotecnologías en forrajes verdes que presentes limitaciones en su proceso fermentativo, como las leguminosas y las gramíneas.

Villa (57), en su investigación: *Estudio microbiológico y calidad nutricional de ensilaje de maíz cosechado en dos ecorregiones de Colombia*, identificó géneros de Bacteria Acido Lácticas (BAL) que se encuentran en el cultivo de maíz en clima cálido y frío en Colombia con el fin de potencializar su uso como aditivo nativo. Los materiales ensilados presentaron disminución al tercer día del pH por debajo de 4, las concentraciones iniciales de BAL presentaron diferencias estadísticas ( $p < 0.018$ ), siendo mayor en el maíz de clima cálido. Las poblaciones de BAL fueron superiores en cantidades a las reportadas por otros autores durante toda la fase de evaluación.

Se identificaron 4 especies de BAL, los *Lactobacillus* spp. y *Leuconostoc* spp. fueron los géneros más abundantes durante los primeros 5 días de ensilado para ambos climas. No se observaron diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) en la concentración final de ácidos orgánicos, amonio ni azúcares reductores. Se concluye que las BAL epifitas del maíz en Colombia tienen la capacidad fermentativa para asegurar un buen ensilaje y pueden potencialmente ser seleccionados para inóculos en la industria forrajera.

Araiza-Rosales *et al.*, (58) , en su trabajo *Calidad fermentativa y nutricional de ensilados de maíz complementados con manzana y melaza*, evaluaron la adición de manzana de desecho y melaza sobre la calidad fermentativa y composición nutricional del ensilado de maíz, utilizando cuatro combinaciones de maíz y manzana (100-0, 75-25, 50-50, 25-75) y tres niveles de melaza (0.5 y 10 %) para obtener 12 tratamientos. El pH disminuyó con manzana a menos de 3.60, pero incrementó con melaza de 0.03 a 0.07 unidades. El nitrógeno amoniacal incrementó (0.59 a 2.44 %), aunque los AGVs se mantuvieron en rangos aceptables (acético de 0.04 a 0.73 %, propiónico de 0.02 a 0.70 %, y butírico de 0.0 a 0.58 %); incrementándose con la melaza y reduciéndose con la manzana.

Ruiz *et al.*, (59), en su estudio *Valor nutritivo y rendimiento forrajero de híbridos de maíz para ensilaje* estudio los híbridos Dekalb DK641® (DK641), Eagle 238W® (238W), Golden Harvest EX313® (EX313), Golden Harvest H9403® (H9403), Pioneer 32R25® (32R25), Pioneer 31G98® (31G98) y Producers 725® (725), seleccionados por sus altos rendimientos de grano y materia seca, se compararon con respecto a la producción de forraje y su valor nutritivo. Con respecto a pH y AL (ácido láctico), todos los ensilajes presentaron valores que indican una fermentación adecuada (pH < 3.43 y AL 8.5 a 11.2%).

Espinoza *et al.*, (1), investigaron el *Efecto de inoculantes microbianos sobre las características químicas y fermentativas de ensilajes de maíz forrajero*, encontraron que la aplicación de inoculantes microbianos influyó estadísticamente en las características nutricionales del ensilaje. En el ensilaje de maíz forrajero con inoculante comercial Lactosilo® alcanzó los mejores porcentajes de MS (31,14%), MO (93.60%) y FC (24.23%); mientras que en el ensilaje de maíz forrajero con inoculante comercial Sill All® se obtuvo el mayor contenido de proteína bruta (12.29%).

El contenido de cenizas fue estadísticamente similar entre el testigo sin inóculo (7,45%) y el ensilaje de maíz forrajero con inoculante comercial Sill All® (7,43%). Los valores de los indicadores de fermentación (pH y temperatura) estuvieron dentro de los rangos óptimos para el proceso fermentativo, independientemente del uso o no de inoculantes microbianos. Con valores de pH entre 4.39 y 4.45 y temperatura entre 23.91 y 25.00 °C.

Morais *et al.*, (20) en su investigación *Inoculação de silagens de grãos úmidos de milho, em diferentes processamentos* (Inoculación de ensilajes de maíz de alta humedad, con diferente procesamiento) tuvo como objetivo evaluar las características de la fermentación,

composición química y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (MS) de ensilajes de maíz de alta humedad con o sin el uso de inoculante microbiano (Biomax® de Katec que consiste en *Lactobacillus plantarum* mesófila, termófila *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus* y *Propionibacterium acidophilus acidophilus*, 25% de glucosa y 50% de las enzimas amilolíticas) en los diferentes procesos.

El pH y N-NH<sub>3</sub> (nitrógeno amoniacal) no fueron influenciados por la inoculación, con un promedio de 3.89 vs 3.94 y 0.63 vs 0.72% para ensilajes inoculados y testigo respectivamente. En general, la inoculación microbiana no cambia el patrón de fermentación, la composición química y las pérdidas de MS en el ensilaje de maíz de alta humedad, independientemente del procesamiento. Hubo una mejora del 1.09% en la digestibilidad *in vitro* de la materia seca en los ensilajes de maíz inoculados.

Vilela *et al.*, (19), en su estudio: *Valor nutritivo de silagens de milho colhido em diversos estádios de maturação* (Valor nutritivo de los ensilajes de maíz cosechado en diferentes estados de madurez) evaluaron las características bromatológicas de los ensilajes de maíz, ensilados en diferentes estados de madurez. Los cultivares evaluados fueron Geneze 2004 Agrocerec 1051, Pioneer 30s40 y Pioneer 30F90 ensilado en las fases de madurez: 0% de línea de leche en el grano (SLL), reducción de la línea de leche en un tercio del grano (1/3 LL), 1/2 del grano (1/2 LL), 2/3 del grano (2/3 LL), y la capa negra formada (CN).

El porcentaje de MS de los ensilajes varió de 26.5% a 45.0%. Las mayores pérdidas de efluentes se produjeron en los ensilajes de los cultivares AG1051 y P30S40, en la etapa SLL, que con las pérdidas de la etapa media LL. A medida que avanzaba la etapa de madurez, presentaron valores elevados de pH. Los estados de madurez influyeron en el porcentaje de proteína bruta de los ensilajes que varió de 10.7% a 8.1%. Los mayores valores de FDN (fibra detergente neutro) y FDA (fibra detergente ácido) se encontraron en las etapas 2/3 LL y CN. El porcentaje de lignina fue influenciado por los cultivares, con los mayores valores fueron observados en los ensilajes del cultivar P30S40.

Rabelo *et al.*, (16) en su estudio: *Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estádios de maturidade: perdas fermentativas, composição bromatológica e digestibilidade in vitro*, (El ensilaje de maíz inoculado con bacterias del ácido láctico en diferentes estados de madurez: las pérdidas de fermentación, composición química y digestibilidad *in vitro*), Aplicaron dos inoculantes de

ensilado comercial y sin inocular en etapas SLL, 1/3 LL, LL 1/2, 2/3 LL y CN. La inoculación de ensilaje produjo una mayor concentración de proteína bruta en el ensilaje producido en etapas SLL, 2/3 LL y CN. El uso de inoculante Maíz All ® resultó en una menor concentración de NDF. El uso de bacterias ácido lácticas (Maíz All ®) en el ensilaje de maíz aun con el estadio más avanzado de madurez mejora la composición química y digestibilidad *in vitro*.

Rodríguez *et al.*, (33), en su investigación: *Utilización de inóculos comerciales conteniendo bacterias productoras de ácido láctico sobre las características fermentativas y estabilidad aeróbica de ensilaje de maíz*, evaluaron dos tratamientos basados en la adición de dos inóculos microbianos comerciales, uno a base de bacterias productoras de ácido láctico (BPAL) homofermentativas (THO) y el otro una combinación de estas con heterofermentativas (THH), además de un tratamiento control sin inoculación (TCN), No se encontró diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las características fermentativas incluidas. Numéricamente el THO mostró en promedio el menor pH (4.23) y el mayor contenido porcentual de ácido láctico (AL) (2.18), seguido respectivamente por THH (4.28 y 2.11) y TCN (4.32 y 1.94).

Los indicadores de estabilidad aeróbica tampoco difirieron significativamente entre tratamientos, pero hubo una diferencia en pH promedio del ensilaje expuesto, favorable a THO (5.30 vs 5.43 valor común en ambos THH y TCN); y una tendencia ( $P < 0.15$ ) en temperatura promedio (°C) favorable a THH (29.61 vs 30.26 en THO y 30.28 en TCN).

Zambrano (60), en su trabajo de investigación: *Efecto de la aplicación de inoculantes bacterianos en la composición química y fermentativas de ensilados de rastrojos de maíz (Zea mays L.) Finca La María, Mocache 2013*, evaluó el efecto de dos inoculantes bacterianos LactoSilo Gold ® y Sil All® en ensilados de rastrojo de maíz (*Zea mays L*) en dos tiempos de fermentación 30 y 60 días. En la temperatura a las 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas no existió diferencia estadística entre los tratamientos con valores entre 24.00 y 24.33 °C a los 30 días y 23.00 a 24.50 °C a los 60 días. En el pH tomado a las 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas no mostro diferencias entre los tratamientos con 3.90 a 4.75 y 3.87 a 4.82 en los 30 y 60 días de fermentación.

Hurtado (61), en su proyecto de investigación *Características microbianas y fermentativas del ensilaje de pasto saboya (Panicum maximum) asociado con diferentes niveles de*

*inclusión de cáscara de maracuyá (Passiflora edulis)*. Determinó en el ensilaje de pasto Saboya 70% + 30% de cáscara de maracuyá a los 14 días 9.01 UFC mL<sup>-1</sup>, 21 días 8.23 UFC mL<sup>-1</sup> y 28 días 8.32 UFC mL<sup>-1</sup> de bacterias lácticas; en el ensilaje de pasto saboya 90% + 10% de cáscara de maracuyá a los 14 días 9.11 UFC mL<sup>-1</sup>, a los 21 días 8.07 UFC mL<sup>-1</sup> y a los 28 días 7.95 UFC mL<sup>-1</sup> de bacterias totales; en el ensilaje de pasto saboya 80% + 20% cáscara de maracuyá, a los 14, 21 y 28 días 7.51, 7.30 y 7.39 UFC mL<sup>-1</sup>, de hongos y en conteo de levaduras a los 14 días 7.79 log UFC mL<sup>-1</sup>, a los 21 días 7.32 log UFC mL<sup>-1</sup>, y a los 28 días 7.40 log UFC mL<sup>-1</sup> respectivamente.

Narváez (62), en su estudio: *Efecto de la aplicación de inoculantes sobre las características microbianas a los 60 días de ensilaje de maíz forrajero (Zea mays L)*. Mocache, Ecuador 2013. Determinó 8.55 a 9.43 UFC mL<sup>-1</sup> de bacterias lácticas; 7.44 a 9.07 UFC mL<sup>-1</sup> de bacterias totales; 0.41 a 4.36 UFC mL<sup>-1</sup> de hongos y 1.74 a 2.60 UFC mL<sup>-1</sup> de levaduras, concluyendo que el proceso de ensilado de forraje de maíz con la inclusión de inoculantes, mejoro la calidad del producto final.

Loor (63), en su trabajo de investigación: *Efecto de la aplicación de inoculantes bacterianos en la composición química y fermentativas de ensilados de maíz forrajero (Zea mays L)* Finca La María, Mocache 2013. Evaluó ensilajes conservados por 30 y 60 días con y sin inoculantes (LactoSilo Gold ® y Sil All ®), determinó rangos de temperatura de 24 a 25 °C y 20.33 a 24.16 °C en los periodos mencionados, mientras en el pH obtuvo valores de 4.39 a 4.89 a los 30 días y 4.21 a 4.87 a los 60 días de fermentación, concluye que los inoculantes bacterianos no afectaron las características fermentativas del ensilado de maíz forrajero.

Santos *et al.*, (64), en su investigación: *Características y estabilidad aeróbica de ensilajes de caña de azúcar, tratada con urea, NaOH y maíz*, obtuvieron valores de pH superiores a 4, resaltan que el valor del pH indica la acidez del ensilaje como resultado de la acción de las bacterias ácido lácticas. La disminución de este inhibe el desarrollo de los microorganismos indeseables, con lo que asegura la calidad de la fermentación. En la acidificación inadecuada se desarrollan las bacterias productoras de ácido acético y butírico.

Neres *et al.*, (65), en su trabajo de investigación: *Microbiological profile and aerobic stability of Tifton 85 bermuda grass silage with different additives* (Perfil microbiológico y la estabilidad aeróbica del ensilaje Tifton 85 bermuda con diferentes aditivos). Evaluaron diferentes aditivos y marchitamiento (pre-secado al sol durante dos horas antes de

ensilaje; inoculante bacteriano enzimático; cáscara de soja; sémola de maíz y uso de la sal en la capa superficial del silo). Determinaron en el perfil bacteriano antes del ensilaje 2.26 a 4.74 log UFC/g de enterobacterias; 2.86 a 3.56 log UFC/g de Clostridium; 2.34 a 3.26 log UFC/g de bacterias lácticas y 4.82 a 5.78 log UFC/g de bacterias totales. Mientras posterior al ensilaje el conteo de enterobacterias no fue significativo en los Clostridium obtuvieron valores de 6.39 a 7.00 log UFC/g; en las bacterias lacticas 3.90 a 4.69 log UFC/g y en bacterias totales 6.38 a 7.47 log UFC/g. En la presencia de hongos totales obtuvieron de 4.17 a 4.46 log UFC/g.

Jalčl *et al.*, (66) en su investigación: *The use of bacterial inoculants for grass silage: their effects on nutrient composition and fermentation parameters in grass silages* (Uso de inoculantes bacteriales para ensilaje de forrajes: sus efectos sobre la composición de nutrientes y parámetros de fermentación), determinaron el conteo de bacterias lácticas respecto al tiempo de muestreo, en el día cero a uno 1.30 a 2.90 log 10 UFC/g; en el día siete de 6.07 a 8.54 log 10 UFC /g; en el día veintiuno 8.13 a 9.90 log 10 UFC /g; en el día cuarenta 6.37 a 8.19 log 10 UFC /g y en el día ciento cinco 5.89 a 8.79 log 10 UFC /g.

Kung *et al.*, (67), en su estudio: *(Poblaciones microbianas, productos finales de fermentación, y estabilidad aeróbica de ensilaje de maíz tratada con amoníaco o un ácido propiónico como conservantes)*, determinaron en muestreos de 0 a seis días de conservación de 5.72 a 9.12 log UFC/g<sup>2</sup> de bacterias lácticas; de 7.28 a <2.00 log UFC/g<sup>2</sup> de enterobacterias; 7.08 a 5.90 log UFC/g<sup>2</sup> de levaduras y 6.56 a <2.00 log UFC/g<sup>2</sup> de moho.

Borges *et al.*, (68), en su investigación: *Efecto de la adición de urea y el tipo de fermentación en la estabilidad de silajes de Caña de Azúcar (Saccharum spp.)*, analizaron el ensilaje de caña sola (testigo) y caña adicionada con 3 niveles de urea en función del peso fresco, sometidos a 2 fermentaciones durante 30 días En cuanto al desarrollo fúngico, se corroboró el efecto fungistático de la urea a partir del 1% de concentración, aun cuando el silo estuvo expuesto al aire por 48 h, siendo *Aspergillus sp.* la especie más resistente a los tratamientos. En conclusión, la adición de urea al 1% en silajes de caña de azúcar contribuye a mantener la estabilidad del silo una vez expuesto a condiciones aeróbicas pos-fermentación.

Solano (69), en su *Estudio de factibilidad para la producción de ensilaje de maíz (Zea mays) como suplemento para ganado lechero en Vinchocha, Provincia de Bolívar-Ecuador*, determinó en el análisis financiero ingresos a razón de USD 10.00 por saco de 45 kilogramos

(USD 0.22/Kg), resultando el proyecto viable en su totalidad con los siguientes indicadores financieros: Valor Actual Neto (VAN) de USD 75 358.88, una Taza Interna de Retorno (TIR) del 159.79 y una relación beneficio costo de USD 16.14. Según MAGAP (70) se puede mantener con una funda de silopack de 45 kilogramos a un promedio de cinco a seis bovinos adultos, y entre 10 y 12 cabras.

Sánchez *et al.*, (71), determinaron los costos de producción del ensilaje de residuos de maíz con la metodología de silo bolsa con fundas de polietileno de 11.25 Kg con un costo de USD 1.23 equivalente a USD 0.11 por kilogramo.

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización.

La investigación se realizó en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) ubicado en la finca experimental “La María”, perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), situada en el km 7 de la Vía Quevedo – El Empalme, Rcto San Felipe, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos. Se encuentra entre las coordenadas geográficas de 01° 06’ de latitud Sur y 79° 29’ de longitud Oeste. A una altura de 75 metros sobre el nivel del mar. Las condiciones climatológicas del lugar experimental se describen en la Tabla 1.

**Tabla 1. Características climatológicas de la Finca Experimental La María.**

Parámetros	Promedio
Temperatura °C	24.70
Humedad relativa, %	87.00
Precipitación, anual. Mm	2613.00
Heliofanía, horas/ luz /año	886.10
Evaporación, promedio anual (%)	78.30
Zona ecológica	bh – T
Topografía	Ligeramente Ondulada

FUENTE: DEPARTAMENTO AGROMETEOROLÓGICO DEL INIAP, 2015.

ELABORADO: AUTOR (72).

### 3.2. Tipo de investigación.

La investigación fue de Tipo Exploratoria, mediante la evaluación del ensilaje de cuatro híbridos de maíz que se emplean regularmente para grano en dos edades de corte (tratamientos) se valoró la respuesta de las características fermentativas y microbiológicas (variables) del material ensilado por 60 días en condiciones anaeróbicas en silos de tipo experimental con regulación de las características internas de drenaje y eliminación de gases. Con la finalidad de identificar los híbridos de mejor respuesta que puedan ser utilizados posteriormente.

El presente Proyecto de Investigación tributa a la línea de investigación 11: *Comportamiento agronómico, evaluación y mejoramiento de las características nutricionales y métodos de conservación de gramíneas, leguminosas, arboles forrajeros, subproductos agropecuarios*

y residuos agroindustriales con fines de alimentación de animales domésticos. En el área Pecuaria.

### 3.3. Métodos de investigación.

El método de investigación fue el Experimental, se evaluó el efecto de los factores Edad de cosecha e Híbridos de maíz, sobre el número de bacterias lácticas y totales, presencia de levaduras y hongos (características microbianas) y el pH y temperatura (características fermentativas) en los periodos de 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas con el fin de obtener datos cuantitativos y realizar análisis estadístico.

### 3.4. Fuentes de recopilación de información.

Los datos cuantitativos de las variables de respuestas fueron obtenidos con la determinación directa del efecto de los factores (edad e híbridos) y la interacción de estos (tratamientos) en las variables evaluadas (considerándose como **fuentes primarias**, los resultados fueron contrastados con **fuentes secundarias** de información, tesis de grado e investigaciones previas, revistas indexadas, libros y material relevante de internet.

### 3.5. Diseño de la investigación.

Para el presente estudio se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un arreglo bi-factorial de 2 x 4, dos edades de corte y cuatro híbridos de maíz (Tabla 2), cada unidad experimental fue conformada por un silo experimental con capacidad de 3 kg de almacenamiento (Tabla 6). El esquema del análisis de varianza se indica en la Tabla 3, el modelo estadístico del diseño experimental es:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Dónde:

$Y_{ij}$ : Valor de la variable de respuesta.

$\mu$  = Media poblacional.

$\alpha_i$  = Efecto de la edad de corte.

$\beta_j$  = Efecto del híbrido de maíz.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción de la edad de corte y el híbrido de maíz.

$\varepsilon_{ij}$  = Error Experimental.

**Tabla 2. Factores y niveles de estudio.**

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>
A. Edad de corte	a <sub>1</sub> . 60 días (V8) a <sub>2</sub> . 75 días (R2)
B. Híbrido de maíz forrajero	b <sub>1</sub> . PIONEER 30K73 b <sub>2</sub> . PIONEER 3041 b <sub>3</sub> . INDIA S-810 b <sub>4</sub> . INDIA S-505

ELABORADO: AUTOR.

**Tabla 3. Análisis de Varianza ANDEVA del diseño experimental.**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	
<b>Tratamientos</b>	<i>ab-1</i>	7
<b>Edad de cosecha (A)</b>	<i>a-1</i>	1
<b>Híbrido de maíz (B)</b>	<i>b-1</i>	3
<b>AxB</b>	<i>(a-1)(b-1)</i>	3
<b>Error experimental</b>	<i>ab (r-1)</i>	16
<b>Total</b>	<i>abr-1</i>	23

ELABORADO: AUTOR

En la Tabla 4, se muestra la descripción de la combinación de los factores.

**Tabla 4. Descripción de la combinación de los factores.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Factores</b>		<b>Repetición</b>
	<b>Edad</b>	<b>híbrido</b>	
T1	60 días	INDIA S-810	3
T2	75 días	INDIA S-810	3
T3	60 días	PIONNER 3041	3
T4	75 días	PIONNER 3041	3
T5	60 días	PIONNER 30K73	3
T6	75 días	PIONNER 30K73	3
T7	60 días	INDIA S-505	3
T8	75 días	INDIA S-505	3
<b>Total</b>			<b>24</b>

ELABORADO: AUTOR.

### **3.6. Instrumentos de investigación.**

Como instrumentos de investigación se analizó el efecto de las variables:

#### **3.6.1. Variables evaluadas.**

##### **3.6.1.1. Características microbianas.**

###### **3.6.1.1.1. Crecimiento de bacterias lácticas y bacterias totales.**

Se inoculó en medios de cultivo Agar de MRS y Agar Nutritivo en dosis de 70 y 25 g por litro respectivamente. Diluidos en matraces Erlenmeyer a una temperatura de 120 °C mesclada a 1200 rpm por cinco horas sobre un agitador magnético. Para el conteo de las colonias se evaluó la proliferación en los cuadrantes de la caja Petri con la ecuación 2:

$$NC = (CA + CM + CB) \times 65 \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde:

*NC*: Número de colonias.

*CA*: Cuadrante con carga alta.

*CM*: Cuadrante con carga media.

*CB*: Cuadrante con carga baja.

Para determinar el número de unidades formadoras de colonias (UFC) se empleó la ecuación 3:

$$UFC = NC \times FD \times MS \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

*UFC*: Unidades formadoras de colonias.

*NC*: Numero de colonias.

*FD*: Factor de dilución.

*MS*: ml de la muestra sembrada.

###### **3.6.1.1.2. Crecimiento de levaduras y hongos.**

Se inoculó en medio de cultivo Agar Sabouraud Dextrosa (70 g por litro + 150 mg de cloranfenicol y tetraciclina para impedir el crecimiento de bacterias) diluido en matraces a

120 °C y 1000 rpm por 5 horas. Para la determinación cuantitativa se contaron como colonias de mohos aquellas de aspecto algodonoso en diversos colores (verde, amarillo, naranja, rojo, café, azul y/o negro), y como levaduras aquellas con aspecto mucoide según lo descrito por Ferreira *et al.*, (73), con la ecuación 4:

$$RF = \frac{CT \times 100}{V} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

**RF:** Recuento final

**CT:** Conteo total de colonias de mohos y levaduras presentes en la superficie de la membrana.

**V:** Volumen sembrado (ml).

### **3.6.1.2. Características fermentativas.**

#### **3.6.1.2.1. Determinación del pH.**

Para la toma de datos de pH se depositaron 10 gr de muestra en un recipiente al que se agregó 100 ml de agua destilada, luego se registró el nivel de pH de cada uno de los tratamientos con sus repeticiones con el potenciómetro por 7 días después de apertura de los silos en periodos de 0, 24, 48, 72, 95 120 y 144 horas.

#### **3.6.1.2.2. Determinación de la temperatura.**

Para la determinación de esta variable se utilizaron termómetros de mercurio y se registró los datos de temperatura de cada uno de los silos con sus repeticiones por un lapso de 7 días, en periodos de 0, 24, 48, 72, 95 120 y 144 horas.

#### **3.6.1.3. Análisis económico.**

El análisis económico se determinó en base al rendimiento total y el costo de los tratamientos, lo cual incluye los siguientes parámetros.

##### **3.6.1.3.1. Ingreso Bruto.**

Se determinó considerando el ingreso obtenido por la venta del maíz de cada tratamiento por el precio del mercado interno. Aplicando la siguiente Ecuación 5:

$$\mathbf{IB = Y * PY} \qquad \mathbf{(Ecuación 5)}$$

Dónde:

**IB** = Ingreso bruto

**Y** = Producto

**PY** = Precio del producto

### **3.6.1.3.2. Costo total y unitario de los tratamientos.**

Se determinó sumando los costos fijos y los costos variables. Se aplicó la Ecuación 6:

$$\mathbf{CT = CF + CV} \qquad \mathbf{(Ecuación 6)}$$

Dónde:

**CT** = Costo Total

**CV** = Costo variable

**CF** = Costo Fijo

Se determinó el costo por Kilogramo de ensilaje empleado la Ecuación 7:

$$\mathbf{CU = \frac{CT}{RN}} \qquad \mathbf{(Ecuación 7)}$$

Dónde:

**CU** = Costo unitario por Kg de ensilaje.

**CT** = Costo total.

**RN** = Rendimiento neto del ensilaje.

### **3.6.1.3.3. Beneficio neto de los tratamientos.**

Se lo obtuvo restando el ingreso bruto de los costos totales del tratamiento con la siguiente Ecuación 8:

$$\mathbf{BN = IB - CT} \qquad \mathbf{(Ecuación 8)}$$

Dónde:

**BN** = Beneficio neto

**IB** = Ingreso Bruto (volumen de producción x precio del producto)

**CT** = Costo total

#### **3.6.1.3.4. Relación beneficio/costo y rentabilidad.**

Esta variable se obtuvo dividiendo el beneficio neto de cada tratamiento para su costo total, aplicando la siguiente Ecuación 9:

$$R(b/c) = \frac{BN}{CT} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Donde:

**R (b/c)** = Relación beneficio – costo

**BN** = Beneficio neto

**CT** = Costo total

La rentabilidad total se obtuvo de dividir el ingreso bruto para el costo total expresada en porcentaje. Con la ecuación 10.

$$RT(\%) = (BN - CT) / CT \times 100 \quad \text{(Ecuación 10)}$$

**RT (%)** = Rentabilidad total

**BN** = Beneficio neto

**CT** = Costo total

### **3.7. Procedimiento experimental.**

#### **3.7.1. Preparación del forraje del forraje de maíz.**

Para la obtención del forraje de maíz se estableció una parcela experimental de maíz con una distancia de siembra de 0.80 m x 0.20 m (hileras x plantas) utilizando el paquete tecnológico de INDIA® de PRONACA® según lo descrito por Gamarra (36) se realizaron los cortes a los 60 y 75 días posterior a la siembra. Picando la planta completa en una trituradora de pastos con un diámetro de picado entre 1 y 5 cm.

#### **3.7.2. Proceso del ensilaje.**

Para el ensilaje se emplearon silos experimentales contruidos de tubos PVC de 30 cm de longitud por 10 cm de diámetro, con una capacidad de almacenamiento de 3 kg. Se pesó la proporción del forraje requerida con una abalanza electrónica. Se compactaron con un sistema hidráulico de presión construido para el efecto y se sellaron con tapones PVC,

tornillos y cinta de embalaje para completar la condición de impermeabilidad y asegurar la anaerobiosis demandada.

### **3.7.2.1. Preparación de medios de cultivo y análisis microbiológico.**

Los medios de cultivo se prepararon con anterioridad ya que requirieron una dilución por más de 5 horas. Para la inoculación de bacterias lácticas y totales se emplearon los medios de cultivo Agar de MRS y Agar Nutritivo; para el crecimiento de hongos y levaduras Agar Sabouraud Dextrosa (adicionando cloranfenicol y tetraciclina) diluidos a temperaturas mayores a 100 °C. Se llenaron las cajas Petri (15 ml) con los medios de cultivo (previamente esterilizados en autoclave) en una cámara de flujo laminar de manera completamente aséptica y sellado con parafilm. La preparación previa de la muestra se realizó tomando 10 g de ensilaje con una solución de cloruro de sodio al 9% (NaCl) con factores de dilución de  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ .

Se incubaron por 120 horas posteriormente se determinaron las colonias proliferadas con un contador de colonias y los cálculos descritos anteriormente en las sección de variables evaluadas.

La determinación del pH y temperatura se realizó a intervalos de 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas, con un potenciómetro y termómetro de mercurio. En el primer caso colocando una muestra representativa en agua destilada mientras en la determinación de la temperatura el termómetro fue colocado en la parte central de la masa del ensilaje.

### **3.8. Tratamiento de los datos.**

Los datos fueron almacenados en hojas de cálculo de Microsoft EXCEL®. Para las características microbiológicas y fermentativas se aplicó el procedimiento GLM del programa estadístico SAS (74) mediante el análisis de varianza ADEVA y las medias fueron separadas mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) según lo propuesto por Herrera y Barrera (75) para experimentos factoriales. Se graficaron las variaciones del pH y la temperatura como regresión lineal para determinar el cambio respecto al tiempo con Microsoft EXCEL®.

### **3.9. Recursos humanos y materiales.**

Talento humano que contribuyó en la realización del presente proyecto de investigación:

- Director del proyecto de investigación Ing. M.Sc. Jorge Gustavo Quintana Zamora.
- Estudiante y autor del Proyecto de Investigación Fausto Javier Mora Espinoza.
- Asistente de laboratorio Sr. Wilson San Lucas Franco.

Para la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales y reactivos.

#### **Materiales**

- Forraje fresco del híbrido de maíz PIONEER 30K73
- Forraje fresco del híbrido de maíz PIONEER 3041
- Forraje fresco del híbrido de maíz INDIA S-810
- Forraje fresco del híbrido de maíz INDIA S-505
- 24 silos experimentales de PVC 4”
- Compactadora hidráulica tipo pistón
- Tapones PVC 4”
- Cinta de embalaje
- Tornillos
- Marcadores permanentes
- Fundas plásticas y de papel
- Cajas Petri
- Barras de agitación magnética
- Matraz
- Tubos de ensayo
- Balanza analítica
- Balanza digital
- Gasas
- Piola de algodón
- Azas
- Tijeras
- Papel para film
- Probeta de 1000 ml

- Mecheros de Bunsen
- Guantes descartables
- Mascarillas
- Algodón
- Papel de aluminio
- Libreta de campo
- Envases plásticos de muestra para orina de 100 mL
- Detergente
- Esponja
- Marcadores permanentes
- Bandejas de aluminio
- Pipeta de 50 y 1000  $\mu\text{mL}$
- Gradillas
- Papel periódico

### **Equipos**

- Estufa Memmert
- Estufa de  $\text{CO}_2$
- Balanza
- Balanza analítica
- Calentador agitador
- Máquina picadora de pasto
- Potenciómetro
- Autoclave
- Prensa para microsilos
- Cámara de bioseguridad o de flujo laminar
- Contador de unidades formadoras de colonias UFC

### **Reactivos**

- Agar nutritivo
- Agar sabouraud dextrosa
- Agar de M.R.S

- Agua destilada
- Buffer pH 7
- Buffer pH 4
- Buffer pH 10
- Alcohol 98°
- Solución de NaCl estéril al 9%

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Resultados y discusión.

### 4.1.1. Características microbianas.

#### 4.1.1.1. Lactobacillus y bacterias totales.

La población de bacterias totales y lactobacilos no mostró diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ) entre edades e híbridos de maíz (Tabla 5). Con la mayor edad (75 días de corte) se obtuvo el valor numérico más alto de bacterias totales con  $8.54 \text{ UFC mL}^{-1}$ , no obstante considerando las bacterias formadoras de ácido láctico (Lactobacilos) a los 60 días se reportó el valor más elevado con  $9.42 \text{ UFC mL}^{-1}$ . La población de bacterias lácticas en la menor edad de cosecha pudo ser promovida por el contenido de azúcares rápidamente fermentables que se encuentran en mayor proporción en edades inferiores (51). El efecto de la población de lactobacilos se expresa en el descenso del pH, a mayor contenido de lactobacilos mayor disminución de la acides de la biomasa almacenada con lo cual se mejora el almacenamiento (Tabla 9). En la acidificación inadecuada se desarrollan las bacterias productoras de ácido acético y butírico (64).

**Tabla 5. Efectos simples de dos edades de corte y cuatro híbridos sobre la población de bacterias totales y lactobacilos del ensilaje de maíz (*Zea mays* L.).**

Factores	Población UFC mL <sup>-1</sup>	
	Bacterias totales	Lactobacilos
<b>A. Edades de corte</b>		
60 Días	6.90* a	9.42 a
75 Días	8.54 a	8.39 a
<b>B. Híbridos</b>		
INDIA S-810	8.08 a	8.99 a
PIONEER 3041	7.71 a	9.09 a
PIONEER 30K73	8.04 a	8.40 a
INDIA S-505	7.06 a	9.14 a
<b>EEM</b>	<b>0.30</b>	<b>0.16</b>
<b>P&lt; Edades</b>	<b>0.1163</b>	<b>0.0707</b>
<b>P&lt; Híbridos</b>	<b>0.8773</b>	<b>0.7438</b>

\* Valores expresados en UFC unidades formadoras de colonia; EEM: Error Estándar de la Media; P<: Probabilidad; <sup>abc</sup> Promedios en cada columna con superíndices de letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey  $p\leq 0.05$ ).

ELABORADO: AUTOR.

Los híbridos INDIA S-810 y PIONEER 3041, presentaron los valores numéricos más altos con 8.08 y 9.09 UFC mL<sup>-1</sup>, en bacterias totales y bacterias lácticas respectivamente. Los resultados fueron inferiores a los indicados por Neres *et al.*, (65) en las bacterias lácticas 3.90 a 4.69 log UFC/g y en bacterias totales 6.38 a 7.47 log UFC/g. estos autores estudiaron el pasto Tifton 85 bermuda con diferentes aditivos.

Según el análisis de varianza no se encontró diferencias estadísticas (P>0.05) entre la combinación de los factores en la población de bacterias totales y bacterias lácticas (Tabla 6). La combinación T2 (INDIA S-810 x 75 días) presentó el valor numérico más alto en la población de bacterias totales con 9.78 UFC mL<sup>-1</sup>. Mientras en la población de lactobacilos T7 (INDIA S-505 x 60 días) obtuvo el valor numérico más alto con 9.60 UFC mL<sup>-1</sup>.

**Tabla 6. Efecto de la combinación de los factores dos edades de corte y cuatro híbridos sobre la población de bacterias totales y bacterias lácticas del ensilaje de maíz (*Zea mays* L.).**

Tratamientos Edades x Híbridos	Población UFC mL <sup>-1</sup>	
	Bacterias totales	Lactobacilos
<b>T1</b>	6.38* a	9.29 a
<b>T2</b>	9.78 a	8.69 a
<b>T3</b>	8.15 a	9.49 a
<b>T4</b>	7.27 a	8.69 a
<b>T5</b>	7.39 a	9.31 a
<b>T6</b>	8.69 a	7.48 a
<b>T7</b>	5.69 a	9.60 a
<b>T8</b>	8.44 a	8.69 a
<b>EEM</b>	<b>0.30</b>	<b>0.16</b>
<b>P&lt;Edad x Híbrido</b>	<b>0.4530</b>	<b>0.8531</b>

\* Valores expresados en UFC unidades formadoras de colonia; EEM: Error Estándar de la Media; P<: Probabilidad; <sup>abc</sup> Promedios en cada columna con superíndices de letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey p≤0.05). T1 INDIA S-810 x 60 días; T2 INDIA S-810 x 75 días; T3 PIONNER 3041 x 60 días; T4 PIONNER 3041 x 75 días; T5 PIONNER 30 K73 x 60 días; T6 PIONNER 30 K73 x 75 días; T7 INDIA S-505 x 60 días; T8 INDIA S-505 x 75 días.

ELABORADO: AUTOR.

Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Hurtado (61), quien determinó en el ensilaje de pasto saboya 70% + 30% de cáscara de maracuyá a los 14 días 9.01 UFC

mL<sup>-1</sup>, 21 días 8.23 UFC mL<sup>-1</sup> y 28 días 8.32 UFC mL<sup>-1</sup> de bacterias lácticas mientras, en el ensilaje de pasto saboya 90% + 10% de cáscara de maracuyá a los 14 días 9.11 UFC mL<sup>-1</sup>, a los 21 días 8.07 UFC mL<sup>-1</sup> y a los 28 días 7.95 UFC mL<sup>-1</sup> de bacterias totales. Narváez (62), determinó 8.55 a 9.43 UFC mL<sup>-1</sup> de bacterias lácticas; 7.44 a 9.07 UFC mL<sup>-1</sup> de bacterias totales en el ensilaje de maíz utilizando inoculantes bacterianos.

Con respecto al tiempo de almacenamiento Jalčl *et al.*, (66), determinaron la progresión en el conteo de bacterias lácticas encontrando, en el día cero a uno 1.30 a 2.90 log 10 UFC/g; en el día siete de 6.07 a 8.54 log 10 UFC /g; en el día veintiuno 8.13 a 9.90 log 10 UFC /g; en el día cuarenta 6.37 a 8.19 log 10 UFC /g y en el día ciento cinco 5.89 a 8.79 log 10 UFC /g, valores similares a los reportados en la presente investigación.

Los *Lactobacillus* spp. y *Leuconostoc* spp. son los géneros más abundantes durante los primeros 5 días de ensilado tanto en climas cálidos como fríos (57). La proliferación de bacterias lácticas está condicionado fuertemente por el híbrido que se utiliza, Cubero *et al.*, (41) evaluó inóculos microbiales producidos en finca y un inóculo comercial (CEN-Sile®) sobre las características nutricionales y fermentativas del ensilaje de maíz híbrido (Cristiani Burkard®) cosechado a 90 días, donde encontraron que el ensilaje sin la aplicación de inóculos presentó los valores mejores en el pH, en la capacidad buffer y en el nivel de nitrógeno amoniacal. Los parámetros que indican una fermentación adecuada son un pH <3.43 y ácido láctico del 8.5 a 11.2% (59).

#### **4.1.1.2. Levaduras y hongos.**

El efecto de las edades de corte y los híbridos de maíz (*Zea mays* L.) sobre la población de hongos y levaduras en el ensilaje se presentan en la Tabla 7. La población de hongos fue mayor (P<0.05) a los 60 días de corte con 3.68 UFC mL<sup>-1</sup>, mientras en las levaduras no se presentaron diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey al 5% (P>0.05), estos indicadores muestran la calidad del ensilaje pues altas concentraciones de estos microorganismos deterioran el almacenamiento y comprometen el consumo del ensilaje terminado (76).

No se presentó diferencias estadísticas significativas (P>0.05) entre los híbridos de maíz en la población de hongos y levaduras el valor numérico más elevado fue reportado por INDIA S-505 con 2.94 UFC mL<sup>-1</sup> en hongos y PIONEER 3041 con 1.67 UFC mL<sup>-1</sup> en levaduras.

**Tabla 7. Efectos simples de dos edades de corte y cuatro híbridos sobre la población de hongos y levaduras del ensilaje de maíz (*Zea mays* L.).**

Factores	Población UFC mL <sup>-1</sup>	
	Hongos	Levaduras
<b>A. Edades de corte</b>		
60 Días	3.68* a	1.44 a
75 Días	1.67 b	1.03 a
<b>B. Híbridos</b>		
INDIA S-810	2.88 a	0.81 a
PIONEER 3041	2.06 a	1.67 a
PIONEER 30K73	2.84 a	0.81 a
INDIA S-505	2.94 a	1.65 a
<b>EEM</b>	<b>0.28</b>	<b>0.20</b>
<b>P&lt; Edades</b>	<b>0.0480</b>	<b>0.5438</b>
<b>P&lt; Híbridos</b>	<b>0.8967</b>	<b>0.6438</b>

\* Valores expresados en UFC unidades formadoras de colonia; EEM: Error Estándar de la Media; P<: Probabilidad; <sup>abc</sup> Promedios en cada columna con superíndices de letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey  $p \leq 0.05$ ).

ELABORADO: AUTOR

En la combinación de los factores (Edades de corte x híbridos) no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ). Sin embargo T7 (PIONNER 3041 x 60 días) presentó el valor numérico más alto con 4.21 UFC mL<sup>-1</sup> mientras T6 obtuvo el menor valor con 0.86 UFC mL<sup>-1</sup> en hongos. Respecto a la presencia de levaduras T3 (PIONNER 3041 x 60 días) reportó el mayor promedio con 2.48 UFC mL<sup>-1</sup>, las combinaciones T1 (INDIA S-810 x 60 días); T2 (INDIA S-810 x 75 días); T5 (PIONNER 30 K73 x 60 días) y T6 (PIONNER 30 K73 x 75 días) reportaron 0.81 UFC mL<sup>-1</sup> que demuestran una característica positiva con respecto a este indicador (Tabla 8).

Hurtado (61), determinó en el ensilaje de pasto saboya 80% + 20% cáscara de maracuyá, a los 14, 21 y 28 días 7.51, 7.30 y 7.39 UFC mL<sup>-1</sup>, de hongos y en conteo de levaduras a los 14 días 7.79 log UFC mL<sup>-1</sup>, a los 21 días 7.32 log UFC mL<sup>-1</sup>, y a los 28 días 7.40 log UFC mL<sup>-1</sup> respectivamente. Valores inferiores a los descritos en el presente trabajo lo que indica una mejor calidad en el ensilaje, la presencia de hongos puede comprometer la salud de los animales debido a que estos microorganismos producen micotoxinas (*Aspergillus*, *Fusarium* o *Penicillium*) que pueden causar serios desordenes nutricionales (68).

**Tabla 8. Efecto de la combinación de los factores dos edades de corte y cuatro híbridos sobre la población de hongos y levaduras del ensilaje de maíz (*Zea mays* L.).**

Tratamientos Edades x Híbridos	Población UFC mL <sup>-1</sup>	
	Hongos	Levaduras
<b>T1</b>	3.24* a	0.81 a
<b>T2</b>	2.52 a	0.81 a
<b>T3</b>	2.46 a	2.48 a
<b>T4</b>	1.65 a	0.86 a
<b>T5</b>	4.82 a	0.81 a
<b>T6</b>	0.86 a	0.81 a
<b>T7</b>	4.21 a	1.65 a
<b>T8</b>	2.46 a	1.65 a
<b>EEM</b>	<b>0.28</b>	<b>0.20</b>
<b>P&lt;Edad x Híbrido</b>	<b>0.5766</b>	<b>0.7654</b>

\* Valores expresados en UFC unidades formadoras de colonia; EEM: Error Estándar de la Media; P<: Probabilidad; <sup>abc</sup> Promedios en cada columna con superíndices de letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey  $p \leq 0.05$ ). T1 INDIA S-810 x 60 días; T2 INDIA S-810 x 75 días; T3 PIONNER 3041 x 60 días; T4 PIONNER 3041 x 75 días; T5 PIONNER 30 K73 x 60 días; T6 PIONNER 30 K73 x 75 días; T7 INDIA S-505 x 60 días; T8 INDIA S-505 x 75 días.  
ELABORADO: AUTOR.

Kung *et al.*, (67), determinó valores de 7.08 a 5.90 log UFC/g<sup>2</sup> de levaduras y 6.56 a < 2.00 log UFC/g<sup>2</sup> de moho realizando muestreos de 0 a seis días de conservación. El problema con los hongos y levaduras radica a que comprometen el consumo del ensilajes y acortan la vida útil post-apertura (51) en la presente investigación se encontraron valores bajos en relación a otras investigaciones, que determina una calidad notable en este indicador.

#### **4.1.2. Características fermentativas estabilidad aeróbica.**

##### **4.1.2.1. Potencial de hidrógeno (pH) del ensilaje.**

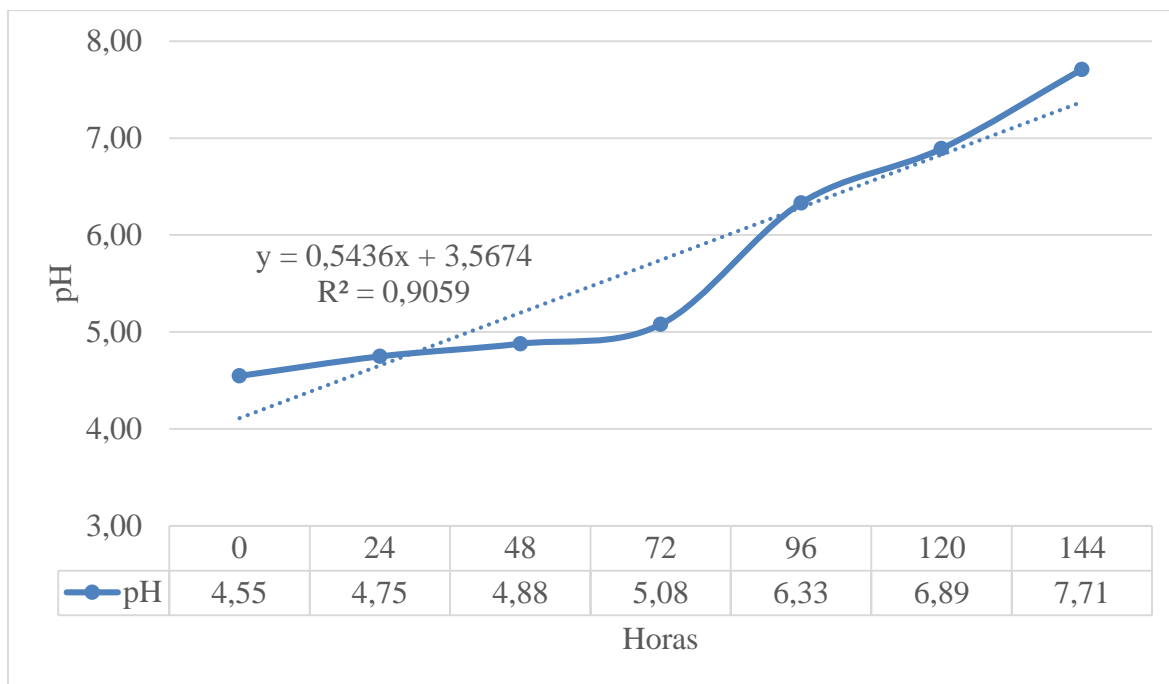
Los efectos simples de los factores Edad de corte (A) e híbridos de maíz (B) sobre el potencial de hidrogeno (pH) se muestran en la Tabla 9. A las 0 horas el análisis de varianza mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) la edad 75 días reportó el mayor promedio con 4.66. En los periodos 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), sin embargo a los 75 días de corte los promedios fueron

numéricamente mayores que a los 60 días respectivamente con valores entre 4.44 y 4.82 hasta las 48 horas, indicando que es posible que exista un mayor contenido de carbohidratos solubles fermentables en esta edad de corte que permitieron un mayor descenso del pH.

Un efecto observado de igual forma por Vilela *et al.* (19) y Rabelo *et al.* (16), que indica que medida que avanzaba la etapa de madurez, se presentaron valores elevados de pH. El uso de aditivos como el bagazo de manzana o melaza son coadyuvantes en el descenso del pH, Araiza-Rosales *et al.*, (58), indican que con bagazo de manzana el pH descendió a menos de 3.60, pero incrementó con melaza de 0.03 a 0.07 unidades, en el híbrido de maíz Hércules 34 (UNISEM) cortado en estado de madurez lechoso-masoso. Morais *et al.*, (20), indican valores de 3.89 sin el uso de inoculantes y 3.94 utilizando un inoculante microbianos comercial (Biomax® de Katec).

Los híbridos INDIA S-810 y PIONEER 3041 mostraron los mayores ( $P < 0.05$ ) valores de pH a las 0, 24, 48 y 72 horas con 5.10 y 4.92; 5.19 y 5.17; 5.27 y 5.37; 5.36 y 5.58 respectivamente, incrementando respecto a los periodos de tiempo. A las 96, 120 y 144 horas no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). Los resultados fueron superiores a los indicados por Cubero *et al.*, (41) que fueron de 3.49 a 3.67 en el maíz híbrido (Cristiani Burkard®) cosechado a 90 días que demuestra diferencias entre las características de los híbridos estos autores reportaron 25.58% de carbohidratos no fibrosos. De igual manera Ruiz *et al.*, (59), demostraron valores de pH menores a 3.43 en los híbridos Dekalb DK641®, Eagle 238W®, Golden Harvest EX313®, Golden Harvest H9403®, Pioneer 32R25®, Pioneer 31G98® y Producers 725®, indicaron además una producción de ácido láctico de 8.5 a 11.2% que indican una fermentación adecuada.

Como promedio general el pH se incrementó de 4.55 a las 0 horas a 7.71 a las 144 horas, por cada hora transcurrida aumentó 0.54 de pH respectivamente (Figura 1). Rodríguez *et al.*, (33) determinaron 5.43 en este indicador hasta las 120 horas de exposición aeróbica, indican además que la alta humedad y temperatura tienden a propiciar la proliferación de microorganismos asociados con el deterioro aeróbico (levaduras, hongos, bacterias).



**Figura 1. Variación del pH respecto al tiempo de apertura de los ensilajes (promedios generales).**

**Tabla 9. Efectos simples de cuatro híbridos y dos edades de corte sobre el pH del ensilaje de maíz (*Zea mays* L.) en diferentes intervalos de tiempo.**

Factores	Horas de estabilidad aeróbica						
	0	24	48	72	96	120	144
<b>A. Edades de corte</b>							
60 Días	4.44 <sup>b</sup>	4.69 <sup>a</sup>	4.82 <sup>a</sup>	5.07 <sup>a</sup>	6.25 <sup>a</sup>	6.75 <sup>a</sup>	7.57 <sup>a</sup>
75 Días	4.66 <sup>a</sup>	4.80 <sup>a</sup>	4.94 <sup>a</sup>	5.09 <sup>a</sup>	6.44 <sup>a</sup>	7.03 <sup>a</sup>	7.85 <sup>a</sup>
<b>B. Híbridos</b>							
INDIA S-810	5.10 <sup>a</sup>	5.19 <sup>a</sup>	5.27 <sup>a</sup>	5.36 <sup>a</sup>	6.39 <sup>a</sup>	6.62 <sup>a</sup>	7.42 <sup>a</sup>
PIONEER 3041	4.92 <sup>a</sup>	5.17 <sup>a</sup>	5.37 <sup>a</sup>	5.58 <sup>a</sup>	6.01 <sup>a</sup>	7.27 <sup>a</sup>	8.05 <sup>a</sup>
PIONEER 30K73	4.14 <sup>b</sup>	4.35 <sup>b</sup>	4.45 <sup>b</sup>	4.79 <sup>b</sup>	6.20 <sup>a</sup>	6.72 <sup>a</sup>	7.63 <sup>a</sup>
INDIA S-505	4.03 <sup>b</sup>	4.30 <sup>b</sup>	4.43 <sup>b</sup>	4.59 <sup>b</sup>	6.70 <sup>a</sup>	6.96 <sup>a</sup>	7.74 <sup>a</sup>
<b>EEM</b>	<b>0.19</b>	<b>0.19</b>	<b>0.031</b>	<b>0.034</b>	<b>0.081</b>	<b>0.089</b>	<b>0.072</b>
<b>P&lt; Edades</b>	<b>0.0044</b>	<b>0.1097</b>	<b>0.2512</b>	<b>0.8906</b>	<b>0.4836</b>	<b>0.3707</b>	<b>0.2517</b>
<b>P&lt; Híbridos</b>	<b>&lt;.0001</b>	<b>&lt;.0001</b>	<b>&lt;.0001</b>	<b>&lt;.0001</b>	<b>0.3656</b>	<b>0.4294</b>	<b>0.3239</b>

EEM: Error Estándar de la Media; P<: Probabilidad; <sup>abc</sup> Promedios en cada columna con superíndices de letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey P≤0.05).

ELABORADO: AUTOR.

En la interacción de los factores AxB (Edad de corte x Híbridos de maíz) T2 (INDIA S-810 x 75 días) y T3 (PIONNER 3041 x 60 días) obtuvieron los mayores (P<0.05) valores de pH

a las 0, 24, 48 y 72 horas, mientras T7 (INDIA S-505 x 60 días) reportó los promedios más bajos de pH ( $P < 0.05$ ) a las 0, 24 y 48 horas con 3.74, 4.08 y 4.27 en cada periodo respectivamente (Tabla 9). A las 96, 120 y 144 horas no se reportaron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) según la prueba de Tukey al 5%.

Espinoza *et al.*, (1), observaron de igual manera un incremento del pH con respecto al tiempo de apertura del ensilaje, no obstante estos cambios fueron inferiores con valores entre 4.42 a las 0 horas y 4.77 a las 144 horas, lo que demuestra una mejor estabilidad aeróbica con respecto a los resultados encontrados en el presente trabajo, en donde, hasta las 72 horas los ensilajes se mantuvieron dentro de un rango aceptable ( $< 5.00$ ), a partir de ese periodo el pH se incrementó a niveles que facilitan el crecimiento de bacterias ácido acéticas o bacterias coliformes que pueden descarboxilar y desaminar aminoácidos, produciendo una gran cantidad de amoniaco, prosperan con valores de pH de 7.0 las especies como *Escherichia coli* y *Erwinia herbícola* (51).

**Tabla 10. Combinación de los factores, cuatro híbridos y dos edades de corte sobre el pH del ensilaje de maíz (*Zea mays* L.) en diferentes intervalos de tiempo.**

Tratamientos Híbridos x Edades	Horas de estabilidad aeróbica						
	0	24	48	72	96	120	144
T1	4.63 <sup>b</sup>	4.68 <sup>a</sup>	4.82 <sup>bc</sup>	4.85 <sup>b</sup>	6.30 <sup>a</sup>	6.40 <sup>a</sup>	7.22 <sup>a</sup>
T2	5.83 <sup>a</sup>	5.70 <sup>a</sup>	5.73 <sup>a</sup>	5.87 <sup>a</sup>	6.49 <sup>a</sup>	6.83 <sup>a</sup>	7.62 <sup>a</sup>
T2	5.18 <sup>a</sup>	5.59 <sup>a</sup>	5.66 <sup>a</sup>	5.94 <sup>a</sup>	6.38 <sup>a</sup>	7.45 <sup>a</sup>	8.09 <sup>a</sup>
T4	4.67 <sup>b</sup>	4.74 <sup>b</sup>	5.08 <sup>ab</sup>	5.22 <sup>ab</sup>	5.65 <sup>a</sup>	7.09 <sup>a</sup>	8.02 <sup>a</sup>
T5	4.23 <sup>bc</sup>	4.43 <sup>bcd</sup>	4.52 <sup>bc</sup>	4.60 <sup>b</sup>	5.45 <sup>a</sup>	5.98 <sup>a</sup>	7.07 <sup>a</sup>
T6	4.05 <sup>cd</sup>	4.27 <sup>cd</sup>	4.37 <sup>bc</sup>	4.59 <sup>b</sup>	7.12 <sup>a</sup>	7.46 <sup>a</sup>	8.20 <sup>a</sup>
T7	3.74 <sup>d</sup>	4.08 <sup>d</sup>	4.27 <sup>c</sup>	4.91 <sup>b</sup>	6.88 <sup>a</sup>	7.20 <sup>a</sup>	7.91 <sup>a</sup>
T8	4.33 <sup>bc</sup>	4.51 <sup>bcd</sup>	4.59 <sup>bc</sup>	4.67 <sup>b</sup>	6.52 <sup>a</sup>	6.72 <sup>a</sup>	7.57 <sup>a</sup>
<b>EEM</b>	<b>0.19</b>	<b>0.19</b>	<b>0.031</b>	<b>0.034</b>	<b>0.081</b>	<b>0.089</b>	<b>0.072</b>
<b>P&lt;Edad x Híbrido</b>	<b>&lt;.0001</b>	<b>&lt;.0001</b>	<b>0.0008</b>	<b>0.0005</b>	<b>0.0289</b>	<b>0.1111</b>	<b>0.1800</b>

EEM: Error Estándar de la Media; P<: Probabilidad; <sup>abc</sup> Promedios en cada columna con superíndices de letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey  $P \leq 0.05$ ). T1 INDIA S-810 x 60 días; T2 INDIA S-810 x 75 días; T3 PIONNER 3041 x 60 días; T4 PIONNER 3041 x 75 días; T5 PIONNER 30 K73 x 60 días; T6 PIONNER 30 K73 x 75 días; T7 INDIA S-505 x 60 días; T8 INDIA S-505 x 75 días

ELABORADO: AUTOR.

#### 4.1.2.2. Temperatura (°C) del ensilaje.

La excesiva exposición al aire antes del inicio de la fermentación y durante la extracción y suministro del ensilaje llevan a lo que llamamos deterioro aeróbico, causando pérdidas de materia seca (MS), del valor nutritivo y producción de compuestos indeseables que pueden causar problemas de salud y bajo consumo por los animales (77). Por lo cual se evaluaron esos efectos post-apertura del ensilaje.

El efecto de la edad de corte y los híbridos sobre la temperatura de los ensilajes se describe en la Tabla 11. En los intervalos 0, 24, 48, 72, 120 y 144 horas no se presentó diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ) en esta variable en las edades de corte evaluadas (60 y 75 días), no obstante, a las 96 horas si se mostraron diferencias estadísticas, la edad de corte de 75 días reportó el mayor ( $P<0.05$ ) promedio con 27.83 °C con respecto a los 60 días de corte donde se obtuvo 26.91 °C respectivamente en este periodo. Espinoza *et al.*, (1) y Zambrano (60) obtuvieron valores inferiores de temperatura, hasta 24.33 y 24.16 °C a las 144 horas en forraje del maíz híbrido DK-7088 y rastrojo de maíz correspondientemente.

**Tabla 11. Efectos simples de cuatro híbridos y dos edades de corte sobre la temperatura del ensilaje de maíz (*Zea mays* L.) en diferentes intervalos de tiempo.**

Factores	Horas de estabilidad aeróbica						
	0	24	48	72	96	120	144
<b>A. Edades de corte</b>							
60 Días	24.75 <sup>a</sup>	25.33 <sup>a</sup>	26.16 <sup>a</sup>	26.83 <sup>a</sup>	26.91 <sup>b</sup>	27.41 <sup>a</sup>	28.00 <sup>a</sup>
75 Días	24.83 <sup>a</sup>	25.66 <sup>a</sup>	26.75 <sup>a</sup>	27.08 <sup>a</sup>	27.83 <sup>a</sup>	28.08 <sup>a</sup>	28.83 <sup>a</sup>
<b>B. Híbridos</b>							
INDIA S-810	24.33 <sup>a</sup>	25.33 <sup>a</sup>	25.83 <sup>a</sup>	26.50 <sup>a</sup>	27.16 <sup>a</sup>	27.83 <sup>a</sup>	28.50 <sup>a</sup>
PIONEER 3041	24.50 <sup>a</sup>	25.00 <sup>a</sup>	26.16 <sup>a</sup>	26.66 <sup>a</sup>	27.16 <sup>a</sup>	27.66 <sup>a</sup>	28.50 <sup>a</sup>
PIONEER 30K73	24.83 <sup>a</sup>	25.50 <sup>a</sup>	26.83 <sup>a</sup>	27.50 <sup>a</sup>	27.33 <sup>a</sup>	27.66 <sup>a</sup>	27.83 <sup>a</sup>
INDIA S-505	25.50 <sup>a</sup>	26.16 <sup>a</sup>	27.00 <sup>a</sup>	27.16 <sup>a</sup>	27.83 <sup>a</sup>	27.83 <sup>a</sup>	28.83 <sup>a</sup>
<b>EEM</b>	<b>0.10</b>	<b>0.088</b>	<b>0.095</b>	<b>0.084</b>	<b>0.076</b>	<b>0.10</b>	<b>0.15</b>
<b>P&lt; Edades</b>	<b>0.8058</b>	<b>0.2652</b>	<b>0.0798</b>	<b>0.3791</b>	<b>0.0021</b>	<b>0.0702</b>	<b>0.1104</b>
<b>P&lt; Híbridos</b>	<b>0.1063</b>	<b>0.0679</b>	<b>0.0555</b>	<b>0.0764</b>	<b>0.2303</b>	<b>0.9708</b>	<b>0.5524</b>

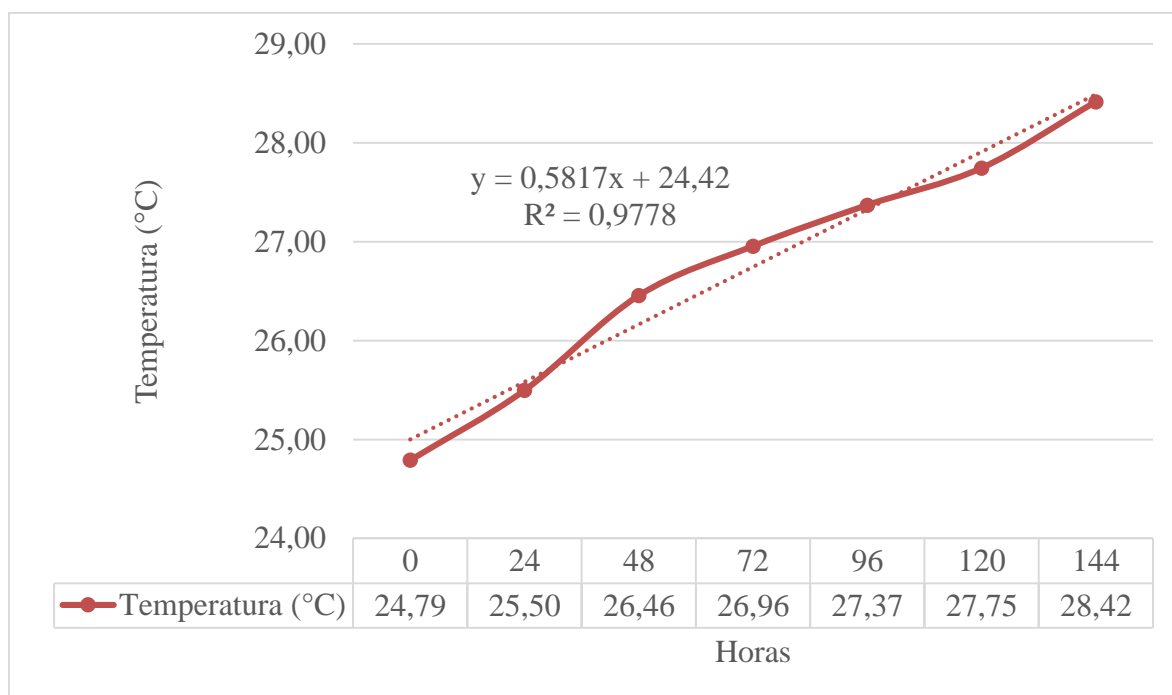
EEM: Error Estándar de la Media; P<: Probabilidad; <sup>abc</sup> Promedios en cada columna con superíndices de letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey  $p\leq 0.05$ ).

ELABORADO: AUTOR.

El efecto de la temperatura no mostró diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ) entre los ensilajes de los híbridos de maíz, el cultivar que reportó valores numéricos más altos en la mayoría de

los intervalos de tiempo (0, 24, 48, 96, 120 y 144) fue INDIA S-505. Looor (63) de igual manera no obtuvo diferencias ( $P>0.05$ ) al evaluar inoculantes comerciales en el ensilaje de maíz determinó valores inferiores a los indicados en la presente investigación con 20.33 °C a las 0 horas y 23.50 °C a las 144 horas en ensilajes almacenados por 60 días.

De manera general la temperatura de los ensilajes mostró una tendencia lineal, con un incremento de 0.58 °C por cada hora transcurrida posterior a la apertura con valores entre 24.79 y 28.42 °C a las 0 y 144 horas como se indica en la Figura 2. Rodríguez *et al.*, (33) demostraron temperaturas de hasta 30.8 °C, debidos al incremento del pH y actividades de microorganismos aeróbicos hasta las 120 horas de exposición de los ensilajes. Existen materiales forrajeros como el pasto bermuda Tifon 85 puede presentar 22.75 °C a las 0 horas hasta 23.00 °C a las 144 horas, estos valores de temperatura permiten inferir que no hay deterioro en los ensilajes producidos y presentan alta estabilidad aeróbica, porque en la práctica, el deterioro del ensilaje generalmente se manifiesta por un aumento de la temperatura según lo descrito por Neres *et al.*, (65). El valor que se toma en cuenta como tiempo de estabilidad es hasta cuando la masa del ensilaje incrementa 2 °C respecto a la temperatura inicial a la apertura (55).



**Figura 2. Variación de la temperatura respecto al tiempo de apertura de los ensilajes (promedios generales).**

En la interacción de los factores AxB (Edad de corte x Híbridos de maíz) solo se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) a las 96 horas posterior a la apertura del ensilaje, T6 (PIONNER 30 K73 x 75 días) reportó el mayor promedio con 28.66 °C. A las 0, 24, 48, 72, 120 y 144 horas, la prueba de Tukey no mostró diferencias ( $P > 0.05$ ) entre las interacciones. Hasta las 48 horas el incremento de temperatura fue de 2 °C posterior a este tiempo y hasta las 144 horas se encontraron valores de hasta 4.67 °C en T4 (PIONNER 3041 x 75 días) respectivamente.

**Tabla 12. Efecto de la combinación de los factores cuatro híbridos y dos edades de corte sobre la temperatura del ensilaje de maíz (*Zea mays* L.) en diferentes intervalos de tiempo.**

Tratamientos HíbridosxEdades	Horas de estabilidad aeróbica						
	0	24	48	72	96	120	144
<b>T1</b>	24.33 <sup>a</sup>	25.66 <sup>a</sup>	25.66 <sup>a</sup>	26.66 <sup>a</sup>	27.00 <sup>ab</sup>	28.00 <sup>a</sup>	28.66 <sup>a</sup>
<b>T2</b>	24.33 <sup>a</sup>	25.00 <sup>a</sup>	26.00 <sup>a</sup>	26.33 <sup>a</sup>	27.33 <sup>ab</sup>	27.66 <sup>a</sup>	28.33 <sup>a</sup>
<b>T2</b>	24.66 <sup>a</sup>	25.00 <sup>a</sup>	25.66 <sup>a</sup>	26.66 <sup>a</sup>	26.66 <sup>ab</sup>	27.33 <sup>a</sup>	28.00 <sup>a</sup>
<b>T4</b>	24.33 <sup>a</sup>	25.00 <sup>a</sup>	26.66 <sup>a</sup>	26.66 <sup>a</sup>	27.66 <sup>ab</sup>	28.00 <sup>a</sup>	29.00 <sup>a</sup>
<b>T5</b>	24.66 <sup>a</sup>	25.00 <sup>a</sup>	26.33 <sup>a</sup>	27.00 <sup>a</sup>	26.33 <sup>b</sup>	26.66 <sup>a</sup>	27.00 <sup>a</sup>
<b>T6</b>	25.00 <sup>a</sup>	26.00 <sup>a</sup>	27.33 <sup>a</sup>	28.00 <sup>a</sup>	28.33 <sup>a</sup>	28.66 <sup>a</sup>	28.66 <sup>a</sup>
<b>T7</b>	25.33 <sup>a</sup>	25.66 <sup>a</sup>	27.00 <sup>a</sup>	27.00 <sup>a</sup>	27.66 <sup>ab</sup>	27.66 <sup>a</sup>	28.33 <sup>a</sup>
<b>T8</b>	25.66 <sup>a</sup>	26.66 <sup>a</sup>	27.00 <sup>a</sup>	27.33 <sup>a</sup>	28.00 <sup>ab</sup>	28.00 <sup>a</sup>	29.33 <sup>a</sup>
<b>EEM</b>	<b>0.10</b>	<b>0.088</b>	<b>0.095</b>	<b>0.084</b>	<b>0.076</b>	<b>0.10</b>	<b>0.15</b>
<b>P&lt;EdadxHíbrido</b>	<b>0.3906</b>	<b>0.0810</b>	<b>0.1021</b>	<b>0.1667</b>	<b>0.0149</b>	<b>0.2551</b>	<b>0.4492</b>

EEM: Error Estándar de la Media; P<: Probabilidad; <sup>abc</sup> Promedios en cada columna con superíndices de letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey  $p \leq 0.05$ ). T1 INDIA S-810 x 60 días; T2 INDIA S-810 x 75 días; T3 PIONNER 3041 x 60 días; T4 PIONNER 3041 x 75 días; T5 PIONNER 30 K73 x 60 días; T6 PIONNER 30 K73 x 75 días; T7 INDIA S-505 x 60 días; T8 INDIA S-505 x 75 días

ELABORADO: AUTOR.

### 4.1.3. Análisis económico.

El análisis económico de los tratamientos se detalla en la Tabla 13.

#### 4.1.3.1. Ingreso bruto.

Considerando el rendimiento en Kg de forraje fresco  $\text{Ha}^{-1}$  reportados por Gamarra (36) en los híbridos y en las edades de corte estudiadas (Tabla 13); una disminución del 15% por

perdidas inevitables (respiración, fermentación y efluentes) según Honing, 1991 citado por Véliz (11) y un precio referencial de USD 0.22 por kilogramo de ensilaje preparado descrito por Solano (78). Los ensilajes a los 75 días de corte en todos los híbridos evaluados, presentaron los mayores réditos, T4 (PIONNER 3041 x 75 días) reportó el mayor ingreso bruto con USD 11971.74, seguido de T6 (PIONNER 30 K73 x 75 días) con USD 10771.20; T2 (INDIA S-810 x 75 días) con USD 10583.27 y T8 (INDIA S-505 x 75 días) con USD 10563.63 respectivamente, en promedio se obtuvo un 71.00% más de ingreso bruto con la edad de 75 días en comparación a los 60 días debido al rendimiento del forraje fresco.

#### **4.1.3.2. Costo total y unitario.**

El ensilaje con mayor costo total fue T4 (PIONNER 3041 x 75 días) con USD 4171.70, el costo unitario por kg de ensilaje varió de USD 0.08 a 0.11 en los tratamientos evaluados que concuerdan a lo indicado por Sánchez *et al.*, (71) que demuestran un costo de USD 0.11 por Kg de ensilaje con el método de silo bolsa. El mayor costo de T4 es debido al volumen del ensilaje por su rendimiento.

Los costos fijos se tomaron del trabajo realizado por Guerra (79) en el híbrido DK-7500 en la zona de Quevedo año 2015.

#### **4.1.3.3. Beneficio neto.**

El mayor beneficio neto fue reportado por T4 (PIONNER 3041 x 75 días) con USD 7800.04, el menor valor se obtuvo de T1 (INDIA S-810 x 60 días) con USD 3752.65. De esta manera se demuestra que la edad de 75 días presenta un mejor beneficio económico en promedio 63.00% más que realizando el corte a los 60 días de edad debido al rendimiento.

#### **4.1.3.4. Relación beneficio/costo.**

Se obtuvieron excelentes valores en este indicador que superan el 1. La mayor relación beneficio costo se obtuvo con T4 (PIONNER 3041 x 75 días) con 1.87 lo que indica que por cada dólar invertido se recupera la inversión y se tiene USD 0.87 lo que representa una rentabilidad total de 87.98%, de manera general en los demás híbridos evaluados con una edad de corte de 75 días se obtiene un 75% más que a los 60 días debido a los mayores ingresos.

**Tabla 13. Análisis económico de los tratamientos.**

Rubros	Tratamientos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
<b>Costos fijos</b>								
Preparación y manejo del cultivo por hectárea	276,00	276,00	276,00	276,00	276,00	276,00	276,00	276,00
Semilla e insumos por hectárea	962,90	962,90	962,90	962,90	962,90	962,90	962,90	962,90
<b>Total costos fijos por hectárea</b>	<b>1238,90</b>	<b>1238,90</b>	<b>1238,90</b>	<b>1238,90</b>	<b>1238,90</b>	<b>1238,90</b>	<b>1238,90</b>	<b>1238,90</b>
<b>Costos variables</b>								
Cosecha 10 jornales x \$18,6 jornal por hectárea	372,00	372,00	372,00	372,00	372,00	372,00	372,00	372,00
Picado \$10 /Ton	783,00	565,95	488,25	640,20	369,00	576,00	411,70	564,90
Ensilar \$ 0,03/kg	1174,50	1697,85	1464,75	1920,60	1107,00	1728,00	1235,10	1694,70
<b>Total costos variables por hectárea</b>	<b>2329,50</b>	<b>2635,80</b>	<b>2325,00</b>	<b>2932,80</b>	<b>1848,00</b>	<b>2676,00</b>	<b>2018,80</b>	<b>2631,60</b>
<b>Costos totales</b>	<b>3568,40</b>	<b>3874,70</b>	<b>3563,90</b>	<b>4171,70</b>	<b>3086,90</b>	<b>3914,90</b>	<b>3257,70</b>	<b>3870,50</b>
<b>Ingresos</b>								
Rendimiento Kg forraje fresco Ha <sup>-1</sup>	39150,00	56595,00	48825,00	64020,00	36900,00	57600,00	41170,00	56490,00
Rendimiento Kg MS Ha <sup>-1</sup>	5481,80	10908,90	7109,10	11463,80	5598,00	12025,10	5807,80	12021,20
Rendimiento en ensilaje -15% pérdidas inevitables**	33277,50	48105,75	41501,25	54417,00	31365,00	48960,00	34994,50	48016,50
Costo USD por Kg de ensilaje	0,11	0,08	0,09	0,08	0,10	0,08	0,09	0,08
Precio USD kg ensilaje	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
<b>Ingreso bruto por hectárea</b>	<b>7321,05</b>	<b>10583,27</b>	<b>9130,28</b>	<b>11971,74</b>	<b>6900,30</b>	<b>10771,20</b>	<b>7698,79</b>	<b>10563,63</b>
<b>Beneficio neto por hectárea</b>	<b>3752,65</b>	<b>6708,57</b>	<b>5566,38</b>	<b>7800,04</b>	<b>3813,40</b>	<b>6856,30</b>	<b>4441,09</b>	<b>6693,13</b>
<b>Relación B/C</b>	<b>1,05</b>	<b>1,73</b>	<b>1,56</b>	<b>1,87</b>	<b>1,24</b>	<b>1,75</b>	<b>1,36</b>	<b>1,73</b>
<b>Rentabilidad total (%)</b>	<b>5,16</b>	<b>73,14</b>	<b>56,19</b>	<b>86,98</b>	<b>23,53</b>	<b>75,13</b>	<b>36,33</b>	<b>72,93</b>

T1 INDIA S-810 x 60 días; T2 INDIA S-810 x 75 días; T3 PIONNER 3041 x 60 días; T4 PIONNER 3041 x 75 días; T5 PIONNER 30 K73 x 60 días; T6 PIONNER 30 K73 x 75 días; T7 INDIA S-505 x 60 días; T8 INDIA S-505 x 75 días. \*\* pérdidas por fermentación, respiración y efluentes.

ELABORADO: AUTOR.

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones.

- No se encontraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) en el número de bacterias totales y lactobacilos con respecto a la edad de corte, híbrido y su interacción, sin embargo numéricamente a los 75 días de conservación se presentaron los valores más altos de UCF  $\text{mL}^{-1}$  de bacterias totales mientras a los 60 días los mayores de lactobacilos.
- Se mostraron bajas poblaciones de hongos y levaduras, a los 60 días se presentó el mayor ( $P < 0.05$ ) valor de presencia de hongos. En cuanto a híbridos, interacciones y en el conteo de levaduras no se encontró diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ).
- El pH se incrementó con respecto al tiempo de apertura del ensilaje se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en las edades de corte solo a las 0 horas donde la edad de 60 días presentó el valor de pH menor. Los híbridos INDIA S-505 y PIONEER 30K73 reportaron una mejor estabilidad ( $P < 0.05$ ) a las 0, 24, 48 y 72 horas. Teniendo la interacción T7 (INDIA S-505 x 60 días) la menor variación de temperatura con respecto al inicio de la exposición aeróbica.
- Los ensilajes se consideraron estables (incremento de hasta 2 °C) solo hasta las 48 horas posteriores a la apertura, se encontraron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) únicamente a las 96 horas donde la edad de 60 días presentó la menor temperatura.
- El costo unitario por kilogramo varió entre USD 0.08 a 0.11 en los ensilajes. La mayor relación beneficio costo se obtuvo con T4 (PIONNER 3041 x 75 días) con 1.87 lo que indica que se recupera la inversión más USD 0.87, con una rentabilidad total del 86.98%, de manera general se presenta una mejor rentabilidad con la edad de 75 días, debido al mayor rendimiento de forraje fresco e ingresos con una diferencia de hasta el 75% con respecto a la edad de 60 días.

## 5.2. Recomendaciones.

En base a los resultados obtenidos se recomienda:

- Evaluar aditivos con fuentes de carbohidratos solubles con la edad de corte de 75 días en los híbridos INDIA S-810, PIONEER 3041, PIONEER 30K73 y INDIA S-505 para mejorar las poblaciones de lactobacilos.
- Evaluar aditivos con los híbridos INDIA S-810, PIONEER 3041, PIONEER 30K73 y INDIA S-505 con fuentes de carbohidratos solubles con la edad de corte de 75 días para mejorar la estabilidad aeróbica a más de 48 horas.
- Se recomienda evaluar los híbridos PIONNER 3041; PIONEER 30K73; INDIA S-505 e INDIA S-810 con 75 días (tratamientos T4; T6; T2 y T8) con el uso de aditivos en la degradabilidad y respuesta animal ya que presentaron la mayor rentabilidad.

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. Literatura citada.

1. Espinoza I, Montenegro L, Torres C, López M, García Y. Efecto de inoculantes microbianos sobre las características químicas y fermentativas de ensilajes de maíz forrajero. ESPAMCIENCIA. 2015; 6(1): p. 15-21.
2. Filya I. The effecto of lactobacillus buchneri and lactobacillus plantarum on the fermation arobic estabilyty and ruminal, degradability of low dry matter corn and sorghum silage J. Dairy Sci; 2003.
3. Carrillo J. Manejo de pastura: INTA; 2003.
4. Elizalde J. Factores nutricionales que limitan la ganancia de peso en bovino en periodo de otoño-invierno Argentina; 2001.
5. Bertoia L. Ensilaje de maíz. Calidad técnica y biológica; 2010.
6. Villacis R, Zuñiga M. Estudio de pre factibilidad para la producción de ensilaje en el campo docente experimental La Tola de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador Quito; 2012.
7. Fernández A. El ensilaje y los procesos fermentativos. Sitio Argentino de Producción Animal. 1999;; p. 1-7.
8. Lempp B, Morais M, Souza L. Produção de milho em cultivo exclusivo ou consorciado com soja e qualidade de suas silagens. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.. 2000 Junio; 52(3).
9. Hansen C, Milwaukee W. Evaluando la calidad del ensilaje. Sitio Argentino de Producción Animal. 2014;; p. 1-7.
10. Ojeda F. Técnicas de cosecha y de ensilado. In ‘tMannetje L, editor. Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos.; 2001. p. 137-146.
11. Véliz M. Evaluación de diferentes alternativas de ensilaje de cascara de gandul (Cajanus cajan) para la alimentación bovina. Tesis de grado Ingeniería Agropecuaria. Guayaquil- Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción; 2006.

12. Stefanie J, Oude E, Driehuis F, Gottschal J, Spoelstra S. Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación. In 't Mannelje L, editor. Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos.: FAO; 2001. p. 17-31.
13. Horngren C. Contabilidad de costos: Un enfoque general México DF.: McGraw-Hill; 2002.
14. Gómez O. Contabilidad de costos Bogotá-Colombia: McGraw-Hill; 1998.
15. Flores J. Costos y presupuestos México DF.: CECOF; 2004.
16. Rabelo C, Rezende A, Nogueira D, Rabelo F, Senedese S, Vieria P, et al. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estádios de maturidade : perdas fermentativas, composição bromatológica e digestibilidade in vitro. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim. 2012 Julio-Septiembre; 13(3): p. 656-668.
17. CORPOICA. (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). Ensilaje de cultivos forrajeros para la alimentación de bovino en el piedemonte llanero. Colombia; 2003.
18. Mizubuti I, Ribeiro E, Rocha M, Da Silva L, Pinto A, Fernandes W, et al. Consumo e Digestibilidade Aparente das Silagens de Milho (*Zea mays* L.), Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e Girassol (*Helianthus annuus* L.). R. Bras. Zootec. 2002; 31(1): p. 267-272.
19. Vilela H, Rezende A, Vieira P, Andrade G, Evangelista A, Almeida G. Valor nutritivo de silagens de milho colhido em diversos estádios de maturação. R. Bras. Zootec. 2008; 37(7): p. 1192-1199.
20. Morais , Graça , Ítavo C, Ítavo L, Bungenstab D, Coutinho M, et al. Inoculação na ensilagem de parte aérea e espiga de milho, submetidas à geada. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim. 2012 Julio-Septiembre; 13(3): p. 619-628.
21. Bewley J, Black M. Seeds: Germination structure and composition. In seeds physiology of development and germination New York; 2001.

22. Cañete M, Sacha J. Ensilado de forraje y su empleo en la alimentación de rumiante; 2002.
23. Ritchie SW, Hanway JJ, Benson GO. How a corn plant develops ames Iowa State University special report; 2000.
24. Mazzilli S. Fisiologia del maiz y sorgo: Curso de fisiologia de cultivos; 2012.
25. Toyer AF, Brown WL. Selection for early flowering in corn: seven late synthetic crop sciencie; 2000.
26. Deleon J. Maiz manejo y seleccion. In jornada de cultivos; 2000.
27. Neumann M, Mühlbach P, Nörnberg J, Restle J, Ost P. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. R. Bras. Zootec. 2007; 36(5): p. 1395-1405.
28. Senger C, Mühlbach P, Sánchez L, Netto D, Lima L. Composição química e digestibilidade ‘in vitro’ de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. Ciência Rural. 2005 Noviembre-Diciembre; 35(6): p. 1393-1399.
29. Ribeiro-Junior G, Velasco F, Faria-Júnior W, Teixeira A, Machado F, Magalhães F, et al. In situ degradation kinetic of *Andropogon gayanus* grass silages harvested at three stages of maturity. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 2014; 66(6): p. 1883-1890.
30. Caetano H, Oliveira M, Júnior J, Rêgo A, Carvalho M, Rennó F. Nutritional characteristics and in vitro digestibility of silages from different corn cultivars harvested at two cutting heights. R. Bras. Zootec. 2011; 40(4): p. 708-714.
31. Pozza P, Nunes R, Pozza M, Richart S, Schumacher G, Oliveira F. Determinação e predição de valores energéticos de silagens de grãos umidos de milho para suínos. Ciênc. agrotec. 2010 Enero-Febrero; 34(1): p. 226-232.

32. Silva A, Pereira O, Garcia R, Filho S, Cecon P, Ferreira C. Composição Bromatológica e Digestibilidade in Vitro da Matéria Seca de Silagens de Milho e Sorgo Tratadas com Inoculantes Microbianos. R. Bras. Zootec. 2005; 34(6): p. 1881-1890.
33. Rodríguez A, Rivera V, Luis S, Randel P. Utilización de inóculos comerciales conteniendo bacterias productoras de ácido láctico sobre las características fermentativas y estabilidad aeróbica de ensilaje de maíz. J. Agric. Univ. P.R. 2014 Enero; 98(1): p. 31-47.
34. PIONEER. Maíz PIONEER-3041. [En línea].; 2014 [Citado Marzo 18 del 2016]. Disponible en: <http://www.pioneer.com/web/site/peru/productos/maiz/3041/>.
35. PRONACA. Maíz híbrido PIONEER-3041. [En línea].; 2014 [Citado Marzo 18 de 2016]. Disponible en: <http://www.pronaca.com/site/principalAgricola.jsp?arb=1099&cdgPad=26&cdgCat=7&cdgSub=64&cdgPr=729>.
36. Gamarra J. Índices agronómicos y composición química de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) forrajero en dos edades de cosecha. Proyecto de Investigación de Grado Ingeniería Agropecuaria. Quededo-Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias; 2015.
37. Rodríguez E. Evaluación agronómica de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en estado de choclo cultivados con dos poblaciones de siembra en la zona de Balzar. Tesis Ingeniería Agronómica. Daule, Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias; 2014.
38. EL MISIONERO. Rindiendo un homenaje al agricultor. EL MISIONERO. 2014 Diciembre 10: p. 10-11.
39. INDIA-PRONACA. Híbridos de maíz. [En línea].; 2014 [Citado Enero 11 del 2016]. Disponible en: <http://www.pronaca.com/site/principalAgricola.jsp?arb=1099&cdgPad=26&cdgCat=7&cdgSub=64&cdgPr=759>.
40. Castillo M, Rojas A, WinChing R. Valor nutricional del ensilaje de maíz en asocio con vigna (*Vigna radiata*). Agronomía Costarricense. 2009; 33(1): p. 133-146.

41. Cubero J, Rojas A, WingChing R. Uso del inóculo microbial elaborado en finca en ensilaje de maíz (*Zea mays*). Valor nutricional y fermentativo. *Agronomía Costarricense*. 2010; 34(2): p. 237-250.
42. Mühlbach P. Uso de aditivos para mejorar el ensilaje de los forrajes tropicales. In 'tMannetje L, editor. *Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos: Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos 1 septiembre a 15 diciembre 1999.*: FAO; 2001. p. 157-172.
43. FAO. (Food and alimentation organization) *Electronic conference on tropical silage grassland and pasture crops group, crop and grassland service Rome, Italy.* 2000.
44. Bolsen K. Manejo de los ensilajes en bunker, trinchera y pisado para optimizar el valor nutritivo; cuatro practica importante. *Departamento de ciencia animal e industria*; 2001.
45. Junges D, Schmidt P, Novinski O, Daniel P. Additive containing homo and heterolactic bacteria on the fermentation quality of maize silage. *Acta Sci., Anim. Sci.* 2013; 35(4): p. 371-377.
46. Bumbieris Junior V, Jobin C, Emile J, Roman J, Silva M. Aerobic stability of triticale silage in single culture or in mixtures with oat and/or legumes. *R. Bras. Zootec.* 2010; 39(11): p. 2349-2356.
47. Pedroso A, Rodrigues A, Nussio L, Schmidt P. Suplementación y engorde de bovinos con caña de azucar y silaje de caña de azucar. *EMBRAPA*. 2004;: p. 69-82.
48. Ferreira D, Zanine A, Lana R, Ribeiro M, Alves G, Mantovani H. Chemical composition and nutrient degradability in elephant grass silage inoculated with *Streptococcus bovis* isolated from the rumen. *An Acad Bras Cienc.* 2014; 86(1): p. 465-473.
49. Lopéz A, Jimenez R. *Ensilajes: Estrategias de conservacion de forraje para la epoca seca*; 2003.

50. Astuti T. Evaluasi Nilai nutrisi BuahMarkisa yang Difermentasi dengan *Aspergillus niger* and *Trichoderma harzianum* sebagai Pakan ternak secara invitro. Tesis program Pascasarjana Universitas Andalas, Padang.; 2008.
51. McDonald P, Edwards R, Greenhalf J, Morgan C. *Nutrición Animal*. Sexta ed. Zaragoza, España: ACRIBIA S.A.; 2006.
52. Zopollatto M, Pratti J, Nussio L. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. *R. Bras. Zootec.* 2009; 38((supl. especial)): p. 170-189.
53. Strom K, Sjogren J, Broberg A, Shnurer J. *Lactobacillus plantarum* MiLAB 393 Produces the Antifungal Cyclic Dipeptides Cyclo(L-Phe-L-Pro) and Cyclo(L-Phe-trans-4-OH-L-Pro) and 3-Phenyllactic Acid. *Appl. Environ. Microbiol.* 2002 Septiembre; 68(0): p. 4322–4327.
54. Martinez E. Efecto de la paja de trigo con alcali sobre el consumo y comportamiento ingestivo de vacas lecheras. Instituto de Zootécnia. Universidad Austral de Chile. Instituto de producción animal. *Archivo de medicina veterinaria XXXIV Chile*; 2002.
55. Jobim C, Nussio L, Reis R, Schmidt P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *R. Bras. Zootec.* 2007; 36(Suplemento especial): p. 101-119.
56. Rojas A, Casas G. Desarrollo de la planta y ciclo del cultivo en Argentina. Comision de Maiz AACREA-CARGILL Cuaderno de actualización tecnica; 2001.
57. Villa A. Estudio microbiológico y calidad nutricional de ensilaje de maíz cosechado en dos ecorregiones de Colombia. Trabajo de Grado Magíster en Producción Animal. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootécnia; 2008.
58. Araiza-Rosales E, Delgado-Licón E, Carrete-Carreón F, Medrano-Roldán H, Solís-Soto A, Rosales-Serna R, et al. Calidad fermentativa y nutricional de ensilados de maíz complementados con manzana y melaza. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios.* 2015; 2(5): p. 255-267.

59. Ruiz O, Beltrán R, Salvador F, Rubio H, Grado A, Castillo Y. Valor nutritivo y rendimiento forrajero de híbridos de maíz para ensilaje. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 2006; 40(1): p. 91-96.
60. Zambrano J. Efecto de la aplicación de inoculantes bacterianos en la composición química y fermentativas de ensilados de rastrojos de maíz (*Zea mays* L.) Finca La Maria, Mocache 2013. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Quevedo-Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias; 2013.
61. Hurtado J. Características microbianas y fermentativas del ensilaje de pasto saboya (*Panicum maximum*) asociado con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). Tesis Ingeniería Zootécnica. Quevedo-Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias; 2015.
62. Narváez D. Efecto de la aplicación de inoculantes sobre las características microbianas a los 60 días de ensilaje de maíz forrajero (*Zea mayz* L). Mocache, Ecuador 2013. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias; 2013.
63. Loor J. Efecto de la aplicación de inoculantes bacterianos en la composición química y fermentativas de ensilados de maíz forrajero (*Zea mays* L.) Finca La María, Mocache 2013. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Quevedo-Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias; 2013.
64. Santos W, Carvalho T, Cavalcanti C, Espíndola A, Mesquita SG, Neves A, et al. Características y estabilidad aeróbica de ensilajes de caña de azúcar, tratada con urea, NaOH y maíz. *Pastos y Forrajes*. 2014 Marzo-Junio; 37(2): p. 182-190.
65. Neres M, Zambom M, Fernandes T, Castagnara D, Rodrigues J, Taffarel L, et al. Microbiological profile and aerobic stability of Tifton 85 bermuda grass silage with different additives. *R. Bras. Zootec*. 2013; 42(6): p. 381-387.
66. Jalč D, Lauková A, Simonová M, Váradyová Z, Homolka P. The use of bacterial inoculants for grass silage: their effects on nutrient composition and parameters in grass silages. *Czech J. Anim. Sci*. 2009; 54(2): p. 84-91.

67. Kung L, Robinson J, Ranjit N, Golt C, Pesek J. Microbial Populations, Fermentation End-Products, and Aerobic Stability of Corn Silage Treated with Ammonia or a Propionic Acid-Based Preservative. *Journal of Dairy Science*. 2000; 83(7): p. 1479-1486.
68. Borges J, Bastardo Y, Sandobal E, Barrios M, Ortega R. Efecto de la adición de urea y el tipo de fermentación en la estabilidad de silajes de Caña de Azúcar (*Saccharum*spp.). *Zootecnia Trop*. 2011; 29(3): p. 283-291.
69. Solano D. Estudio de factibilidad para la producción de ensilaje de maíz (*Zea mays*) como suplemento para ganado lechero en Vinchocha, Provincia de Bolívar-Ecuador. Tesis Ingeniería en Agro-Empresas. Quito-Ecuador : Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Agricultura, Alimentos y Nutrición ; 2010.
70. MAGAP. Sección Noticias del Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca: Morona Santiago aporta con fundas de ensilajes a ganaderos de Napo; MAGAP promueve ensilaje a productores de Santo Domingo. [En línea].; 2015 [Citado Febrero 5 del 2016]. Disponible en: <http://www.agricultura.gob.ec/morona-santiago-aporta-con-fundas-de-ensilaje-a-ganaderos-de-napo/>;<http://www.agricultura.gob.ec/magap-promueve-ensilaje-a-productores-de-santo-domingo/>.
71. Sánchez A, Estupiñán K, Torres E. Métodos de conservación de residuos de cosecha para la alimentación de rumiantes en el Litoral ecuatoriano S.A. D, editor. Quevedo: UTEQ-SENESCYT; 2012.
72. Departamento Agrometeorológico del INIAP. Información Agrometeorológica de la Finca Experimental "La María". Quevedo, Ecuador: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Estación Experimental Tropical Pichilingue; 2014.
73. Ferreira L, Silva J, De Paula M, Soares M, Bittar C. Colostrum silage: fermentative, microbiological and nutritional dynamics of colostrum fermented under anaerobic conditions at different temperatures. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 2013; 35(4): p. 395-401.

74. SAS Intitute. Statistical Analysis Sistem Version 9.0 Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.; 2002.
75. Herrera J, Barreras A. Manual de procedimientos: Análisis estadístico de experimentos pecuarios (utilizando el programa SAS). Primera ed. Montecillo, Texcoco, México: Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas; 2000.
76. Shimada A. Nutrición Animal. Primera ed. México: TRILLAS S.A.; 2003.
77. Andrade R, Mohamad L. Estrategias para mejorar la estabilidad aeróbica del ensilaje. Sitio Argentino de Producción Animal. 2010;: p. 1-4.
78. Solano D. Estudio de factibilidad para la producción de ensilaje de maíz (*Zea mays*), como suplemento para ganado lechero en Vinchoa, Provincia de Bolivar-Ecuador. Proyecto de Grado Ingeniería en Agro.-Empresas. Quito-Ecuador: Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Agricultura, Alimentos y Nutrición; 2010.
79. Guerra R. Comportamiento agronómico del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) DK-7500 con cuatro distancias de siembra y tres niveles de fertilización en la zona de Quevedo. Tesis de Grado Ingeniería Agropecuaria. Quevedo-Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias; 2015.

**CAPÍTULO VII**  
**ANEXOS**

## 7.1. Anexos

### 7.1.1. Análisis de varianza de las variables estudiadas.

**Anexo 1. Cuadrados medios, coeficientes de variación de las poblaciones de bacterias totales, lactobacilos, hongos y levaduras de los ensilajes de maíz.**

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio			
		Bacterias totales	Lactobacilos	Hongos	Levaduras
<b>Tratamiento</b>	7	5.181 <sup>ns</sup>	1.419 <sup>ns</sup>	5.430 <sup>ns</sup>	1.190 <sup>ns</sup>
<b>Edad (A)</b>	1	16.137 <sup>ns</sup>	6.448 <sup>ns</sup>	24.140 <sup>ns</sup>	0.988 <sup>ns</sup>
<b>Híbrido (B)</b>	3	1.319 <sup>ns</sup>	0.715 <sup>ns</sup>	1.039 <sup>ns</sup>	1.459 <sup>ns</sup>
<b>AxB</b>	3	5.391 <sup>ns</sup>	0.447 <sup>ns</sup>	3.585 <sup>ns</sup>	0.988 <sup>ns</sup>
<b>Error Exp</b>	16	5.853 <sup>ns</sup>	1.719 <sup>ns</sup>	5.266 <sup>ns</sup>	2.567 <sup>ns</sup>
<b>Total</b>	23				
<b>CV%</b>		31.31	14.71	85.59	29.53

GL: Grados de libertad; CV: Coeficiente de variación; <sup>ns</sup> No significativo; \* Significativo P≤0.05; \*\*Significativo P≤0.01; \*\*\* Significativo P≤0.0001.

ELABORADO: AUTOR

**Anexo 2. Cuadrados medios, coeficientes de variación del pH de los ensilajes a diferentes tiempos de exposición aeróbica.**

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio						
		0	24	48	72	96	120	144
<b>Tratamiento</b>	7	1.086 <sup>***</sup>	1.047 <sup>***</sup>	0.951 <sup>***</sup>	0.901 <sup>***</sup>	0.955 <sup>ns</sup>	0.801 <sup>ns</sup>	0.511 <sup>ns</sup>
<b>Edad (A)</b>	1	0.270 <sup>**</sup>	0.073 <sup>ns</sup>	0.092 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.220 <sup>ns</sup>	0.440 <sup>ns</sup>	0.473 <sup>ns</sup>
<b>Híbrido (B)</b>	3	1.758 <sup>***</sup>	1.462 <sup>***</sup>	1.579 <sup>***</sup>	1.296 <sup>***</sup>	0.485 <sup>ns</sup>	0.505 <sup>ns</sup>	0.419 <sup>ns</sup>
<b>AxB</b>	3	0.686 <sup>***</sup>	0.957 <sup>***</sup>	0.609 <sup>**</sup>	0.807 <sup>**</sup>	1.669 <sup>ns</sup>	1.218 <sup>ns</sup>	0.616 <sup>ns</sup>
<b>Error Exp</b>	16	0.024	0.025	0.065	0.076	0.428	0.518	0.334
<b>Total</b>	23							
<b>CV%</b>		3.44	3.37	5.23	5.45	10.30	10.44	7.49

GL: Grados de libertad; CV: Coeficiente de variación; <sup>ns</sup> No significativo; \* Significativo P≤0.05; \*\*Significativo P≤0.01; \*\*\* Significativo P≤0.0001.

ELABORADO: AUTOR

**Anexo 3. Cuadrados medios, coeficientes de variación de la temperatura de los ensilajes a diferentes tiempos de exposición aeróbica.**

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio						
		0	24	48	72	96	120	144
<b>Tratamiento</b>	7	0.755 <sup>ns</sup>	1.142 <sup>ns</sup>	1.232 <sup>ns</sup>	0.803 <sup>ns</sup>	1.375 <sup>*</sup>	1.023 <sup>ns</sup>	1.500 <sup>ns</sup>
<b>Edad (A)</b>	1	0.041 <sup>ns</sup>	0.666 <sup>ns</sup>	2.041 <sup>ns</sup>	0.375 <sup>ns</sup>	5.041 <sup>**</sup>	2.666 <sup>ns</sup>	4.166 <sup>ns</sup>
<b>Híbrido (B)</b>	3	1.597 <sup>ns</sup>	1.444 <sup>ns</sup>	1.819 <sup>ns</sup>	1.263 <sup>ns</sup>	0.597 <sup>ns</sup>	0.055 <sup>ns</sup>	1.055 <sup>ns</sup>
<b>AxB</b>	3	0.152 <sup>ns</sup>	1.000 <sup>ns</sup>	0.375 <sup>ns</sup>	0.486 <sup>ns</sup>	0.930 <sup>ns</sup>	1.444 <sup>ns</sup>	1.055 <sup>ns</sup>
<b>Error Exp</b>	16	0.666	0.500	0.583	0.458	0.375	0.708	1.458
<b>Total</b>	23							
<b>CV%</b>		3.29	2.77	2.88	2.51	2.23	3.03	4.24

GL: Grados de libertad; CV: Coeficiente de variación; <sup>ns</sup> No significativo; \* Significativo P≤0.05; \*\*Significativo P≤0.01; \*\*\* Significativo P≤0.0001.

ELABORADO: AUTOR

### 7.1.2. Imágenes de la investigación.

#### Anexo 4. Preparación de materiales para ensilar.



FUENTE: LABORATORIO DE RUMIOLOGÍA Y METABOLISMO NUTRICIONAL.  
ELABORADO: AUTOR.

#### Anexo 5. Silos sellados y acondicionados para el periodo de conservación.



FUENTE: LABORATORIO DE RUMIOLOGÍA Y METABOLISMO NUTRICIONAL.  
ELABORADO: AUTOR.

**Anexo 6. Acondicionamiento de los materiales para la medición del pH y temperatura de los ensilajes.**



FUENTE: LABORATORIO DE RUMIOLOGÍA Y METABOLISMO NUTRICIONAL.  
ELABORADO: AUTOR.

**Anexo 7. Medición del pH y temperatura de los ensilajes.**



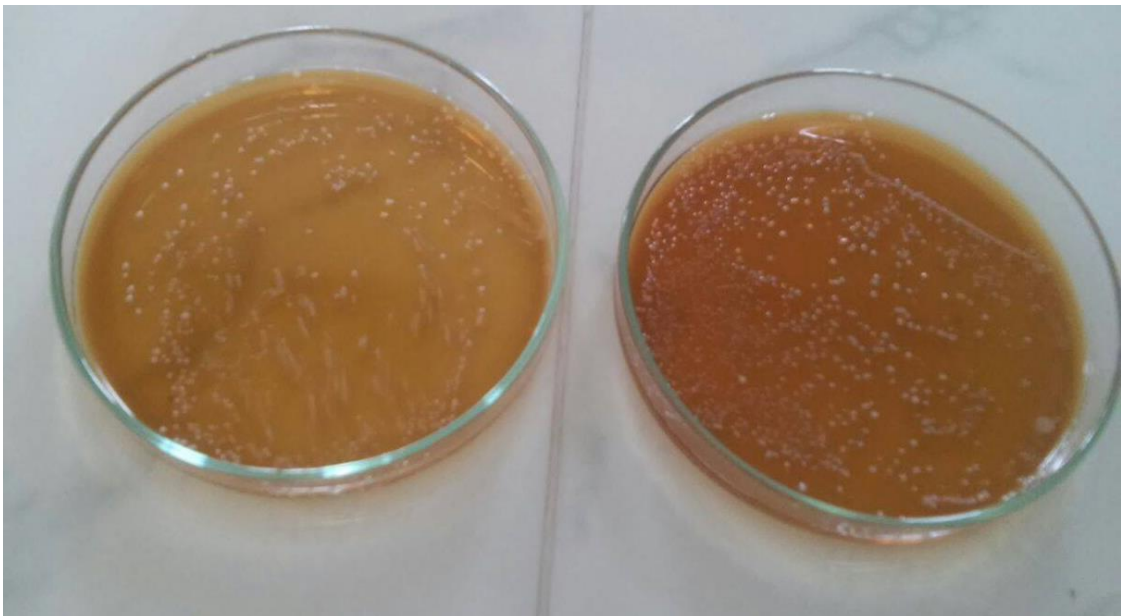
FUENTE: LABORATORIO DE RUMIOLOGÍA Y METABOLISMO NUTRICIONAL.  
ELABORADO: AUTOR.

**Anexo 8. Preparación de medios de cultivo y llenado de cajas Petri para análisis microbiológico.**



FUENTE: LABORATORIO DE RUMIOLOGÍA Y METABOLISMO NUTRICIONAL.  
ELABORADO: AUTOR.

**Anexo 9. Crecimiento microbiológico en médios de cultivo.**



FUENTE: LABORATORIO DE RUMIOLOGÍA Y METABOLISMO NUTRICIONAL.  
ELABORADO: AUTOR.