



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA ZOOTECNIA

**Unidad de Integración Curricular
previo a la obtención del título de
Ingeniera Zootecnista.**

Título de la Unidad de Integración Curricular

**“PRODUCCIÓN INTENSIVA DE BIOMASA FORRAJERA CON
BASE EN EL MAÍZ HÍBRIDO INIAP H-551. MOCACHE, 2021.”**

Autor:

Espinoza Zambrano Dayana Aracely

Tutor de la Unidad de Integración Curricular:

Ing. Germán Alexander Jácome López

Quevedo–Los Ríos-Ecuador.

2021

Declaración de autoría y cesión de derechos.

Yo, **Espinoza Zambrano Dayana Aracely**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, se consultó 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.

Espinoza Zambrano Dayana Aracely

Autora

Certificación de culminación de la Unidad de Integración Curricular.

El suscrito, Ing. Germán Alexander Jácome López, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Espinoza Zambrano Dayana Aracely** realizó la Unidad de Integración Curricular, “**PRODUCCIÓN INTENSIVA DE BIOMASA FORRAJERA CON BASE EN EL MAÍZ HÍBRIDO INIAP H-551. MOCACHE, 2021.**” Previo a la obtención del título de Ingeniera Zootecnista, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Germán Alexander Jácome López
Director de la Unidad de Integración Curricular

Certificado del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico.

El suscrito, Ing. Germán Alexander Jácome López, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Espinoza Zambrano Dayana Aracely realizó la Unidad de Integración Curricular, **“Producción intensiva de biomasa forrajera con base en el maíz híbrido INIAP H-551. Mocache, 2021.”** Previo a la obtención del título de Ingeniera Zootecnista, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

URKUND	
Documento	1.Urkud - Dayana Espinoza.docx (D116010844)
Presentado	2021-10-21 23:26 (-05:00)
Presentado por	gjacomel@uteq.edu.ec
Recibido	gjacomel.uteq@analysis.arkund.com
	4% de estas 17 páginas, se componen de texto presente en 2 fuentes.



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA ZOOTECNIA

Unidad de Integración Curricular

Título

**“PRODUCCIÓN INTENSIVA DE BIOMASA FORRAJERA CON
BASE EN EL MAÍZ HÍBRIDO INIAP H-551. MOCACHE, 2021.”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniería Zootécnica.

Aprobado por:

Dr. León Bolívar Montenegro Vivas
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Alexandra Barrera Álvarez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Ítalo Espinoza Guerra
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Quevedo-Los Ríos-Ecuador.

2021

Agradecimiento.

Le agradezco a Dios, por darme la oportunidad de haber estado durante cinco años en el estudio de esta carrera, por todos esos momentos que me han ayudado a crecer en lo personal y profesional.

A mis padres y hermana que con su trabajo, entusiasmo y amor fueron parte de ese plan divino para que yo pueda cumplir con un logro más en mi vida, y por toda la confianza depositada que hoy se traduce en un logro más para la familia.

A mis profesores por haberme guiado en mis estudios y ser pieza fundamental en todos los conocimientos adquiridos. En especial al Ing. Germán Jácome por el apoyo, guía y colaboración en la elaboración de esta investigación, Ing. Alexandra Barrera por la ayuda y colaboración en la elaboración de este trabajo.

A todo el equipo de trabajo de la Finca Machete y Garabato en especial a Don Santos, la Sra. Edith Vaquerizo, al Sr. Gerardo Jácome por prestarme su colaboración en el trabajo de campo de esta investigación y a los compañeros de estudio que estuvieron presentes en diferentes situaciones, y que de alguna manera fueron pieza clave en todo este camino recorrido.

Y por último y no menos importante a la carrera de Zootecnia que me enseñó al cuidado de la salud y bienestar de las personas a través del cuidado de los animales.

A todos ustedes gracias infinitas.

Dayana Aracely Espinoza Zambrano.

Dedicatoria.

Dedico este trabajo a Dios, por ser el ser dador de vida, a mis padres: la Sra. Aracely Zambrano y el Sr. Yonny Espinoza por su apoyo incondicional, a mis familiares que de una u otra manera estuvieron presente a lo largo de esta trayectoria, que puedo decir no fue fácil pero tampoco imposible, gracias al apoyo de todos ustedes.

Hace cinco años empecé esta aventura y ahora todo se convierte en el fin de la misma y este trabajo también me lo dedico a mí como símbolo de esfuerzo, dedicación y perseverancia.

Dayana Aracely Espinoza Zambrano.

Resumen ejecutivo.

Satisfacer las necesidades alimenticias de especies menores y mayores es un reto en tiempo de escasez debido al poco espacio destinado para la siembra y recursos con el que cuentan los productores. El sistema hidropónico optimiza espacio y favorece la calidad nutricional, sin embargo, se desconoce la producción de biomasa en altas densidades de semillas en espacios reducidos de terreno. El objetivo de la presente investigación fue: Determinar la producción de biomasa forrajera en el maíz híbrido INIAP H-551 durante la época seca. Se evaluó el maíz híbrido INIAP H-551, en diferentes cantidades de semillas por m² (300 g, 400 g y 500 g), con dos edades de cosecha (15 y 21 días). Se estableció un BCA con arreglo factorial; la investigación consistió en dos fases: la primera se realizó en la Finca Machete y Garabato y la segunda, en el laboratorio de bromatología y rumiología de la UTEQ. La mayor altura con 300 g/m²*15 días obtuvo 68,05 cm, la presencia o ausencia de daños causados por el gusano cogollero y la producción de biomasa en materia verde no presentaron diferencias estadísticas, sin embargo, esta última con 500 g/m²*15 días obtuvo 43470,00 kg/ha; la producción de biomasa seca alcanzó con 300 g/m²*21 días un rendimiento de 4358,13 kg/ha; el menor porcentaje de humedad y materia inorgánica se obtuvo a los 21 días con 88,72 y 18,88 respectivamente, el mayor porcentaje de materia seca y materia orgánica fue de 11,28 y 81,12 a los 21 días en su orden, la mayor proteína bruta obtuvo a los 15 días 16,93%, la fibra bruta y energía bruta no presentaron diferencias estadísticas.

Palabras clave: Forraje, biomasa, producción intensiva, gramínea.

Abstract.

Meeting the nutritional needs of smaller and larger species is a challenge in times of scarcity due to the little space destined for planting and resources available to producers. The hydroponic system optimizes space and favors nutritional quality, however, the production of biomass in high seed densities in reduced land spaces is unknown. The objective of this research was: To determine the forage biomass production in INIAP H-551 hybrid corn during the dry season. INIAP H-551 hybrid corn was evaluated in different amounts of seeds per m² (300 g, 400 g and 500 g), with two harvest ages (15 and 21 days). A BCA was established with factorial arrangement; The research consisted of two phases: the first was carried out at the Finca Machete and Garabato and the second, in the bromatology and rumiology laboratory of the UTEQ. The highest height with 300 g / m² * 15 days obtained 68.05 cm, the presence or absence of damage caused by the fall armyworm and the biomass production in green matter did not present statistical differences, however, the latter with 500 g / m² * 15 days obtained 43470.00 kg / ha; the dry biomass production reached with 300 g / m² * 21 days a yield of 4358.13 kg / ha; the lowest percentage of moisture and inorganic matter was obtained at 21 days with 88.72 and 18.88 respectively, the highest percentage of dry matter and organic matter was 11.28 and 81.12 at 21 days in order, the highest crude protein obtained at 15 days 16.93%, the crude fiber and crude energy did not present statistical differences.

Keywords: Forage, biomass, intensive production, grass.

Tabla de contenido.

Contenido	Pág.
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	ii
Certificación de culminación de la Unidad de Integración Curricular.....	iii
Certificado del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico.....	iv
Agradecimiento.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen ejecutivo y palabras claves.....	viii
Abstract and keyword.....	ix
Tabla de contenido.....	x
Índice de tablas.....	xiii
Índice de figuras.....	xv
Índice de anexos.....	xv
Código dublin.....	xvii
Introducción.....	18
CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1. Problema de investigación.....	20
1.1.1. Planteamiento del problema.....	20
1.1.2. Formulación del problema.....	21
1.1.3. Sistematización del problema.....	21
1.2. Objetivos.....	22
1.2.1. Objetivo General.....	22
1.2.2. Objetivos Específicos.....	22
1.3. Justificación.....	23

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.....	25
2.2. Marco referencial.	27
2.2.1. Producción de forraje a nivel mundial.	27
2.2.2. Producción de forraje en Ecuador.	27
2.2.3. Importancia del maíz como cultivo forrajero.....	27
2.2.4. Clasificación taxonómica.	27
2.2.5. Desarrollo de la planta y ciclo del cultivo.....	28
2.2.6. Producción de forraje con maíz híbrido y criollo.....	32
2.2.7. Valor nutricional de las gramíneas forrajeras.	33
2.2.8. Biomasa o materia verde presente en las gramíneas.....	34
2.2.9. Comportamiento agronómico y nutricional de las gramíneas manejadas con fertilización.	35
2.2.10. Densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz.	35
2.2.11. Incidencia de plagas.	36
2.2.12. Estudio exploratorio.	37

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.	39
3.2. Tipo de investigación.	39
3.3. Métodos de investigación.....	40
3.4. Fuentes de recopilación de información.	40
3.4.1. Fuentes Primarias.	40
3.4.2. Fuentes Secundarias.	40
3.5. Diseño de investigación.	41
3.5.1. Material de siembra.....	41
3.5.2. Factores en estudio.....	41
3.5.3. Tratamientos.....	41

3.5.4. Diseño de la Investigación.	41
3.6. Instrumentos de investigación.....	43
3.6.1. Metodología de la investigación.	44
3.7. Recursos humanos y materiales	58

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados y discusión.	61
4.1.1. Determinación de la producción de biomasa verde y seca de los tratamientos en estudio.	61
4.1.1.1. Altura de las plantas.	61
4.1.1.2. Biomasa en base a materia verde.	63
4.1.1.3. Biomasa en base a materia seca.	65
4.1.2. Valor nutricional.	66
4.1.2.1. Humedad total% (HT).	66
4.1.2.2. Materia seca% (MS).	68
4.1.2.3. Materia inorgánica% (MI).	69
4.1.2.4. Materia orgánica% (MO).	71
4.1.2.5. Energía bruta (Kcal/kgMS).	73
4.1.2.6. Proteína bruta% (PB).	74
4.1.2.7. Fibra bruta% (FB).	75
4.1.3. Presencia o ausencia por daños de plaga en función del tiempo de cosecha.	77
4.1.3.1. Evaluación de daños por el gusano cogollero.	77

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.	80
5.2. Recomendaciones.....	81

CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.	83
-------------------------	----

CAPÍTULO VII: ANEXOS

7.1. Anexos.	91
-------------------	----

Índice de tablas.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del maíz.....	28
Tabla 2. Estadios vegetativos y reproductivos de una planta de maíz.	29
Tabla 3. Condiciones meteorológicas del cantón Mocache.	39
Tabla 4. Distribución de las unidades experimentales.	41
Tabla 5. Esquema del análisis de varianza.	42
Tabla 6. Distribución de los tratamientos.	58
Tabla 7. Altura de planta del maíz híbrido INIAP H-551 (cm) en tres cantidades de semillas	61
Tabla 8. Altura de planta del maíz híbrido INIAP H-551 (cm) a dos edades de cosecha. ..	62
Tabla 9. Altura de planta del maíz híbrido INIAP H-551 (cm) con tres cantidades de semillas en dos edades de cosecha.	63
Tabla 10. Biomasa en base a materia verde (kg/ha) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.	63
Tabla 11. Biomasa en base a materia verde (kg/ha) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.	64
Tabla 12. Biomasa en base a materia verde (kg/ha) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.	64
Tabla 13. Biomasa en base a materia seca (kg/ha) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.	65
Tabla 14. Biomasa en base a materia seca (kg/ha) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.	65
Tabla 15. Biomasa en base a materia seca (kg/ha) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.	66
Tabla 16. Humedad total (%) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.....	67
Tabla 17. Humedad total (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.....	67
Tabla 18. Humedad total (%) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.	68

Tabla 19. Materia seca (%) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.....	68
Tabla 20. Materia seca (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.	68
Tabla 21. Materia seca (%) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.	69
Tabla 22. Materia inorgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.....	70
Tabla 23. Materia inorgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.	70
Tabla 24. Materia inorgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.	71
Tabla 25. Materia orgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.....	71
Tabla 26. Materia orgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.	72
Tabla 27. Materia orgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.	72
Tabla 28. Energía bruta (Kcal/kgMS) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.....	73
Tabla 29. Energía bruta (Mcal/kgMS) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.	73
Tabla 30. Energía bruta (Kcal/kgMS) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.....	74
Tabla 31. Proteína bruta (%) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.....	74
Tabla 32. Proteína bruta (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.....	74
Tabla 33. Proteína bruta (%) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.	75
Tabla 34. Fibra bruta (%) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas. .	76
Tabla 35. Fibra bruta (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.....	76
Tabla 36. Fibra bruta (%) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.	76
Tabla 37. Presencia o ausencia de daños por el gusano cogollero en las plantas de maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.....	77

Tabla 38. Presencia o ausencia de daños por el gusano cogollero en las plantas de maíz híbrido INIAP H-551 (cm) en dos edades de cosecha.	77
Tabla 39. Presencia o ausencia de daños por el gusano cogollero en las plantas de maíz híbrido INIAP H-551 (cm) con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.	78

Índice de figuras.

Figura 1. Altura de planta del maíz híbrido INIAP H-551 (cm) en tres cantidades de semillas.	61
Figura 2. Altura de planta de maíz híbrido INIAP H-551 (cm) a dos edades de cosecha... ..	62
Figura 3. Biomasa en base a materia seca (kg/ha) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.	65
Figura 4. Humedad total (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.	67
Figura 5. Materia seca (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.....	69
Figura 6. Materia inorgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.....	70
Figura 7. Materia orgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha..	72
Figura 8. Proteína bruta (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.	75

Índice de anexos.

Anexo 1. Cronograma de actividades.....	91
Anexo 2. Análisis de la varianza de la variable altura de planta (cm).	92
Anexo 3. Análisis de la varianza de la variable presencia o ausencia de daños por el gusano cogollero.	92
Anexo 4. Análisis de la varianza de la variable Biomasa en base a materia verde.	92
Anexo 5. Análisis de la varianza de la variable Biomasa en base a materia seca.	92
Anexo 6. Análisis de la varianza de la humedad total (%).	93
Anexo 7. Análisis de la varianza de la Materia seca (%).	93
Anexo 8. Análisis de la varianza de la materia inorgánica (%).	93
Anexo 9. Análisis de la varianza de la materia orgánica (%).	93
Anexo 10. Análisis de la varianza de la energía (Kcal/kgMS).	94

Anexo 11. Análisis de la varianza de la proteína bruta (%).	94
Anexo 12. Análisis de la varianza de la fibra bruta (%).	94
Anexo 13. Limpieza y cuadrado del terreno.	95
Anexo 14. Balizado del terreno y arado de las parcelas.	95
Anexo 15. Pesado y distribución de las semillas en las parcelas.	95
Anexo 16. Siembra.	95
Anexo 17. Emergencia de las plantas a los cuatro días después de la siembra.	95
Anexo 18. Aplicación de fertilizante orgánico (biol) y agua mediante sistema de riego manual.	95
Anexo 19. Medición de la altura de la planta y cosecha de biomasa verde a los 15 días después de la emergencia.	95
Anexo 20. Peso de la biomasa verde a los 15 días de cosecha después de la emergencia.	95
Anexo 21. Visita técnica del Zamorano Carlos Herrera y de la Ing. Alexandra Barrera.	95
Anexo 22. Proceso del laboratorio (cortado del forraje a 2 cm e ingreso de las muestras a la estufa).	95
Anexo 23. Molido de las muestras secas y peso de muestras para la determinación de materia seca.	95
Anexo 24. Proceso de determinación de energía y proteína.	95

Código dublin.

Título:	Producción intensiva de biomasa forrajera con base en el maíz híbrido INIAP H-551. Mocache, 2021.			
Autora:	Espinoza Zambrano Dayana Aracely.			
Palabras clave:	Forraje	Biomasa	Producción intensiva	Gramínea
Fecha de publicación				
Editorial				
Resumen:	Satisfacer las necesidades alimenticias de especies menores y mayores es un reto en tiempo de escasez debido al poco espacio destinado para la siembra y recursos con el que cuentan los productores. El sistema hidropónico optimiza espacio y favorece la calidad nutricional, sin embargo, se desconoce la producción de biomasa en altas densidades de semillas en espacios reducidos de terreno. El objetivo de la presente investigación fue: Determinar la producción de biomasa forrajera en el maíz híbrido INIAP H-551 durante la época seca. Se evaluó el maíz híbrido INIAP H-551, en diferentes cantidades de semillas por m² (300 g, 400 g y 500 g), con dos edades de cosecha (15 y 21 días). Se estableció un BCA con arreglo factorial; la investigación consistió en dos fases: la primera se realizó en la Finca Machete y Garabato y la segunda, en el laboratorio de bromatología y rumiología de la UTEQ. La mayor altura con 300 g/m²*15 días obtuvo 68,05 cm, la presencia o ausencia de daños causados por el gusano cogollero y la producción de biomasa en materia verde no presentaron diferencias estadísticas, sin embargo, esta última con 500 g/m²*15 días obtuvo 43470,00 kg/ha; la producción de biomasa seca alcanzó con 300 g/m²*21 días un rendimiento de 4358,13 kg/ha; el menor porcentaje de humedad y materia inorgánica se obtuvo a los 21 días con 88,72 y 18,88 respectivamente, el mayor porcentaje de materia seca y materia orgánica fue de 11,28 y 81,12 a los 21 días en su orden, la mayor proteína bruta obtuvo a los 15 días 16,93%, la fibra bruta y energía bruta no presentaron diferencias estadísticas. Abstract. Meeting the nutritional needs of smaller and larger species is a challenge in times of scarcity due to the little space destined for planting and resources available to producers. The hydroponic system optimizes space and favors nutritional quality, however, the production of biomass in high seed densities in reduced land spaces is unknown. The objective of this research was: To determine the forage biomass production in INIAP H-551 hybrid corn during the dry season. INIAP H-551 hybrid corn was evaluated in different amounts of seeds per m² (300 g, 400 g and 500 g), with two harvest ages (15 and 21 days). A BCA was established with factorial arrangement; The research consisted of two phases: the first was carried out at the Finca Machete and Garabato and the second, in the bromatology and rumiology laboratory of the UTEQ. The highest height with 300 g / m² * 15 days obtained 68.05 cm, the presence or absence of damage caused by the fall armyworm and the biomass production in green matter did not present statistical differences, however, the latter with 500 g / m² * 15 days obtained 43470.00 kg / ha; the dry biomass production reached with 300 g / m² * 21 days a yield of 4358.13 kg / ha; the lowest percentage of moisture and inorganic matter was obtained at 21 days with 88.72 and 18.88 respectively, the highest percentage of dry matter and organic matter was 11.28 and 81.12 at 21 days in order, the highest crude protein obtained at 15 days 16.93%, the crude fiber and crude energy did not present statistical differences.			
Descripción:	100 hojas: dimensiones 21x29.7 cm + CD-ROM			
URI:				

Introducción.

Ecuador cuenta con una población aproximada de 4,5 millones de bovinos, distribuidos en todo el territorio nacional, el 51% en la región interandina, 37% en el litoral o costa y el 12% en la Amazonía, para la producción de leche y carne. Esta población ganadera (1) se encuentra asentada en una superficie de 3,35 millones de hectáreas de pastos cultivados y 1,12 millones de hectáreas de pastos naturales.

Una de las especies más usadas con fines forrajeros es el maíz (*Zea mays* L.), por su alto valor nutritivo. El desarrollo de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento temprano de plántulas de maíz, provenientes de semillas con una alta tasa de germinación; es utilizada en la producción de forraje (2) para la alimentación de animales.

Las especies comúnmente utilizadas en su mayoría son originarias de África, pero en los últimos años se han establecido cultivares, a partir de especies nativas. Los principales forrajes (3) en gramíneas son: Tanzania (*Panicum maximum* cv, *Tanzania*), Sinaí (*Brachiaria brizantha*), Sorgo (*Sorghum vulgare*), Maíz (*Zea mays* L.), entre otras.

Uno de los principales problemas de los pequeños productores, es la alimentación del ganado durante la época seca, debido a diferentes factores como: espacio, disponibilidad de agua y escasa tecnología que favorezca la producción de alimento durante el tiempo de menores precipitaciones. Limitaciones que orientan hacia la búsqueda de nuevas alternativas de producción forrajera que permita satisfacer las necesidades alimenticias de los rumiantes.

Frente al escenario antes referido, la presente investigación propuso adoptar el principio tecnológico de producción de forraje hidropónico, sustituyendo el uso de soluciones nutritivas líquidas por el uso del suelo como sustrato para obtener biomasa de maíz (INIAP H-551) en crecimiento temprano durante la época seca: Con este propósito, la investigación propuso determinar la producción de biomasa forrajera del maíz híbrido INIAP H-551 durante la época seca.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

El poco espacio disponible para la producción de forrajes en las fincas de los pequeños productores, reduce la cantidad de alimento disponible para el ganado durante la época seca. Estacionalidad climática que limita cubrir las necesidades básicas de alimentación debido a la baja producción de biomasa forrajera. A esto se suma, la insuficiente información de producción de forraje en pequeñas áreas de tierra y en períodos cortos de cosecha, aspectos que motivan la preocupación de los agricultores y buscan alternativas en la producción de forrajes para los sistemas ganaderos.

Diagnóstico.

Con base en proyectos de vinculación en fincas de pequeños productores se pudo observar que durante la época seca no cuentan con fuentes de alimentos sostenibles que asegure la alimentación de los animales, debido al espacio insuficiente que tienen para producir forraje y suplir la necesidad de alimentos del animal. Para ello, de manera empírica se realizaron ensayos utilizando cantidades mínimas de semilla en espacios reducidos, obteniendo resultados prometedores que podrían asegurar la alimentación animal durante este tiempo.

Pronóstico.

Si bien, seguir explotando grandes extensiones de tierra destinadas al cultivo de ciclo corto perjudica la vida del suelo y como consecuencia; cada vez existirá menos área fértil destinadas a la agricultura y la producción pecuaria que son necesarias para la seguridad alimentaria. Así mismo, no dotar de alimento suficiente al ganado en época seca seguirá provocando pérdidas en la producción y reproducción del animal, que se verá reflejado en los ingresos de los pequeños productores. De igual forma, la baja reutilización de los residuos orgánicos provenientes de la ganadería seguirá contribuyendo al deterioro socioeconómico y ambiental de los agroecosistemas ganaderos y al calentamiento global, arrebatando a las futuras generaciones los recursos sostenibles y sustentables para la sobrevivencia.

1.1.2. Formulación del problema.

¿Cuál será la producción de biomasa forrajera que genere el maíz híbrido INIAP H-551 durante la época seca?

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Cuál es la producción de biomasa verde y seca del maíz híbrido INIAP H-551 en diferentes cantidades?

¿Cuál es el valor nutricional del forraje del maíz híbrido INIAP H-551 en dos edades de la planta?

¿Cuál es el porcentaje de presencia y/o ausencia por daños de plagas en función del tiempo de cosecha del maíz híbrido INIAP H-551?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Determinar la producción de biomasa forrajera en el maíz híbrido INIAP H-551 durante la época seca.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- ✓ Determinar la producción de biomasa verde y seca del maíz híbrido INIAP H-551 en diferentes cantidades.
- ✓ Establecer el valor nutricional del forraje del maíz híbrido INIAP H-551 en dos edades de la planta.
- ✓ Evaluar el porcentaje de presencia y/o ausencia por daños de plagas en función del tiempo de cosecha del maíz híbrido INIAP H-551.

1.3. Justificación.

Frente a la carencia de alimento para el ganado se propuso la presente investigación, con fines exploratorios para establecer la cantidad de biomasa producida en pequeñas superficies durante la época seca. La misma pretende brindar al productor una alternativa de fácil adopción y económica de producción forrajera, para suplir de manera continua las necesidades alimenticias del ganado en diferentes edades de cosecha.

Los resultados obtenidos durante el desarrollo de esta investigación servirán de línea base para estudiantes, docentes, investigadores y pequeños productores en la búsqueda de alternativas que faciliten la producción forrajera, que puedan establecerse dentro de las mismas fincas haciendo uso de los recursos disponibles en el agroecosistema, asegurando la alimentación ganadera con el empleo de menores recursos (económico, de espacio físico y tiempo).

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

Producción intensiva. – es el recurso más importante que sirve para la obtención o elaboración de bienes materiales o servicios mediante la aportación de trabajo (4). Es un sistema que hace un uso intensivo de los medios de producción, optimizando espacio y se explotando al máximo el cultivo, se pueden obtener diferentes cosechas al año por unidad de superficie empleada en base a la utilización de manejos, mano de obra, insumos orgánicos o químicos y dinero (5). Las bases principales para la producción de maíz forrajero es obtener alto rendimiento de materia seca, calidad alimenticia para el ganado asegurando la adecuada fermentación y consumo por parte del animal (6).

Maíz. – es una gramínea o poácea que pertenece a la tribu maideas (*Zea mays L.*) que se originó en México y es una de los principales cultivos de América Latina, existen alrededor de 2000 especies, se puede cultivar en suelos altitudinales y ambientes climáticos, a partir de la radícula de la semilla se desarrolla el sistema radicular de la planta. Tiene un tallo fuerte que está formado por nudos y entrenudos y sus hojas son lanceoladas en donde el borde es brusco. Es utilizado en el para el consumo humano e incluido en las dietas de los animales como balanceados, forrajes, granos enteros, entre otros. Su ciclo vegetativo es muy amplio y puede variar de 80 a 200 días dependiendo la variedad y las condiciones de cultivo (7).

Maíz INIAP H-551. – es un híbrido preferido por muchos agricultores del país ecuatoriano fue liberado en el año 1990 por la EET-Pichilingue, considerando estas líneas provienen de diferentes maíces de extensa gama genética. Considerando, Es un híbrido triple porque está formado por tres líneas endogámicas (S4 B-523 x S4 B-521) x S4 B-520 todas estas líneas provienen de diferentes maíces básicos de una buena base genética (8). Dentro de las características agronómicas que lo definen se encuentra: la altura de la planta es de 216 a 230 cm, mazorca está entre los 114 a 120 cm y la longitud de la mazorca es de 16,50 a 19,50 cm. Es tolerante a enfermedades foliares como la Fungosas, Tizón (*Helminthosporium*), Mancha de asfalto (**Phyllachora/Monographella**) y Mancha curvularia (*Curvularia spp*), el acame de raíz y/o tallo es muy resistente, el ciclo de siembra a cosecha dura 120 días, en época lluviosa el rendimiento es de 160 qq/ha (7273 kg/ha) y en época seca es de 141 qq/ha (6437 kg/ha) contiene el 15% de humedad y el rango de población de plantas/hectárea es de 62500 (9).

Maíz forrajero. – se destina a la industria o a la fabricación de alimentos balanceados el maíz amarillo para la producción pecuaria. En donde, el maíz se utiliza en diferentes etapas o formas como forraje para la alimentación del ganado las cuales pueden ser: rastrojo, grano, ensilaje, gramínea tierna, entre otras; en algunos países es la base de alimentación para la ganadería lechera. Dependiendo la forma de usarse y la edad de corte, varía la composición nutricional. El maíz forrajero se cosecha incluyendo toda la planta (tallos, raíces, hojas, etc) se le puede brindar al ganado en forma fresca o verde y/o deshidratado en forma de heno, pacas, entre otras (10).

Biomasa. – se entiende como biomasa a la materia orgánica que puede ser utilizada como fuente de energía para los animales domésticos. En donde las plantas convierten la energía solar (fotosíntesis) en enorme variedad de productos que se desarrollan internamente en la planta y de todos los productos que gestiona se constituye en biomasa vegetal, ha sido utilizado con fines alimenticios (energéticos) (11).

Forraje. – son todos aquellos elementos de origen vegetal que sirven para la alimentación de los animales, varían en la composición química y producción de acuerdo al clima al suelo donde se siembren y el manejo que se les dé, son las fuentes de nutrientes que mejor se adaptan a las necesidades fisiológicas del ganado y por lo general es el rubro más económico que existe en la alimentación (12).

Gramíneas. – las gramíneas pertenecen a la familia Poaceae existen 702 géneros y 9675 especies, crecen en todo tipo de ambientes, con diferentes exigencias en cuanto a fertilidad del suelo, agua y temperaturas. Son grandes productoras de materia seca por hectárea, de acuerdo a la edad de la cosecha o corte fluctúa el porcentaje de proteína (mediano a bajo), cubren las necesidades energéticas del animal, ya sea en almidón, azúcar o forma de fibras (13).

Valor nutritivo. – el valor nutritivo es un adjetivo que acapara un conocimiento concerniente de todos los nutrientes que aporta y su biodisponibilidad en términos de energía y nutrientes esenciales como proteína, hidratos de carbonos, vitaminas, grasas, etc. que contiene un alimento. Es el consumo de alimento y la eficiencia que tiene para convertir a los nutrientes ingeridos y así satisfacer los requerimientos que necesite un animal para lograr su producción (14).

2.2. Marco referencial.

2.2.1. Producción de forraje a nivel mundial.

En el año 2014 según el último anuario de estadística agraria del MAP, en España se ha incrementado la producción a 21434,700 t de forraje en verde, de las cuales, 50,40% ha sido alfalfa, el 20,40% maíz forrajero y el 6,70% veza forrajera. Así mismo, se transforma en forraje desecado el 35,20%, se henifica el 29,60%, se destina para ensilaje el 24,80% y se consume en forraje verde el 10,40% (15).

2.2.2. Producción de forraje en Ecuador.

Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) en el año 2017, menciona que la superficie total nacional asciende a 12355,146 hectáreas, representando una tasa decreciente de 0,25% respecto a la superficie total del año 2016, de la superficie 2017 los cultivos permanentes representan el 11,58%, los cultivos transitorios y el barbecho el 7,32%, descanso el 1,05%, pastos cultivados el 19,81%, los pastos naturales un 5,49%, los páramos el 2,69%, los montes y bosques 45,94% y otros usos 6,13%. (16).

2.2.3. Importancia del maíz como cultivo forrajero.

El maíz forrajero es bastante cultivado para la alimentación del ganado, en épocas lluviosas se ensila y se guarda para tiempos secos, donde hay escasa cantidad de alimento para suministrar, se utiliza como alimento verde para el ganado, en donde, la densidad de plantación de semillas es de 30 a 35 kg/ha. Debido al alto contenido de energía que aporta el grano a través del almidón, el maíz forrajero es un alimento excelente para la alimentación de los rumiantes, de alta producción y se considera un forraje palatable (17).

2.2.4. Clasificación taxonómica.

La planta de maíz es una gramínea monocotiledónea de elevado porte (60 a 80 cm de altura), con un sistema radicular muy fibroso. Su clasificación taxonómica está bien estudiada y se menciona en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del maíz.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta Cronquist, Takhtajan y W. Zimmermann, 1966.
Clase	Liliopsida
Orden	Poales Small 1903
Familia	Poaceae Barnhart
Género	<i>Zea Linnaeus</i> , 1753

Fuente: (18).

2.2.5. Desarrollo de la planta y ciclo del cultivo.

Se conoce como el desarrollo del cultivo a la sucesión de fases dadas en un orden preciso que corresponde al comienzo de los órganos nuevos de la planta. Así mismo, el ciclo de desarrollo es la agrupación de las fases que comienza desde la germinación hasta la floración y formación del fruto. De manera que, el ciclo de desarrollo se divide en dos etapas como son: desarrollo vegetativo y desarrollo reproductivo. Las subdivisiones del desarrollo vegetativo (V), están nombradas como V1, hasta V (n), siendo (n) la última hoja antes del panojamiento.

2.2.5.1. Desarrollo vegetativo.

Etapas de Germinación y Emergencia

La germinación es un proceso que adjunta la absorción de agua, esto promueve el ablandamiento de la testa y esto hace que la semilla se hinche, finalmente rompiendo la testa; de manera que se hidrata la semilla inicia el proceso de activación de las enzimas que serán las encargadas de desdoblar las proteínas que servirán para el proceso de germinación hasta

la emergencia de la radícula (19). En cambio, la emergencia es la etapa desde que emerge la radícula hasta la aparición del coleoptilo en la superficie del suelo; las plantas de maíz emergen dentro de los 5 a 7 días siguientes a la siembra en condiciones de humedad y temperatura ideales (19).

La semilla de maíz está protegida por una capa externa que se denomina pericarpio, esta capa protege a la semilla dificultando la entrada de bacterias; si está obstruido el pericarpio la germinación sea más lenta porque las bacterias pueden utilizar reservas de la semilla (20).

Tabla 2. Estadios vegetativos y reproductivos de una planta de maíz.

Vegetativo	Reproductivo
VE emergencia	R1 barbas
V1 primera hoja	R2 ampolla
V2 segunda hoja	R3 lechoso
V3 tercera hoja	R4 pastoreo
V (n) número de hojas.	R5 dentado
VT panojamiento	R6 madurez fisiológica

Fuente: (20).

Desarrollo del sistema radical.

El sistema radical del maíz cumple una función central en la absorción de agua y nutrientes, así como en el anclaje de las plantas. Está dado por dos sistemas de raíces como son: raíces seminales (el origen está presente en el embrión) y las raíces adventicias (se originan del tallo después de la germinación). El sistema adventicio comienza a evolucionar del desarrollo vegetativo de la emergencia y comienzan a crecer las primeras raíces desde el primer nudo en V1. De manera que, desde el V1 hasta R3 crecen raíces adventicias en cada nudo del tallo (20).

Estadio V3.

Después de la emergencia y aproximadamente a los ocho días la planta presenta dos hojas y 3 hojas a los 12 días. En este estadio el ápice del tallo está por debajo de la superficie del suelo, en esta fase inicial todas las hojas y espigas que puede producir la planta (20).

Estadio V5.

En promedio están presentes cuatro hojas y comienza a los 16 días después de la emergencia en donde, V5 se aproxima a los 20 días, la formación de hojas y espigas está completa y en la parte superior del tallo aparece la panoja de tamaño microscópico (20).

Estadio V6.

El estadio V6 es a los 24 días después de la emergencia en promedio, en donde, sobresale de la superficie del suelo el punto de crecimiento y el tallo comienza a elongarse rápidamente (20).

Estadio V9.

Comienza a los 32 días posteriores a la emergencia, de manera que, a partir de cada nudo aéreo inicial el desarrollo de una espiga; la panoja se desarrolla rápidamente y a través de la elongación de los entrenudos el tallo continúa una rápida elongación (20).

Estadio V10.

A los 35 días en promedio después de la emergencia, comienza un incremento en la acumulación de la materia seca en la planta, que seguirá hasta la fase reproductiva. En donde, las plantas requieren de altas cantidades de agua y nutrientes del suelo (20).

Estadio V12.

Comienza a los 48 días después de la emergencia, aunque las espigas se formen antes que la panoja en el V5, el tamaño de la espiga y número de hilera de cada espiga se da en el V12;

puede reducir el número de granos y el tamaño de la espiga por las deficiencias de agua o nutrientes (20).

Estadio V15.

En términos de determinación del rendimiento del grano, este estadio es el comienzo del periodo más importante. Comienza a los 56 días después de la emergencia y en promedio presenta 14 hojas, a los 2 meses de la misma presentará 15 hojas en promedio (20).

Estadio V17 y V18.

En V17 las espigas han crecido lo suficiente y se completa la determinación del número de granos por hilera. En el V18 toma de 8 a 9 días el desarrollo de los órganos reproductivos, la espiga continúa creciendo rápidamente (20).

Estadio VT.

Este estadio se inicia a los 2-3 días antes de la emergencia de barbas y es donde la planta ha alcanzado la altura final y comienza la liberación del polen (20).

2.2.5.2. Desarrollo Reproductivo.

Los estadios reproductivos de la planta de maíz se refieren al desarrollo del grano y sus partes, esta inicia cuando se visualiza la espiga del maíz y termina hasta la madurez fisiológica del cultivo.

Estadio R1-Emergencia de barbas y Estadio R2-Ampolla.

El R1 comienza aproximadamente a los 66 días después de la emergencia. Son visibles los estigmas, esto es importante para el desarrollo de los granos y, finalmente para el rendimiento. Sin embargo, el estrés puede reducir significativamente el número de granos por mazorca. R2 comienza a los 10-14 días después de la emergencia de barbas, la mazorca está por alcanzar o alcanzó su tamaño ideal. Los granos se llenan de un líquido claro y se puede observar el embrión y presentan el 85% de humedad (21).

Estadio R3-Lechoso y Estadio R4-Pastoso.

El R3 se da a los 18-22 días después de la emergencia de barbas y debido a la acumulación de almidón, el fluido interno del grano es blanco lechoso y el grano es de un color amarillo, crece rápidamente el embrión y presentan rápida acumulación de materia seca con 80% de humedad. R4 comienza a los 24-28 días después de la emergencia de barbas, en donde, el fluido interno es de una consistencia pastosa por la acumulación de almidón en el endosperma y el embrión tiene la mitad del ancho del grano aproximadamente (21).

Estadio R5-Dentado y Estadio R6-Madurez fisiológica.

En este estadio es cuando se aconseja realizar el ensilaje, R5 comienza desde los 35-40 días después de la emergencia de barbas, en este estadio los granos se comienzan a secar por la parte superior, donde aparece una dura capa de almidón sólido color blanco. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una “línea de leche”. R6 comienza a los 55-65 días después de la emergencia de barbas, es donde, todos los granos de la espiga han alcanzado su máximo peso seco; y se forma una absición negra en la zona de inserción del grano que indica la máxima acumulación de materia seca y final del crecimiento del grano. Llega a este estadio aproximadamente con 30-35% de humedad (21).

Investigaciones relacionadas.

2.2.6. Producción de forraje con maíz híbrido y criollo.

La valoración del rendimiento productivo entre dos clases de maíz comercial y tradicional evaluados a la misma edad y condición fisiológica, sembrados a distintas distancias entre plantas, con el fin de conocer el rendimiento productivo del forraje. El maíz comercial obtuvo la mayor producción de materia verde a cortas distancias de siembra (16 cm entre plantas) con 72380 kg/ha, así mismo la materia seca aumentó 14,31%, al reducir la distancia entre plantas con 10136 kg/ha. Por otro lado, la mayor altura en la distancia de siembra de 50 cm entre plantas se obtuvo 2,84 m. Sin embargo, cuando se comparan una misma edad los rendimientos en base seca (kg/ha) fueron 30% mayores en el maíz criollo que en el maíz híbrido y en la comparación de ambos cultivares en el mismo estado fisiológico, los rendimientos en base seca (kg/ha) son superiores con el 37% en el maíz criollo (22).

2.2.7. Valor nutricional de las gramíneas forrajeras.

El asocio entre *Megathyrsus maximus* (gramínea) con *Leucaena leucocephala* (leguminosa) para observar el efecto de la época del año con la producción y valor nutricional de los forrajes. Se midió la disponibilidad y valor nutricional de ambas especies en estado de madurez y tierno en dos épocas (lluviosa y seca). El rendimiento de la gramínea en materia seca (MS) en época lluviosa y seca fue de: 5895,20 y 3763,10 kg/MS/ha respectivamente. La gramínea mostró en la (EPLL) 13,80% valor mayor de proteína bruta, difiriendo de la (ELL) donde se obtuvo 11,40%. Para la producción de alimento durante el año mostraron que la integración de gramíneas con *L. leucocephala*, existió un incremento en la biomasa total y PB por hectárea (23).

En el estudio de tres especies de gramíneas tropicales gramalote (*Brachiaria mutica*), gordura (*Melinis minutiflora*) y setaria (*Setaria sphacelata*) en tres estados fenológicos: botón floral, inicio de floración y maduración de la semilla, la mayor altura la obtuvo *B. mutica* con 97 cm seguida por *S. sphacelata* 55 cm y *M. minutiflora* con 40 cm. La producción de MS fue de: 8978 kg MS/ha, 5755 kg MS/ha y 4338 kg MS/ha respectivamente. El contenido de proteína cruda de *B. mutica* y *S. sphacelata* fue de 6,83% y 72,36% proporcionalmente. Por otro lado, la digestibilidad *in vitro* de las especies alcanzó porcentajes de: 7,45% y 73,00% en su orden (24).

En la gramínea *Bracharia brizantha*, se evaluó tasa de crecimiento, rendimiento y calidad, durante tres épocas (lluviosa, seca y nortes) a ocho edades del cultivo (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8) semanas. En la época de lluvia a las 8 semanas se obtuvo el mayor crecimiento y rendimiento con 12,60 kg MS/ha/ día y 3,78 t MS/ha, no obstante, el menor rendimiento y tasa de crecimiento fue en el periodo de nortes a una semana con valores de: 0,02 t MS/ha y 2,28 kg MS/ha/día respectivamente. En donde el contenido de fibra incrementa mientras el de proteína disminuye conforme avanza la edad del pasto. De modo que, en todas las edades de corte en la época seca y de norte la proteína mantuvo un porcentaje superior del 7%, a partir de la sexta semana en la época de lluvia la proteína cruda baja del 7%, a medida que, aumenta la edad del pasto incrementa el rendimiento, pero baja la calidad nutricional (25).

En relación con altos rendimientos y buena calidad nutricional de forraje para la producción de ganado se examinaron doce híbridos de maíz. La siembra se realizó en primavera-verano.

y se evaluaron 12 híbridos de diferentes procedencias, cuatro de la FESC-UNAM, dos de INIFAP, cinco de INIFAP-FESC-UNAM y un testigo de ASGROW. La mayor materia verde se presentó en PUMA 1163 y BUHO con 75 y 74 t/ha respectivamente. Por otro lado, la materia seca fue superior en los híbridos Búho, 501 x 497, 504 x 408 y PUMA 1163 con 26,40; 25,60; 25,50; 25,40; 24,70 t/ha y el híbrido Puma 1167 presentó la mayor altura de la planta con 2,40 m. En donde H-51 mostró un valor porcentual superior a los demás con 65% y PUMA 1163 presentó la mayor proteína con 9% (26).

2.2.8. Biomasa o materia verde presente en las gramíneas.

El estudio sobre la producción de energía metabolizable y proteína digestible por hectárea en época lluviosa, para medir los efectos de diez edades de rebrote: 18, 25, 32, 39, 46, 53, 60, 67, 74 y 81 días del forraje napier en base al rendimiento, composición química, digestibilidad, densidad energética, y el mejor tiempo de cosecha, el mejor rendimiento de biomasa con 2,58 t/corte/ha, obtenidos a los 81 días, la proteína bruta disminuyó desde valores próximos a 14% y menos de la mitad. Por otra parte, la fibra bruta y la materia seca se incrementaron 14 a 18% y 30 a 38% respectivamente. La proteína y la producción de energía alcanzaron sus puntos máximos en los 54 y 60 días de rebrote (27).

En la comparación productiva del forraje verde hidropónico de maíz, sorgo negro y arroz, el sorgo obtuvo la mayor producción de biomasa fresca con un valor de 21,65 kg/720 cm², con porcentaje de proteína cruda del 10,47%, seguidamente del maíz que obtuvo 17,20 kg de rendimiento, Sin embargo, el arroz obtuvo la mayor materia seca 15,82%, de manera que el maíz presentó mayor calidad de fibra. Por otro lado, en la relación semilla a partir de 1 kg de semillas se puede obtener 9 kg de biomasa, pero en este estudio la relación semilla que se obtuvo fue: sorgo 1:4,5; maíz 1:4,3 y arroz 1:3,58 (28).

En cuanto al rendimiento y calidad nutritiva del forraje con sistema silvopastoril con *Leucaena leucocephala* asociado con *Megathyrsus maximus* en 12 parcelas de 24 m² c/u, en la época lluviosa a los 50 días de corte, las gramíneas obtuvieron el rango mayor de la producción de biomasa con 5300 kg/MS/ha y en época seca 1620 kg/MS/ha. La proteína cruda se mantuvo hasta los 40 días con un porcentaje del 10% y de ahí declinaron. La asociación *L. leucocephala* y *M. maximus*, alcanza su mayor producción entre 40 y 50 días, con mejor calidad nutritiva de la gramínea a 40 días, (29).

2.2.9. Comportamiento agronómico y nutricional de las gramíneas manejadas con fertilización.

El comportamiento nutricional y agronómico de los genotipos *Brachiaria brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990, 26124, 6387 y Mulato II fueron evaluados mediante fertilización nitrogenada y asociada con Kudzú, durante 90 días, en época lluviosa y seca, mayor producción de biomasa los pastos *Brachiaria brizantha* CIAT 16315, 16467, 6387 (2040 kg MS/ha, 1864 kg MS/ha y 2033 kg MS/ha en su orden). Sin embargo, el tratamiento de la gramínea + N92 (kgN/ha) presentó niveles inferiores de materia seca, FDN y FDA con 37,05%, 61,97% y 30,55% respectivamente, de manera que, el valor de la proteína cruda fue alto con 9,55% y degradabilidad del 65,7%. En la época de lluvia estos genotipos presentaron la media mayor de altura, pero el que sobresalió fue el pasto *B. brizantha* CIAT 16315 con 53,40 cm (30).

2.2.10. Densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz.

En la valoración de tres densidades se siembra: 30 x 70 cm, 50 x 70 cm y 70 x 70 cm, la producción de materia verde (kg/ha) difirió por las densidades de siembra, siendo la densidad de siembra 30 x 70 superior que las demás con 49203 Kg/ha, dependiendo la edad del corte, la materia seca fue mayor en el día de corte 126 con 11007 kg/ha y la menor fue en el día 42 con 354 kg/ha. Así mismo, la proteína cruda fue mayor en el día 42 con 23,44% y menor en el día 126 con 6,25%. La fibra detergente neutra fue mayor en las hojas que en los tallos, en donde se obtuvo a la edad de 42 63,36% y el día 126 62,17%, siendo la fibra detergente ácida menor en el día 42 con 31,47% y mayor el día 98 con 46,08%. Por consiguiente, obtuvieron una densidad de siembra buena que reflejó 48000 plantas/ha (31).

Según estudios para determinar la conducta productiva en monocultivo de los pastos *Brachiaria dictyoneura*, *B. brizantha* (cv. Toledo) y el híbrido *B. ruziziensis* x *B. brizantha* (cv. Mulato) incorporados con *Arachis pintoi*, midieron el rendimiento, crecimiento, composición botánica y morfológica, densidad de tallos y peso por tallo. Las gramíneas en monocultivo obtuvieron el mayor rendimiento de materia seca 15,49 kg MS/ha. En época seca la tasa de crecimiento fue menor para *A. pintoi* y *B. dictyoneura* + *A. pintoi* con 9 y 12

Kg MS/ha/día. A su vez, la gramínea *B. dictyoneura* en monocultivo obtuvo la mayor densidad de tallo con 1262 tallos/m² y 1231 tallo/m² en asociación. En cuanto al mayor peso de tallo lo obtuvo Toledo con 1513 mg/tallo y el menor *B. dictyoneura* con 449 mg/tallo (32).

En el análisis de la rentabilidad de la producción de grano y forraje de híbrido de maíz con fertilización biológica y química, el híbrido DK357 tuvo la mayor altura de 3,35 m superando al híbrido H565 que obtuvo 2,8 m. Por otra parte, la fertilización química + biofertilizante estuvieron 3,2 m, y las plantas que fueron tratadas solo con fertilizantes químico estuvieron 2,88 m de altura (33).

Estudios realizados sobre producción y rendimiento de maíz en cuatro tipos de labranzas (labranza de conservación, labranza cero si martillo, labranza superficial de rastra y labranza de arado con disco), usaron la semilla criolla tradicional y emplearon 20 kg/ha para la siembra, en donde, la labranza de conservación obtuvo el mayor rendimiento con 8 t/ha, el menor rendimiento fue de la labranza cero y la labranza con arado con disco obtuvo valores superiores de 6 t/ha (34).

2.2.11. Incidencia de plagas.

Los efectos de los sistemas de labranza convencional y de conservación sobre la incidencia del gusano soldado de punto *Pseudaletia unipuncta*, gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* y el Picudo chico *Nicentrus testaceipes* en el maíz fue observado en 50 plantas de cada unidad experimental, en donde, las afectaciones para el gusano soldado se percibió la mayor cantidad de larvas caídas en el suelo y el número de hojas que estaban afectadas. De manera que, el mayor porcentaje en las plantas afectadas por el gusano cogollero en labranza convencional tuvo el 20% y conservación 4%. Por otro lado, el gusano soldado afectó al 52,70% de las hojas inferiores del maíz y las afectaciones por el picudo en labranza convencional fue de 84% y 95% labranza de conservación (35).

Las plagas asociadas al cultivo del maíz ocasionan niveles más altos y frecuentes de aparición para *S. frugiperda* con porcentajes del 99 al 100%, seguida de *P. maidis* con 12,32 y 16,50%. De la misma manera, *R. maidis* presenta valores pocos frecuentes con 8,75 y 9,00% (36).

2.2.12. Estudio exploratorio.

Definido por (37) como el reconocimiento de un tema o problema con el cual se está poco familiarizado y/o existe muy poca o nula información al respecto, se caracteriza por ser flexible, amplio, disperso y demanda del investigador mucha paciencia, serenidad y receptividad.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en dos fases, la primera fase se desarrolló en campo, en la propiedad de la Sra. Mariana Sosa Barragán, localizada en el recinto Maculillo, del cantón Mocache, provincia de Los Ríos, Ecuador. Las condiciones meteorológicas y zona ecológica donde se ejecutó el trabajo de campo se exponen en la tabla 3. La segunda fase se ejecutó en el laboratorio de bromatología y rumiología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, donde se determinaron los análisis del valor nutricional del forraje.

Tabla 3. Condiciones meteorológicas del cantón Mocache.

Parámetros	Promedio
Temperatura °C	25
Humedad relativa, %	87,3%
Precipitación anual. Mm	2223,78
Heliofanía, hora/luz/año	776,00
Evaporación, promedio anual, %	114,54
Zona ecológica	Bosque húmedo tropical
Topografía	Ligeramente ondulada

Fuente: (38).

3.2. Tipo de investigación.

Este estudio se fundamentó bajo la línea de investigación de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) inciso a Agricultura, Silvicultura y Producción animal, sublínea N° 2 Desarrollo de conocimiento y tecnologías de agricultura alternativa aplicable a las condiciones del trópico húmedo y semihúmedo del Litoral Ecuatoriano. La presente investigación fue de tipo experimental y exploratoria, para su efecto se manipularon los tratamientos para establecer la mayor producción de biomasa forrajera utilizando semillas de maíz INIAP H-551.

Cabe destacar, que esta investigación adopta el principio tecnológico de producción de forraje hidropónico, sustituyendo el uso de soluciones nutritivas líquidas por el uso del suelo como sustrato para obtener biomasa de maíz (INIAP H-551) en crecimiento temprano durante la época seca. Indagación que estudia un problema que no está claramente definido, dado que tiene poco o nulos antecedentes de aplicación en la zona de influencia. Contribución científica que se inscribe en el marco de un proceso de investigación exploratoria.

3.3. Métodos de investigación.

Se utilizó el método analítico deductivo, combinando diferentes cantidades de semillas de maíz y dos fechas de corte. Además, se midieron variables agronómicas, rendimiento y de valor nutricional previamente establecidas, los resultados obtenidos fueron comparados con información de diferentes fuentes bibliográficas.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

3.4.1. Fuentes Primarias.

La información primaria, se obtuvo mediante el registro de datos de variables tales como: la altura de las plantas, determinación de la biomasa en base de materia verde y seca, porcentaje de materia seca (MS), proteína, fibra y energía mediante análisis bromatológicos y porcentaje de afectación de plagas mediante la observación y fórmula.

3.4.2. Fuentes Secundarias.

La información presentada en el marco conceptual y referencial se tomó de diferentes fuentes bibliográficas como:

- ✓ Revistas científicas
- ✓ Artículos científicos
- ✓ Tesis de pre y postgrado
- ✓ Informes de instituciones de investigación científica.

3.5. Diseño de investigación.

3.5.1. Material de siembra.

Se utilizó la semilla del maíz híbrido INIAP H-551 cuyas características agronómicas, productivas y nutricionales son: tolerante a las enfermedades foliares (Curvularia, Roya, Tizón y Mancha de asfalto), días a la floración a los 51 días en época lluviosa y 61 días en época seca, la altura de la planta está entre 216 a 230 cm, la longitud de la mazorca es de 114 a 120 cm, produce 12 a 16 hileras de granos y que miden entre 16,50 a 19,50 cm, el ciclo de siembra de cosecha es de 120 días. En época lluviosa el rendimiento es de 160 qq/ha (7273 kg/ha) y en época seca es de 141 qq/ha (6437 kg/ha) con 15% de humedad. El grano contiene 8,55% de proteína, 67,83% de almidón y 2,85% de fibra (8).

3.5.2. Factores en estudio.

Se evaluaron dos factores: A= tres cantidades de semilla como material de siembra; B= edades de cosecha del forraje.

3.5.3. Tratamientos.

Los tratamientos se establecieron con la combinación de los dos factores, resultando seis tratamientos que se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Distribución de las unidades experimentales.

Tratam.	Repet.	Cantidades de semillas		Edades de cosecha (B)	AxB
		(g)	INIAP H-551 (A)		
T1	4	300		15	300 g x 15 días
T2	4	400		15	400 g x 15 días
T3	4	500		15	500 g x 15 días
T4	4	300		21	300 g x 21 días
T5	4	400		21	400 g x 21 días
T6	4	500		21	500 g x 21 días

3.5.4. Diseño de la Investigación.

Se aplicó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de 3 x 2, constituido en cuatro repeticiones. Todas las variables de rendimiento y valor nutricional fueron sometidas al Análisis de la varianza (Tabla 5), para establecer la significancia estadística y a la prueba de Tukey ($p < 0.05$), para la comparación de medias. Las variables agronómicas (altura de planta y presencia y/o ausencia de daños por plaga) fueron promediados para observar el comportamiento de las plantas en función de las edades de cosecha.

El modelo del diseño de bloques completos al azar con arreglo bifactorial (39), según detalle:

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

X_{ijk} = observación típica

μ = promedio para toda la población.

α_i = es el efecto de A.

β_j = es el efecto de B.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de interacción entre A y B.

ϵ_{ijk} = error experimental.

Tabla 5. Esquema del análisis de varianza.

Fuente de variación		Grados de libertad
Repeticiones	r-1	3
Tratamiento	(a*b) -1	5
Factor A	(cantidades de semillass -1)	2
Factor B	(edades de cosecha -1)	1
Interacción A*B		2
Error experimental	t - (a*b) -1	16
Total	(a*b)*r-1	23

3.6. Instrumentos de investigación.

Los resultados obtenidos permitieron el análisis de la producción de biomasa en base a materia verde en función de las cantidades de semillas sembradas, altura, presencia y/o ausencia de daños por el gusano cogollero, valor nutricional y biomasa en base a materia seca.

Materiales biológicos:

- ✓ Semillas de maíz INIAP H-551 (38,40 kg)
- ✓ Biol a base de microorganismos nativos del bosque protector Pedro Franco Dávila del cantón Palenque.

Materiales de campo:

- ✓ Machete.
- ✓ Azadón.
- ✓ Piola.
- ✓ Rastrillo.
- ✓ Estacas de caña bambú.
- ✓ Martillo.
- ✓ Tachuelas.
- ✓ Clavos.
- ✓ Malla plástica.
- ✓ Funda plástica con cierre hermético.
- ✓ Pala.
- ✓ Cinta métrica.

Equipos:

- ✓ Balanza digital.
- ✓ Motocultor.
- ✓ Bomba de fumigar CP3.

3.6.1. Metodología de la investigación.

Manejo del experimento.

Fase 1: Campo.

Germinación de semillas.

Para el desarrollo del experimento se realizó la prueba de germinación de las semillas INIAP H-551, utilizando cien semillas de maíz, la cual consistió en colocar las semillas sobre papel absorbente en cámara húmeda por un lapso de cinco días, posteriormente se contó el número de semillas germinadas y el resultado obtenido fue del 92% de germinación.

Preparación del terreno y distribución de unidades experimentales.

Para la preparación del terreno se utilizó un motocultor para arar el suelo. El terreno se midió utilizando el área de los cuadrados en la metodología 3 - 4 - 5 de Pitágoras (40), se realizó el balizado para el establecimiento de las unidades experimentales (parcelas de 4 m²) con separación de 1 m entre parcelas.

El estudio se realizó en una superficie de 323 m², se establecieron cuatro bloques; separados por 1 m de espacio entre parcelas. Cada tratamiento fue establecido en un área de 4 m² separados por 1 m de espacio entre bloques y repeticiones.

Siembra.

Se utilizó el sistema de siembra al voleo; esparciendo la semilla uniformemente en cada repetición. Para estimular el crecimiento de las plantas se aplicó biol (2 L de biol, 25 cc de melaza y 20 L de agua en una bomba de mochila con capacidad de 20 L) cada cinco días.

Riego.

El riego se aplicó de forma manual con intervalos de cinco días durante dos horas.

Deshierbe.

El deshierbe se realizó de forma manual para evitar la competencia por espacio, luz, agua y nutrientes.

Cosecha.

La cosecha del forraje se realizó a los 15 y 21 días después de los cuatro días de haber emergido la planta, para ello se extrajo las plantas incluyendo las raíces.

Fase 2: Laboratorio.

La segunda fase del proyecto de investigación consistió en trasladar las muestras representativas de cada tratamiento al laboratorio de bromatología y rumiología, donde, se realizaron los análisis nutricionales del forraje obtenido.

Variables evaluadas.

Las variables se evaluaron utilizando el método del cuadrante, el cual consistió en elaborar un cuadro de alambre de 1 m² (41).

Altura de la planta.

Se midieron 20 plantas al azar desde el nivel del suelo hasta el ápice. Los resultados fueron promediados y expresados en centímetros. Información que fue procesada con la ayuda del paquete estadístico INFOSTAT (42); para cada unidad experimental (43). Con los datos obtenidos se elaboró gráficos estadísticos con las tres cantidades de semillas sembradas. Los datos se registraron después de la emergencia de las semillas hasta los 20 días.

Presencia y/o ausencia de daños por el gusano cogollero.

La presencia y/o ausencia de daños ocasionados por el gusano cogollero en el forraje de maíz, se evaluó mediante la observación directa en las plantas (44). La cual se fundamenta en la aplicación de la siguiente fórmula:

$$(\%) \text{ Pdp} = \frac{Npd}{Npe} * 100$$

Donde:

(%) Pdp= porcentaje de presencia por daños plagas.

Npd = número de plantas con daño.

Npe = número de plantas evaluadas.

Rendimiento de Biomasa en base a materia verde.

Para obtener la biomasa en base a materia verde se procedió a pesar todo el material vegetativo (follaje, raíces), utilizando una balanza digital marca CAMRY, capacidad 5000 gr/11 lb. Los resultados se expresaron en kg/ha (22).

Valor nutricional en porcentaje (Materia seca (MS), humedad total (HT), materia inorgánica (MI), materia orgánica (MO), energía bruta (Kcal/kgMS), proteína bruta (PB) y fibra bruta (FB)).

Para obtener el valor nutricional, expresado en porcentaje de, materia seca, humedad total, materia inorgánica, materia orgánica, proteína bruta, fibra bruta y energía bruta se realizaron análisis bromatológicos del forraje de maíz INIAP H-551 en el laboratorio de bromatología y rumiología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo utilizando los protocolos establecidos en el laboratorio. En cada tratamiento se utilizó 400 g de muestra; el material vegetativo (muestras) fueron cortadas en trozos de 2 cm para una adecuada manipulación en los procesos siguientes.

Se elaboraron tablas comparativas, donde se pueda observar las diferencias encontradas sobre la calidad del forraje en los diferentes tratamientos.

✓ Humedad total% (HT).

Para la determinación de la humedad inicial e higroscópica se aplicó la siguiente fórmula (45):

$$H \% = \frac{W_2 - W_1}{W_0} * 100$$

Donde:

W_0 = Peso de la muestra (gr).

W_1 = Peso de funda o crisol más la muestra después del secado.

W_2 = Peso de la funda o crisol más la muestra antes del secado.

Humedad inicial.

Para determinar la humedad inicial se utilizaron los siguientes instrumentos:

- ✓ Balanza gramera (marca OHAUS, sensible al 0,1 mg)
- ✓ Estufa, con regulador de temperatura (marca Memmert, capacidad 32 a 1060 lts).
- ✓ Fundas de papel (8 x 16 cm).
- ✓ Tijeras.

Preparación de las muestras.

- ✓ La cantidad de muestra extraída de un lote determinado fue de 400 g.
- ✓ Se cortó el forraje a una distancia de 2 cm de largo.

Procedimiento.

- ✓ En una funda de papel se pesó 250 gramos de muestra preparada.
- ✓ Se llevó a la estufa a 65° C por 48 horas.
- ✓ Transcurrido ese tiempo, se pesó las fundas con su contenido.

Humedad higroscópica.

Para obtener la humedad total, materia seca (MS), materia orgánica, materia inorgánica, proteína y energía se procedió a moler las muestras secas con ayuda de un molino pulverizador (marca FOSS).

Para realizar la humedad higroscópica se utilizaron los siguientes instrumentos:

- ✓ Balanza analítica, marca OHAUS, sensible al 0,1 mg.
- ✓ Estufa, con regulador de temperatura (marca Memmert, capacidad 32 a 1060 lts).
- ✓ Desecador, provisto de silicagel u otro deshidratante.
- ✓ Crisoles de porcelana.
- ✓ Espátula.
- ✓ Pinza.

Preparación de la muestra.

- ✓ Las muestras para el ensayo estuvieron acondicionadas en recipientes herméticos, limpios y secos, completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.
- ✓ La cantidad de muestra extraída de los lotes fue representativa y no se expuso al aire por mucho tiempo.
- ✓ Se homogenizaron las muestras invirtiendo varias veces el recipiente que la contenía.

Procedimiento.

- ✓ La determinación se efectuó por duplicado.
- ✓ Se calentó el crisol de porcelana a 100° C por 1 hora en la estufa, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se pesó.
- ✓ Se homogenizó las muestras y se pesó 2 gramos con aproximación al 0.1 mg.
- ✓ Se llevó a la estufa a 130° C por 2 horas.
- ✓ Transcurrido ese tiempo se sacó y se dejó enfriar en el desecador por media hora, y se registró el peso.

Con los datos registrados anteriormente de los porcentajes de la humedad inicial y humedad higroscópica, se obtuvo el porcentaje de humedad total aplicando la siguiente fórmula:

$$HT \% = \frac{(100 - Hi)(Hh)}{100} + Hi$$

Donde:

Hi= Humedad inicial.

Hh= Humedad higroscópica.

✓ **Materia seca% (MS).**

Con los datos del proceso anterior se realizó el cálculo para obtener el porcentaje de MS aplicando la siguiente fórmula:

$$MS \% = 100 - Humedad\ total.$$

✓ **Porcentaje de materia inorgánica (M.I).**

Se utilizaron las muestras del proceso anterior (humedad higroscópica) y se introdujeron los crisoles más las muestras a la mufla, a 600° C por 3 horas, posteriormente, se colocaron los crisoles en el desecador por 20 minutos y finalmente se procedió a registrar el peso final del crisol más las muestras incineradas. Para la determinación de materia inorgánica se aplicó la siguiente fórmula:

$$M.I \% = \frac{W1 - W2}{W0} * 100$$

Donde:

M.I.%= Porcentaje de materia inorgánica.

W1= Peso del crisol más la muestra después del secado (ceniza).

W2= Peso del crisol vacío.

W0= Peso de la muestra (gr).

✓ **Materia orgánica% (MO).**

Para determinar el porcentaje materia orgánica se utilizaron datos registrados de la materia inorgánica y se aplicó la siguiente fórmula:

$$M.O \% = 100 - M.I \%$$

Donde:

M.O %= Porcentaje de materia orgánica.

✓ **Energía bruta (Kcal/ kgMS).**

Para la determinación de la energía (46), se utilizaron los siguientes instrumentos y reactivos:

Instrumentos.

- ✓ Balanza analítica, marca OHAUS sensible al 0.1 mg.
- ✓ Bomba de ignición.
- ✓ Prensa para pastillado.
- ✓ Calorímetro.
- ✓ Cubeta del calorímetro.
- ✓ Alambre cromo-níquel
- ✓ Tanque de oxígeno.
- ✓ Bureta graduada de 25 ml
- ✓ Matraz de Erlenmeyer.
- ✓ Vasos de precipitación.
- ✓ Espátula.

Reactivos.

- ✓ Carbonato de sodio 0.1 N.
- ✓ Solución de Fenolftaleína al 2%.
- ✓ Oxígeno.
- ✓ Agua destilada.

Procedimiento.

1. Se pesó en una balanza analítica entre 1 a 1,5 gramos de muestra sobre una pastilla metálica, se ubicó la pastilla en la prensa y el alambre de cromo-níquel en los agujeros en contacto con la muestra.

2. Seguidamente, se llevó la muestra a la bomba de ignición se selló y colocó 30 atmósfera de oxígeno.
3. Se colocó 200 ml de agua destilada en la cubeta del calorímetro y se registró la temperatura del agua, que debe estar por debajo de la temperatura de la sala de trabajo.
4. Se colocó la bomba de ignición en la cubeta del calorímetro, se llevó al calorímetro y se conectaron los electrodos de conducción de la corriente eléctrica.
5. Se colocó la tapa del calorímetro y la correa en las poleas para accionar el brazo agitador.
6. Se dejó funcionar el brazo agitador durante tres minutos para que se estabilizara la temperatura.
7. Se registró la temperatura inicial y obturó el botón de encendido con la consiguiente ignición, la temperatura empieza a subir, se tomó la temperatura cada minuto hasta que se estabilice.
8. Se registró la temperatura final, se paró el motor y retiró la correa, se levantó la cubierta del calorímetro y luego se colocó sobre el soporte estándar para que permanezca sostenido.
9. Se desconectaron los electrodos y levantó la bomba, se procedió a secarla con una toalla limpia.
10. Se abrió lentamente la válvula de alivio de presión situada en la parte superior de la bomba para la expulsión de los gases.
11. Posteriormente, se desenroscó la tapa, haló de la cabeza el cilindro y se colocó sobre el soporte estándar.
12. Se enjuagó con agua destilada los residuos del interior de la bomba y se colocó en un matraz de Erlenmeyer.

13. Seguidamente, se adicionó al matraz 1 ml de solución de fenolftaleína al 2%.

14. Se determinó la cantidad de ácidos presentes mediante la valoración de la solución acuosa, con solución de carbonato de sodio 0.1 N.

La energía se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$Hg = \frac{Tw - e1 - e2 - e3}{m}$$

Donde:

Hg= Calor de combustión Cal/gr.

T= Temperatura final – Temperatura inicial.

W= Energía equivalente del calorímetro 2410.16

e1= Mililitros consumidos de sol. Carbonato de Sodio.

e2= (13.7×1.02) peso de la pastilla.

e3= cm. del alambre restante x 2.3.

m= Peso de la pastilla.

✓ **Proteína bruta% (P.B).**

Para la determinación de proteína (47) se utilizaron los siguientes instrumentos y reactivos:

Instrumentos.

- ✓ Balanza analítica, sensible al 0. 1 mg.
- ✓ 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.

Reactivos.

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

Preparación de la muestra.

- ✓ Se molió aproximadamente 100 g de muestra, en un micro molino con un tamiz de abertura de 1 mm.
- ✓ Se transfirió la muestra molida y homogenizada a un recipiente herméticamente cerrado, hasta el momento de análisis.
- ✓ Se homogenizó la muestra interviniendo varias veces el recipiente que lo contiene.

Procedimiento.

Digestión:

- ✓ Se pesó aproximadamente 0.3 gr. de muestra preparada sobre un papel exento de nitrógeno y se lo colocó en el micro-tubo digestor.
- ✓ Se añadió al micro-tubo una tableta catalizadora y 5 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- ✓ Se colocó los tubos de digestión con las muestras en el block-digest con el colector de humos funcionando.
- ✓ Se realizó la digestión a una temperatura de 350 a 400° C, tiempo que puede variar entre 1 y 2 horas.

- ✓ Al finalizar, el líquido que se obtuvo fue de un color verde o azul transparente dependiendo del catalizador utilizado.
- ✓ Se dejó enfriar la muestra a temperatura ambiente.
- ✓ Se evitó la precipitación agitando de vez en cuando.

Destilación:

- ✓ Se adicionó en cada micro- tubo 15 ml de agua destilada.
- ✓ Se colocó el micro-tubo y el matraz de recepción con 50 ml de ácido Bórico al 2% en el sistema de destilación kjeltec.
- ✓ Se encendió el sistema y se adicionó 30 ml de hidróxido de sodio al 40%, cuidando que exista un flujo normal de agua.
- ✓ Se recogió aproximadamente 200 ml de destilado, se retiró del sistema los accesorios y apagar.

Titulación:

- ✓ Del destilado recogido en el matriz se colocó tres gotas de indicador.
- ✓ Se tituló con ácido clorhídrico 0.1 N utilizando un agitador mecánico.
- ✓ Se registró el volumen de ácido consumido.

El porcentaje de proteína bruta se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$PB \% = \frac{(VHCl - Vb) * 1.401 * NHCl * F}{gr.muestra}$$

Donde:

PB %= Porcentaje de proteína bruta.

1.401= Peso atómico del nitrógeno.

NHCl= Normalidad de Ácido Clorhídrico 0.1 N.

F = Factor de conversión (6.25).

VHCl = Volumen del ácido clorhídrico consumido en la titulación.

Vb = Volumen del Blanco (0.3).

✓ **Fibra bruta% (F.B).**

La determinación de la fibra bruta se realizó por el método de Weende (48) donde se utilizaron los siguientes instrumentos y reactivos:

Instrumentos.

- ✓ Equipo Dosi-Fiber.
- ✓ Balanza analítica sensible al 0.1 mg.
- ✓ Tropa o bomba de vacío.
- ✓ Matraz kitasato.
- ✓ Crisoles porosos.
- ✓ Estufa.
- ✓ Mufla.
- ✓ Desecador.

Reactivos.

- ✓ Ácido sulfúrico H_2SO_4 0,180M (7.1ml 96% en 1 litro con agua destilada).
- ✓ Hidróxido potasio KOH o hidróxido de sodio NaOH 0.223 (12,5g en litro con agua destilada).
- ✓ Antiespumante (Octanol).
- ✓ Acetona.

1. Preparación de la muestra.

- ✓ Se molió la muestra de tamiz a 1mm
- ✓ Se calentó el reactivo en la placa calentadora (accesorios 4000634) a una temperatura de 95 a 1000° C
- ✓ Se llenó los crisoles con las muestras molidas y se lo ubicó en las gradillas porta-crisoles. Esta gradilla se puede fijar en la parte frontal de la unidad principal, mediante el asa de los crisoles. Se recogió los crisoles y se introdujo en la unidad principal frente a las resistencias, se bajó la palanca de fijación y la palanca reflectora.
- ✓ Se situó los mandos de la válvula en posición OFF.

- ✓ Se abrió el grif de entrada de agua refrigerante, caudal entre 1 y 2 litros/minuto.
- ✓ Se accionó el interceptor principal POWER, el piloto ámbar se iluminó y se ubicó el potenciómetro en posición OFF.

2. Proceso de extracción caliente.

- ✓ Se levantó la tapa superior y se añadió el reactivo en cada columna y se determinó la cantidad de reactivos mediante la escala graduada de cada columna.
- ✓ Se giró el potenciómetro de ajuste en sentido horario hasta la posición 80-90% y la resistencia se puso en marcha.
- ✓ Se añadió antiespumante en cada columna.
- ✓ Se esperó 10 minutos para que empezara a hervir, una vez dado ese tiempo se disminuyó la potencia del calor girando el potenciómetro en sentido anti horario hasta el 20 a 30%.
- ✓ Se calentó el agua destilada mientras duraba la extracción.
- ✓ Una vez que finalizó la extracción se apagó el calefactor por el interruptor.
- ✓ Se abrió el grif de la trompa de agua y se situaron los mandos de la válvula en la posición aspirar, una vez que se completó la filtración se cerró la válvula.
- ✓ Se lavó las muestras con agua destilada caliente utilizando un bote pulverizado. El agua se introduce por la entrada de cada columna. Se situó los mandos de las válvulas en la posición espirar para dejar las muestras secas y se cierra las válvulas.
- ✓ Para sacar los crisoles de la unidad de extracción se utilizó el asa porta-crisoles encajando en los crisoles y librándolos desbloqueados de la palanca izquierda.
- ✓ Se trasladaron a la gradilla.

3. Procedimiento.

- ✓ En un crisol poroso se pesó 1 g de muestra. La cantidad de muestra es W0.
- ✓ Se introdujeron los crisoles en el Dosis Fiber.

4. Hidrólisis ácida en caliente.

- ✓ Se añadió 100-150 de H_2SO_4 caliente en cada columna y unas gotas de antiespumante.
- ✓ Se abrió el circuito de refrigeración y se activó las resistencias calefactoras.
- ✓ Se esperó que hierva, e redujo el potencial a 30% y se dejó hervir durante 1 hora.

- ✓ Para la calefacción se abrió el circuito de vacío y se puso los mandos de las válvulas en posición absorción. Se lavó con agua destilada y se filtró. Este proceso se lo realizó tres veces.

5. Hidrólisis básica en caliente.

- ✓ Se repitió los pasos de reactivos necesarios e hidrólisis caliente, pero utilizando KOH o NaOH en lugar de H₂SO₄.

6. Extracción en frío con acetona.

- ✓ Se preparó el fisco kitasatos con las trompas de vacío. Se situó el crisol en la entrada del kitasato y se añadió acetona a la vez que el circuito de vacío absorbía hacia el frasco.
- ✓ Se ubicó las muestras a secar en la estufa a 150° C durante 1 hora.
- ✓ Se dejó enfriar en el desecador.
- ✓ Luego se procedió a pesar. La cantidad pesada fue W1.
- ✓ Se llevó a incinerar las muestras de los crisoles en el horno de mufla a 500° C durante un tiempo de 3 horas.
- ✓ Se dejó enfriar en el desecador.
- ✓ Y por último se pasó los crisoles. La cantidad pesada fue W2.

Para determinar el porcentaje de fibra bruta se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%Fibra\ bruta = \frac{W1 - W2}{W0} * 100$$

Rendimiento de Biomasa en base a materia seca.

El rendimiento de biomasa en base a materia seca (MS) se determinó mediante la obtención de los resultados de materia seca que se obtuvo en el análisis bromatológico. Para ello, el rendimiento de biomasa en materia seca se calculó en base a la siguiente fórmula. Los resultados son expresados en kg/ha(49).

$$Rbs = Vms \times Vmv.$$

Donde:

Rbs = rendimiento de biomasa seca

Vms = valor de materia seca

Vmv = valor de materia verde

Tabla 6. Distribución de los tratamientos.

R1	T1		T5		T4		T2		T3		T6
R2	T4		T3		T5		T2		T1		T6
R3	T6		T1		T5		T4		T2		T3
R4	T4		T2		T3		T1		T6		T5

3.7. Recursos humanos y materiales

El recurso humano de este trabajo investigativo de la unidad de integración curricular contó con la ayuda del:

- ✓ Auspiciante académico del proyecto de investigación Ing. Germán Alexander Jácome López.
- ✓ Colaborador del proyecto de investigación Ing. Alexandra Barrera Álvarez.

- ✓ Estudiante y autor del Proyecto de Investigación Dayana Espinoza Zambrano.

Materiales

- ✓ Machete
- ✓ Tachos
- ✓ Piola
- ✓ Estacas
- ✓ Semillas

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados y discusión.

4.1.1. Determinación de la producción de biomasa verde y seca de los tratamientos en estudio.

4.1.1.1. Altura de las plantas.

De acuerdo al análisis de la varianza, la altura de las plantas en función a las cantidades de semillas presentó una probabilidad de error del 0,0001 ($p < 0.05$), obteniendo la mayor altura al utilizar 300 g/m² de semilla, con una altura de 77,35 cm, difiriendo estadísticamente de las cantidades de 400 g/m² y 500 g/m² (Tabla 7). Estos resultados encontrados se deben a la competencia de las plantas por espacio, agua y luz, factores que incidieron para que la germinación de la semilla sea precoz y exista un aumento en la elongación de las plantas (50). En la Figura 1, se presentan gráficamente las medias de la altura de plantas en función de las cantidades de semillas.

Tabla 7. Altura de planta del maíz híbrido INIAP H-551 (cm) en tres cantidades de semillas

Cantidades de semillas (g/m ²)	Altura (cm)		p-valor	E.E.	CV
300	77,35	a	0,0001	0,74	12,43
400	74,01	b			
500	73,13	b			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

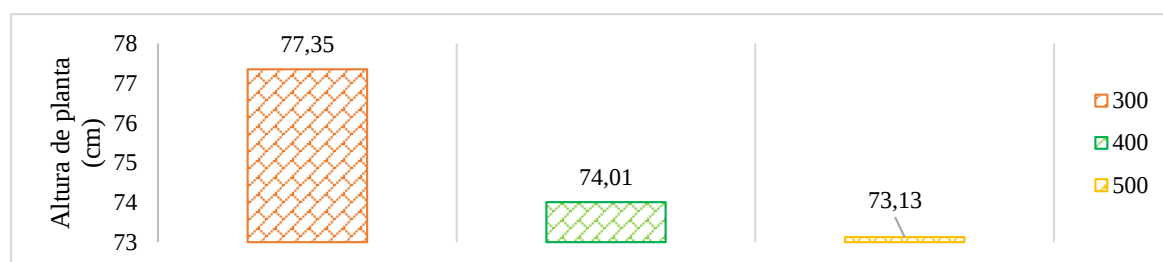


Figura 1. Altura de planta del maíz híbrido INIAP H-551 (cm) en tres cantidades de semillas.

Se demostró estadísticamente con una probabilidad de error de 0.0001 ($p < 0.05$) la altura de las plantas en función a las edades de cosecha (Tabla 8). Se observa que, la mayor altura se alcanzó a los 20 días de cosecha con una altura de 85,04 cm, mientras que, a los 15 días las plantas alcanzaron un promedio de 64,62 cm (Figura 2).

Tabla 8. Altura de planta del maíz híbrido INIAP H-551 (cm) a dos edades de cosecha.

Edades de cosecha	Altura (cm)	p-valor	E.E.	CV
15	64,62	b	0,60	12,43
20	85,04	a		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

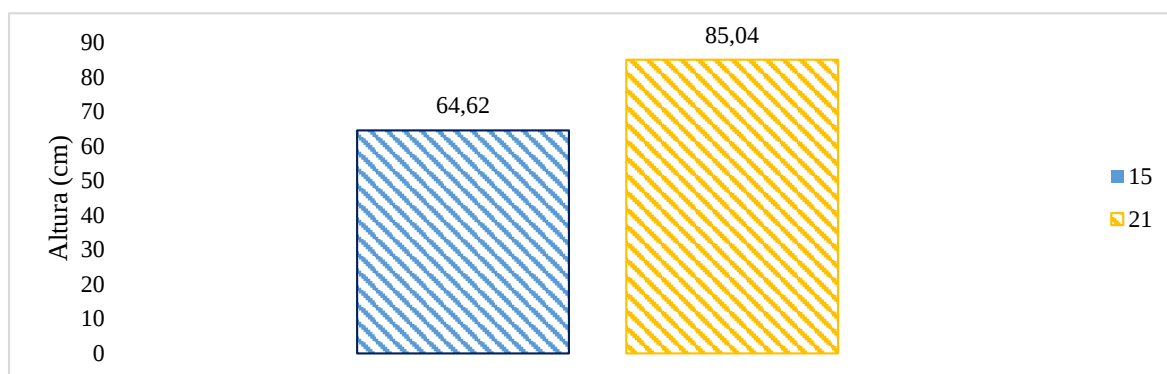


Figura 2. Altura de planta de maíz híbrido INIAP H-551 (cm) a dos edades de cosecha.

La interacción de las cantidades de semillas y las edades de cosecha que representan cada tratamiento, no obtuvieron significancia estadística ($p > 0,05$). Sin embargo, los 300 g/m²*15 días a la cosecha fue significativamente diferente, obteniendo la mayor altura con 68,05 cm, mientras que, hasta los 20 días obtuvieron la misma tendencia sin diferencia estadística (Tabla 9). Estos resultados difieren de lo reportado por López y Mcfield (51), al evaluar tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de maíz variedad NB6, con una cantidad de 2000 g de semillas en bandejas metálicas de 0.25 m², obteniendo la mayor altura de planta con el tratamiento T1 = (2g de nitrógeno, 5g de fosforo y 1,66 g de potasio), con 32,50 cm de altura en las plantas a los 12 días de cosecha.

Por otra parte, Africano, García y Velásquez, (52) mencionan que, mediante el establecimiento de banco de forraje hidropónico, utilizando bandejas hidropónicas de 44,6 m², 2 kg de semilla germinada (maíz amarillo Guacavia), 4 riegos diarios y 2 tipos de tratamientos (fertilizante químico y orgánico); se obtuvo 45 cm de altura en las plantas a los 11 días de cosecha al utilizar fertilizante químico. Los resultados de esta investigación difieren de los otros autores mencionados debido a las condiciones ambientales favorables (mayor captación de energía lumínica), el espacio reducido y la cantidad de semilla utilizada; permitieron obtener mayores alturas en las plantas.

Tabla 9. Altura de planta del maíz híbrido INIAP H-551 (cm) con tres cantidades de semillas en dos edades de cosecha.

Cantidades de semillas (g)	Edades de cosecha		EEM	Cant. Sem	Edad. cos	Cant.Sem x Edad. Cos	Media	Desv. Estándar	CV
	15	20							
300	68,05 b	86,66 a					77,36	9,62	
400	62,83 c	85,19 a	1,04	0,0001	<0,0001	0,20	74,01	9,20	12,43
500	62,98 c	83,28 a					73,13	9,09	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.1.2. Biomasa en base a materia verde.

Realizado el análisis de la varianza, las cantidades de semillas (300 g/m², 400 g/m² y 500 g/m²) (Tabla 10) y, las edades de cosecha (15 y 21 días) (Tabla 11) no obtuvieron significancia estadística ($p > 0,05$). Moreno (53), indica que la relación en kilogramos de semilla a forraje en base a materia verde oscila en 1:12, todo depende del manejo del cultivo y la calidad de semilla (vigor, porcentaje de germinación, semilla certificada, caracterización). Estos resultados no guardan relación a los mencionados por Vargas (28), al comparar la producción de FVH de maíz, sorgo y arroz, utilizando 4 kg de semillas en bandejas de siembra de 720 cm² el maíz obtuvo un valor de 172000 kg/ha de biomasa verde; debido a la cantidad de semillas utilizadas.

Tabla 10. Biomasa en base a materia verde (kg/ha) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semilla.

Cantidades de semillas (g/m ²)	Biomasa en base a materia verde (kg/ha)	p-valor	E.E.	CV
300	40391,25	a		
400	38738,75	a	0,5471	1855,27
500	37458,75	a		13,50

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 11. Biomasa en base a materia verde (kg/ha) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.

Edades de cosecha	Biomasa en base a materia verde (kg/ha)		p-valor	E.E.	CV
15	41034,17	a	0,0608	1514,82	13,5
21	36691,67	a			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La combinación de las cantidades de semilla (g/m^2) y las edades de cosecha (15 y 21 días) no presentaron significancia estadística ($p > 0,05$) (Tabla 12). Según Moreno (53), menciona que utilizando un sistema hidropónico, diferentes tipos de grano comercial, bandejas de siembra de $1,65\text{m}^2$, densidad de siembra de 3 kg de semilla/ m^2 aplicando riegos fijos obtuvo mayor cantidad de biomasa en materia verde con la semilla comercial pico de gallo rojo con 194000 kg/ha a los 12 días de cosecha. Salas *et al.* (54) utilizaron semillas de maíz híbrido para producir forraje verde hidropónico usando 3.5 kg/m^2 de semillas en bandejas de $35 \times 20 \text{ cm}$, alcanzando 197100 kg/ha de materia verde.

Los rendimientos de biomasa en base a materia verde alcanzados en la presente investigación difieren de los resultados de los autores antes mencionados debido a los siguientes factores: menor cantidad de semillas sembradas por m^2 , pérdida parcial del sistema radicular en el suelo al momento de la cosecha, cero aplicación de soluciones nutritivas a las plantas y limitado riego al día. Mientras que en la producción de forraje verde hidropónico obtienen mayor biomasa en materia verde porque en la cosecha no existe pérdida de material vegetal debido al aprovechamiento de la materia radicular y foliar utilizando cantidades mayores de semillas por m^2 .

Tabla 12. Biomasa en base a materia verde (kg/ha) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semilla por dos edades de cosecha.

Cantidades de semillas (g)	Edades de cosecha		EEM	Cant. Sem	Edad. cos	Cant. Sem x Edad. Cos	Media	Desv Estándar	CV
	15	21							
300	40690 a	40092,5 a					40391,25	5452,82	
400	38942,5 a	38535 a	2623,75	0,5471	0,06	0,07	38738,75	5229,73	13,50
500	43470 a	31447,5 a					37458,75	5056,93	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.1.3. Biomasa en base a materia seca.

Las cantidades de semillas (300 g/m², 400 g/m² y 500 g/m²), no obtuvieron significancia estadística ($p > 0,05$) (Tabla 13).

Tabla 13. Biomasa en base a materia seca (kg/ha) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semilla.

Cantidades de semillas (g)	Biomasa en base a materia seca (kg/ha)		p-valor	E.E.	CV
300	3618,85	a	0,9386	208,35	16,52
400	3571,45	a			
500	3513,9	a			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Las edades de cosecha (15 y 21 días) alcanzaron significancia estadística ($p < 0,05$), obteniendo mayor biomasa en base a materia seca a los 21 días de cosecha con una media de 4094,30 kg/ha y la menor producción con 3041,90 kg/ha a los 15 días de cosecha (Tabla 14) (Figura 3). Los valores encontrados en esta investigación guardan similitud a los alcanzados por Araya y Boschini (55), al evaluar diferentes variedades de pastos. *Penisetum purpureum* obteniendo 5672 kg/ha de biomasa en materia seca cosechado a los 70 días.

Tabla 14. Biomasa en base a materia seca (kg/ha) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.

Edades de cosecha	Biomasa en base a materia seca (kg/ha)		p-valor	E.E.	CV
15	3041,88	b	0,0005	170,12	16,52
21	4094,25	a			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)



Figura 3. Biomasa en base a materia seca (kg/ha) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.

Con la combinación de las tres cantidades de semillas y las dos edades de cosecha, no se obtuvo significancia estadística ($p>0,05$). Sin embargo, existió diferencia estadística alcanzando la mayor biomasa en base a materia seca con la combinación de 300 g/m² a los 21 días de cosecha con 4358,13 kg/ha, la menor biomasa en materia seca la obtuvo con la combinación de 300 g/m²*15 días con 2879,57 kg/ha (Tabla 15). Estos valores difieren a los encontrados por Amador y Boschini (56), en la evaluación fenológica y nutricional del maíz para la producción de forraje, utilizando 50 kg de semilla de maíz criollo, con distancia de 50 cm entre plantas, cosechando a los 37 días obtuvieron 132,86 kg/ha de biomasa en materia seca, guardando similitud a lo reportado por Olivera y López (49), en la evaluación de la producción de biomasa en base a materia seca del pasto *Panicum máximum*, Jacq, cv. *Colonial* a tres tiempos de cortes, utilizando una parcela de (4 m x 2 m), sin aplicación de fertilizante ni riego y cosechando el material a una altura de 20 cm, obtuvieron a los 28 días 4800 kg/ha de biomasa en materia seca. Esto se debe, al mayor tiempo de corte, el material de siembra (tipo de semilla) y a la acumulación de nutrientes en las hojas y tallos antes del inicio de la floración.

Tabla 15. Biomasa en base a materia seca (kg/ha) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semilla por dos edades de cosecha.

Cantida des de semillas (g)	Edades de cosecha				EEM	Cant. Sem	Edad. cos	Cant. Sem x Edad. Cos	Media	Desv Estándar	CV
	15		21								
300	2879,57	b	4358,13	a					3618,85	597,83	
400	2938,66	b	4204,24	ab	294,66	0,9386	0,0005	0,19	3571,45	590,00	16,52
500	3307,42	ab	3720,39	ab					3513,91	580,50	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.2. Valor nutricional.

4.1.2.1. Humedad total% (HT).

Las cantidades de semillas, no alcanzaron significancia estadística ($p>0,05$) (Tabla 16). Por otro lado, se observa que, en función a las edades de cosecha (15 y 21 días) existió significancia estadística ($p<0,05$), a los 21 días de cosecha obteniendo el menor porcentaje de humedad con 88,72%, difiriendo de los obtenidos a los 15 días con 92,59% de humedad

total (Tabla 17) (Figura 4). Estos resultados difieren a lo que reporta Bernabé (57), al evaluar la producción del pasto Mombaza con los siguientes factores: 25, 38 m², 3, 4 y 5 kg/ha de semillas y cosecha a los 40 días obtuvieron 78,8% .

Tabla 16. Humedad total (%) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.

Cantidades de semillas (g/m²)	Humedad total (%)		p-valor	E.E.	CV
300	90,97	a	0,429	0,39	1,21
400	90,75	a			
500	90,25	a			
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

Tabla 17. Humedad total (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.

Edades de cosecha	Humedad total (%)		p-valor	E.E.	CV
15	92,59	b	<0,0001	0,32	1,21
21	88,72	a			
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

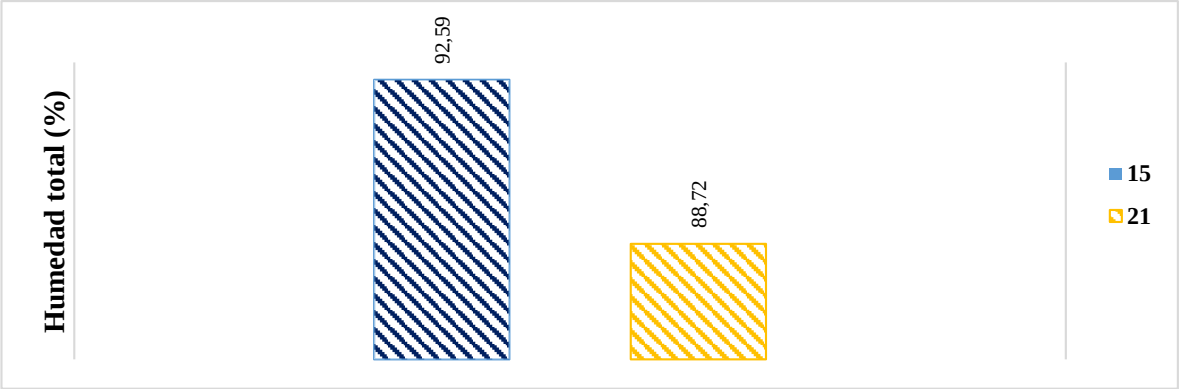


Figura 4. Humedad total (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.

La interacción de las tres cantidades de semillas (g/m2) y las dos edades de cosecha (15 y 21 días) no obtuvieron significancia estadística (Tabla 18). Tomalá (58) menciona que, al evaluar tres soluciones nutritivas en la producción de forraje verde hidropónico utilizando maíz Trueno, 500g de semillas, bandejas de 0,25 m² y cosechando a los 20 a 25 cm de altura; obtuvo en el tratamiento testigo (agua) el 85,94% de humedad total. Los valores alcanzados en la presente investigación difieren de los autores mencionados, debido a las cortas edades de cosecha, que se tradujeron en porcentajes altos de humedad.

Tabla 18. Humedad total (%) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semilla por dos edades de cosecha.

Cantidades de semillas (g)	Edades de cosecha		EEM	Cant.Sem	Edad. cos	Cant.Sem x Edad. Cos	Media	Desv Estándar	CV
	15	21							
300	92,92 b	89,02 a					90,97	1,10	
400	92,46 b	89,04 a	0,55	0,4290	<0,0001	0,73	90,75	1,10	1,21
500	92,4 b	88,11 a					90,26	1,09	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.2.2. Materia seca% (MS).

No se obtuvo significancia estadística ($P > 0,05$) al evaluar las cantidades de semillas (Tabla 19). Por otra parte, las edades de cosecha, alcanzaron significancia estadística ($p < 0,05$), obteniendo así a los 21 días de cosecha la mayor cantidad de materia seca con 11,28%, difiriendo estadísticamente de los obtenidos a los 15 días con un porcentaje de 7,41 (Tabla 20) (Figura 5). Estos valores no guardan relación a los resultados encontrados por López, Murillo y Rodríguez (59), al evaluar la producción de forraje verde hidropónico utilizando semillas de maíz, densidades de 1,5, 2,00 y 2,5 kg/m², siembra en bandejas de (30 x 60 x 10cm), cosechado a los 14 días obtuvo un porcentaje de materia seca de 20,7 usando una densidad de 1,5 kg/m² de maíz.

Tabla 19. Materia seca (%) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semilla.

Cantidades de semillas (g)	Materia seca (%)	p-valor	E.E.	CV
300	9,03 a			
400	9,25 a	0,429	0,39	11,69
500	9,75 a			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 20. Materia seca (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.

Edades de cosecha	Materia seca (%)	p-valor	E.E.	CV
15	7,41 b	<0,0001	0,32	11,69
21	11,28 a			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

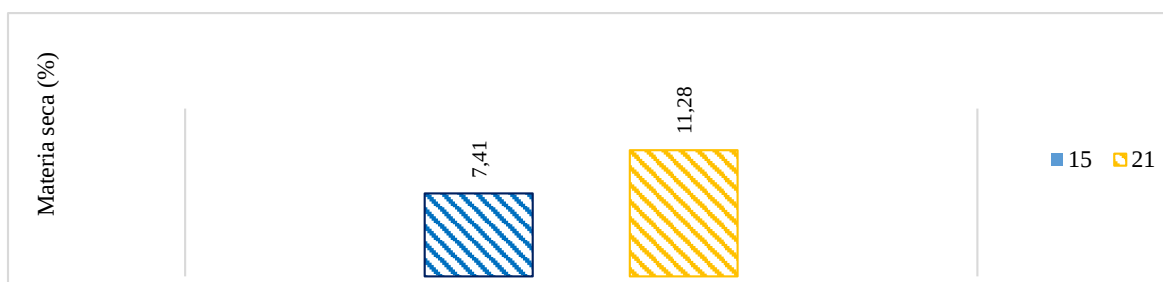


Figura 5. Materia seca (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.

La interacción de las cantidades de semillas (g/m^2) y las edades de cosecha (15 y 21 días) no obtuvieron significancia estadística ($p > 0,05$) (Tabla 21). Lo reportado por Elizondo y Boschini (22), al evaluar la producción con el maíz criollo y el maíz híbrido 3002 W blanco, con un tiempo de cosecha de 105 días, se obtuvo 13, 82% de MS utilizando una distancia de siembra de 8 cm x 70 cm y una densidad de 180 000 plantas/ha. En este estudio se obtuvo menor porcentaje de MS debido a los cortos edades de cosecha. Según Fassio *et al.* (20) en los estados iniciales de la planta existe poca acumulación de nutrientes y a partir de los 35 días hasta la etapa reproductiva se incrementa la mayor producción de materia seca.

Tabla 21. Materia seca (%) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semilla por dos edades de cosecha.

Cantidades de semillas (g)	Edades de cosecha		EEM	Cant .Sem	Edad.cos	Cant.Sem x Edad. Cos	Media	Desv Estándar	CV
	15	21							
300	7,09 b	10,98 a					9,04	1,06	
400	7,54 b	10,97 a	0,55	0,42 90	<0,0001	0,73	9,26	1,08	11,69
500	7,6 b	11,9 a					9,75	1,14	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.2.3. Materia inorgánica% (MI).

Las cantidades de semillas sometida al análisis de la varianza no obtuvieron significancia estadística ($p > 0,05$) (Tabla 22). Mientras que, las edades de cosecha son estadísticamente significativos ($p < 0,05$) a los 21 días, alcanzando menor porcentaje de materia inorgánica con 18,88%, siendo diferentes a los obtenidos a los 15 días con 21,64% (Tabla 23) (Figura 6).

Estos valores no guardan similitud a los descritos por Maldonado *et al.* (60), al evaluar la nutrición mineral en el forraje verde hidropónico en semillas de trigo variedad Rebeca F2000 usando 0,80 kg de semilla por bandeja en 0,25 m² (bandeja), el tratamiento testigo (agua de la llave + bajas concentraciones de nutrientes) alcanzó el menor porcentaje de ceniza con 2,95.

Tabla 22. Materia inorgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.

Cantidades de semillas (g)	Materia inorgánica (%)	p-valor	E.E.	CV
300	20,69	a	0,4994	7,77
400	19,75	a		
500	20,35	a		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 23. Materia inorgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.

Edades de cosecha	Materia inorgánica (%)	p-valor	E.E.	CV
15	21,64	b	0,0006	7,77
21	18,88	a		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

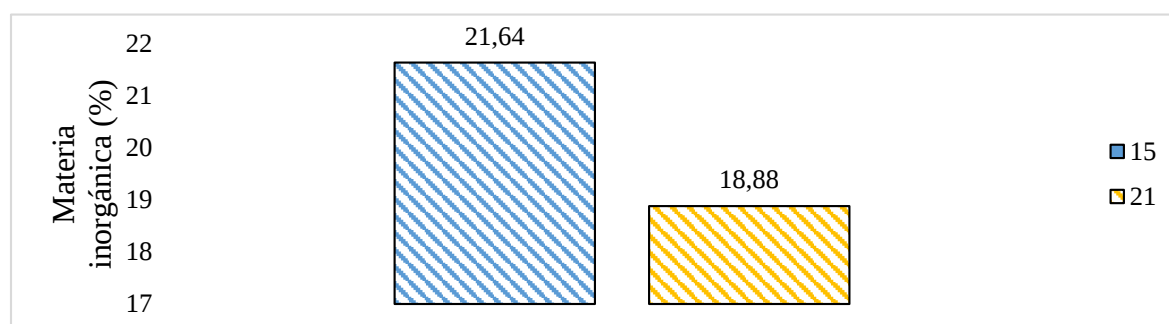


Figura 6. Materia inorgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.

De acuerdo al análisis de la varianza la interacción de las cantidades de semillas (g/m²) y las edades de cosecha (Tabla 24) no obtuvieron significancia estadística ($p > 0,05$). Araya y

Boschini (55), indican en sus resultados de la producción del pasto elefante enano un contenido de ceniza de 21,44% cosechado a los 120 días. El alto contenido de MI de la presente investigación es atribuido al uso del suelo y la forma de cosecha, esto ocasionó que las muestras transportaron residuos de suelo, esto incidió en el aumento de ceniza, situación que no sucede en la producción de FVH, porque usan como sustratos soluciones nutritivas líquidas y se siembra en bandejas sin hacer contacto con el suelo.

Tabla 24. Materia inorgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.

Cantidades de semillas (g)	Edades de cosecha		EEM	Cant. Sem	Edad. cos	Cant.Sem x Edad. Cos	Media	Desv Estándar	CV
	15	21							
300	21,85 a	19,52 a					20,69	1,61	7,7
400	20,93 a	18,57 a	0,79	0,4994	0,0006	0,67	19,75	1,53	7
500	22,14 a	18,56 a					20,35	1,58	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.2.4. Materia orgánica% (MO).

Realizado el análisis de la varianza, en las cantidades de semillas no se encontró significancia estadística ($p > 0,05$) (Tabla 25). Mientras que, las edades de cosecha sí alcanzaron significancia estadística ($p < 0,05$). El mayor porcentaje de materia orgánica se obtuvo a los 21 días de cosecha con 81,12, difiriendo estadísticamente de los determinados a los 15 días con 78,36% (Tabla 26) (Figura 7). Estos resultados guardan similitud a los reportados por Arana (61), al evaluar dosis de nitrógeno sobre la composición química del pasto King grass. El tratamiento que no fue tratado con nitrógeno obtuvo 83,53% MO a los 70 días de cosecha.

Tabla 25. Materia orgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.

Cantidades de semillas (g)	Materia orgánica (%)		p-valor	E.E.	CV
300	79,32	a			
400	80,25	a	0,4994	0,56	1,98
500	79,65	a			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 26. Materia orgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.

Edades de cosecha	Materia orgánica (%)		p-valor	E.E.	CV
15	78,36	a	0,0006	0,45	1,98
21	81,12	b			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

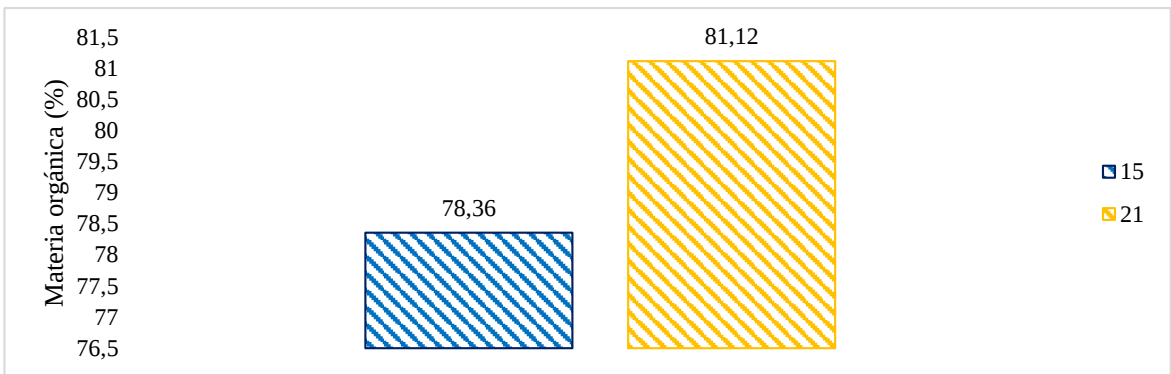


Figura 7. Materia orgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.

La interacción de las cantidades de semillas (g/m^2) y las edades de cosecha (15 y 21 días) (Tabla 27) no obtuvieron significancia estadística ($p > 0,05$). Esto puede deberse a que las cantidades de semillas no tienen una relación directa con las edades de cosecha.

Tabla 27. Materia orgánica (%) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.

Cantidades de semillas (g)	Edades de cosecha		EEM	Cant. Sem	Edad. cos	Cant. Sem x Edad. Cos	Media	Desv Estándar	CV
	15	21							
300	78,15 a	80,48 a					79,32	1,57	
400	79,07 a	81,44 a	0,79	0,4994	0,0006	0,67	80,26	1,59	1,98
500	77,86 a	81,44 a					79,65	1,58	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.2.5. Energía bruta (Kcal/kgMS).

Según el análisis de la varianza de la energía bruta, las cantidades de semillas (Tabla 28) y lo edades de cosecha (Tabla 29) no obtuvieron significancia estadística ($p>0,05$). Estos valores difieren a los reportados por Suárez (62), en su investigación al evaluar el efecto de soluciones nutritivas y las edades de cosecha en la calidad y los rendimiento de forraje verde hidropónico de maíz variedad Agri 104, obtuvo 2,51 Mcal/kgMS al utilizar 2,5 kg de semilla; en bandejas de 1 x 1 x 0,04 m a los 15 días de cosecha.

Tabla 28. Energía bruta (Kcal/kgMS) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.

Cantidades de semillas (g)	Energía bruta (Mcal/kgMS)	p-valor	E.E.	CV
300	3,42	a	0,23	18,14
400	3,40	a		
500	3,86	a		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 29. Energía bruta (Mcal/kgMS) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.

Edades de cosecha	Energía bruta (Mcal/kgMS)	p-valor	E.E.	CV
15	3,36	a	0,11	16,14
21	3,76	a		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La interacción de las cantidades de semillas (g/m²) con las edades de cosecha (15 y 21 días) no presentaron significancia estadística ($p>0,05$) (Tabla 30). Los valores reportados por Cerrillo *et al.* (63) indican en la producción de biomasa y valor nutricional del trigo y la avena obtuvieron en 400 g de semilla y en charolas de plástico de 40 x 40 cm 2,69 Mcal/kg MS a los 12 días de cosecha. Los valores encontrados en la investigación difieren de los autores mencionado anteriormente, debido al tiempo de cosecha, la cantidad de semilla y el espacio.

Tabla 30. Energía bruta (Kcal/kgMS) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.

Cantidades de semillas (g)	Edades de cosecha		EEM	Cant. Sem	Edad. cos	Cant.Sem x Edad. Cos	Media	Desv Estándar	CV
	15	21							
300	3,23 a	3,60 a					3,42	0,55	
400	3,03 a	3,78 a	0,29	0,23	0,11	0,53	3,41	0,55	16,14
500	3,81 a	3,90 a					3,86	0,62	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.2.6. Proteína bruta% (PB).

En el análisis de la varianza de la proteína bruta% en función a las cantidades de semillas no alcanzó significancia estadística ($p > 0,05$) (Tabla 31). Mientras que, las edades de cosecha sí presentaron significancia estadística ($p < 0,05$), obteniendo el mayor porcentaje a los 15 días de cosecha con 16,93% PB, difiriendo a los obtenidos a los 21 días con 14,21% PB (Tabla 32) (Figura 8). Estos valores son similares a los que obtuvo Salas *et al.* (64) al evaluar la calidad del forraje verde hidropónico de maíz criollo y el híbrido AN447 bajo fertilización orgánica, con bandejas de siembra de 35 x 53 x 5 cm y con una densidad de siembra de 3.4 kg/m² obtuvieron a los 12 días de cosecha 15,04% de proteína cruda. Difiriendo a los obtenidos por Araya y Boschini (55), en el pasto King grass con 12,43% de proteína cruda cosechándolo a los 70 días, esto es ocasionado porque el porcentaje de proteína disminuye al incrementar los edades de cosecha.

Tabla 31. Proteína bruta (%) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.

Cantidades de semillas (g)	Proteína bruta (%)	p-valor	E.E.	CV
300	14,69	a		
400	15,85	a	0,5889	1,05
500	16,18	a		19,15

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 32. Proteína bruta (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.

Edades de cosecha	Proteína bruta (%)	p-valor	E.E.	CV
15	16,93	a		
21	14,21	b	0,0413	0,86

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

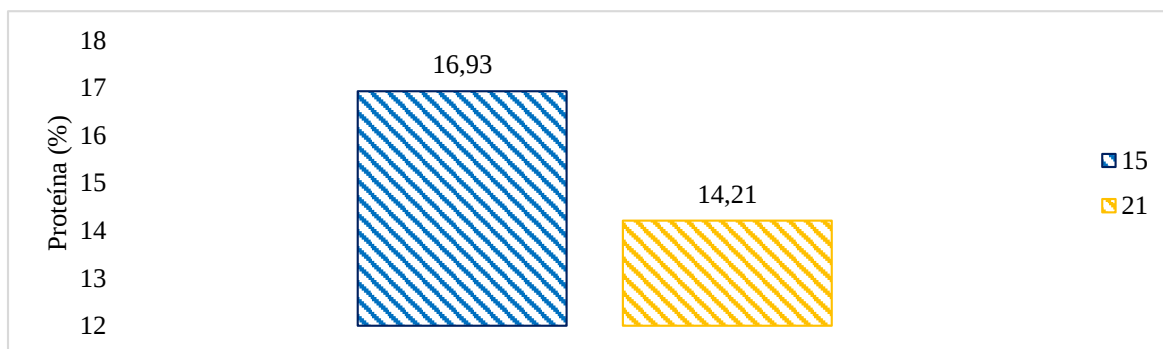


Figura 8. Proteína bruta (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.

La proteína bruta en función de la interacción de las cantidades de semillas (g/m^2) y las edades de cosecha (15 y 21 días) (Tabla 36) no obtuvo significancia estadística ($p > 0,05$) (Tabla 33).

El incremento y la reducción de la proteína bruta se debe al contenido celular (proteína, azúcares, minerales y vitaminas) que es la parte soluble, este es más alto cuando el forraje está en crecimiento activo y descienden cuando las plantas cruzan la etapa reproductiva (65), por ello los valores encontrados en esta investigación son superiores a los obtenidos por otros autores.

Tabla 33. Proteína bruta (%) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.

Cantidades de semillas (g)	Edades de cosecha		EEM	Cant. Sem	Edad. cos	Cant. Sem x Edad. Cos	Media	Desv Estándar	CV
	15	21							
300	15,32 a	14,07 a					14,70	2,81	
400	17,19 a	14,51 a	1,49	0,5889	0,0413	0,62	15,85	3,04	19,15
500	18,29 a	14,07 a					16,18	3,10	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.2.7. Fibra bruta% (FB).

Según el análisis de la varianza de la fibra bruta, las cantidades de semillas (Tabla 34) y las edades de cosecha (Tabla 35) no se obtuvo significancia estadística ($p > 0,05$). Lo reportado por Ordaz *et al.* (66) al analizar la fibra cruda de hojas, tallos y planta entera en el pasto King

grass en diferentes tiempos de corte no obtuvieron significancia estadística, sin embargo, a los 90 días de corte se alcanzó 34,4% de FB .

Tabla 34. Fibra bruta (%) del maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.

Cantidades de semillas (g)	Fibra bruta(%)		p-valor	E.E.	CV
300	35,86	a	0,3805	5,73	39,89
400	47,09	a			
500	38,86	a			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 35. Fibra bruta (%) del maíz híbrido INIAP H-551 a dos edades de cosecha.

Edades de cosecha	Fibra bruta(%)		p-valor	E.E.	CV
15	37,97	a	0,4389	4,68	18,14
21	43,23	a			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Por otro lado, la interacción en función a las cantidades de semillas y edades de cosecha en la fibra bruta no se obtuvo significancia estadística ($p > 0,05$) (Tabla 36). Los forrajes tiernos contienen menos cantidad de fibra bruta y es altamente digerible en relación a una planta adulta (67).

Tabla 36. Fibra bruta (%) del maíz híbrido INIAP H-551 con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.

Cantidades de semillas (g)	Edades de cosecha		EEM	Cant. Sem	Edad. cos	Cant.Sem x Edad. Cos	Media	Desv Estándar	CV
	15	21							
300	39,93 a	31,79 a	8,10	0,3805	0,4389	0,16	35,86	14,30	39,89
400	46,94 a	47,24 a					47,09	18,78	
500	27,04 a	50,67 a					38,86	15,50	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.3. Presencia o ausencia por daños de plaga en función del tiempo de cosecha.

4.1.3.1. Evaluación de daños por el gusano cogollero.

De acuerdo al análisis de la varianza, la presencia o ausencia de daños ocasionados por el gusano cogollero en función de las cantidades de semilla (g/m^2) (Tabla 37) y edades de cosecha (Tabla 38) no presentaron significancias estadísticas ($p > 0,05$). Este comportamiento vegetativo y sanitario pudo verse favorecido por la aplicación del biol, ya que disminuye la presencia o ausencia de las plagas y enfermedades en el maíz, debido a que los microorganismos presentes en los fermentos compiten con agentes causales de daños o enfermedades en las plantas (68).

Tabla 37. Presencia o ausencia de daños por el gusano cogollero en las plantas de maíz híbrido INIAP H-551 en tres cantidades de semillas.

Cantidades de semillas (g)	Presencia o ausencia de daños %		p-valor	E.E.	CV
300	40,63	a			
400	36,25	a	0,5486	4,77	36,76
500	33,13	a			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 38. Presencia o ausencia de daños por el gusano cogollero en las plantas de maíz híbrido INIAP H-551 (cm) en dos edades de cosecha.

Edades de cosecha	Presencia o ausencia de daños (%)		p-valor	E.E.	CV
15	32,5	a			
			0,1507	3,89	36,76
20	40,83	a			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La interacción de las cantidades de semillas (g/m^2) y edades de cosecha, no presentó significancia estadística ($p > 0,05$) en las dos edades de cosecha evaluadas, todos los tratamientos se comportaron iguales (Tabla 39). Lo reportado por Dávila (69), la incidencia del gusano cogollero se presentó en mayor escala a los 38 días en el sorgo (grano blanco).

El tratamiento testigo que no recibió aplicación de ningún insecticida y fungicida alcanzó a los 31 días el 32% de daño cogollero en las plantas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, el mayor porcentaje de afectación de daños por el gusano cogollero fue de 40,83% a los 20 días, esto se debe a que la planta hasta los 38 días (etapa vegetativa) el maíz es susceptible a los daños ocasionados por el gusano cogollero, entrando a la etapa reproductiva la planta deja de ser atractiva para el insecto. De manera que, estos resultados se encuentra dentro del umbral económico establecido que es del 10 al 50% de plantas con daños en el sorgo y el maíz, valores más altos requieren la aplicación de un control en las plantas para evitar pérdidas en la producción (70).

Tabla 39. Presencia o ausencia de daños por el gusano cogollero en las plantas de maíz híbrido INIAP H-551 (cm) con tres cantidades de semillas por dos edades de cosecha.

Cantidades de semillas (g/m ²)	Edades de cosecha		EEM	Cant. Sem	Edad. cos	Cant.Sem x Edad. Cos	Media	Desv. Estándar	CV
	15	20							
300	41,25 a	40 a					40,63	14,93	
400	27,5 a	38,75 a	6,74	0,5486	0,15	0,47	33,13	12,18	36,76
500	28,75 a	43,75 a					36,25	13,33	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

Con base a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- ✓ En la mayor producción de biomasa en base a materia verde no existió diferencia estadística debido a que se presentó acame desde los 16 días hasta los 21 días, sin embargo, la interacción de 500 g/m² a los 15 días de cosecha obtuvo la mayor biomasa verde con un rendimiento de 43470,00 kg/ha. La mayor producción de biomasa en base a materia seca se alcanzó con la interacción de la cantidad de 300 g/m² a los 21 días de cosecha con un rendimiento de 4358,13 kg/ha.
- ✓ El valor nutritivo del forraje del maíz INIAP H-551 a los 15 días de cosecha en porcentajes para humedad total, materia seca, materia inorgánica, materia orgánica, proteína bruta, fibra bruta y energía bruta (Kcal/kgMS) fue de: 92,59; 7,41; 21,64; 78,36; 16,93; 37,97 y 3,36 (Kcal/kgMS) en su orden.

El valor nutritivo del forraje del maíz INIAP H-551 a los 21 días de cosecha en porcentajes para humedad total, materia seca, materia inorgánica, materia orgánica, proteína bruta, fibra bruta y energía bruta (Kcal/kgMS) fue de: 88,72; 11,28; 18,88; 81,12; 14,21; 43,23 y 3,76 (Kcal/kgMS) respectivamente.

- ✓ El porcentaje de daños ocasionado por el gusano cogollero en las plantas fue de 32,50% a los 15 días y 40,83%, hasta los 20 días.

5.2. Recomendaciones.

- ✓ Determinar el contenido nutricional y la cantidad de biomasa en base a materia verde y seca en cantidades inferiores de 300 g/m² de semillas de maíz y mayores edades de cosecha.
- ✓ Evaluar el valor nutritivo y la producción de biomasa en base a materia verde y seca utilizando la semilla de maíz criollo (nativo).
- ✓ Determinar el costo de producción de ésta alternativa propuesta para la producción de biomasa.
- ✓ Considerar la aplicación de compost al suelo con anticipación para que los nutrientes estén disponibles y sean asimilables para la planta.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.

1. Cañadas A, Molina C, Rade D, Fernández F. Interacción época/densidad de siembra sobre la producción de ocho híbridos de maíz forrajeros, Ecuador. Rev. MZV Córdoba. 2016; 21(1): p. 5112-5123.
2. Treviza J, Challapa G. Comparación del rendimiento de forraje verde hidropónico con maíz lluteño y maíz comercial, utilizando cuatro calidades de agua. Arica, Chile. IDESIA. 2020; 38(3): p. 113-122.
3. Valerio D. Manejo y uso de pastos y forrajes en y forrajes en ganadería tropical. España;; 2017.
4. Giraldo O. Seguridad alimentaria y producción pecuaria campesina: El caso rural de Sumapazn. Revista Luna Azul. 2008;(27): p. 49-59.
5. Llarea M. Centro administrativo y de desarrollo agrícola para el pequeño productor en Yaruquí. Quito-Ecuador;; 2016.
6. Fassio A, Ibañez W, Fernández E, Cozzolino D, Pérez O, Restaino E. El cultivo de maíz para la producción de forraje y grano y la influencia del agua. Uruguay;; 2018.
7. Guacho E. Caracterización agro-morfológica del maíz (*Zea mays* L) de la localidad San José de Chazo. Riobamba-Ecuador;; 2014.
8. Dominguez J. INIAP H-551: Híbrido de maíz duro para la zona central del litoral. Quito-Ecuador;; 2014.
9. Macas F. Evaluación de rendimientos de maíz híbrido *Zea mays*, L. INIAP 551, Brasilia y Pronaca 555 con dos distancias de siembra en el cantón Lago Agrio. Loja-Ecuador;; 2005.
10. Rural, Secretaría de Agricultura y Desarrollo. Maíz forrajero, también es maíz. México;; 2020.
11. Carrillo L. Energía de biomasa. ; 2004.

12. Castilblanco J. Producción de biomasa, consumo y calidad de los pastos *Brachiaria* híbrido (Mulato 1) y *Brachiaria decumbens* en la Hacienda San Rafael, Bucay, Ecuador. Zamorano-Honduras; 2005.
13. Dávila P, Sánchez G, Cabrera L. Las gramíneas: Características generales e importancia. Boletín del Instituto de Botánica. 1993; 1(6): p. 397-421.
14. Rodríguez M. Rendimiento y valor nutricional del pasto *Panicum maximum* cv. Mombaza a diferentes edades y alturas de corte. Costa Rica; 2009.
15. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Forrajes. España; 2009.
16. Salazar D, Cuichán M, Ballesteros C, Márquez J, Orbe D. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. ESPAC. ; 2017.
17. Inzunza S. Producción de maíz forrajero (*Zea mays*, L) bajo condiciones de fertilización orgánica y cero tratamientos de herbicidas y plaguicidas. México; 2010.
18. Sánchez I. Maíz I (*Zea mays*). Reduca (Biología). 2014; 7(2): p. 151-171.
19. Guillen-de la Cruz P, Velázquez-Morales R, De la Cruz-Lázaro E, Márquez-Quiroz C, Osorio-Osorio R. Germinación y vigor de semillas de poblaciones de maíz con diferente proporción de endospermo vítreo. Chilean journal of agricultural & animal sciences. 2018; 34(2): p. 108-117.
20. Fassio A, Carriquiry A, Tojo C, Romero R. Maíz: Aspectos sobre fenología. Uruguay: Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA; 1998.
21. Oñate L. Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (*Zea mays*) var. Blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas del cantón Cevallos. Cevallos-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2016.
22. Elizondo J, Boschini C. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. Agronomía Mesoamericana. 2002; 13(1): p. 13-17.
23. Lamela L, Sánchez T, Olivera Y, García R, Herrera M, González M. Evaluación del valor nutricional de los forrajes en un sistema silvopastoril. Pastos y Forrajes. 2019; 4(1): p. 57-67.

24. López G, Nuñez J, Aguirre L, Flores E. Dinámica de la producción primaria y valor nutritivo de tres gramíneas tropicales (*Melinis minutiflora*, *Setaria sphacelata* y *Brachiaria mutica*) en tres estados fenológicos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 2018; 29(2): p. 396-409.
25. Flavio M, Ramírez L, Ayala A, Ku J. Efecto de la edad de corte y la época del año sobre el rendimiento y calidad de *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Staff en Yucatán, México. *Journal of the Selva Andina Animal Science*. 2017; 4(2): p. 116-127.
26. Zaragoza J, Tadeo M, Espinoza A, López C, García J, Zamudio B, et al. Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2019; 10(1): p. 101-112.
27. Santana A, Pérez P, Figueredo M. Efectos del estado de madurez en el valor nutritivo y momento óptimo de corte del forraje napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) en época lluviosa. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2010; 1(3): p. 277-286.
28. Vargas-Rodríguez C. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agronomía Mesoamericana*. 2008; 19(2): p. 233-240.
29. Hernández M, López S, Jarillo J, Ortega E, Pérez S, Díaz P, et al. Rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena leucocephala* y *Megathyrus maximus* cv. Tanzania. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. 2020; 11(1): p. 53-69.
30. Pérez O, Afanador G. Comportamiento agronómico y nutricional de genotipos de *Brachiaria* SPP. Manejados con fertilización nitrogenada, solos y asociados con *Pueraria phaseoloides*, en condiciones de la Altillanura Colombiana. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 2017; 64(3): p. 52-77.
31. Elizondo J, Boschini C. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. 2001; 12(2): p. 181-187.
32. Cab F, Enríquez J, Pérez J, Hernández A, Herrera J, Ortega E, et al. Potencial productivo de tres especies de *Brachiaria* en monocultivo y asociadas con *Arachis pintoi* en Isla, Veracruz. *Técnica Pecuaria en México*. 2008; 46(3): p. 317-332.

33. Díaz-Nájera F, HM, Mena-Bahena A, Tejeda-Reyes M, Cuevas-Apresa Z. Rentabilidad de sistemas de producción de grano y forraje de híbridos de maíz, con fertilización biológica y química en trópico seco. *Terra Latinoamericana*. 2020; 38(1): p. 9-16.
34. Olguín JGR, Carranza J, Scopel E, Barreto O, Mancilla t, A.. Producción y rendimiento de maíz en cuatro tipos de labranza bajo condiciones de temporal Producción y rendimiento de maíz en cuatro tipos de labranza bajo condiciones de temporal. *Idesia (Arica)*. 2017; 35(1): p. 51-61.
35. Bolaños-Espinoza A, Bravo-Mojica H, Equihua-Martínez A, Trinidad-Santos A, Ramírez-Valverde G, Dominguez-Valenzuela J. Densidad y daños de plagas del maíz, bajo labranza convencional y de conservación. *Acta zoológica mexicana*. 2001;(83): p. 127-141.
36. Méndez B, González P, Yanmarit M. Plagas asociadas al cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en un área del estado Aragua, Venezuela. *Fitosanidad*. 2014; 18(3): p. 175-179.
37. Hernández R, Collado F, Batista L. Metodología de la investigación. México;; 2006.
38. INAMHI. Anuario meteorológico. Quito, Ecuador;; 2017.
39. Dagnino J. Análisis de varianza. *Revista Chilena de Anestesia*. 2014; 43: p. 306-310.
40. Gurrola F, Jáuregui R. Didáctica del teorema de Pitágoras. In Cantoral R, Fasarelli F, Garciadiego A, Stein R, Tzanakis C. *Proceedings of History and Pedagogy of Mathematics, The HPM Satellite Meeting of IMCE 11. Actas de Historia y Pedagogía de las Matemáticas, La HPM Reunión Mundial del ICME*. México: Centro cultural de México; 2008.
41. Cabezas J, Benítez A, Odio F, Proaño R, Maldonado G. Ganadería sostenible: guía de prácticas para el Noroccidente de Pichincha. Quito- Ecuador: Proyecto EcoAndes, Programa Bosques Andinos, CONDESAN; 2019.
42. Balzarini M, Gonzalez L, Tablada E, Casanoves F, Di Rienzo J, Robledo C. *InfoStat versión 2008. Manual del Usuario*. Argentina;; 2008.

43. Lagos T, Torres J, Benavides C. Comportamiento agronómico de poblaciones de maíz amarillo Zea mays L. en la región andina del departamento de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas. 2015; 32(1): p. 12-23.
44. Muñoz X, Comboza W, Lara E, Mendoza M, Mejia N, Lopez J, et al. Insecticidas biológicos para el control de Spodoptera frugiperda Smith, su incidencia en el rendimiento. Centro Agrícola. 2017; 44(3): p. 20-27.
45. Petruzzi H, Stritzler N, Ferri C, Pagella J, Rabotnikof C. Determinación de materia seca por métodos indirectos: utilización del horno a microondas. Boletín de divulgación Técnica. 2005; 88: p. 1-11.
46. Masson L. Métodos analíticos para la determinación de humedad, alcohol, energía, materia grasa y colesterol en alimentos. ; 1997.
47. AOAC. Official Methods of Analysis. USA;; 2000.
48. Moller J. Comparación de los métodos para la determinación de fibra en pienso y en los alimentos. España;; 2014.
49. Olivera O, Lopez R. Evaluación de la Producción de Biomasa en base a materia verde y seca y proteína bruta del Pasto Panicum maximum, Jacq, cv. Colonial sometido a tres frecuencias de corte en la zona seca de Managua, Nicaragua. Managua, Nicaragua ;; 1999.
50. Herrera C. Charla sobre la fenología del maíz y las generalidades del tiempo de cosecha. Mocache- recinto Maculillo;; 2021 Sep 8.
51. López P, Mcfield S. Efectos de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (zea mays) variedad NB6, en un invernadero no tradicional. Managua, Nicaragua;; 2013.
52. Africano D, García A, Velásquez W. Establecimiento de banco de forraje hidropónico como suplemento alimenticio para ganado bovino del Casanare en época de sequía. Ingeniería y Región. 2018; 20: p. 38-45.

53. Moreno I. Evaluación nutricional y económica de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) empleando grano comercial. Costa Rica;; 2018.
54. Salas L, Esparza J, Preciado P, Álvarez V, Meza J. Rendimiento, calidad nutricional, contenido fenológico y capacidad antioxidante de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) producido en invernadero bajo fertilización orgánica. Interciencia. 2012; 37(3): p. 215-220.
55. Araya M, Boschini C. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. Agronomía Mesoamericana. 2005; 16(1): p. 37-43.
56. Amador R, Boschini C. Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. Agronomía Mesoamericana. 2000; 11(1): p. 171-177.
57. Bernabé I. Alternativas tecnológicas para la producción de biomasa en el pasto mombaza (*Panicum maximum* cv.) en Manglaralto, Santa Elena. La Libertad-Ecuador;; 2015.
58. Tomalá N. Producción de forraje verde hidropónico bajo la aplicación de biofertilizantes. La Libertad;; 2021.
59. López-Aguilar R, Murillo-Amador B, Rodríguez-Quezada G. El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. Interciencia. 2009; 34(2): p. 121-126.
60. Maldonado R, Álvarez E, Acevedo D, Ríos E. Nutrición mineral de forraje verde hidropónico. Chapingo. Serie horticultura. 2013; 19(2): p. 211-223.
61. Arana D. Degradabilidad ruminal in-situ del pasto King grass (*Pennisetum purpureum*) fertilizado con cuatro niveles de nitrógeno cosechado a los sesenta días. Quevedo-Los Ríos-Ecuador;; 2018.
62. Suárez Y. Efecto de soluciones nutritivas y tiempos de cosecha en el rendimiento y calidad nutricional del forraje verde hidropónica de maíz (*Zea mays*) en Santa Elena. La Libertad-Ecuador;; 2015.

63. Cerrillo M, Juárez A, Reyes J, Rivera J, Guerrero M, Ramírez R, et al. Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia*. 2012; 37(12): p. 906-913.
64. Salas-Pérez L, Preciado-Rangel P, Esparza-Rivera J, Álvarez-Reyna V, Palomo-Gil A, Rodríguez-Dimas N, et al. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Tierra Latinoamericana*. 2010; 28(4): p. 355-360.
65. Lyons R, Manchen R, Forbes T. ¿Por que cambia la calidad del forraje de los pastizales? *AgriLife Ext*. 1999;; p. 1-8.
66. Ordaz R, Sosa E, Mendoza S, Améndola R, Reyes S, Ortega E, et al. Composición química del pasto King grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) a diferentes intervalos de corte. *Agroproductividad*. 2018; 11(5): p. 134-140.
67. López L. Producción de forraje verde hidropónico. Saltillo-Coahuila;; 2005.
68. IPADE. Guía técnica abonos orgánicos. Nicaragua;; 2009.
69. Dávila R. Evaluación de niveles de daños por el cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E Smith) y severidad de enfermedades foliares del sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench), y el efecto en el rendimiento, Tisma, Masaya, 2004. Nicaragua;; 2006.
70. Lezaun J. Oruga militar o Gusano cogollero un problema para los cultivos de maíz y sorgo. ; 2014.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos.

Anexo 1. Cronograma de actividades.

Actividades	2021						
	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov
Formulación del tema y Revisión Bibliográfica	X	X					
Presentación del anteproyecto de investigación al Coordinador de Carrera			X				
Aprobación del anteproyecto				X			
Inscripción en Unidad de titulación		X					
Fase experimental				X	X		
Recopilación de datos y Análisis del laboratorio					X	X	
Tabulación de los resultados					X	X	
Redacción de proyecto		X	X	X	X	X	
Elaboración de las Conclusiones y recomendaciones						X	
Designación del tribunal						X	
Revisión y valoración del proyecto de investigación por el tribunal						X	
Reunión de Consenso (Tribunal, director y estudiante)							X
Correcciones del proyecto					X		X
Defensa del proyecto de investigación, de acuerdo al calendario establecido por las Unidades Académicas							X

Anexo 2. Análisis de la varianza de la variable altura de planta (cm).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	55304	8	6913	79,95	<0,0001
Bloque	3386	3	1128,8	13,06	<0,0001
Cantidades de semillas (g)	1591	2	795,41	9,2	0,0001
Edades de cosecha	50044	1	50044	578,81	<0,0001
cantidades de semillas (g)*edad..	282,4	2	141,17	1,63	0,1965
Error	40723	471	86,46		
Total	96027	479			

Anexo 3. Análisis de la varianza de la variable presencia o ausencia de daños por el gusano cogollero.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1958,33	8	244,79	1,35	0,2943
Bloque	1025	3	341,67	1,88	0,1762
cantidades de semillas (g)	227,08	2	113,54	0,63	0,5486
Edades de cosecha	416,67	1	416,67	2,29	0,1507
cantidades de semillas (g)*edad..	289,58	2	144,79	0,8	0,4689
Error	2725	15	181,67		
Total	4683,33	23			

Anexo 4. Análisis de la varianza de la variable Biomasa en base a materia verde.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	333354083	8	41669260	1,51	0,2329
Bloque	8643712,5	3	2881237,5	0,1	0,9561
cantidades de semillas (g)	34583233	2	17291617	0,63	0,5471
Edades de cosecha	113143838	1	113143838	4,11	0,0608
cantidades de semillas (g)*edad..	176983300	2	88491650	3,21	0,0689
Error	413043213	15	27536214		
Total	746397296	23			

Anexo 5. Análisis de la varianza de la variable Biomasa en base a materia seca.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8208079,87	8	1026010	2,95	0,0337
Bloque	247172,52	3	82390,84	0,24	0,869
cantidades de semillas (g)	44192,19	2	22096,1	0,06	0,9386
edad de corte (d)	6644874,65	1	6644874,7	19,13	0,0005
cantidades de semillas (g)*edad..	1271840,51	2	635920,26	1,83	0,1943
Error	5209332,8	15	347288,85		
Total	13417412,68	23			

Anexo 6. Análisis de la varianza de la humedad total (%).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	99,85	8	12,48	10,45	0,0001
Bloque	6,97	3	2,32	1,95	0,1656
cantidades de semillas (g)	2,14	2	1,07	0,9	0,429
Edades de cosecha	89,98	1	89,98	75,35	<0,0001
cantidades de semillas (g)*edad..	0,76	2	0,38	0,32	0,7326
Error	17,91	15	1,19		
Total	117,76	23			

Anexo 7. Análisis de la varianza de la Materia seca (%).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	99,85	8	12,48	10,45	0,0001
Bloque	6,97	3	2,32	1,95	0,1656
cantidades de semillas (g)	2,14	2	1,07	0,9	0,429
Edades de cosecha	89,98	1	89,98	75,35	<0,0001
cantidades de semillas (g)*edad..	0,76	2	0,38	0,32	0,7326
Error	17,91	15	1,19		
Total	117,76	23			

Anexo 8. Análisis de la varianza de la materia inorgánica (%).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	57,31	8	7,16	2,89	0,0365
Bloque	6,11	3	2,04	0,82	0,5024
cantidades de semillas (g)	3,61	2	1,8	0,73	0,4994
Edades de cosecha	45,57	1	45,57	18,37	0,0006
cantidades de semillas (g)*edad..	2,03	2	1,01	0,41	0,6717
Error	37,21	15	2,48		
Total	94,52	23			

Anexo 9. Análisis de la varianza de la materia orgánica (%).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	57,31	8	7,16	2,89	0,0365
Bloque	6,11	3	2,04	0,82	0,5024
cantidades de semillas (g)	3,61	2	1,8	0,73	0,4994
Edades de cosecha	45,57	1	45,57	18,37	0,0006
cantidades de semillas (g)*edad..	2,03	2	1,01	0,41	0,6717
Error	37,21	15	2,48		
Total	94,52	23			

Anexo 10. Análisis de la varianza de la energía (Kcal/kgMS).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,53	8	0,44	1,34	0,30
Bloque	1,06	3	0,35	1,07	0,39
cantidades de semillas (g)	1,07	2	0,53	1,62	0,23
edad de corte (d)	0,96	1	0,96	2,9200	0,11
cantidades de semillas (g)*edad..	0,44	2	0,22	0,67	0,53
Error	4,95	15	0,33		
Total	8,48	23			

Anexo 11. Análisis de la varianza de la proteína bruta (%).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	114,62	8	14,33	1,61	0,20
Bloque	51,76	3	17,25	1,94	0,17
cantidades de semillas (g)	9,75	2	4,88	0,55	0,59
Edades de cosecha	44,25	1	44,25	4,98	0,04
cantidades de semillas (g)*edad..	8,86	2	4,43	0,5	0,62
Error	133,34	15	8,89		
Total	247,96	23			

Anexo 12. Análisis de la varianza de la fibra bruta (%).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5599,79	8	699,97	2,67	0,05
Bloque	3809,21	3	1269,74	4,84	0,02
cantidades de semillas (g)	541,12	2	270,56	1,03	0,38
edades de cosecha	165,9	1	165,9	0,63	0,44
cantidades de semillas (g)*edad..	1083,55	2	541,78	2,06	0,16
Error	3935,63	15	262,38		
Total	9535,42	23			

Anexo 13. Limpieza y cuadrado del terreno.



Anexo 14. Balizado del terreno y arado de las parcelas.



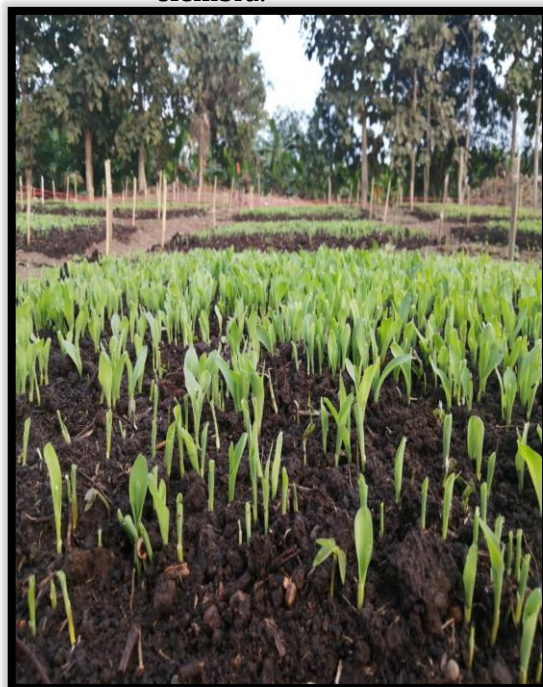
Anexo 15. Pesado y distribución de las semillas en las parcelas.



Anexo 17. Siembra del maíz híbrido INIAP H-551.



Anexo 16. Emergencia de las plantas a los cuatro días después de la siembra.



Anexo 18. Aplicación de fertilizante orgánico (biol) y agua mediante sistema de riego manual.



Anexo 19. Medición de la altura de la planta y cosecha de biomasa verde a los 15 días después de la emergencia.



Anexo 20. Peso de la biomasa verde a los 15 días de cosecha después de la emergencia.



Anexo 21. Visita técnica del Zamorano Carlos Herrera y de la Ing. Alexandra Barrera.



Anexo 22. Proceso del laboratorio (cortado del forraje a 2 cm e ingreso de las muestras a la estufa).



Anexo 23. Molido de las muestras secas y peso de muestras para la determinación de materia seca.



Anexo 24. Proceso de determinación de energía y proteína.

