



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Proyecto de Investigación previo
la obtención del título de
Ingeniera Agropecuaria.

Título del Proyecto de Investigación:

**“ÍNDICES AGRONÓMICOS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE HÍBRIDOS DE
MAÍZ (*Zea mays* L.) FORRAJERO EN DOS EDADES DE COSECHA”**

Autora:

Jennifer Jomahira Gamarra Gamarra

Director de Proyecto de Investigación:

Ing. Gerardo Francisco Segovia Freire, M.Sc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2015

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.

Yo, **Jennifer Jomahira Gamarra Gamarra**, 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.

Jennifer Jomahira Gamarra Gamarra
CC. 120660292-0
AUTORA

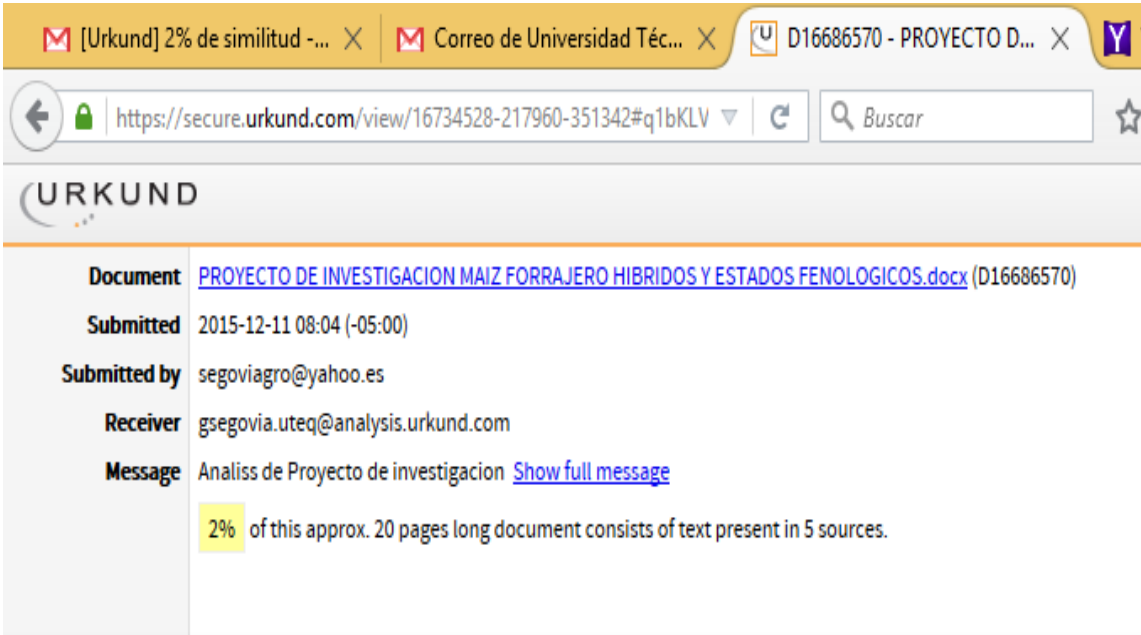
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

El suscrito, **Ing. Gerardo Francisco Segovia Freire, M.Sc.** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Jennifer Jomahira Gamarra Gamarra**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado, “**ÍNDICES AGRONÓMICOS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) FORRAJERO EN DOS EDADES DE COSECHA**”, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Gerardo Francisco Segovia Freire, 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. M.Sc. Gerardo Segovia Freire**, en calidad de Director del Proyecto de Investigación de Grado “**ÍNDICES AGRONÓMICOS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) FORRAJERO EN DOS EDADES DE COSECHA**”, de autoría de la estudiante **Jennifer Jomahira Gamarra Gamarra**, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el Sistema URKUND es de 2%, el mismo que es permitido por el mencionado software y los requerimientos académicos establecidos.



The screenshot shows a web browser window with the URKUND logo and a message summary. The message details are as follows:

Document	PROYECTO DE INVESTIGACION MAIZ FORRAJERO HIBRIDOS Y ESTADOS FENOLOGICOS.docx (D16686570)
Submitted	2015-12-11 08:04 (-05:00)
Submitted by	segoviagro@yahoo.es
Receiver	gsegovia.uteq@analysis.arkund.com
Message	Analiss de Proyecto de investigacion Show full message

2% of this approx. 20 pages long document consists of text present in 5 sources.

Ing. Gerardo Francisco Segovia Freire M.Sc.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“Índices agronómicos y composición química de híbridos de maíz (*Zea mays* L.)
forrajero en dos edades de cosecha”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniera Agropecuaria.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. M.Sc. Wilfrido Escobar Pavón

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Gregorio Vásquez Montufar

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing.M.Sc. Jaime Vera Chang

QUEVEDO –LOS RÍOS– ECUADOR

2015

AGRADECIMIENTO.

A Dios, por ser el creador de mi vida guiarme en todo momento y permitir que en este día pueda presentarles a ustedes mi trabajo final de investigación.

A mis padres Narcisa Gamarra e Ismael Gamarra por darme la vida, y por apoyarme en mis estudios, especialmente a mi Madre Narcisa Gamarra el pilar fundamental que me ha dado su apoyo incondicionalmente y supo darme su amor y las fuerzas necesarias para culminar una de mis metas y por lo cual viviré eternamente agradecida.

A mi esposo Walter Galarza, mi compañero de vida que en todo momento ha estado presente brindándome su amor, paciencia y apoyo para culminar con éxito estos 5 años de estudios y al cual hoy retribuyo parte de ese esfuerzo con este logro.

A mi amado hijo Neymar Galarza Gamarra que llegó en el mejor momento de nuestras vidas y que a su corta edad hace que yo aprenda cada día de él y que es mi mayor motivo de inspiración y superación.

A mi Tutor Gerardo Segovia Freire por su coordinación, capacidad, conocimiento y asesoría, también por haberme tenido toda la paciencia del mundo y guiarme en toda la realización de este Proyecto de Investigación

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

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 amor y paciencia.

A mis compañeros y amigos incondicionales Ing. Christian Pérez, Cristhian Sánchez, Oscar Chacha, Javier Mora, Yessenia Oto, Mariuxi Gómez por su colaboración y aporte de ideas para la culminación de este trabajo, y a mis demás compañeros de clase que con alegrías y tristezas compartimos momentos inolvidables y que durante todos los años de estudio supieron brindarme su amistad y compañerismo.

Y para finalizar también agradezco a todas las personas que de forma directa o indirecta supieron ayudarme con sus conocimientos para la estructuración y finalización de mi Proyecto de Investigación.

DEDICATORIA.

Mi Proyecto de Investigación se lo dedico a Dios por no dejarme desfallecer y darme las fuerzas necesarias para seguir luchando por lo que quiero lograr y que a pesar de las adversidades con su ayuda eh logrado superar los obstáculos en mi vida.

De manera Especial a mí amada Madre Narcisa Gamarra ya que gracias a sus consejos su apoyo moral y el haberme brindado una buena educación hizo de mí una persona con defectos y virtudes, y que definitivamente sin ella en mi vida no hubiera logrado terminar mi carrera universitaria.

También este trabajo va dedicado con todo mi amor a mi Esposo Walter Galarza y mi Hijo Neymar Galarza que los amo y que sin ellos mi vida no sería la misma, y que a pesar de los momentos difíciles que hemos atravesado siempre han estado brindándome su comprensión y amor ya que somos una familia que Dios ha logrado formar y que a pesar de todo luchamos siempre juntos por conseguir un futuro mejor.

Jennifer Gamarra

RESUMEN.

La investigación se realizó en la Finca Experimental “La María” en la Facultad de Ciencias Pecuarias (FCP) de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ). Se evaluaron los índices agronómicos y la composición química de los híbridos de maíz forrajero PIONEER30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 e INDIA S-505 en etapas de desarrollo Vegetativa 8 (V8) y Reproductiva 2 (R2). Se empleó un diseño de parcelas divididas en bloques completamente al azar con arreglo factorial de 4 x 2, cuatro híbridos de maíz forrajero (PIONEER30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 e INDIA S-505) en etapas de desarrollo (V8 y R2), con cuatro repeticiones. Las variables agronómicas fueron germinación; altura de la planta (ALT); diámetro del tallo (DIAM); número de hojas (NHOJAS); índice de área foliar (IAF); producción de forraje verde (PVF) y producción de materia seca (PMS). En la composición química se determinó el contenido de materia seca (MS); proteína bruta (PB) y ceniza (Cn). En la germinación todos los híbridos presentaron un porcentaje mayor al 98%, PIONEER-3041 presentó la mayor ($p<0.05$) ALT y NHOJAS. No se encontró diferencia ($p>0.05$) en el diámetro del tallo. INDIA S-505 reportó el mayor ($p<0.05$) IAF. La etapa de desarrollo R2 mostró los mayores promedios de ALT, DIAM, NHOJAS e IAF. PIONEER-3041 presentó la mayor ($p<0.05$) producción de forraje verde (kg ha^{-1}). No se encontraron diferencias ($p>0.05$) en la producción de materia seca (kg ha^{-1}) de los híbridos de maíz forrajero. En la etapa de R2 se mostraron los mayores ($p<0.05$) rendimientos de forraje verde y materia seca. Los híbridos PIONEER30K73 e INDIA S-505 presentaron el mayor ($p<0.05$) contenido de MS. El mayor ($p<0.05$) porcentaje de PB se presentó en PIONEER30K73. En la etapa de R2 incrementó ($p<0.05$) el contenido de MS pero disminuyó ($p<0.05$) el porcentaje de PB. No se encontró diferencias en el contenido de CN entre los híbridos y en las etapas de desarrollo.

Palabras claves: Maíz forrajero, índices agronómicos, etapas de desarrollo, composición química.

ABSTRACT.

The research was conducted at the Experimental Farm "La Maria" at the Faculty of Animal Science (FCP) of the State Technical University of Quevedo (UTEQ). Agronomic indices and chemical composition of forage maize hybrids were evaluated PIONEER 30K73; PIONEER-3041; INDIA INDIA S-810 and S-505 harvest ages V8 and R2. Design divided into plots randomized block factorial arrangement of 4 x 2 with four forage maize hybrids (PIONEER 30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 and INDIA S-505) was used and two ages of harvest (V8 and R2) with four replications. Agronomic variables were germination; plant height (ALT); stem diameter (DIAM); number of sheets (NHOJAS); leaf area index (IAF); forage production (PVF) and dry matter production (PMS). The chemical composition was determined in dry matter (DM); crude protein (CP) and inorganic matter (MI). Germination all hybrids had a higher percentage to 98%, PIONEER-3041 showed the highest ($p < 0.05$) and ALT NHOJAS. No difference ($p > 0.05$) was found in stem diameter. INDIA S-505 had the highest ($p < 0.05$) IAF. The growth stage R2 showed the highest mean ALT, DIAM, NHOJAS and IAF. PIONEER-3041 showed the highest ($p < 0.05$) production of green fodder (kg ha^{-1}). Among hybrids no difference ($p > 0.05$) in the dry matter production (kg ha^{-1}). In the state of R2 higher ($p < 0.05$) yields of green forage and dry matter were. Hybrid 30K73 and INDIA PIONEER S-505 showed the highest ($p < 0.05$) DM content. The higher ($p < 0.05$) percentage of PB was presented on PIONEER 30K73. The growth stage R2 increased ($p < 0.05$) DM content but decreased ($p < 0.05$) the percentage of PB. No differences in the content of MI among hybrids and phenological stages was found.

Keywords: Fodder corn, agronomic rates, growth stages, chemical composition.

TABLA DE CONTENIDO.

Capítulo	Página.
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.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Problema de investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo general.....	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación.....	6

CAPÍTULO II	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco teórico.....	8
2.1.1. El maíz como recurso forrajero.....	8
2.1.1.1. Híbridos de maíz utilizados para la producción de forraje.....	9
2.1.1.1.1. Híbrido de maíz PIONEER 30K73.....	10
2.1.1.1.2. Híbrido de maíz PIONEER-3041.....	10
2.1.1.1.3. Híbrido de maíz INDIA S-810.....	10
2.1.1.1.4. Híbrido de maíz INDIA S-505.....	10
2.1.2. Aspectos de selección de híbridos de maíz para la producción de forraje.....	14
2.1.3. Influencia de la densidad de siembra sobre el rendimiento de maíz.....	15
2.1.4. Influencia de la edad de cosecha sobre la producción y calidad del maíz forrajero.....	15
2.1.5. Estados fenológicos del maíz.....	16
2.1.5.1. Estadio de germinación.....	16
2.1.5.2. Estadio de desarrollo de hojas.....	17
2.1.5.3. Estadio de crecimiento longitudinal del tallo.....	17
2.1.5.4. Estadio de Aparición del órgano floral.....	17
2.1.5.5. Estadio de floración, masculina (M) y femenina (F).....	17
2.1.5.6. Estadio de formación del fruto.....	17
2.1.5.7. Estadio de maduración de frutos y semillas.....	17
2.1.5.8. Estadio de senescencia.....	18
2.1.6. Investigaciones relacionadas al tema.....	18
 CAPÍTULO III	 22
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.1. Localización.....	23
3.2. Tipo de investigación.....	23
3.3. Métodos de investigación.....	24
3.4. Fuentes de recopilación de información.....	24
3.5. Diseño de la investigación.....	24
3.6. Instrumentos de investigación.....	26

3.6.1.	VARIABLES EVALUADAS.....	26
3.6.1.1.	Índices agronómicos.....	26
3.6.1.1.1.	Porcentaje de germinación.....	26
3.6.1.1.2.	Altura de la planta.....	26
3.6.1.1.3.	Diámetro del tallo.....	26
3.6.1.1.4.	Número de hojas.....	26
3.6.1.1.5.	Índice de área foliar.....	26
3.6.1.1.6.	Producción de forraje verde (kg ha ⁻¹).....	27
3.6.1.1.7.	Producción de materia seca (kg ha ⁻¹).....	27
3.6.1.2.	Composición química.....	27
3.6.1.2.1.	Contenido de materia seca (MS).....	27
3.6.1.2.2.	Contenido de proteína bruta (PB).....	27
3.6.1.2.3.	Contenido de ceniza (CN).....	28
3.1.1.	Procedimiento experimental.....	28
3.1.	Tratamiento de los datos.....	29
3.2.	Recursos humanos y materiales.....	29
CAPÍTULO IV.....		32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		32
4.1.	Resultados y discusión.....	33
4.1.1.	Cuadrados medios y significancia estadística de los índices agronómicos y composición química de cuatro híbridos de maíz forrajero.....	33
4.1.2.	Índices agronómicos de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i>) en dos etapas de desarrollo.....	34
4.1.2.1.	Altura (m) y diámetro (cm) de la planta de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i> L.) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.....	34
4.1.2.2.	Número de hojas e índice de área foliar de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i> L.) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.....	36
4.1.2.3.	Producción de forraje verde (kha ⁻¹) y producción de materia seca (kg ha ⁻¹) de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i> L.) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.....	38
4.1.3.	Composición química de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i>)	41

en dos etapas de desarrollo	
CAPÍTULO V	44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
5.1. Conclusiones.....	45
5.2. Recomendaciones.....	46
CAPÍTULO VI	47
BIBLIOGRAFÍA	47
6.1. Literatura citada.....	48
CAPÍTULO VII	53
ANEXOS	53
7.1. Anexos.....	54
7.1.1. Análisis de varianza de las variables estudiadas.....	54
7.1.2. Imágenes de la investigación.....	60

ÍNDICE DE TABLAS.

	Página.
Tabla 1. Ficha técnica híbrido PIONEER 30K73.....	11
Tabla 2. Ficha técnica híbrido PIONEER 3041.....	12
Tabla 3. Ficha técnica híbrido INDIA S-505.....	13
Tabla 4. Características climatológicas de la Finca Experimental “La María”.....	23
Tabla 5. Factores y niveles de estudio.....	25
Tabla 6. ANDEVA del diseño experimental.....	25
Tabla 7. Combinación de los factores.....	25
Tabla 8. Cuadrados medios y significancia estadística de los índices agronómicos y composición química de cuatro híbridos de maíz forrajero.....	33
Tabla 9. Efecto de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i> L.) y las etapas de desarrollo de V8 y R2 en la altura (m) y diámetro (cm) de la planta.....	34
Tabla 10. Efecto de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i> L.) y las etapas de desarrollo V8 y R2 en el número de hojas e índice de área foliar.....	36
Tabla 11. Efecto de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i> L.) y las etapas de desarrollo de V8 y R2 en la producción de forraje verde (kg ha ⁻¹) y producción de materia seca (kg ha ⁻¹).....	39
Tabla 12. Efecto de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i> L.) y las etapas de desarrollo de V8 y R2 en el contenido (%) de materia seca, proteína bruta y ceniza.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS.

	Página.
Figura 1. Etapas de desarrollo del maíz.....	18
Figura 2. Promedios de las combinaciones de los factores A. Híbridos x B. Etapa de desarrollo en la altura (m) y diámetro (cm) de la planta de cuatro híbridos de maíz forrajero en las etapas de desarrollo de V8 y R2.....	35
Figura 3. Promedios de las combinaciones de los factores A. Híbridos x B. Etapa de desarrollo en el número de hojas e índice de área foliar de cuatro híbridos de maíz forrajero en las etapas de desarrollo de V8 y R2.....	38
Figura 4. Promedios de las combinaciones de los factores A. Híbridos x B. Etapa de desarrollo en la producción (Kg ha ⁻¹) de forraje verde y materia seca de cuatro híbridos de maíz forrajero en las etapas de desarrollo de V8 y R2.....	40
Figura 5. Promedios de las combinaciones de los factores A. Híbridos x B. Etapa de desarrollo en la composición de materia seca, proteína bruta y materia inorgánica de cuatro híbridos de maíz forrajero en las etapas de desarrollo de V8 y R2.....	42

ÍNDICE DE ECUACIONES.

	Página.
Ecuación 1. Modelo lineal del diseño experimental.....	24
Ecuación 2. Porcentaje de germinación.....	26
Ecuación 3. Contenido de materia orgánica (MS).....	27
Ecuación 4. Contenido de proteína bruta (PB).....	27
Ecuación 5. Contenido de ceniza (CN).....	28

ÍNDICE DE ANEXOS.

	Página
Anexo 1. Análisis de varianza de la altura de la planta de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i>) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.....	54
Anexo 2. Análisis de varianza del diámetro del tallo de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i>) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.	54
Anexo 3. Análisis de varianza del número de hojas de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i>) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.....	55
Anexo 4. Análisis de varianza del índice de área foliar de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i>) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.....	55
Anexo 5. Análisis de varianza de la producción de forraje verde (Kg ha ⁻¹) de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i>) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.....	56
Anexo 6. Análisis de varianza de la producción de materia seca (Kg ha ⁻¹) de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i>) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.....	56
Anexo 7. Análisis de varianza del contenido de materia seca (%) de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i>) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.....	57
Anexo 8. Análisis de varianza del contenido de proteína bruta (%) de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i>) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.....	57

Anexo 9.	Análisis de varianza del contenido de materia inorganica (%) de cuatro híbridos de maíz forrajero (<i>Zea mays</i>) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.....	58
Anexo 10.	Esquema de distribución de las parcelas experimentales.....	59
Anexo 11.	Preparación y medición del terreno para la siembra.....	60
Anexo 12.	Siembra de los materiales evaluados.....	60
Anexo 13.	Parcelas rotuladas con cada híbrido evaluado.....	61
Anexo 14.	Preparación de los materiales para el análisis químico.....	61
Anexo 15.	Determinación del contenido de materia seca.....	62
Anexo 16.	Determinación del contenido de proteína bruta.....	62
Anexo 17.	Determinación del contenido de ceniza.....	62

CÓDIGO DUBLIN.

Título:	Índices agronómicos y composición química de híbridos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) forrajero en dos edades de cosecha.			
Autora:	Jennifer Jomahira Gamarra Gamarra			
Palabras clave:	Maíz forrajero	Índices agronómicos	Etapas de desarrollo	Composición química
Fecha de Publicación:				
Editorial:				
Resumen	<p>Resumen.- Se evaluaron los índices agronómicos y la composición química de los híbridos de maíz forrajero PIONEER30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 e INDIA S-505 en etapas de desarrollo V8 y R2. Se empleó un diseño de parcelas divididas en bloques completamente al azar con arreglo factorial de 4 x 2, cuatro híbridos de maíz forrajero (PIONEER30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 e INDIA S-505) y dos etapas de desarrollo (V8 y R2), con cuatro repeticiones. Las variables agronómicas fueron germinación; altura de la planta (ALT); diámetro del tallo (DIAM); número de hojas (NHOJAS); índice de área foliar (IAF); producción de forraje verde (PVF) y producción de materia seca (PMS). En la composición química se determinó en contenido de materia seca (MS); proteína bruta (PB) y ceniza (CN). En la germinación todos los híbridos presentaron un porcentaje mayor al 98%, PIONEER-3041 presentó la mayor ($p < 0.05$) ALT y NHOJAS. No se encontró diferencia ($p > 0.05$) en el diámetro del tallo. INDIA S-505 reportó el mayor ($p < 0.05$) IAF. El estado fenológico R2 mostró los mayores promedios de ALT, DIAM, NHOJAS e IAF. PIONEER-3041 presentó la mayor ($p < 0.05$) producción de forraje verde (kg ha^{-1}). Entre los híbridos no se encontró diferencia ($p > 0.05$) en la producción de materia seca (kg ha^{-1}). En la etapa de R2 se mostraron los mayores ($p < 0.05$) rendimientos de forraje verde y materia seca. Los híbridos PIONEER30K73 e INDIA S-505 presentaron el mayor ($p < 0.05$) contenido de MS. El mayor ($p < 0.05$) porcentaje de PB se presentó en PIONEER30K73. La etapa de desarrollo de R2 incrementó ($p < 0.05$) el contenido de MS pero disminuyó ($p < 0.05$) el porcentaje de PB. No se encontró diferencias en el contenido de CN entre los híbridos y en las etapas de desarrollo.</p>			

Abstract. -Agronomic indices and chemical composition of forage maize hybrids were evaluated PIONEER 30K73; PIONEER-3041; INDIA INDIA S-810 and S-505 harvest ages V8 and R2. Design divided into plots randomized block factorial arrangement of 4 x 2 with four forage maize hybrids (PIONEER 30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 and INDIA S-505) was used and two ages of harvest (V8 and R2) with four replications. Agronomic variables were germination; plant height (ALT); stem diameter (DIAM); number of sheets (NHOJAS); leaf area index (IAF); forage production (PVF) and dry matter production (PMS). The chemical composition was determined in dry matter (DM); crude protein (CP) and inorganic matter (MI). Germination all hybrids had a higher percentage to 98%, PIONEER-3041 showed the highest ($p < 0.05$) and ALT NHOJAS. No difference ($p > 0.05$) was found in stem diameter. INDIA S-505 had the highest ($p < 0.05$) IAF. The growth stage R2 showed the highest mean ALT, DIAM, NHOJAS and IAF. PIONEER-3041 showed the highest ($p < 0.05$) production of green fodder (kg ha^{-1}). Among hybrids no difference ($p > 0.05$) in the dry matter production (kg ha^{-1}). In the state of R2 higher ($p < 0.05$) yields of green forage and dry matter were. Hybrid 30K73 and INDIA PIONEER S-505 showed the highest ($p < 0.05$) DM content. The higher ($p < 0.05$) percentage of PB was presented on PIONEER 30K73. The growth stage R2 increased ($p < 0.05$) DM content but decreased ($p < 0.05$) the percentage of PB. No differences in the content of MI among hybrids and phenological stages was found.

Descripción	82 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM
URI:	

INTRODUCCIÓN.

En el litoral ecuatoriano, al igual que en muchos países tropicales, la dispersión de las precipitaciones en el año provocan dos periodos con características definidas, en el periodo lluvioso existe una alta proliferación de biomasa forrajera, que supera a la demanda, generando desperdicios y un uso ineficiente de la superficie de los pastizales y zonas de corte en las ganaderías estructuradas, mientras en la época seca se genera un grave desfase donde los requerimientos de consumo no pueden ser suplidos por la falta de forrajes, adicionalmente la calidad de estos se ve reducida por el incremento de las fracciones de fibra y la reducción de la proteína bruta, comprometiendo la productividad de los hatos ganaderos.

El maíz es una de las gramíneas de mayor producción en el mundo, ya que forma parte de los recursos alimenticios de la población, en el área pecuaria al igual que el sorgo se utiliza como importante recurso para la alimentación del ganado. Se utiliza como forraje o en silaje ya que gracias a su contenido de carbohidratos solubles es una de las gramíneas que mayor se ensilan a nivel mundial.

Existe una diversidad de materiales cultivados de maíz, desde criollos hasta híbridos con características específicas, de un alto contenido proteico, de aprovechamiento intermedio y precoces (1), en general una gran cantidad de cultivares con diferentes respuestas dependiendo de las zonas donde se cultiven.

PRONACA-INDIA, presenta en el mercado híbridos comerciales que pueden utilizarse como doble propósito (forraje-grano) como PIONEER30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 e INDIA S-505, con excelentes cualidades productivas.

En virtud de lo expresado se planteó el presente Proyecto de Investigación con el objetivo de evaluar los índices agronómicos y la composición química de los híbridos de maíz forrajero PIONEER30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 e INDIA S-505 en etapas de desarrollo V8 y R2. Que permitieron obtener híbridos con características productivas y nutricionales recomendables para la zona de influencia y además se determinó la edad óptima de aprovechamiento.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

Los sistemas de producción ganadero se ven gravemente afectados en su productividad por la falta de alimento, tanto en la cantidad como en las cualidades nutricionales, que incrementan los costos de producción ya que generalmente se supe al ganado con concentrados y recursos externos que son costosos. En unidades de producción estructuradas se crean alternativas de contingencia para esta problemática, entre estas alternativas se encuentra la producción de pastos o forrajes de corte, ensilaje y otros métodos de conservación, sin embargo la composición química y rendimiento de estos son variados y en muchos casos insuficientes.

Los pastos son el alimento más barato en una explotación ganadera, no obstante el manejo y condiciones intrínsecas de estas especies hacen que en ciertos casos sea inevitable la suplementación, especialmente cuando la edad del pasto se incrementa y el contenido de proteína bruta es menor al requerimiento para un buen funcionamiento del rumen que es de 8 al 10% (2).

El cultivo de maíz forrajero tiene unos antecedentes muy sólidos en la ganadería de países desarrollados, sin embargo, la integración a los sistemas de nuestra zona se ven afectados por la falta de estudios que indiquen las características de los híbridos disponibles y el criterio de aprovechamiento en base a la producción y composición en función de la edad de corte. Otro aspecto a considerar es que la interacción entre híbridos y época de siembra es significativa, por lo que no es posible recomendar un híbrido para cualquier circunstancia (3).

En nuestro medio no se ha determinado aún un grupo específico de híbridos de maíz con cualidades de forrajero, por lo tanto conocer las diferencias y determinar entre los híbridos los de mejor desarrollo vegetal y calidad nutritiva son claves para mejorar la producción pecuaria.

1.1.2. Formulación del problema.

¿Se conocen los índices agronómicos y la composición química de los híbridos de maíz forrajero PIONEER30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 e INDIA S-505 en las etapas de desarrollo V8 y R2?

1.1.3. Sistematización del problema.

- ¿Se ha determinado la germinación, altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas e índice de área foliar de los híbridos de maíz forrajero PIONEER30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 e INDIA S-505 en las etapas de desarrollo de V8 y R2?
- ¿Cuál es la producción de forraje verde y producción de materia seca (kg ha^{-1}) de los híbridos de maíz forrajero PIONEER30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 e INDIA S-505 en las etapas de desarrollo de V8 y R2?
- ¿Se conoce la concentración de proteína bruta, y la ceniza de la materia seca de los híbridos de maíz forrajero PIONEER30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 e INDIA S-505 en las etapas de desarrollo de V8 y R2?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Evaluar los índices agronómicos y la composición química de los híbridos de maíz forrajero PIONEER30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 e INDIA S-505 en las etapas de desarrollo vegetativa 8 (V8) y reproductiva 2 (R2).

1.2.2. Objetivos específicos.

- Determinar la germinación, altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas e índice de área foliar de los híbridos de maíz forrajero PIONEER30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 e INDIA S-505 en las etapas de desarrollo de V8 y R2.
- Establecer producción de forraje verde y producción de materia seca (kg ha^{-1}) de los híbridos de maíz forrajero PIONEER30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 e INDIA S-505 en las etapas de desarrollo de V8 y R2.
- Evaluar la concentración de proteína bruta, y la ceniza de la materia seca de los híbridos de maíz forrajero PIONEER30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 e INDIA S-505 en las etapas de desarrollo de V8 y R2.

1.3. Justificación.

Conocer el comportamiento agronómico de los híbridos de maíz para determinar su capacidad como productores de biomasa forrajera, es de gran importancia en nuestra zona pues permite aprovechar los cultivares comerciales a disposición.

Integrar el cultivo de maíz forrajero a los sistemas ganaderos, mejora la oferta de recursos para la alimentación del ganado en la época de sequía, además por las características de composición química es un material que se conserva mejor en relación a otras forrajeras. De igual manera tiene un mayor contenido de proteína y reducido porcentaje de fibra en comparación a los pastos. Por su contenido de carbohidratos es fuente de energía, que es de gran importancia en agroindustrias como la lechera.

Una de las interrogantes que la mayoría de los productores tienen es la edad óptima para cosechar el maíz para forraje, que solo puede ser resuelto mediante el análisis de variables productivas, nutricionales en las distintas etapas de desarrollo, que permite conocer los intervalos de siembra-cosecha de manera que se pueda obtener un alimento de calidad en una cantidad adecuada.

En tal virtud la presente investigación generará información suficiente para determinar un híbrido y la etapa más adecuada de cosecha, información que podrá ser utilizada por pequeños y medianos productores agrícolas y ganaderos, que constituyendo parcelas de maíz forrajero podrán obtener alimento alternativo para suplemento, de mejor calidad que los pastos y mejorarán el rendimiento de sus unidades de producción.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco referencial.

2.1.1. El maíz como recurso forrajero.

El cultivo de maíz para la producción de grano se encuentra distribuido a través del mundo y se estima que una superficie mayor de 100 millones de hectáreas son sembradas anualmente. Se tienen estadísticas poco precisas sobre el área destinada a la producción de maíz forrajero, particularmente empleado en la alimentación del ganado (4).

Desde su origen, el principal uso que se ha dado a las gramíneas ha sido como fuente de forraje para la alimentación del ganado. Es precisamente su utilización como fuente de energía para el ganado doméstico y fauna silvestre, lo que convierte a las gramíneas forrajeras en el grupo de plantas más importante para el hombre(5).

Según (6), señalan, que la producción de forraje es una actividad agropecuaria esencial para el desarrollo de la ganadería, y en particular el que se obtiene del cultivo del maíz, ya que este cultivo por su diversidad genética se adapta a diferentes regiones del país.

El cultivo de maíz se caracteriza por tener un elevado potencial de producción de forraje con un buen valor nutritivo, por lo que constituye un recurso clave en la intensificación de los sistemas ganaderos (3). La disponibilidad de este material permite una mejor alimentación del ganado en los períodos secos del trópico. El momento en que la planta ofrece el más elevado contenido de azúcares es a las 4-6 semanas después de la aparición de la inflorescencia masculina, cuando el grano en formación está en estado lechoso o lechoso-pastoso. Con variedades de ciclo corto y en condiciones apropiadas de temperatura y humedad ambiental, el estado ideal de cosecha se obtiene a los 100- 110 días posteriores a la siembra (7).

El uso de maíz para forraje, ya sea como planta en pie o ensilado es una práctica común en todos los países de agricultura avanzada, ya que contribuye a resolver el problema que plantea la estacionalidad de la producción forrajera frente a requerimientos animales de relativa constancia (8).

Se adapta para la conservación y posterior alimentación del ganado debido a tres causas principales(8):

- a)** Alto volumen de producción en un solo corte.

- b) Alto contenido de hidratos de carbono fácilmente aprovechables.
- c) Relativa amplitud del período de cosecha.

La planta completa de maíz es un importante forraje para muchas actividades lecheras o cárnicas. El incremento de las demandas nutricionales para una respuesta animal óptima es un desafío para los productores de maíz, que deben seleccionar y manejar híbridos de gran producción de materia seca con características de calidad apropiadas. El forraje de maíz es un alimento excelente para los rumiantes debido al elevado contenido de energía que aporta el grano, a través del almidón(8).

La necesidad de buscar nuevas alternativas para abaratar costos de producción principalmente del ganado lechero, hacen necesario realizar estudios, en uno de los cultivos de mayor demanda como lo es el maíz forrajero, a fin de satisfacer las necesidades de la alimentación en la dietas, dada su alta productividad y calidad en verde (9).

Los forrajes nos permiten invertir una menor cantidad de los recursos económicos en los granos o concentrados y formular dietas con mejor relación entre el costo y la calidad. La clave del éxito de esta estrategia es justamente la calidad de dichos forrajes y el esfuerzo dedicado durante la siembra, el manejo y la cosecha, que resulta en la obtención de forrajes que permiten conseguir una alta producción de leche o carne junto con una excelente salud del ganado. Que se consigue con una correcta selección del híbrido a plantar, la madurez de la planta al momento de la cosecha, la materia seca al momento de la cosecha y el tamaño de corte (10).

2.1.1.1. Híbridos de maíz utilizados para la producción de forraje.

Para decidir entre un cultivar o híbrido, es necesario considerar un conjunto de características como: ciclo, resistencia a plagas y enfermedades, resistencia al acame, rendimientos, tipo de grano, producción de biomasa, valor nutritivo. Cada uno de estos aspectos puede tener una importancia relativa distinta según las características de producción de la empresa agropecuaria(11). Considerando el uso como forrajero para alimentación animal Según,(12), indican que existe suficiente evidencia de diferencias entre híbridos en contenido de proteína, fibra y digestibilidad de la materia seca.

Entre los híbridos de maíz disponibles que pueden utilizarse como forrajeras encontramos: PIONEER30K73; PIONEER-3041; INDIA S-810 e INDIA S-505, las características principales son:

2.1.1.1.1. Híbrido de maíz PIONEER30K73.

PIONEER30K73 es un híbrido amarillo de excelente rendimiento, pertenece al segmento élite, tiene un porcentaje de germinación del 90% y los días promedio de la floración es de 50 a 55 con un promedio de cosecha entre los 130 a 140 días. Es un híbrido que se puede sembrar en invierno y verano. 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 requerimiento de nutrientes en cada finca (13). En la Tabla 1, se muestra la ficha técnica.

2.1.1.1.2. Híbrido de maíz PIONEER-3041.

PIONEER 3041, es un híbrido rústico, confiere estabilidad de producción por su amplia adaptación, tanto en las campañas de invierno como en las de verano, Periodo vegetativo de 135 a 165 días en promedio de acuerdo a la época de siembra. Es un híbrido semi-tardío que presenta una mazorca de tamaño uniforme de 16 a 18 hileras y 42 granos aproximadamente por hilera, componentes importantes del potencial de rendimiento. Asimismo, la profundidad del grano y su excelente relación grano/coronta de 83:17 contribuyen a maximizar el potencial de rendimiento. Expresa mejor sus características genéticas cuando se siembra con una población de 75,000 plantas/ha, las zonas de cultivo se encuentran en Ventanas, Balzar y Quevedo(14,15). En la Tabla 2, se muestra la ficha técnica.

2.1.1.1.3. Híbrido de maíz INDIA S-810.

El híbrido INDIA S-810 es tolerante a enfermedades del tallo, mazorca y foliares, tiene su floración a los 50 días, de un potencial productivo excelente se cosecha a los 122 días, 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 (16).

2.1.1.1.4. Híbrido de maíz INDIAS-505

El híbrido de maíz INDIA S-505 es producido por PRONACA, como objeto del desarrollo de híbridos de selección y combinación de líneas parentales puras, formando vigor híbrido

o heterosis, para lograr un aumento de la productividad. Se desarrolló en el Centro de Investigaciones Agrícolas La Josefina (17). En la Tabla 3, se muestra la ficha técnica respectiva.

Tabla 1. Ficha técnica híbrido PIONEER 30K73.

Parámetro	Especificación
Nutrición	Dependiendo del tipo de suelo y requerimiento de nutrientes en cada finca. Se recomienda hacer análisis de suelo.
Características Agronómicas	- Días de floración: 55 - 60 días - Altura de planta: 2,4 m - Altura de inserción: 1,2 a 1,4 m. - Muy buen anclaje y tallos fuertes. - Tolerante a enfermedades - Días de cosecha: 130 a 140 días. - Población de 50.000 a 62.000 plantas por hectárea. - Potencial de rendimiento 6,8 a 7,0 t/ha
Marca	DUPONT –PIONEER
Días promedio a floración	50 a 55 días
Métodos de siembra	Establecer entre 5 a 6 plantas por metro lineal y distancia entre surcos de 80 - 90 cm.
Presentación	Funda de 60.000 semillas Sembrar dentro de los 5 días después de la compra.
Almacenamiento	Mantener este producto bajo sombra, sobre pallets y en un lugar fresco.
Descripción	Híbrido de maíz con excelente calidad, sanidad y color de grano. Es preferido por la industria de consumo.

FUENTE: PRONACA(15).

Tabla 2. Ficha técnica híbrido PIONEER3041.

Parámetro	Especificación
Nutrición	Dependiendo del tipo de suelo y requerimiento de nutrientes en cada finca. Se recomienda hacer análisis de suelo
Características Agronómicas	- Días de floración: 48 - 53 días - Altura de planta: 2,5 m - Altura de inserción: 1,3 m - Muy buen anclaje y tallos fuertes - Alta tolerancia a enfermedades - Días de cosecha: 120 a 130 días - Población de 50.000 a 62.000 plantas por hectárea - Potencial de rendimiento 5,5 a 6,5 t/ha
Características de Grano	- Mazorca uniforme de 12 a 16 hileras - Grano naranja cristalino - Fácil desgrane
Marca	DUPONT – PIONEER
Almacenamiento	Sembrar dentro de los 10 días, después de la compra. Mantener este producto bajo sombra, sobre pallets en un lugar fresco.
Métodos de siembra	Establecer entre 5 a 6 plantas por metro lineal y distancia entre surcos de 80 a 90 cm
Zonas de cultivo	Ventanas, Balzar, Empalme, Colimes, Oriente y Manabí
Presentación	Funda de 60.000 semillas
Descripción	Híbrido de maíz rústico y versátil, de planta robusta y sobresaliente tolerancia a enfermedades foliares.

FUENTE: PRONACA(15).

Tabla 3. Ficha técnica híbrido INDIA S-505.

Parámetro	Especificación
Nutrición	Dependiendo del tipo de suelo y requerimiento de nutrientes en cada finca
Características Agronómicas	<ul style="list-style-type: none">- Porcentaje de germinación mayor a 90%.- Días de floración: 48 a 52 dds- Altura de planta: 2,20 a 2,60 m- Altura de inserción: 1,2 a 1,4 m- Muy buen anclaje y tallos fuertes.- Alta tolerancia a enfermedades.- Días de cosecha: 110 a 120 días.- Población de 50.000 a 62.500 plantas por hectárea (depende de la zona y época de siembra).- Potencial de rendimiento mayor a 5,5 t/ha.
Características de Grano	<ul style="list-style-type: none">- Efecto bisagra después de 110 días.- Mazorca uniforme de 18 a 20 hileras.- Grano naranja semi-cristalino.- Fácil desgrane.
Marca	INDIA con tecnología Biomatrix
Almacenamiento	Sembrar dentro de los 5 días después de la compra. Mantener este producto bajo sombra, sobre pallets y en un lugar fresco.
Métodos de siembra	Establecer entre 5 a 6 plantas por metro lineal y distancia entre surcos de 80-90 cm.
Zonas de cultivo	Los Ríos, Guayas, Manabí y Oriente
Presentación	Funda de 60.000 semillas
Descripción	Semilla de maíz de segmento medio con buen cierre de punta y de grano naranja semi-cristalino.

FUENTE: PRONACA(15).

2.1.2. Aspectos de selección de híbridos de maíz para la producción de forraje.

Las características deseables para la selección del material de siembra de maíz forrajero es que sean híbridos precoces y tolerantes a altas densidades de siembra, ahorro en el consumo de agua e incrementos en la producción (18,19).

Entre los criterios importantes de selección para el mejoramiento del maíz para forraje se encuentran la digestibilidad, el contenido de fibras y el rendimiento de materia seca. Se han desarrollado híbridos forrajeros con mayor digestibilidad de la fibra bajo el supuesto de mejorar el consumo de materia seca y de esa manera la producción. Una buena calidad forrajera en maíz se puede lograr con una digestibilidad superior a 70 % (20).

El momento en que la planta ofrece el más elevado contenido de azúcares es a las 4-6 semanas después de la aparición de la inflorescencia masculina, cuando el grano en formación está en estado lechoso o lechoso-pastoso (7), por lo que tradicionalmente se usa para ensilaje en ese estado, no obstante la baja proporción de mazorca refleja en estas circunstancias menor producción y calidad del forraje según lo señalan Según,(21). Por lo tanto es de gran importancia evaluar la época adecuada para aprovechar al máximo el potencial genético de los híbridos forrajeros, ya que es posible aumentar la producción y calidad nutricional del forraje de maíz cambiando época de la cosecha (22).

Un aspecto importante es que el rendimiento de forraje y el valor energético de los híbridos de maíz es afectado por factores de manejo (fecha de siembra, densidad de plantas, el estado de madurez entre otros) (1). Estos mismos autores indican que la selección de híbridos de maíz para forraje se lleva a cabo principalmente por su rendimiento de materia seca por hectárea, no obstante la relación entre rendimiento y digestibilidad son inconsistentes es decir no están relacionados los híbridos de mayor rendimiento con los de mayor digestibilidad, por lo tanto es crucial en la selección de híbridos de maíz para forraje el estudio tanto de del rendimiento como de la calidad nutritiva.

Según (1), indican que existe una gran variabilidad en características agronómicas y químicas, relacionadas con la digestibilidad y con el valor energético de híbridos de maíz para forraje. Según (7), señalan diferencias entre la degradabilidad de las diferentes partes

de la planta en diferentes estados de madurez. Por lo tanto deben también considerarse en la elección del material forrajero a producir.

Para obtener ecuaciones relacionadas con su valor energético, Según (1), determinaron que para obtener forraje con alto valor energético (>1.5 mcal/kg MS), se requiere utilizar híbridos de maíz que tengan como mínimo $< 54\%$ de mazorca y $< 50\%$ de fibra detergente neutra (FDN).

2.1.3. Influencia de la densidad de siembra sobre el rendimiento de maíz.

Las altas densidades de población en maíz pueden reducir la calidad del forraje, debido principalmente al menor contenido de grano (18). El rendimiento del maíz presenta una respuesta a la densidad de tipo óptimo: crece hasta un máximo (densidad óptima) y a partir de ahí el rendimiento disminuye con mayores densidades. En muy bajas densidades el rendimiento puede estar limitado por la baja capacidad del cultivo para cubrir el suelo (captación de radiación) y por el límite en el tamaño potencial de espiga, que no compensa la disminución en su número. Por otro lado, en muy altas densidades el rendimiento también puede verse afectado ya que la planta de maíz prioriza el crecimiento de órganos distales (panoja) en detrimento de los axilares (espiga). Por tal motivo, en cultivos creciendo bajo severo estrés, la espiga recibe proporcionalmente menos recursos, disminuyendo abruptamente su rendimiento (23),

De manera general estudios realizados por PIONEER(23), han determinado que:

- Existen variaciones en la densidad óptima por híbrido según la calidad del ambiente bajo el cual se desarrolle el cultivo.
- Existen variaciones entre cultivares para una misma potencialidad de ambiente.
- Lo más importante a tener en cuenta cuando se recomienda una densidad es la potencialidad del ambiente y luego el comportamiento del híbrido.

2.1.4. Influencia de la edad de cosecha sobre la producción y calidad del maíz forrajero.

El estado de madurez de la planta a la cosecha (o etapa de corte) es el principal factor que afecta el valor nutritivo y las características de fermentación del ensilaje de maíz Según (21).

Los híbridos de maíz con menos días a cosecha y mayor porcentaje de mazorca tienen mayor digestibilidad y valor energético, por lo tanto es conveniente considerar estas características en la elección de híbridos comerciales o en futuros programas de mejoramiento genético de maíz forrajero.

Según (1), realizaron la cosecha cuando el grano presento un avance de 1/3 de la línea de leche de la punta del grano hacia la mazorca, lo cual ocurrió de 97 a 108 días después de la siembra.

Debido a cualidades fenológicas en la concentración de nutrientes en tallos y hojas, se recomienda la cosecha y el aprovechamiento del forraje de maíz entre 80 y 90 días de crecimiento. En edades posteriores, se puede obtener el beneficio de un mayor tonelaje por unidad de superficie, sacrificando la calidad nutricional (4).

Las fuentes de fertilización (orgánica y química) influyen el valor nutricional del maíz forrajero siendo mayores los de fertilización química según el estudio de Según (24), sin embargo con la fertilización orgánica se obtuvo porcentajes de proteína dentro del valor óptimo (10,33%) para este cultivo.

Debido a la variabilidad del contenido de humedad en los diferentes estados fenológicos del maíz y entre los híbridos, conviene considerar también el contenido de humedad al momento del corte para lograr una fermentación adecuada y un ensilado de calidad (21).

2.1.5. Estados fenológicos del maíz.

Para representar los estados fenológicos se ha desarrollado una descripción con una codificación estándar para las principales monocotiledóneas y dicotiledóneas, de esta manera los diferentes estadios del maíz son (Figura 1) Según (25). De manera versátil, se puede clasificar en etapas pre-germinativas, vegetativas (V) y reproductivas (R).

2.1.5.1. Estadio de germinación.

En la Figura 1, se muestra de manera gráfica, los numerales entre corchetes corresponden al número aproximado de días en cada estado, [00] Semilla seca; [05] Radícula (raíz embrional), emergida de la semilla; [07] Coleóptilo, emergido de la semilla; [09] Emergencia: el coleóptilo atraviesa la superficie del suelo (se abren grietecitas en la superficie).

2.1.5.2. Estadio de desarrollo de hojas.

Inicia a los diez días [10] o inicio del periodo vegetativo (V); V1 primera hoja, a través del coleóptilo; [11,13] o V4 primera hoja, desplegada; hasta el desarrollo de 9 o más hojas desplegadas.

2.1.5.3. Estadio de crecimiento longitudinal del tallo.

En los días catorce al treinta y cuatro [14- 34] o V6-V9 Comienzo del alargamiento de la caña; primer nudo detectable hasta 9 o más nudos detectables.

2.1.5.4. Estadio de Aparición del órgano floral.

Comienzo de la salida del penacho: el penacho es detectable en lo alto de la caña, visible el extremo del penacho.

2.1.5.5. Estadio de floración, masculina (M) y femenina (F).

A los sesenta y tres días [63] o R1 (M) Comienza a desprenderse el polen, (F) Puntas de los estigmas, visibles; (M) Las partes altas y bajas del penacho, en flor; (F) Estigmas, completamente emergidos; (M) Floración finalizada; (F) Los estigmas secándose; Fin de la floración; estigmas, completamente secos.

2.1.5.6. Estadio de formación del fruto.

Comienzo del desarrollo del grano: granos, en el estadio de "ampollitas"; alrededor de 16 % de materia seca; Lechoso temprano; Granos de la mitad de la mazorca, blanco-amarillentos; contenido lechoso; alrededor de 40 % de materia seca; Casi todos los granos han alcanzado su tamaño final.

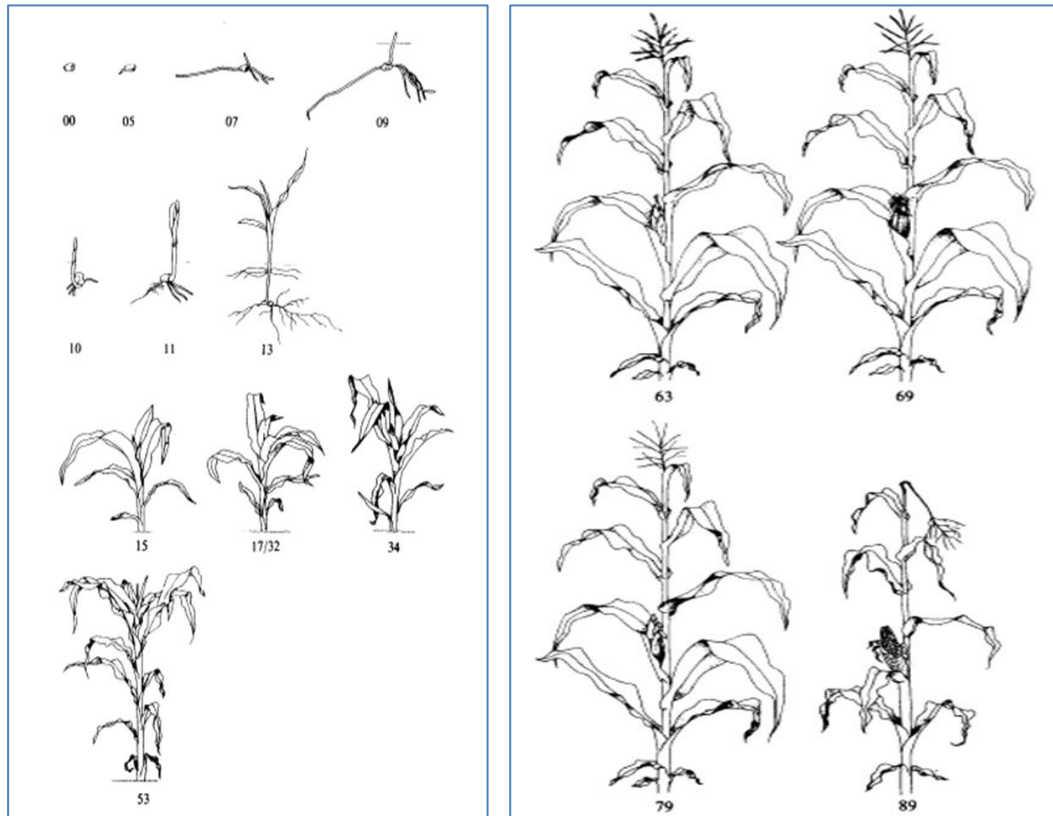
2.1.5.7. Estadio de maduración de frutos y semillas.

Pastosa temprano, el contenido de los granos, blando; alrededor de 45 % de materia seca; Estadio pastoso (= Madurez de silaje): los granos amarillentos a amarillo (según la variedad); acerca del 55% de materia seca; [87] Madurez fisiológica: puntos o rayas negras, visibles en la base de los granos, acerca de 60 % de materia seca; [89] Madurez completa: granos duros y brillantes; acerca de 65 % de materia seca.

2.1.5.8. Estadio de senescencia.

Planta totalmente muerta, tallos se quiebran, en este periodo solo puede aprovecharse las semillas.

Figura 1. Estados fenológicos del maíz.



Izquierda periodos o estados vegetativos (V); derecha periodos o estados reproductivos (R)
FUENTE: UWE(25).

2.1.6. Investigaciones relacionadas al tema.

Según (26), hasta la actualidad se han determinado que la composición química y cinética de degradabilidad de ensilaje de maíz convencional y sorgo de nervadura café, determinaron un rendimiento de 12500 a 16500 kg de materia seca ha⁻¹, en los cultivares de maíz convencional, en la composición química de 26,9 a 31,8% de materia seca; 4,8 a 5,6% de ceniza; 7,0 a 7,5% de proteína bruta; 3,2 a 4,0% de extracto etéreo; 35,4 a 44,7% de fibra detergente neutro y 19,4 a 23,0% de fibra detergente ácido. Estos autores concluyen que las diferencias observadas en la composición química entre el maíz convencional y el sorgo de nervadura café, no se reflejaron en diferencias en la

digestibilidad *in vitro* de la MS y FDN, así como en la cinética de fermentación, mostrando tasas similares de digestión.

Según (27), realizaron un extenso trabajo donde determinaron la composición química de recursos forrajeros para la alimentación de ovinos, resaltan al maíz dentro de su caracterización y señalan que esta gramínea también es el sostén de los sistemas ganaderos, ya que se aprovecha el forraje en forma de verde picado, ensilado y henificado. En ensilajes mencionan la siguiente composición: 7,94% de materia inorgánica; 9,63% de proteína bruta; 14,29% de fibra bruta y 38,72% de fibra detergente ácido.

Por otra parte (28), evaluó cuatro híbridos comerciales de maíz forrajero (*Zea mays* L.) 39G12, Andor, Tango y Delitop en relación a la producción de forraje y su respectivo contenido nutricional. Todos los híbridos presentaron valores menores a 30% de materia seca, siendo el más bajo Andor con 24,31%. El híbrido 39G12 fue el que presentó mayor altura a la cosecha con 3,11 metros. El promedio de energía a la cosecha fue de 2,56 Mcal kg MS⁻¹, Delitop, Tango y Andor presentaron los valores más altos 2,64, 2,61 y 2,59 Mcal kg MS⁻¹ respectivamente. Los promedios de FDN y FDA a la cosecha fueron de 52,98% y 29,88% respectivamente. El ensilaje de Delitop y Tango presentaron los valores más altos de energía con 2,58 y 2,59 Mcal kg MS⁻¹.

Según (19) otros estudios determinaron el efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de maíces forrajeros. El objetivo de este trabajo fue identificar genotipos de maíz con potencial forrajero en dos ensayos (E). Las densidades fueron 50 000, 62 500, 83 333 plantas/ha. El genotipo criollo en el promedio de densidades presentó la mayor altura de planta (E1=247, E2=216 cm), área foliar total (E1=5834; E2=7516 cm²) e índice de área foliar (E1=3,8; E2=4,9), diámetro de tallo (E1=6,6; E2=7,5 cm) y rendimiento de forraje en E1=44,3 t/ha. En promedio de densidades el mayor índice de área foliar se alcanzó con 83 333 plantas y el menor se obtuvo con 50 000 plantas/ha.

Según (4) estudiaron la fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje, determinaron el contenido de materia seca, la proteína cruda, las cenizas totales, la fibra neutro detergente (FND), la fibra ácido detergente (FAD) y la lignina así como los valores de hemicelulosa y celulosa. Antes de los 65 días de crecimiento, la producción de hojas fue superior a la de tallo. Posterior a esta edad, la planta fue mayor productora de tallo. El contenido de cenizas fue mayor en el tallo que en la hoja en los primeros 90 días. Por las cualidades fenológicas observadas y la concentración de nutrientes en tallos y

hojas, se recomienda la cosecha y el aprovechamiento del forraje de maíz entre 80 y 90 días decrecimiento. En edades posteriores, se puede obtener el beneficio de un mayor tonelaje por unidad de superficie, sacrificando la calidad nutricional.

Según (12), evaluaron una cantidad considerable de híbridos de maíz para la producción de forraje, la densidad fue de 80 a 90 mil plantas por hectárea. Cosecharon cuando la línea de leche tuvo 1/3 de avance, se observó la tendencia de que los híbridos precoces tuvieran menores rendimientos de materia seca por hectárea que los híbridos de ciclo intermedio. En la altura de la planta, producción de forraje verde y materia seca en los híbridos de ciclo intermedio obtuvieron: 2,22 a 3,0 m; 65 a 75 toneladas ha⁻¹; 18 a 22 toneladas ha⁻¹, mientras en los precoces: 2,2 a 2,3 m; 52,8 a 63,7 toneladas ha⁻¹; 15,3 a 18,0 toneladas ha⁻¹.

Según (29), determinaron el consumo de agua, el índice de área foliar (IAF) y la producción de forraje en verde y materia seca del maíz forrajero con riego por goteo subsuperficial (RGS). Los tratamientos fueron tres separaciones de cinta de riego (0,8; 0,9 y 1,0 m), enterradas a una profundidad de 0,4 m. El máximo IAF fue de 5,1 en la separación de 0,8 m con un rendimiento de materia seca de 20,19 toneladas ha⁻¹.

Según (30), evaluaron el establecimiento de maíz y pastos en monocultivo y asociados (*Brachiaria decumbens*, *Brachiaria cv. Mulato* y Toledo (*Brachiaria brizantha*)), con el fin de determinar la existencia de efectos de competencia sobre los rendimientos de grano de maíz y sobre la producción de forraje de los pastos. El crecimiento del maíz no fue afectado por la presencia de los pastos, obteniéndose el índice de área foliar de 3. La asociación de maíz con pastos es una buena opción para el establecimiento o renovación de praderas porque los rendimientos de maíz no fueron afectados por la presencia de los pastos.

Según (31), determinaron en el híbrido AS-900 un rendimiento de 10829 kg de materia seca ha⁻¹, tuvieron como objetivo en su investigación obtener modelos de consumo de agua aplicada, índice de área foliar (IAF), producción de materia seca (MS) y productividad del agua (PA).

Según (32) estudiaron el rendimiento del maíz forrajero bajo la adición de ácido húmico y algaenzimas, en el diámetro del tallo se encontró que los híbridos evaluados el Berentsen 302, Caimán, AN423 y Cimarrón fueron estadísticamente superiores con medias de 2,19; 2,00; 2,00 y 1,97 cm respectivamente, siendo el híbrido Ocelote el que presentó la media

más baja con 1,9 cm; los niveles de algaenzimas y ácido húmico, encontraron que sin aplicación de algaenzimas tuvo el valor más alto de diámetro de tallo con 2,08 cm y la dosis de 3 L ha⁻¹ de ácido húmico tuvo el valor más alto con 2,08 cm. En la altura de la planta encontraron que de los híbridos evaluados el híbrido Berentsen 302 y Ocelote son estadísticamente superiores con medias de 243,86 y 231,49 cm respectivamente, siendo el híbrido AN 423 el que presentó la media más baja con 221,1 cm; los niveles de algaenzimas y ácido húmico, sin la aplicación de estos, tuvo los valores más altos con 236,49 y 233,72 cm respectivamente

Según (16), evaluó las características agronómicas del híbrido de maíz PIONEER3041, obteniendo, 59 días a la floración femenina; 57 días a la floración masculina; 1,91 m de altura de la planta y 1,9 cm de diámetro del tallo, el cultivo se realizó en la zona de Balzar-Ecuador.

Según (33), determinó el rendimiento de cosecha en base seca de la variedad de maíz PIONEER 30K73HR y el efecto de la densidad sobre los parámetros productivos (peso de tallo, mazorca y hoja). Las medias de rendimiento de materia seca a 80 cm entre surco presentaron el menor rendimiento con 9,4 toneladas por hectárea y a 40 y 50 cm entre surco rendimientos de 18,2 y 16,8 toneladas por hectárea, obteniendo el mayor rendimiento a 40 cm entre surco.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La presente investigación se realizó en parcelas experimentales ubicadas en la Finca Experimental “La María” en la Facultad de Ciencias Pecuarias (FCP) de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), y los análisis químicos en el Laboratorio de Bromatología perteneciente a la FCP-UTEQ, situada en el km 7 de la Vía Quevedo – El Empalme, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos, entre las coordenadas geográficas 01° 06’ de latitud Sur y 79° 29’ de longitud Oeste. A una altura de 73 msnm.

Tabla4. Características climatológicas de la Finca Experimental La María.

Parámetros	Promedio
Temperatura °C	25.47
Humedad relativa, %	85.84
Precipitación, anual. Mm	2223.78
Heliofanía, horas/ luz /año	898.77
Evaporación, promedio anual (%)	78.30
Zona ecológica	bh – T
Topografía	Ligeramente Ondulada

FUENTE: DEPARTAMENTO AGROMETEOROLÓGICO DEL INIAP, 2014(34).

3.2. Tipo de investigación.

La investigación es de Tipo Experimental, donde se evaluó la fenología de los híbridos de maíz forrajero en dos etapas de desarrollo sobre los parámetros agronómicos y de composición química que se consideraron como variables en estudio.

El Proyecto de Investigación tributa a la línea de investigación 1: Desarrollo y manejo de variedades e híbridos en cultivos de interés estratégico para el Ecuador. En el área de Fitomejoramiento, Agronomía, en base al acuerdo entre la Facultad de Ciencias Pecuarias y la empresa PRONACA que financió la investigación.

3.3. Métodos de investigación.

Se utilizó el método de investigación experimental donde se evaluó la fenología y su incidencia en la altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, índice de área foliar, producción de forraje verde, producción de materia seca, contenido de materia seca,

porcentaje de proteína bruta y composición de ceniza o fracción mineral de cuatro híbridos comerciales de maíz en las etapas de desarrollo vegetativo y reproductivo de V8 y R2.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

En el trabajo experimental se levantaron datos cuantitativos directamente de la medición del efecto de las variables en cada factor (híbrido y estado fenológico) considerando esto como una fuente de información primaria. Además se contrastaron los resultados con investigaciones disponibles en diversas fuentes de consulta (libros, artículos científicos, tesis e información en la Web) que entran en la categoría de fuentes secundarias de información.

3.5. Diseño de la investigación.

Se empleó un diseño de parcelas divididas en bloques completamente al azar con arreglo factorial de 4 x 2, cuatro híbridos de maíz forrajero (PIONEER30K73; 3041; INDIA S-810 y S-505) como parcelas grandes y dos etapas de desarrollo (V8 y R2) como parcelas pequeñas (Tabla 5), con cuatro repeticiones. El criterio de bloqueo fue la pendiente del terreno.

El modelo estadístico del diseño experimental es (Ecuación 1):

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

Dónde:

(Y_{ijr}) Variable de respuesta

(μ) Media global

(ρ_r) Efecto de los bloques

(α_i) , Efecto del factor principal A (híbridos)

(ε_{ir}) Error aleatorio del factor principal

(β_j) Factor subordinado B (estado fenológico)

$(\alpha\beta_{ij})$, Interacción factor principal y subordinado

(ε_{ijr}) Error aleatorio de la interacción de los factores

El esquema del análisis de varianza (ANDEVA) se encuentra en la Tabla 6.

Tabla 5. Factores y niveles de estudio.

Factores	Niveles
A. Híbrido de maíz forrajero.	a1. PIONEER 30K73 a2. PIONEER 3041 a3. INDIAS-810 a4. INDIAS-505
B. Edad de corte.	b1. Etapa vegetativa V8 b2. Etapa reproductiva R2

ELABORADO: Gamarra Jennifer

Tabla6. ANDEVA del diseño experimental.

Fuente de Variación		Grados de libertad
Bloque	p-1	3
Factor A (Híbrido)	a-1	3
Error (a)	(p-1)(a-1)	9
Factor B (Edad)	(b-1)	1
A x B (Híbrido * Edad)	(a-1)(b-1)	3
Error (ab)	a(p-1)(b-1)	12
Total	a b p – 1	31

ELABORADO: Gamarra Jennifer

En la Tabla 7, se muestra la combinación de los factores.

Tabla7. Combinación de los factores.

Híbrido	Etapas de desarrollo
PIONEER 3041	Estado V8
PIONEER 3041	Estado R2
INDIA S-810	Estado V8
INDIA S-810	Estado R2
PIONEER 30K73	Estado V8
PIONEER 30K73	Estado R2
INDIA S-505	Estado V8
INDIA S-505	Estado R2

ELABORADO: Gamarra Jennifer

3.6. Instrumentos de investigación.

Los instrumentos de investigación que permitieron la generación de datos de respuesta fueron las variables clasificadas en dos periodos 1) Índices agronómicos 2) Composición química. Cada una de estas se describe consecutivamente.

3.6.1. Variables evaluadas.

3.6.1.1. Índices agronómicos.

3.6.1.1.1. Porcentaje de germinación.

Se determinó el porcentaje de germinación de las semillas en campo a los 5 días después de la siembra, el cálculo se realizó mediante la Ecuación 2:

$$\text{Germinación (\%)} = \frac{\text{Plantas germinadas}}{\text{Total semillas sembradas}} \times 100 \quad \text{(Ecuación 2)}$$

3.6.1.1.2. Altura de la planta.

Se midió a partir del suelo hasta el cogollo de la planta con un flexómetro a diez plantas de la parcela útil en metros, al final de cada etapa de desarrollo (V8 y R2).

3.6.1.1.3. Diámetro del tallo.

Se midió con un calibrador a diez plantas de la parcela útil en la base del tallo en centímetros, al final de cada etapa de desarrollo (V8 y R2).

3.6.1.1.4. Número de hojas.

Se contabilizó el número de hojas, al final de cada etapa de desarrollo (V8 y R2).

3.6.1.1.5. Índice de área foliar.

Se estimó midiendo diez plantas considerando largo (cm) x ancho de la hoja (cm) x 0.75 que da como resultado el área foliar total. El índice de área foliar (IAF), se estimó al dividir el área foliar total entre el área de suelo ocupada por la planta en las etapas de V8 y R2, en concordancia a lo indicado por (19).

3.6.1.1.6. Producción de forraje verde (kg ha⁻¹).

El rendimiento de forraje verde por hectárea se determinó con el pesaje en fresco del material en las parcelas útiles en cada etapa de desarrollo y realizando una conversión a producción por hectárea.

3.6.1.1.7. Producción de materia seca (kg ha⁻¹).

El rendimiento de materia seca por hectárea se determinó con el valor de producción de forraje verde multiplicado para el porcentaje de materia seca.

3.6.1.2. Composición química.

3.6.1.2.1. Contenido de materia seca (MS).

Se determinó el contenido de materia seca (MS) sometiendo las muestras al secado en estufa de aire forzado a 65°C por 48 horas con la de fundas llenadas con 250 g en fresco y realizado en triplicado. El porcentaje de materia seca se calculó con la Ecuación 3:

$$MS(\%) = \frac{M_{Inicial} - M_{Final}}{M_{Inicial}} \times 100 \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Dónde:

MS(%): Porcentaje de Materia Seca.

M_{Inicial}: Muestra inicial antes del secado.

M_{Final}: Muestra final posterior al secado.

3.6.1.2.2. Contenido de proteína bruta (PB).

El análisis químico proximal de la proteína se realizó de acuerdo a los métodos descritos por la AOAC (35): por el método de micro-Kjeldahl, con digestión ácida a temperaturas de 150, 280 y 400 °C, destilación en ácido bórico e hidróxido de sodio y titulación con ácido clorhídrico 1N. Usando el factor N x 6.25, con la Ecuación 4:

$$PB(\%) = \frac{(V_{H2SO4} - V_b) \times 1,401 \times NH_2SO_4}{g \text{ Muestra}} \times F \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Dónde:

%*PB*: Porcentaje de Proteína Bruta.

VH₂SO₄: Volumen de ácido consumido en titulación.

Vb: Volumen del blanco (0,3).

1, 401: Peso atómico del Nitrógeno.

NH2SO4: Normalidad del ácido clorhídrico (0,1 N)

F: Factor de conversión (6,26)

g Muestra: Peso de la muestra (g)

3.6.1.2.3. Contenido de ceniza (CN).

Se realizó de acuerdo a los métodos descritos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC)(35) por el método de incineración en seco en mufla hasta 600°C. El porcentaje de ceniza se determinó empleando la Ecuación 5:

$$CN(\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_0} \times 100 \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Dónde:

W₀ = Peso de la Muestra (gr.)

W₁ = Peso del crisol vacío.

W₂ = Peso del crisol más la muestra calcinada.

3.1.1. Procedimiento experimental.

Se estableció el ensayo el 10 de Junio, se realizaron las labores del suelo habitual para el cultivo de maíz (cinco pases de rastra) y aplicación de herbicidas pre-emergentes (PROWL® y HÉRCULES® 300 y 150cm³ por bomba de 20 litros), se realizó la respectiva medición de las parcelas obteniendo 16 parcelas de 8x5. El control de cogollero (PLEO® 80cm³/bomba) y fertilización edáfica con YARAMILA® (150 kg/ha) en tres intervalos de 15 días (formulaciones MPK 16-16-16 en la primera aplicación, 19-4-19 en la segunda y 20-07-10 en la tercera) y la aplicación de fertilizantes foliares (EVEREGREEN® 100cm³/bomba, AQUALIST® 20cm³/bomba e INMUNIT® 20cm³/bomba). Para el control de mancha de mancha de asfalto se aplicó TOLEDO® 40cm³/bomba de 20 litros.

El tratamiento de la semilla se realizó con YARAVITA® y FUTURO® (2,5 y 5 cm³). Se sembraron dos semillas por sitio a una distancia de 20 cm entre plantas y 0,80 entre hileras, a los 8 días se realizó un raleo dejando una planta por sitio, con una densidad de 62500 plantas por hectárea, Se midió la altura y diámetro de la planta en las etapas de desarrollo V8 a los 55 días y R2 a los 75 días después de la siembra. El rendimiento de materia verde

por hectárea (kg FV Ha^{-1}) se determinó con el peso verde en las parcelas útiles, el porcentaje de materia seca (%MS) con muestras representativas de cada parcela, mediante el secado en estufa de aire forzado a 65°C por 48 horas. El rendimiento de materia seca por hectárea (kg MS ha^{-1}) se estimó con el valor de forraje verde y el porcentaje de materia seca.

La biomasa cosechada fue secada en estufa de aire forzado a 65°C por 48 horas, se molió en un molino de laboratorio Thomas Willy con criba de 1 mm para la determinación del contenido de proteína bruta.

El esquema del sitio experimental se describe en el Anexo 10, las especificaciones fueron:

Área del ensayo: 100 m de largo x 50 m de ancho.

Área total del ensayo: 5000 m^2 .

Área de la parcela: 5 m x 8 m

Área de la subparcela: 2.5 m x 4 m.

Distancia de siembra: 0.80 m x 0.20 m

Distancia entre hileras: 0.80cm

Distancia sobre hileras: 0.20cm

Total de plantas/ensayo: 55 plantas/ hileras x 14 hileras= 770 plantas/ensayo

Superficie por parcela útil: 10 hileras x 0.80 cm = 8 m x 9 m = 72 m^2

Plantas por parcela útil: 45 hileras x 10 = 450 plantas/parcela útil

Plantas por hileras: 11m x 0.20 = 55 plantas

3.1. Tratamiento de los datos.

Los datos se analizaron mediante el análisis de varianza (ANDEVA) y las medias separadas mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), con la utilización del paquete estadístico SAS (36). Las figuras y procesamiento de los valores de campo se realizaron en hojas de cálculo de EXCEL de Microsoft.

3.2. Recursos humanos y materiales.

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

- Asesores PRONACA-INDIA, Ing. Enrique Donoso e Ing. Junior Medina.
- Director del Proyecto de Investigación Ing. M.Sc. Gerardo Francisco Segovia Freire.
- Coordinadora del Laboratorio de Bromatología: Ing. M.Sc. Lourdes Ramos Mackliff.
- Estudiante Jennifer Jomahira Gamarra Gamarra.

Se utilizaron los siguientes materiales y reactivos:

Materiales

- Balanza analítica, sensible al 0.1 mg.
- Mufla, con regulador de temperatura, ajustada a 600⁰ C
- Estufa, con regulador de temperatura.
- Desecador, con silicagel u otro deshidratante.
- Crisoles de porcelana
- Espátula
- Pinza
- Unidad digestora J.P. SELECTA, s.a. (Block 40 plazas-Digest).
- Sorbona o colector/extractor de humos (unidad scrubber y bomba de vacío de circulación de agua)
- Unidad de Destilación FISHER DESTILLING Unit DU 100
- Plancha de calentamiento con agitador magnético
- Micro - Tubos de destilación de 100 mL
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- Gotero
- Bureta graduada y Accesorios
- Espátula
- Gradilla
- Semilla híbrido de maíz PIONEER30k73
- Semilla híbrido de maíz PIONEER 3041
- Semilla híbrido de maíz INDIA S-810
- Semilla híbrido de maíz INDIA S-505

- Espeques
- Piola
- Cinta métrica
- Bomba de mochila
- Machetes
- PROWL® Pendimentalin (herbicida pre-emergente)
- HÉRCULES® Glifosato (herbicida pre-emergente)
- YARAMILA®NPK 16-16-16; 19-4-19 y 20-7-10 (Fertilizante)
- YARAVITA® N-P-Zn (Desinfectante de semilla)
- FUTURO® Thiodicarb (Desinfectante de semilla)
- PLEO® Piridaly (insecticida)
- EVEREGREEN® (fertilizante foliar)
- AQUALIST® Ácidos orgánicos (fertilizante foliar)
- INMUNIT® (fertilizante foliar)
- TOLEDO® Tebuconazole (fungicida)

Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado 96% (densidad= 1,84 g cm⁻³)
- Solución de Hidróxido de Sodio al 35%
- Solución de Ácido Bórico al 2% (HBO₃)₃₃ |
- Solución de Ácido Clorhídrico 0. 1 N (HCl), debidamente Estandarizada
- Tabletas Catalizadoras
- Indicador Kjeldahl
- Agua destilada

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados y discusión.

4.1.1. Cuadrados medios y significancia estadística de los índices agronómicos y composición química de cuatro híbridos de maíz forrajero.

Los cuadrados medios y la respectiva significancia estadística de cada factor en estudio y considerando el tratamiento se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8. Cuadrados medios y significancia estadística de los índices agronómicos y composición química de cuatro híbridos de maíz forrajero.

Variables	Etapa desarrollo		
	Híbridos (A)	(B)	Interacción AxB
	CM	CM	CM
Agronómicas			
Porcentaje de germinación	NA	NA	NA
Altura de la planta	0.3893 ***	0.1471 **	0.0042 NS
Diámetro del tallo	0.0111 NS	0.1046 **	0.0052 NS
Número de hojas	1.8975 **	5.2812 ***	0.0120 NS
Índice de área foliar	0.5268 **	5.3546 ***	0.1844 NS
Producción de forraje fresco kg ha ⁻¹	145789350 **	2357097800 ***	13239700 NS
Producción de materia seca kg ha ⁻¹	1641275.4 NS	251382123.0 ***	1760702.5 NS
Composición química			
Materia seca (%)	5.3907 NS	225.5688 ***	4.9495 NS
Proteína bruta (%)	3.5780 **	80.2961 ***	2.0617 *
Cenizas (%)	4.8117 *	0.8515 NS	1.7985 NS

Análisis "SAS for Windows versión 2004". CM= Cuadrado Medio; NA: No aplica pues no se realizó análisis estadístico; ^{NS} No significativo * Significativo P≤0.05 ** Significativo P≤0.01 *** Significativo P≤0.0001.

ELABORADO: Gamarra Jennifer.

4.1.2. Índices agronómicos de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en dos etapas de desarrollo.

Se presenta los valores obtenidos de la evaluación de cuatro híbridos de maíz forrajero en las etapas de desarrollo de V8 y R2, en la germinación, altura, diámetro de la planta, número de hojas, índice de área foliar y producción de forraje verde y materia seca como indicadores agronómicos.

4.1.2.1. Germinación, altura (m) y diámetro (cm) de la planta de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.

En la Tabla 9, se indica los promedios obtenidos de los efectos de la parcela grande (A. Híbridos) y la parcelas pequeñas (B. Etapas de desarrollo) sobre la germinación, altura y diámetro de la planta de los cultivares de maíz forrajero evaluados.

Tabla 9. Efecto de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays L.*) y las etapas de desarrollo de V8 y R2 en la altura (m) y diámetro (cm) de la planta.

Factores	Variables		
	Germinación (%)	Altura (m)	Diámetro (cm)
A. Híbridos			
PIONEER30K73	98.30	2.85 b	2.19 a
PIONEER 3041	98.00	3.06 a	2.18 a
INDIA S-810	98.90	2.69 c	2.11 a
INDIA S-505	98.70	2.55 d	2.13 a
B. Etapas de desarrollo			
Etapa desarrollo V8	—	2.72 b	2.10 b
Etapa desarrollo R2	—	2.86 a	2.21 a
Promedio	98.48	2.79	2.15
CV (%)	0.41	2.63	4.41

CV: Coeficiente de Variación; abc Promedios en cada columna con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $p \leq 0.05$).

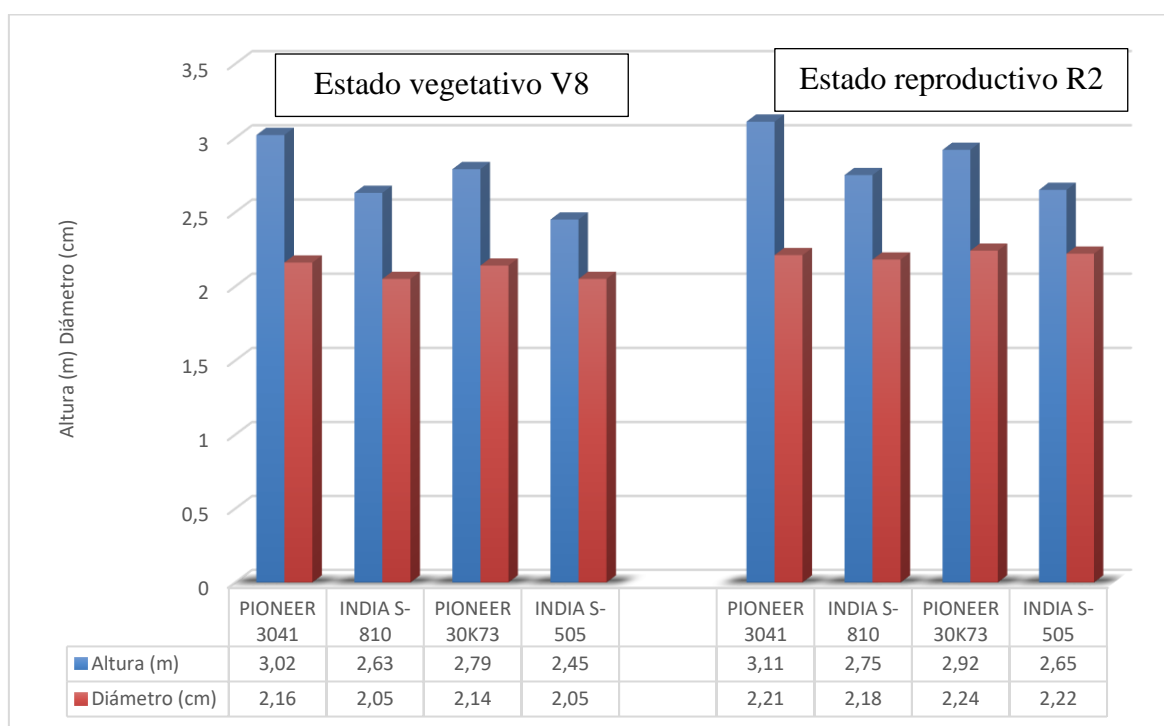
ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Se obtuvieron porcentajes de germinación superiores a 98,00 %, un alto poder germinativo, característica descrita por el fabricante y distribuidor del material (13).

En la altura de la planta el análisis de varianza (Anexo 1) reportó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$), el híbrido PIONEER 3041, mostró el promedio más alto con 3,06 m, mientras el híbrido INDIA S-505 el menor promedio con 2,55 m, esta diferencia se debe a las características genéticas de los materiales. Se determinó un coeficiente de variación de 2,63%, que demuestra una alta fiabilidad de los datos analizados. Según (28), señala que es importante seleccionar híbridos de máxima altura para aprovechar esta cualidad genética en la producción de biomasa, en su investigación evaluó híbridos con alturas entre 2,87 y 3,11 m siendo este último de PIONEER.

En la variable de diámetro del tallo (Anexo 2) no se encontraron diferencias ($p > 0.05$) entre los híbridos, en promedio se obtuvo 2,15 cm. El coeficiente de variación fue de 4,41%, resultados similares a los obtenidos por Borroel *et al.*, (32) que reportaron de 2,00 a 2,19 cm de diámetro del tallo en híbridos forrajeros y de doble propósito (forraje-grano). Rodríguez (16). Obtuvo un diámetro del tallo de 1,9 cm en el híbrido PIONEER 3041, en la zona de Balzar.

Figura 2. Promedios de las combinaciones de los factores A. Híbridos x B. Etapa de desarrollo en la altura (m) y diámetro (cm) de la planta de cuatro híbridos de maíz forrajero en las etapas de desarrollo de V8 y R2.



ELABORADO: Gamarra Jennifer.

La etapa de desarrollo tuvo efecto en la altura y diámetro de la planta, el estado de R2 presentó el mayor ($p < 0.05$) promedio con 2,86 m y 2,21 cm en cada variable respectivamente. Indicando que posterior al estado de V8 los cultivares continúan su crecimiento. Un efecto similar fue demostrado por Amador y Boschini (4), encontraron una altura de 3,09 m a los 93 días y 3,40 m a los 107 días, quienes evaluaron de igual manera la fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje.

En la interacción de los factores (A. Híbridos x B. Etapa de desarrollo) no se reportó diferencias estadísticas (Tabla 8). PIONEER 3041 + estado R2 mostró el valor numérico más alto en la altura de la planta con 3,11 m, mientras en el diámetro PIONEER 30K73 + estado R2 con 2,24 cm respectivamente, el promedio de las combinaciones se indica en la Figura 2.

4.1.2.2. Número de hojas e índice de área foliar de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en las etapas de desarrollo V8 y R2.

El promedio obtenido en el número de hojas e índice de área foliar de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en las etapas de desarrollo de V8 y R2 se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10. Efecto de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y las etapas de desarrollo V8 y R2 en el número de hojas e índice de área foliar.

Factores	Variable	
	Numero de hojas	Índice de área foliar
A. Híbridos		
PIONEER30K73	12.53 ab	4.81 b
PIONEER 3041	12.95 a	4.91 ab
INDIA S-810	12.01 b	5.29 ab
INDIA S-505	11.90 b	5.30 a
B. Etapas de desarrollo		
Etapa desarrollo V8	12.94 b	4.67 b
Etapa desarrollo R2	12.75 a	5.49 a
Promedio	12.35	5.08
CV (%)	2.94	4.45

CV: Coeficiente de Variación; abc Promedios en cada columna con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $p \leq 0.05$).

ELABORADO: Gamarra Jennifer

En los híbridos la prueba de Tukey al 5% de error mostró diferencias significativas, PIONEER 3041 obtuvo el mayor ($p < 0.05$) promedio con 12,95 hojas no obstante el

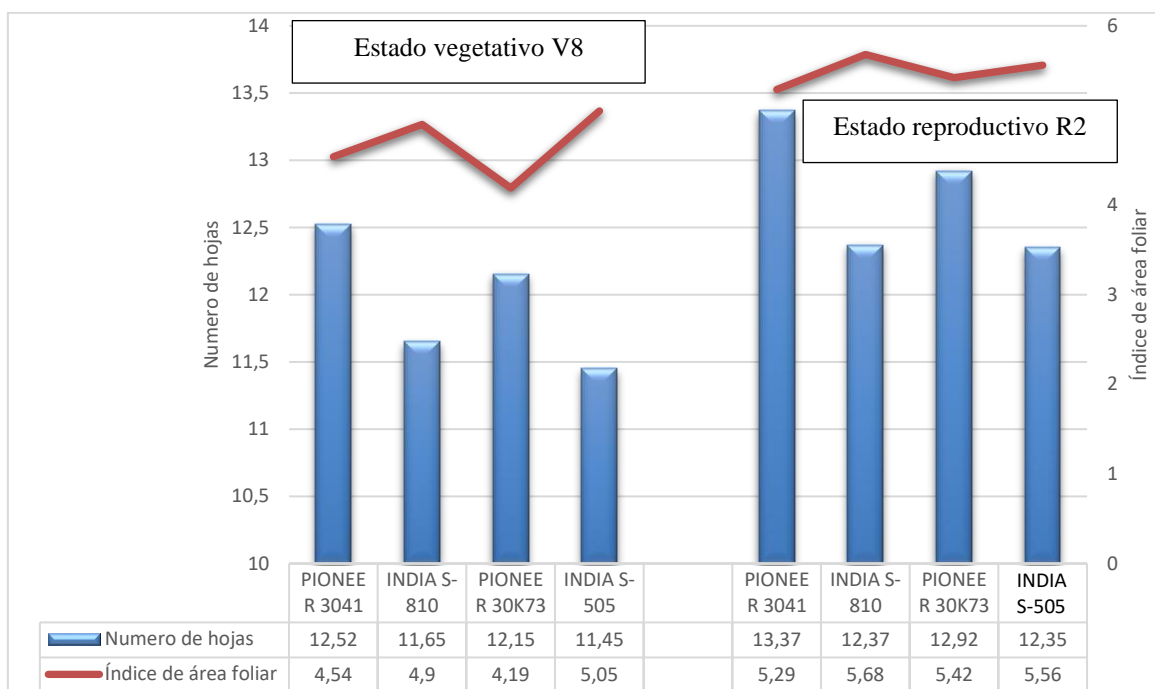
promedio general fue de 12,35 hojas, se determinó un coeficiente de variación de 2,94% que muestra una alta confianza de los datos obtenidos, el número de hojas ayuda a la capacidad fotosintética de la planta y por lo tanto afecta la producción de nutrientes para la planta y la cantidad de sustancias de reserva. El análisis de varianza se muestra en el Anexo 3. Según (28), reportó un menor número de hojas en el híbrido PIONEER 39G12 con 9,00 unidades respectivamente, la generación de follaje es uno de los factores intrínsecos de cada híbrido.

El índice de área foliar (m^2 de área foliar en un m^2 de suelo) fue mayor ($P < 0.05$) en el híbrido INDIA S-505 con 5,30 indica que hubo 5,30 m^2 de área foliar por un m^2 de suelo, de igual manera que en el número de hojas el promedio general estuvo en un valor similar con 5,08, se obtuvo un coeficiente de variación de 4,45%, indicativo de una fidelidad óptima en la toma de los datos experimentales. El índice de área foliar es un indicativo de la proporción de follaje respecto del área donde se encuentra y se utiliza a menudo como indicador morfo-fisiológico de la capacidad fotosintética del cultivo. En la producción de maíz forrajero y en general en las gramíneas utilizadas para la alimentación animal, es muy importante este parámetro ya que el objetivo es la generación de biomasa. Según (19), obtuvo valores de 4,00 a 5,00 en este indicador, estos autores evaluaron genotipos comerciales y criollos, resaltan además que las condiciones ambientales son determinantes en este parámetro.

La etapa de desarrollo de los híbridos mostró un efecto sobre el número de hojas e índice de área foliar, en R2 se reportaron los mayores ($p < 0.05$) promedios con 12,75 y 5,08 respectivamente, un resultado esperado ya que se observó que el crecimiento continuó posterior al estado de V8 (Tabla 9). Resultados superiores a los indicados por Rincón *et al.*, (37) que no superarán los 3,5 en el índice de área foliar. La reducción en este índice resultará en una baja actividad fotosintética (38).

En la interacción entre los factores (A. Híbridos x B. Etapas de desarrollo) el análisis de varianza no reportó diferencias estadísticas ($p > 0.05$), tanto en el número de hojas como en el índice de área foliar (Anexos 3 y 4). En la Figura 3, se muestran los promedios obtenidos de la combinación de los factores.

Figura 3. Promedios de las combinaciones de los factores A. Híbridos x B. Etapas de desarrollo en el número de hojas e índice de área foliar de cuatro híbridos de maíz forrajero en las etapas de desarrollo de V8 y R2.



ELABORADO: Gamarra Jennifer.

La combinación PIONEER 3041 + estado R2 mostró el valor numérico más alto en comparación a las otras combinaciones en el número de hojas con 13,37; mientras INDIA S-810 + estado R2 en el índice de área foliar con 5,68 respectivamente.

4.1.2.3. Producción de forraje verde (kg ha⁻¹) y producción de materia seca (kg ha⁻¹) de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.

La producción de forraje verde (kg ha⁻¹) y producción de materia seca (kg ha⁻¹) de los híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en las etapas de desarrollo de V8 y R2 se muestra en la Tabla 11.

El análisis de varianza realizado a la producción de forraje verde (Anexo 5) indica diferencia en los híbridos de maíz forrajero evaluados. PIONEER 3041, presentó el mayor promedio ($p < 0.05$) con 56423.00 kg ha⁻¹ seguido de INDIA S-505 con 48830.00 kg ha⁻¹, INDIA S-810 y PIONEER 30K73 que compartieron el nivel de significancia con 47873.00 y 47250.00 kg ha⁻¹ respectivamente. La producción de biomasa fresca o forraje verde está supeditado a las condiciones climáticas y es un indicativo del vigor genético de cada

híbrido. Se determinó un coeficiente de variación de 7,42% que indica una alta confiabilidad de los datos recolectados. Resultados similares a los indicados por Sánchez *et al.*, (19) que obtuvo rendimientos de 30000 a 58000 kg ha⁻¹ en su estudio donde evaluó híbridos comerciales y cultivares criollos.

Tabla 11. Efecto de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y las etapas de desarrollo de V8 y R2 en la producción de forraje verde (kg ha⁻¹) y producción de materia seca (kg ha⁻¹).

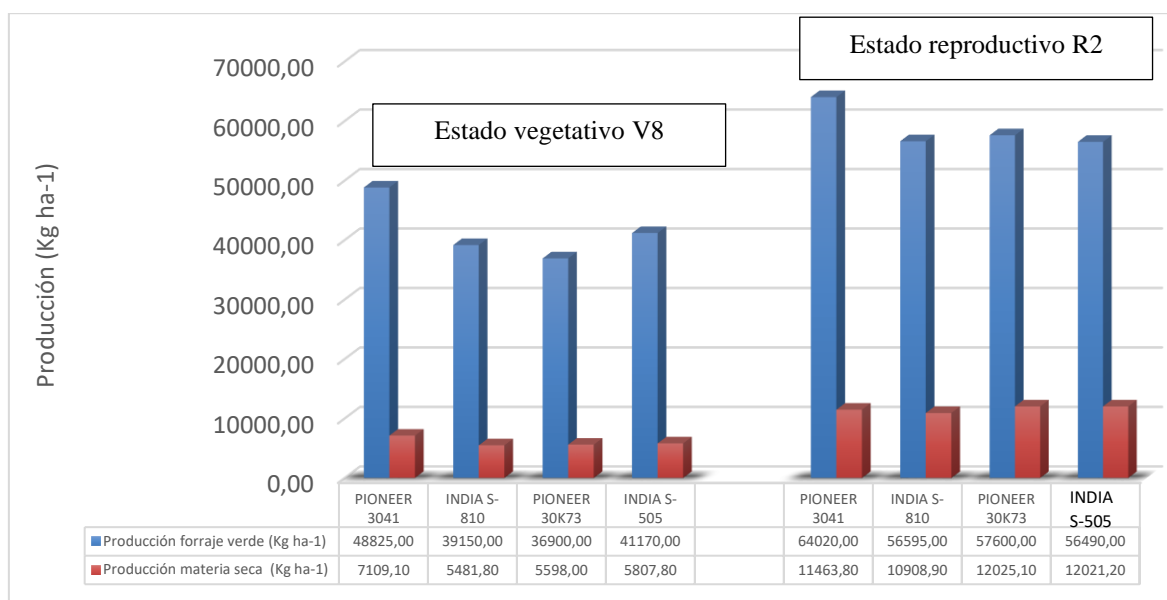
Factores	Variables	
	Producción forraje verde (kg ha ⁻¹)	Producción materia seca (kg ha ⁻¹)
A. Híbridos		
PIONEER30K73	47250.00 b	8811.60 a
PIONEER 3041	56423.00 a	9286.50 a
INDIA S-810	47873.00 b	8195.30 a
INDIA S-505	48830.00 ab	8914.50 a
B. Etapas de desarrollo		
Etapas desarrollo V8	41511.00 b	5999.20 b
Etapas desarrollo R2	58676.00 a	11604.8 a
Promedio (kg ha⁻¹)	50093.75	8801.96
CV (%)	7.42	12.20

CV: Coeficiente de Variación; abc Promedios en cada columna con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $p \leq 0.05$).
ELABORADO: Gamarra Jennifer.

La producción de materia seca kg ha⁻¹ no mostró diferencias estadísticas (Anexo 6) en la prueba de Tukey al 5% de error, como promedio general se obtuvo 8801.96 kg ha⁻¹, esto podría deberse a que el mayor contenido de materia seca de los híbridos con la más alta producción de forraje verde no fue coincidente (Tabla 12), PIONEER 3041 reportó el valor numérico más elevado con 9286.50 kg ha⁻¹ que podría deberse a que este híbrido obtuvo la mayor altura (Tabla 9) y número de hojas (Tabla 10), por lo tanto mayor masa forrajera. Se obtuvo un coeficiente de variación de 12,20% que demuestra un nivel aceptable de desviación. Los resultados obtenidos fueron inferiores a lo indicado por Montemayor-Trejo *et al.*, (31) en el híbrido AS-900 con 10829 kg ha⁻¹, estos autores catalogan a este cultivar como de rendimiento alto de forraje seco, buena proporción de grano y precocidad alta.

La etapa de desarrollo como es natural tuvo efecto sobre la producción de biomasa en fresco y en materia seca, la prueba de Tukey al 5% de error mostró diferencias estadísticas significativas, el estado de R2 reportó los mayores promedios con 58676.00 y 11604.8 kg ha⁻¹ de forraje verde y materia seca respectivamente. Núñez *et al.*, (12) determinaron en híbridos precoces (94 a 96 días) un rendimiento de 52800 a 61200 kg ha⁻¹ de forraje verde. Mena (28), reporta valores de 16382 a 18677 kg de materia seca ha⁻¹ en híbridos PIONEER cabe señalar que estos híbridos presentaron mayor contenido de MS por lo cual explican la diferencia a lo obtenido en el presente trabajo.

Figura 4. Promedios de las combinaciones de los factores A. Híbridos x B. Etapas de desarrollo en la producción (kg ha⁻¹) de forraje verde y materia seca de cuatro híbridos de maíz forrajero en las etapas de desarrollo de V8 y R2.



ELABORADO: Gamarra Jennifer.

En la interacción de los factores (A. Híbridos x B. etapas de desarrollo) no se encontró diferencias significativas (Tabla 8) tanto en la producción de forraje verde como en materia seca kg ha⁻¹, la combinación PIONEER 3041 + estado R2 obtuvo 64020.00 kg de forraje verde ha⁻¹ y 11463.80 kg de materia seca ha⁻¹ como valores numéricos más altos. Los promedios de las otras combinaciones se muestran en la Figura 4, de manera general los híbridos en el estado de R2 obtuvieron los promedios más altos en algunos casos hasta más del doble de lo obtenido en V8 (Figura 4). Según, (29) determinó rendimientos de forraje verde 27800 a 70198 kg ha⁻¹, valores dentro del rango obtenido en la presente investigación, cabe señalar que estos autores Montemayor *et al.*, (29) realizaron la evaluación de diferentes separaciones de cintas de riego. Según (33) obtuvo un

rendimiento de 9443.00 kg ha⁻¹ en el híbrido PIONEER 30K73, inferior a lo reportado en la presente investigación donde se obtuvo 12025.10 kg ha⁻¹.

4.1.3. Composición química de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en dos etapas de desarrollo.

El contenido de materia seca (MS), proteína bruta (PB) y ceniza (CN) de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en las etapas de desarrollo de V8 y R2 se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12. Efecto de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays L.*) y las etapas de desarrollo de V8 y R2 en el contenido (%) de materia seca, proteína bruta y ceniza.

Factores	Componentes			
	Materia seca (%)	Proteína bruta (%)	Ceniza (%)	(%)
A. Híbridos				
PIONEER30K73	17.99 a	11.49 a	9.23 a	
PIONEER 3041	16.26 b	9.89 b	8.68 a	
INDIA S-810	16.66 b	10.47 ab	8.16 a	
INDIA S-505	17.65 a	10.42 ab	7.41 a	
B. Etapas de desarrollo				
Etapa desarrollo V8	14.49 b	12.15 a	8.53 a	
Etapa desarrollo R2	19.80 a	8.98 b	8.21 a	
Promedio (%)	17.15	10.57	8.37	
CV (%)	9.27	5.24	11.03	

CV: Coeficiente de Variación; abc Promedios en cada columna con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $p > 0.05$).

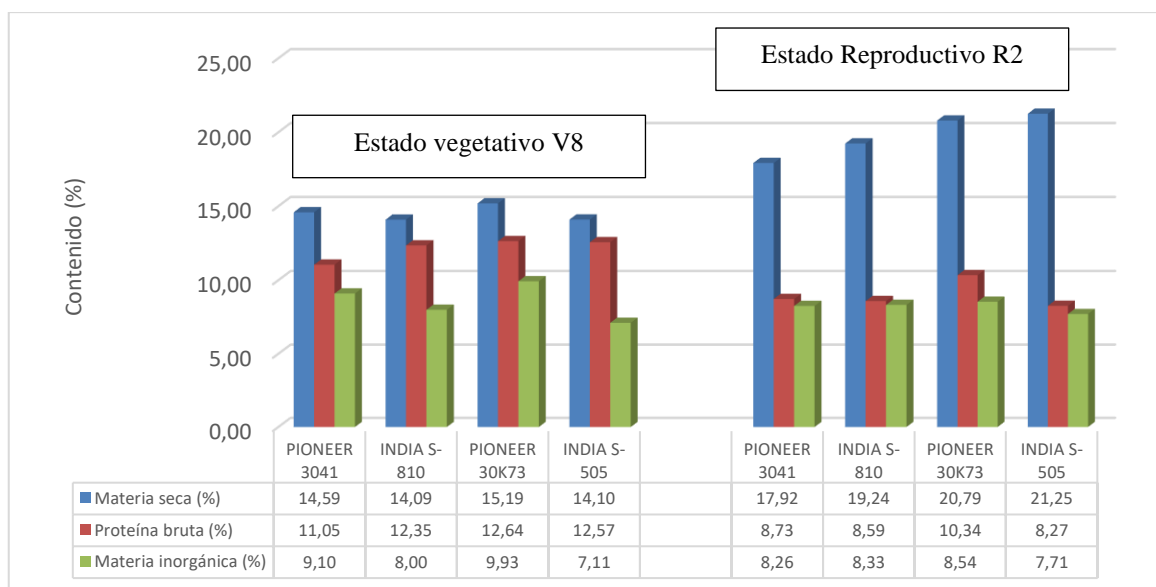
ELABORADO: Gamarra Jennifer.

El análisis de varianza realizado al contenido de materia seca (Anexo 7) demostró diferencias entre los híbridos evaluados, PIONEER 30K73 e INDIA S-505 reportaron los valores más altos ($p < 0.05$) con 17,99 y 17,56%, de igual manera PIONEER 30K73 obtuvo el mayor ($p < 0.05$) contenido de proteína bruta (Anexo 8) con 11,49% y contenido de ceniza con 9,23%, no obstante en este último componente no se presentaron diferencias ($p > 0.05$) entre los híbridos (Anexo 9). Resultados superiores en PB y MI a lo obtenido por

Corral-Luna *et al.*,(26) en dos cultivares de maíz convencional con 7,0 y 7,5 en PB y 4,8 y 5,6 en MI respectivamente, los híbridos por lo tanto muestran mejores características debido a que han atravesado una serie de procesos de selección. Uno de los usos principales del maíz forrajero es el ensilaje Según (27) determinaron contenidos de MI y PB similares con 11,04% de PB y 8,69% de MI. En el contenido de MS los resultados fueron inferiores a los reportados por Mena (28) que indica valores entre 24,31 a 29,20%, las diferencias en este indicador pueden deberse a la zona ya que las condiciones climáticas afectan el resultado de la evaluación de este parámetro.

La etapa de desarrollo tuvo efecto en la composición de materia seca donde el estado R2 mostró el mayor ($p<0.05$) promedio con 19,80%, de manera inversa en el contenido de proteína bruta V8 reportó el valor más alto ($p<0.05$) con 12,15%, no se encontró diferencia ($p>0.05$) en el porcentaje de ceniza, el promedio general en este componente fue 8,37%. Mena (28) obtuvo un porcentaje de PB inferior al cosechar el maíz una vez completado el ciclo con valores que no superaron el 7,70% en la presente investigación se obtuvo 8,98% en R2, las condiciones de fertilidad del suelo son determinantes en este indicador especialmente en el contenido de nitrógeno, esto también explica la superioridad en cuanto al contenido de ceniza (CN), Mena (28) obtuvo hasta 5.47%.

Figura 5. Promedios de las combinaciones de los factores A. Híbridos x B. Etapa de desarrollo en la composición de materia seca, proteína bruta y ceniza de cuatro híbridos de maíz forrajero en las etapas de desarrollo de V8 y R2.



ELABORADO: Gamarra Jennifer.

En la interacción de los factores (A. Híbridos x B. Etapa de desarrollo) se encontró diferencias estadísticas ($p < 0.05$) únicamente en el porcentaje de proteína bruta (Anexo 9), los valores promedio se presentan en la Figura 5.

Las combinaciones INDIA S-505 + estado R2 y PIONEER 30K73 + estado R2 reportaron los valores numéricos más altos con 21,25 y 20,79% en el contenido de materia seca. PIONEER 30K73 + estado V8 reportó el mayor promedio ($p < 0.05$) de proteína bruta con 15,19%. Según (24), indican que el valor óptimo de proteína para este cultivo es $> 10.00\%$. Los híbridos en etapa V8 mostraron esa característica. PIONEER 30K73 + etapa V8 mostró además el valor numérico más alto de ceniza con 9,93%. Según (12) obtuvieron porcentajes de PB de 8,00 a 9,20% en híbridos intermedios (99 a 106 días a la cosecha) y 8,40 a 9,4% en híbridos precoces (94 a 96 días a la cosecha).

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- En la germinación todos los híbridos presentaron un porcentaje mayor al 98%, PIONEER-3041 presentó la mayor altura de la planta y número de hojas. No se encontró diferencia en el diámetro del tallo. INDIA S-505 reportó el mayor índice de área foliar. La etapa de desarrollo R2 mostró los mayores promedios de altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas e índice de área foliar.
- PIONEER-3041 presentó la mayor producción de forraje verde (kg ha^{-1}). Entre los híbridos no se encontró diferencia en la producción de materia seca (kg ha^{-1}). En la etapa de R2 se mostraron los mayores rendimientos de forraje verde y materia seca.
- Los híbridos PIONEER 30K73 e INDIA S-505 presentaron el mayor contenido de materia seca. El mayor porcentaje de proteína bruta se presentó en PIONEER 30K73. La etapa de desarrollo de R2 incrementó el contenido de materia seca pero disminuyó ($p < 0.05$) el porcentaje de proteína bruta. No se encontró diferencias en el contenido de ceniza entre los híbridos y en las etapas de desarrollo.

5.2. Recomendaciones.

- Utilizar el híbrido PIONEER-3041 en la etapa de desarrollo de R2 para aprovechar su crecimiento (altura de la planta y número de hojas) y rendimiento de forraje verde.
- Evaluar el híbrido PIONEER 30K73 en el estado V8 como alternativa proteica ya que mostró un porcentaje de 11,49% de este importante elemento para la producción animal.
- Evaluar los híbridos PIONEER 30K73 e INDIA S-505 en la etapa de desarrollo de R2 en la elaboración de ensilajes ya que presentan un mayor contenido de materia seca y un nivel aceptable de proteína bruta para el efecto.
- Determinar la degradabilidad de los híbridos evaluados en la etapa de desarrollo, para conocer el aprovechamiento.
- Integrar análisis de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido en otras etapas de desarrollo para determinar el efecto de estos parámetros respecto a la maduración del cultivo.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Literatura citada.

1. Nuñez G, Contreras E, Contreras R. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Téc. Pecu. Méx.* 2003; 41(1): p. 37-48.
2. Pompeu R, Neiva J, Cândido M, Filho G, Aquino D, Lôbo R. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) con adición de subproductos do procesamiento de frutas tropicais. *Rev. Ciênc. Agron.* 2006; 37(1): p. 77-83.
3. Romero L, Mattera J. Híbridos de maíz para silaje en dos épocas de siembra. *Comparaciones productivas.* INTA, Rafaela; 2010.
4. Amador A, Boschini C. Fenología productiva y nutricional de maíz para producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana.* 2000; 11(1): p. 171-177.
5. Aguado-Santacruz G, Rascón Q, Pons J, Grageda O, García E. Manejo biotecnológico de gramíneas forrajeras. *Téc. Pecu. Méx.* 2004; 42(2): p. 261-276.
6. Tucuch C, Rodríguez S, Reyes M, Pat J, Tucuch F, Córdova H. Índices de selección para producción de maíz forrajero. *Agronomía Mesoamericana.* 2011; 22(1): p. 123-132.
7. Boschini C, Amador A. Degradabilidad ruminal de la planta de maíz forrajero en diferentes edades de crecimiento. *Agronomía Mesoamericana.* 2001; 12(1): p. 89-93.
8. Bertoia L. Algunos conceptos sobre el cultivo de maíz para ensilaje. Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Laboratorio N.I.R.S. de Análisis de Cereales y Forrajes; 2008.
9. Guerrero C, Espinoza A, Palomo A, Gutiérrez E, Luna J, Rodríguez N. Comportamiento genético y aptitud combinatoria en cruza simplaes con líneas élite de maíz. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo.* 2012; 28(1): p. 65-77.
10. Schcolnik E. Gestionando la mejora de la calidad de forrajes ensilados por medio de protocolos de cosecha. In Zubizarreta J. *Manual Forrajero 2012.*: MERCOLÁCTEA;

2012. p. 23-28.

11. Vallone P, Gudel V, Galarza C, Elorriaga S, Ferreira L, Canale A. Ensayos comparativos de rendimiento de maíz. Campaña 2010 / 2011. Campaña 2010/2011. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez; 2011.
12. Núñez G, Faz R, Tovar M, Zavala A. Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el Norte de México. *Téc. Pecu. Méx.* 2001; 39(2): p. 77-88.
13. INDIA-PRONACA. Híbridos de maíz. [En línea].; 2014 [Citado Junio 11 del 2015]. Disponible en: <http://www.pronaca.com/site/principalAgricola.jsp?arb=1099&cdgPad=26&cdgCat=7&cdgSub=64&cdgPr=759>.
14. PIONEER. Maíz PIONEER-3041. [En línea].; 2014 [Citado Marzo 18 del 2015]. Disponible en: <http://www.pioneer.com/web/site/peru/productos/maiz/3041/>.
15. PRONACA. Maíz híbrido PIONEER-3041. [En línea].; 2014 [Citado Marzo 18 del 2015]. Disponible en: <http://www.pronaca.com/site/principalAgricola.jsp?arb=1099&cdgPad=26&cdgCat=7&cdgSub=64&cdgPr=729>.
16. 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.
17. EL MISIONERO. Rindiendo un homenaje al agricultor. EL MISIONERO. 2014 Diciembre 10: p. 10-11.
18. Olague J, Alfredo J, Bravo FM, Aldaco R, Ruiz E. Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego sub-superficial. *Téc. Pecu. Méx.* 2006; 44(3): p. 351-357.
19. Sánchez M, Aguilar C, Valenzuela N, Sánchez C, Jimenez M, Villanueva C. Densidad de Siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana.* 2011; 22(2): p. 281-295.

20. Peña A, González F, Núñez G, Jiménez C. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. Rev. Fitotec. Mex. 2004; 27(Núm. Especial 1): p. 1-6.
21. González F, Peña A, Núñez G. Etapas de corte, producción y calidad forrajera de híbridos de maíz de diferente ciclo biológico. Rev. Fitotec. Mex. 2006; 29(Núm. Especial 2): p. 103-107.
22. Núñez G, Faz R, González F, Peña A. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. Téc. Pecu. Méx. 2005; 43(1): p. 69-78.
23. PIONEER. Respuesta de híbridos de maíz a la densidad de plantas según ambientes. Boletín Técnico PIONEER. Pioneer Argentina. S.R.L; 2008.
24. Fortis M, Leos J, Preciado P, Orona I, García J, García J, et al. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. Terra Latinoamericana. 2009; 27(4): p. 329-336.
25. Uwe M. Estadios de las plantas mono-y dicotyledóneas. BBCH Monografía. Segunda ed.: Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura; 2001.
26. Corral-Luna A, Domínguez-Díaz D, Rodríguez-Almeida FA, Villalobos-Villalobos G, Ortega-Gutiérrez J, Muro-Reyes A. Composición química y cinética de degradabilidad de ensilaje de maíz convencional y sorgo de nervadura café. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. 2011 Enero-Marzo; 6(1): p. 181-187.
27. Rodríguez M, González A, Yáñez A, Silva M, Gómez C. Composición química de recursos forrajeros para la alimentación de ovinos en Colima. Primera ed. Tecomán-Colima-México: INIFAP-CIRPAC; 2013.
28. Mena F. Evaluación de 4 híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en la comuna de Futrono. [Tesis Licenciatura en Agronomía]. Valdivia-Chile: Universidad Austral de Chile, Escuela de Agronomía; 2010.
29. Montemayor J, Olague J, Fortis M, Sam R, Leos J, Salazar E, et al. Consumo de agua

- en maíz forrajero con riego subsuperficial. *Terra Latinoamericana*. 2007 Abril-Junio; 25(2): p. 163-168.
30. Rendón A. Elaboración de abono orgánico tipo biol a partir de estiércol de codorniz enriquecido con alfalfa y roca fosfórica para elevar su contenido de nitrógeno y fósforo. Trabajo de Investigación Ingeniero Bioquímico. Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias e Ingeniería Bioquímica; 2013.
31. Montemayor-Trejo A, Lara-Míreles L, Woo-Reza L, Munguía-López J, Rivera-González M, Trucíos-Caciano R. Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, México. *Agrociencia*. 2012 Abril-Mayo; 46(3): p. 267-278.
32. Borroel V, Álvarez V, Rodríguez S, Jiménez F, Preciado P, Ogaz A, et al. Rendimiento de maíz forrajero bajo la adición de ácido húmico y algaenzimas. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 2014 Julio; 1(2): p. 233-244.
33. Morales F. Evaluación de rendimientos de ensilaje de nueve diferentes densidades de siembra de maíz para la variedad Pioneer 30K73HR en Zamorano, Honduras. [Proyecto especial de graduación Ingeniero Agrónomo]. Honduras: Zamorano, Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria; 2012.
34. 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.
35. AOAC. Official Methods of Analysis. 13th ed. Washington, EUA: Association of Official Analytical Chemists; 1990.
36. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. Versión 9.0. User's guide. Cary, Estados Unidos; 2004.
37. Rincón Á, Ligarreto G, Sanjuanelo D. Crecimiento del maíz y los pastos (*Brachiaria* sp.) establecidos en monocultivo y asociados en suelos ácidos del piedemonte llanero colombiano. *Agronomía Colombiana*. 2007; 25(2): p. 264-272.

38. 't Mannetje L. Manejo de pasturas tropicales. The Netherlands: Agricultural University Wageningen, Departament of Agronomy; 2002.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1. Anexos.

7.1.1. Análisis de varianza de las variables estudiadas.

Anexo 1. Análisis de varianza de la altura de la planta de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en las etapa de desarrollo de V8 y R2.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Rep	3	0.00698438	0.00232813	0.43NS	0.7359
Híbrido	3	1.16803438	0.38934479	71.75***	<.0001
Híbrido*Rep	9	0.02872812	0.00319201	0.59NS	0.7841
Edad	1	0.14715313	0.14715313	27.12**	0.0002
Hibrido*Etapa	3	0.01278438	0.00426146	0.79NS	0.5248
Error Experimental	12	0.06511250	0.00542604		
Total	31	1.42879688			

^{NS}No significativo; * Significativo $P \leq 0.05$; ** Significativo $P \leq 0.01$; *** Significativo $P \leq 0.0001$

FUENTE: ANÁLISIS ESTADÍSTICO SAS, 2004.

ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Anexo 2. Análisis de varianza del diámetro del tallo de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en las etapa de desarrollo de V8 y R2.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Rep	3	0.00573438	0.00191146	0.21NS	0.8871
Híbrido	3	0.03338437	0.01112812	1.23NS	0.3427
Híbrido*Rep	9	0.02845313	0.00316146	0.35NS	0.9393
Edad	1	0.10465313	0.10465313	11.53**	0.0053
Hibrido*Etapa	3	0.01570937	0.00523646	0.58NS	0.6410
Error Experimental	12	0.10888750	0.00907396		
Total	31	0.29682187			

^{NS}No significativo; * Significativo $P \leq 0.05$; ** Significativo $P \leq 0.01$; *** Significativo $P \leq 0.0001$

FUENTE: ANÁLISIS ESTADÍSTICO SAS, 2004.

ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Anexo 3. Análisis de varianza del número de hojas de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en las etapa de desarrollo de V8 y R2.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Rep	3	0.30750000	0.10250000	0.77NS	0.5314
Híbrido	3	5.69250000	1.89750000	14.30**	0.0003
Híbrido*Rep	9	1.57000000	0.17444444	1.31NS	0.3226
Edad	1	5.28125000	5.28125000	39.80***	<.0001
Hibrido*Etapa	3	0.03625000	0.01208333	0.09NS	0.9636
Error Experimental	12	1.59250000	0.13270833		
Total	31	14.48000000			

^{NS}No significativo; * Significativo $P \leq 0.05$; ** Significativo $P \leq 0.01$; *** Significativo $P \leq 0.0001$

FUENTE: ANÁLISIS ESTADÍSTICO SAS, 2004.

ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Anexo 4. Análisis de varianza del índice de área foliar de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays*) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Rep	3	0.07255938	0.02418646	0.47NS	0.7082
Híbrido	3	1.58048438	0.52682813	10.26**	0.0012
Híbrido*Rep	9	0.90405313	0.10045035	1.96NS	0.1385
Edad	1	5.35462813	5.35462813	104.23***	<.0001
Hibrido*Etapa	3	0.55345938	0.18448646	3.59NS	0.0564
Error Experimental	12	0.61646250	0.05137187		
Total	31	9.08164688			

^{NS}No significativo; * Significativo $P \leq 0.05$; ** Significativo $P \leq 0.01$; *** Significativo $P \leq 0.0001$

FUENTE: ANÁLISIS ESTADÍSTICO SAS, 2004.

ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Anexo 5. Análisis de varianza de la producción de forraje verde (kg ha⁻¹) de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Rep	3	65594850	21864950	1.58NS	0.2454
Híbrido	3	437368050	145789350	10.54**	0.0011
Híbrido*Rep	9	226810650	25201183	1.82NS	0.1646
Edad	1	2357097800	2357097800	170.43***	<.0001
Híbrido*Etapa	3	39719100	13239700	0.96NS	0.4442
Error Experimental	12	165967500	13830625		
Total	31	3292557950			

^{NS}No significativo; * Significativo P≤0.05; ** Significativo P≤0.01; *** Significativo P≤0.0001

FUENTE: ANÁLISIS ESTADÍSTICO SAS, 2004.

ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Anexo 6. Análisis de varianza de la producción de materia seca (kg ha⁻¹) de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Rep	3	1386164.7	462054.9	0.40NS	0.7552
Híbrido	3	4923826.1	1641275.4	1.42NS	0.2844
Híbrido*Rep	9	11183199.8	1242577.8	1.08NS	0.4417
Edad	1	251382123.0	251382123.0	217.94***	<.0001
Híbrido*Etapa	3	5282107.5	1760702.5	1.53NS	0.2581
Error Experimental	12	13841588.7	1153465.7		
Total	31	287999009.8			

^{NS}No significativo; * Significativo P≤0.05; ** Significativo P≤0.01; *** Significativo P≤0.0001

FUENTE: ANÁLISIS ESTADÍSTICO SAS, 2004.

ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Anexo 7. Análisis de varianza del contenido de materia seca (%) de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Rep	3	1.1106250	0.3702083	0.15NS	0.9301
Híbrido	3	16.1722250	5.3907417	2.13NS	0.1497
Híbrido*Rep	9	3.4499000	0.3833222	0.15NS	0.9960
Edad	1	225.5688000	225.5688000	89.13***	<.0001
Hibrido*Etapa	3	14.8487750	4.9495917	1.96NS	0.1746
Error Experimental	12	30.3702250	2.5308521		
Total	31	291.5205500			

^{NS}No significativo; * Significativo $P \leq 0.05$; ** Significativo $P \leq 0.01$; *** Significativo $P \leq 0.0001$

FUENTE: ANÁLISIS ESTADÍSTICO SAS, 2004.

ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Anexo 8. Análisis de varianza del contenido de proteína bruta (%) de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Rep	3	0.33290937	0.11096979	0.36NS	0.7822
Híbrido	3	10.73420937	3.57806979	11.65**	0.0007
Híbrido*Rep	9	6.09170312	0.67685590	2.20NS	0.1013
Edad	1	80.29612813	80.29612813	261.37***	<.0001
Hibrido*Etapa	3	6.18535938	2.06178646	6.71**	0.0066
Error Experimental	12	3.6865625	0.3072135		
Total	31	107.3268719			

^{NS}No significativo; * Significativo $P \leq 0.05$; ** Significativo $P \leq 0.01$; *** Significativo $P \leq 0.0001$

FUENTE: ANÁLISIS ESTADÍSTICO SAS, 2004.

ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Anexo 9. Análisis de varianza del contenido de ceniza (%) de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en las etapas de desarrollo de V8 y R2.

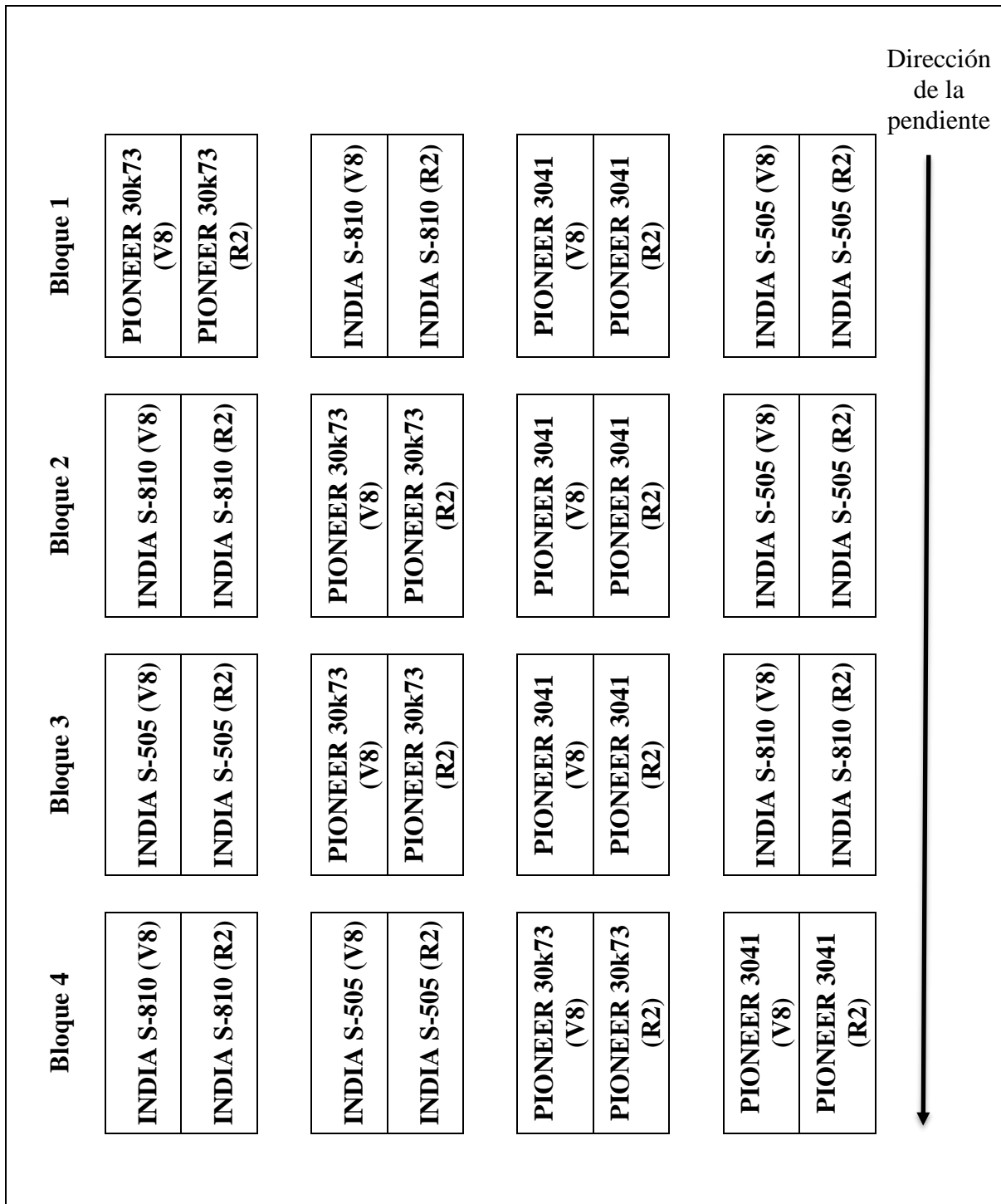
Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Rep	3	2.45961250	0.81987083	0.96NS	0.4435
Híbrido	3	14.43526250	4.81175417	5.63NS	0.0721
Híbrido*Rep	9	12.57181250	1.39686806	1.63NS	0.2108
Edad	1	0.85151250	0.85151250	1.00NS	0.3380
Híbrido*Etapa	3	5.39576250	1.79858750	2.10NS	0.1532
Error Experimental	12	10.25982500	0.85498542		
Total	31	45.97378750			

^{NS}No significativo; * Significativo $P \leq 0.05$; ** Significativo $P \leq 0.01$; *** Significativo $P \leq 0.0001$

FUENTE: ANÁLISIS ESTADÍSTICO SAS, 2004.

ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Anexo 10. Esquema de distribución de las parcelas experimentales.



ELABORADO: Gamarra Jennifer.

7.1.2. Imágenes de la investigación.

Anexo 11. Preparación y medición del terreno para la siembra.



ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Anexo 12. Siembra de los materiales evaluados.



ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Anexo 13. Parcelas rotuladas con cada híbrido evaluado.



ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Anexo 14. Preparación de los materiales para el análisis químico.



ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Anexo 15. Determinación del contenido de materia seca.



ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Anexo 16. Determinación del contenido de proteína bruta.



ELABORADO: Gamarra Jennifer.

Anexo 17. Determinación del contenido de materia inorgánica.



ELABORADO: Gamarra Jennifer.