



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE ORELLANA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE LA NUTRICIÓN Y DENSIDADES DE
SIEMBRA EN LA VARIEDAD DE MAÍZ INIAP 543-QPM CON
FINES FORRAJEROS EN EL CANTÓN LA JOYA DE LOS
SACHAS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: KEVIN ADRIÁN TORRES NAVARRETE

DIRECTOR: Ing. FABIÁN MIGUEL CARRILLO RIOFRÍO, MSc.

El Coca – Ecuador

2022

© 2022, Kevin Adrián Torres Navarrete

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, TORRES NAVARRETE KEVIN ADRIÁN, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El Coca, 30 de noviembre de 2022

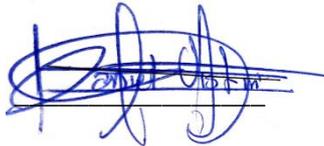


Kevin Adrián Torres Navarrete

220055533-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental, **EVALUACIÓN DE LA NUTRICIÓN Y DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA VARIEDAD DE MAÍZ INIAP 543-QPM CON FINES FORRAJEROS EN EL CANTÓN LA JOYA DE LOS SACHAS**, realizado por el señor **KEVIN ADRIÁN TORRES NAVARRETE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Allauca Palta Jose Luis, MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-11-30
Ing. Fabián Miguel Carrillo Riofrio, MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-30
Ing. Daniel Adrián Vistin Guamantaqui, MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-30

DEDICATORIA

Dedico a Dios por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mi padre Henry Torres y madre Fanny Navarrete quienes con su paciencia, esfuerzo, apoyo y sacrificio me han permitido llegar a obtener este gran logro. A mi familia “Torres Navarrete” por su apoyo incondicional durante todos estos años de formación y su empuje para la culminación de esta meta. A todos mis amigos y amigas quienes de una u otra manera me extendieron su mano en momentos difíciles y me brindaron su apoyo. Finalmente, este trabajo también va dedicado a todos los docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo quienes me impartieron sus experiencias y conocimientos durante todo el periodo de formación académica y de esta manera ayudarme adquirir los conocimientos suficientes para lograr un excelente desenvolvimiento como profesional.

Kevin

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por bendecir mi vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. A mis padres Henry Torres y Fanny Navarrete por ser los principales inspiradores de mi sueño, por confiar y creer en mis expectativas y potencial, por los consejos, valores, principios y apoyo tanto económico como moral que me han inculcado a lo largo de mi formación.

A mis compañeros y ahora colegas por todas las experiencias y momentos vividos, a mis amigos Erick Granda, Kevin Sanmiguel, que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda, buena voluntad y apoyo incondicional.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme realizar mis estudios y formarme como un profesional con reconocimiento. A todos los docentes que me impartieron sus conocimientos y experiencias para mi formación profesional. A los ingenieros Fabian Carrillo y Daniel Vistin, tutor y miembro del trabajo, por su apoyo, guía, paciencia y consejos durante la realización del trabajo de titulación.

A la Estación Experimental Central de la Amazonia (EECA) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) por abrirme las puertas de tan prestigiosa institución y permitirme realizar mi trabajo dentro del proyecto nominado “Investigación y difusión de tecnologías para la producción agroecológica y bienestar de las familias de la Circunscripción Territorial Especial Amazónica (CTEA). Fondo de Investigación de la Agrobiodiversidad, Semillas y Agricultura Sustentable (FIASA)”.

Un especial agradecimiento al ingeniero Carlos Congo y a su personal de apoyo laboral Víctor Castro y Gonzalo Pergüeza y Marlin Maza por toda su ayuda, paciencia y sustento para la realización del trabajo experimental.

Kevin

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	5
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	5
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
2.1. Antecedentes de la investigación	6
2.2. Referencias teóricas.....	7
2.2.1. <i>Maíz</i>	7
2.2.1.1. <i>Origen y distribución</i>	7
2.2.1.2. <i>Taxonomía</i>	7
2.2.1.3. <i>Botánica del maíz</i>	8
2.2.1.4. <i>Factores edafoclimáticos</i>	9
2.2.1.5. <i>Valor nutricional del maíz</i>	10
2.2.1.6. <i>Producción de maíz en Ecuador</i>	10
2.2.2. <i>El cultivo del maíz para el forraje</i>	11
2.2.3. <i>Importancia del maíz para el forraje</i>	11
2.2.4. <i>Maíz con alta calidad proteica</i>	11
2.2.4.1. <i>Variedad INIAP 543-QPM</i>	11
2.2.4.2. <i>Desarrollo de la variedad INIAP 543-QPM</i>	12

2.2.4.3.	<i>Rendimientos promedios en choclos y grano seco TM/ha de INIAP 543-QPM</i>	13
2.2.5.	<i>Densidades</i>	13
2.2.6.	<i>Fertilización</i>	14
2.2.6.1.	<i>Nitrógeno</i>	14
2.2.6.2.	<i>Fosforo</i>	14
2.2.6.3.	<i>Potasio</i>	15
2.2.6.4.	<i>Azufre y magnesio</i>	15

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	17
3.1.	Localización	17
3.1.1.	<i>Ubicación Geográfica</i>	17
3.1.2.	<i>Condiciones Edafoclimáticas</i>	18
3.2.	Materiales y Métodos	18
3.2.1.	<i>Materiales y equipos</i>	18
3.2.1.1.	<i>Biológicos</i>	18
3.2.1.2.	<i>Materiales</i>	18
3.2.1.3.	<i>Equipos</i>	18
3.2.2.	<i>Métodos</i>	18
3.2.2.1.	<i>Factores de estudio</i>	19
3.2.2.2.	<i>Características de la unidad experimental</i>	19
3.2.2.3.	<i>Tratamientos</i>	20
3.2.2.4.	<i>Diseño experimental</i>	20
3.2.2.5.	<i>Análisis estadístico</i>	21
3.2.3.	<i>Técnicas</i>	21
3.2.3.1.	<i>Manejo específico del ensayo</i>	21
3.2.3.2.	<i>Análisis de suelo</i>	22
3.2.3.3.	<i>Preparación del suelo</i>	23
3.2.3.4.	<i>Siembra</i>	23
3.2.3.5.	<i>Control químico pre-emergente de malezas e insectos plagas del suelo</i>	23
3.2.3.6.	<i>Fertilización</i>	23
3.2.3.7.	<i>Control químico de insectos plaga</i>	24
3.2.3.8.	<i>Control post emergente de malezas</i>	24
3.2.3.9.	<i>Cosecha del forraje</i>	24
3.3.	Variables evaluadas	24
3.3.1.	<i>Variables Morfológicas</i>	24

3.3.1.1.	<i>Altura de la planta</i>	24
3.3.1.2.	<i>Longitud de hoja</i>	24
3.3.1.3.	<i>Ancho de hoja</i>	24
3.3.1.4.	<i>Acame de raíz</i>	25
3.3.1.5.	<i>Acame de tallo</i>	25
3.3.1.6.	<i>Diámetro del tallo</i>	25
3.3.1.7.	<i>Número de hojas por planta</i>	25
3.3.2.	Variables Fisiológicas	25
3.3.2.1.	<i>Índice de verdor (Unidades SPAD)</i>	25
3.3.2.2.	<i>Índice de área foliar</i>	25
3.3.3.	Variables de Producción	26
3.3.3.1.	<i>Rendimiento de materia verde</i>	26

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	27
4.1.	Variables morfológicas	27
4.1.1.	<i>Altura de planta</i>	27
4.1.2.	<i>Diámetro de tallo</i>	28
4.1.3.	<i>Longitud de hoja</i>	29
4.1.4.	<i>Ancho de hoja</i>	30
4.1.5.	<i>Acame de raíz</i>	31
4.1.6.	<i>Acame de tallo</i>	33
4.1.7.	<i>Número de hojas por planta</i>	34
4.2.	Variables fisiológicas	35
4.2.1.	<i>Índice de verdor (Unidades SPAD)</i>	35
4.2.2.	<i>Índice de Área Foliar (IAF)</i>	37
4.3.	Variables de producción	38
4.3.1.	<i>Rendimiento de materia verde</i>	38

CONCUSIONES	40
-------------	-------	----

RECOMENDACIONES	41
-----------------	-------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Taxonomía del maíz.....	8
Tabla 2-2:	Descripción de la botánica del maíz.....	9
Tabla 3-2:	Valor nutricional del maíz	10
Tabla 4-2:	Características de la variedad INIAP 543-QPM.....	12
Tabla 5-2:	Rendimientos promedios de la variedad INIAP 543-QPM	13
Tabla 1-3:	Factores de estudio	19
Tabla 2-3:	Características de la unidad experimental	19
Tabla 3-3:	Combinación de factores (Densidades y Fertilización)	20
Tabla 4-3:	Análisis de varianza (ANOVA)	21
Tabla 5-3:	Manejo específico del ensayo	22
Tabla 6-3:	Resultados del análisis de suelo de la Granja San Carlos.....	22
Tabla 1-4:	ANOVA Altura de planta	27
Tabla 2-4:	Prueba de Tukey al 5% de variable altura de planta (factor fertilización).....	28
Tabla 3-4:	ANOVA Diámetro de tallo	28
Tabla 4-4:	ANOVA Longitud de hoja.....	29
Tabla 5-4:	ANOVA Ancho de hoja.....	31
Tabla 6-4:	Prueba de Tukey al 5% de variable ancho de hoja (factor fertilización)	31
Tabla 7-4:	ANOVA Acame de raíz	32
Tabla 8-4:	ANOVA Acame de tallo.....	33
Tabla 9-4:	ANOVA Número de hojas por planta	34
Tabla 10-4:	ANOVA Índice de verdor (Unidades SPAD)	36
Tabla 11-4:	ANOVA Índice de área foliar	37
Tabla 12-4:	Prueba de Tukey al 5% de variable IAF (factor densidad).....	37
Tabla 13-4:	ANOVA Rendimiento de materia verde	38

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Botánica del maíz	8
Ilustración 2-2:	Desarrollo de la variedad INIAP 543-QPM.....	13
Ilustración 1-3:	Mapa de ubicación del ensayo	17
Ilustración 1-4:	Diámetro de tallo (mm) 60 dds. Líneas verticales \pm DMS=1,63; Línea horizontal promedio= 18,44; EEM=0,32; R2=0,75.....	29
Ilustración 2-4:	Longitud de hoja (m) 60 dds. Líneas verticales \pm DMS=0,05; Línea horizontal promedio= 0,97; EEM=0,01; R2=0,56	30
Ilustración 3-4:	Acame de raíz (%) 60 dds. Líneas verticales \pm DMS=37,40; Línea horizontal promedio= 54,44; EEM=7,41; R2=0,85.....	32
Ilustración 4-4:	Acame de tallo (%) 60 dds. Líneas verticales \pm DMS=2,77; Línea horizontal promedio=2,76; EEM=0,55; R2=0,73	34
Ilustración 5-4:	Número de hojas por planta 60 dds. Líneas verticales \pm DMS=0,91; Línea horizontal promedio=11,28; EEM=0,18; R2=0,30.....	35
Ilustración 6-4:	Índice de verdor (unidades SPAD). Líneas verticales \pm DMS=6,73; Línea horizontal promedio=45,03; EEM=1,33; R2=0,42.....	36
Ilustración 7-4:	Forraje fresco (T/ha) 60 dds. Líneas verticales \pm DMS=5,78; Línea horizontal promedio=42,92; EEM=1,15; R2=0,96.....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ANÁLISIS DE COSTOS
- ANEXO B:** CROQUIS DEL ENSAYO
- ANEXO C:** ANÁLISIS ECONÓMICO DE BENEFICIO/COSTO
- ANEXO D:** TABLA RESUMEN DE PROMEDIOS GENERALES DE FACTORES Y TRATAMIENTOS
- ANEXO E:** PROMEDIOS DESTACADOS DE FACTORES Y TRATAMIENTOS EN VARIABLES
- ANEXO F:** RESULTADOS ANÁLISIS DE SUELO GRANJA SAN CARLOS
- ANEXO G:** RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO CON BARRENO Y MEDICIÓN DEL ÁREA DE ENSAYO
- ANEXO H:** PREPARACIÓN DEL SUELO
- ANEXO I:** DESINFECCIÓN DE SEMILLAS Y SIEMBRA
- ANEXO J:** EMERGENCIA (8 DDS)
- ANEXO K:** DOSIFICACIÓN DE FERTILIZANTE EDÁFICO
- ANEXO L:** RECONOCIMIENTO DE INSECTO PLAGA (GUSANO COGOLLERO)
- ANEXO M:** APLICACIÓN DE INSECTICIDA Y FERTILIZANTE EDÁFICO (15 DDS)
- ANEXO N:** APLICACIÓN DE INSECTICIDA Y FERTILIZANTE EDÁFICO (30 DDS)
- ANEXO O:** APLICACIÓN DE INSECTICIDA Y FERTILIZANTE EDÁFICO (45 DDS)
- ANEXO P:** EVALUACIÓN DE VARIABLES MORFOLÓGICAS
- ANEXO Q:** EVALUACIÓN DE VARIABLES FISIOLÓGICAS
- ANEXO R:** EVALUACIÓN DE VARIABLES DE PRODUCCIÓN

RESUMEN

El trabajo experimental consistió en evaluar la nutrición y densidades de siembra en la variedad de maíz INIAP 543-QPM con fines forrajeros en el cantón La Joya de los Sachas. La metodología se basó en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con arreglo factorial A x B en parcelas divididas, siendo el factor A, tres densidades de siembra de la variedad de maíz estudiada y el B, cuatro tipos de fertilizaciones: control, bajo, medio y alto, que conformaron doce tratamientos con cuatro repeticiones; las variables analizadas se categorizaron en tres tipos: primero, las variables morfológicas, siendo estas la altura, diámetro y número de hojas por planta, la longitud y ancho de hoja, el acame de raíz y acame de tallo segundo, variables fisiológicas, índice de verdor e índice de área foliar; y tercero, variable de producción, rendimiento de materia verde; estos datos recopilados de las variables se sometieron a un análisis de varianza y prueba de Tukey al 5 % para la separación de medias en el programa InfoStat. La mayor altura de planta y ancho de hoja se consiguió con la fertilización alta, 2,25 m y 9,61 cm; mayor diámetro, longitud de hoja y acame de tallo con densidad media y fertilización baja, alta y control, 19,53 mm, 1 m y 2%; menor acame de raíz y mayor número de hojas por planta con densidad baja y fertilización alta y media, 38,5 % y 11,45. El índice de área foliar más elevado se consiguió con una densidad alta, 7,53. El mayor peso fresco e índice de verdor se consiguieron con una mayor fertilización en densidad alta, 57,5 T/ha y 46,7 SPAD. Se recomienda usar densidades altas y fertilización alta para obtener mayores rendimientos en forraje fresco y Beneficio/Costo.

Palabras clave: <MAÍZ INIAP 543-QPM (*Zea mays*)>, <INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS DE ECUADOR (INIAP)>, <LA JOYA DE LOS SACHAS (CANTÓN)>, <ÍNDICE DE VERDOR>, <DENSIDAD DE SIEMBRA>, <FERTILIZACIÓN EDÁFICA>, <MAÍZ FORRAJERO>.

LEONARDO MEDINA
19-12-2022.



2419-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The experimental work consisted in evaluating the nutrition and planting densities of INIAP 543-QPM maize variety for forage purposes in Joya of Sachas parish. The methodology was based on a completely randomized block design (DBCA), with factorial arrangement A x B in divided plots, factor A being three planting densities the corn variety studied and factor B, four types of fertilization: control, low, medium and high, which formed twelve treatments with four replications; the variables analyzed were categorized into three types: first, morphological variables, being these height, diameter and number of leaves per plant, leaf length and width, root lodging and stem lodging second, physiological variables, greenness index and leaf area index; and third, production variable, green matter yield; these data collected from the variables were subjected to an analysis of variance and Tukey's test at 5% for the separation of means in the InfoStat program. The greatest plant height and leaf width were achieved with high fertilization, 2.25 m and 9.61 cm; greatest diameter, leaf length and stem lodging with medium density and low, high and control fertilization, 19.53 mm, 1 m and 2%; least root lodging and greatest number of leaves per plant with low density and high and medium fertilization, 38.5 % and 11.45. The highest leaf area index was achieved at high density, 7.53. The highest fresh weight and greenness index were achieved with higher fertilization at high density, 57.5 T/ha and 46.7 SPAD. It is recommended to use high densities and high fertilization to obtain higher fresh forage yields and Profit/Cost.

Key words: <MAIZE INIAP 543-QPM (Zea mays)>, <INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS DE ECUADOR (INIAP)>, <LA JOYA DE LOS SACHAS (CANTÓN)>, <GREENING INDEX>, <SEEDING DENSITY>, <EDAPHIC FERTILIZATION>, <FORAGE MAIZE>.

Elaborated by:



Lcda. Nancy de las Mercedes Barreno Silva. Mgs.

DOCENTE INGLÉS-ESPOCH

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays L.*) es un cereal que posee una gran importancia en la economía mundial, debido a los beneficios alimenticios para humanos y animales, además de ser fuente para varios productos industriales (Guamán et al., 2020, p. 48). Es el cultivo con mayor potencial en producción de carbohidratos por unidad de superficie por día (pc/us/d) lo que aumenta la demanda en varios países de América Latina (Ecuador, Perú, Colombia, entre otros) (Pérez y García, 2021, p. 132).

En el Ecuador el maíz desempeña un papel importante en la dieta de la población humana y animal, debido a la extensa área dedicada para su siembra es considerado uno de los cultivos más significativos en el país (Benalcázar y Hidalgo, 2019, p. 9). En la Región Amazónica del Ecuador (RAE) los productos agropecuarios con mayor generación de ingresos son: maíz, café, cacao, ganado bovino, arroz, yuca, verde y malanga (Guerrero, 2021, p. 171). Los pueblos nativos de la zona describen al maíz como un “generador de vida” debido a su uso como alimento personal (Villalta, 2019, p. 12). De acuerdo con la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) en la RAE las provincias de Orellana y Sucumbíos poseen mayor superficie cultivada (16 420 has) y de producción en maíz (90,71%) (ESPAC, 2020, p. 39). El maíz es el segundo rubro en el Cantón La Joya de los Sachas con una alta superficie cultivada con un valor aproximado de 3 580 has. En el Cantón el 22,93 % del territorio se dedica a labores agropecuarias entre ellos el cultivo de pastizales para ganado, sin embargo, la demanda lechera y cárnica de ganado vacuno es relativamente baja debido a la falta de calidad en el pasto. Para ello establecer medidas que suplanten el pasto forrajero es significativa (GADMCJS, 2019, p. 51).

El maíz forrajero es una especie de ciclo corto con un alto valor nutricional y calidad, lo que resulta una alternativa ideal cuando no existe disponibilidad de pasto forrajero para el consumo en hatos (Carpio, 2018, p. 12), sin embargo, no se aprovechan sus beneficios nutricionales en los animales debido a falta de conocimiento sobre este cultivo. Para un correcto manejo de la planta de maíz como forraje es vital emplear densidades de siembra adecuadas y una correcta nutrición de la planta (Amaiquema, 2019, p. 37). La densidad poblacional del maíz es uno de los factores que determinan la producción de forraje con excelentes características nutricionales (Camarasa et al., 2019, p. 38). Otro factor crucial para obtener maíz forrajero óptimo como alimento para rumiantes es la adecuada fertilización basada en análisis de suelo y recomendaciones generales que ayudan aumentar la resistencia a plagas y enfermedades, acames y déficit nutricional entre otros (INTAGRI, 2021, párr. 1), por ende, la producción de leche y carne mejora e incrementa la demanda en el mercado.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

El maíz (*Zea mays L.*) es considerado uno de los cereales más importantes en todo el mundo, debido a su gran adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, generando una amplia gama variedades genéticas mejoradas con el fin de obtener una alta producción en alimento para humanos y animales. Actualmente la planta de maíz es utilizada en su totalidad para varios usos, principalmente en alimentación para ganado. Esta gramínea es considerada como un forraje o ensilado de excelente calidad para bovinos (Sánchez et al., 2019, p. 700). Proveer un alimento al ganado vacuno de calidad con altos contenidos de energía en materia seca y forraje verde es necesario para alcanzar rendimientos productivos óptimos (Vargas, 2020, p. 31).

En Ecuador uno de los principales cultivos transitorios es el maíz, ya que forma parte de la alimentación de la población, se relaciona con costumbres y tradiciones de la zona, además de representar un rubro económico alto en producción de grano, también es usado en la industria alimenticia (forraje) y balanceados. En épocas de escases, debido a sequías y cambio climático este cultivo se adapta y produce alimento en cantidad y calidad para el ganado (Albán et al., 2021, p. 7). Es un cultivo palatable y con grandes valores nutritivos que generalmente se produce para forraje verde y su cosecha se da cuando esta los granos de la mazorca están en un estado lechoso o pastoso, las hojas se encuentran verdes y se obtiene una sola cosecha (Amat, 2019, p. 7). Según Bustamante (2020, p. 13) el estado lechoso y pastoso duro es la condición ideal para cosecha y conservación del maíz forrajero; la materia seca (MS) ostenta del 25% a 31% y 5.7% a 6.7% de proteína cruda (PC), 55% a 59% en fibra neutro detergente (FDN), 36% de fibra ácida detergente (FDA) y 67% de digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS). Esta especie dependerá de factores como densidad de siembra y fertilización para producir un forraje de calidad. El empleo de altas densidades poblacionales en maíz mejora el uso del suelo y aumenta el rendimiento de la planta por unidad de superficie (Amaiquema, 2019, p. 2). El segundo factor importante de considerar es la fertilización, debido que el rendimiento del cultivo y la calidad dependerá de la nutrición de la planta (Rodríguez, et al., 2021, p. 2).

En la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, fue presentado el trabajo experimental de pregrado nombrado “Efecto de la nutrición de densidades de siembra de un híbrido promisorio de maíz forrajero en Quevedo” desarrollado por Leonardo Steven Amaiquema Rodríguez, como requisito de obtención al título de ingeniero agrónomo.

Por medio del estudio se evaluó tres densidades poblacionales y cinco niveles de fertilización más un testigo absoluto, mediante la estimación de variables agronómicas para determinar el tratamiento de mayor producción en fitomasa forrajera del promisorio en la zona de Quevedo. La metodología utilizada fue diseño de bloques completamente al azar con parcelas divididas, se empleó análisis de varianza y los promedios fueron sometidos a la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. Los factores evaluados fueron: tres densidades de siembra (100 000, 115 000 y 130 000 pl ha⁻¹) y cinco tratamientos de fertilización más un testigo (T, N, NP, NPK, NPKS, NPKSMg) por cada una de las densidades. Los resultados obtenidos indican que la mayor producción de forraje fresco pertenece a la densidad de 130 000 pl ha⁻¹, con fertilización NPKS, obteniéndose un rendimiento de 76,80 t ha⁻¹. Sin embargo, el tratamiento más alcance económico se obtuvo con la densidad 100000 pl ha⁻¹ y fertilización N, con el mayor beneficio neto de \$5780.

1.2. Planteamiento del problema

En la Joya de los Sachas la producción y disponibilidad de pastos de buena calidad es baja, por ende, el no disponer de alimento en épocas de escases y cambios climatológicos provoca un descenso en la productividad de los animales, esta práctica en su mayoría es realizada por pequeños productores que no tienen en cuenta alternativas para alimentar a sus animales y mejorar su rendimiento (Pérez y García, 2021, p. 133). Los ganaderos desconocen las propiedades benéficas de producir maíz forrajero, y su uso como alternativa factible en épocas donde escasea el alimento para el ganado bovino (Carpio, 2018, p. 2). Para obtener un forraje de calidad, es necesario un correcto manejo del cultivo, fertilización y densidad de siembra adecuada, de esta manera se aprovecha en gran cantidad la fitomasa forrajera de excelente calidad que produce el maíz para incrementar productividad del ganado (Villamil, 2017, p. 14).

1.3. Justificación

La Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2020a, párr. 12), indica que en la región Amazónica la superficie sembrada de pastos cultivados es 392.871 y pastos naturales 54.885 has. En la provincia de Orellana existe 12.31% de pastos cultivados y 7,66% de pastos naturales; en Sucumbíos 26,60% de pastos cultivados y 11,29% de pastos naturales, y en Morona Santiago 28,91% de pastos cultivados y 55,26% de pastos naturales.

Los pastos defectuosos en calidad nutricional no cubren las necesidades básicas alimentarias de los bovinos, así mismo, en los pastizales tradicionales no se emplea un manejo técnico y cultural apropiado. Del forraje suministrado a los animales depende su salud y, por ende, la calidad de sus productos. Además, la deficiencia de alimentación en época seca o excesos climáticos, provocan decrecimiento en la producción ganadera (Carpio, 2018, p. 2).

El 22,93% del territorio Cantonal de La Joya de los Sachas (23.934 hectáreas de pastos) está dedicado a la ganadería de bovinos extensivo, es decir constituyen pastos de forraje para animales como ganado de carne doble propósito, 18,34 % dedicado en el uso agrícola extensivo, 3,20 % en uso agrícola intensivo, sin embargo, la calidad del pasto forrajero es baja, por ende, el rendimiento y la calidad cárnica y lechera del ganado bovino es baja (GADMCJS, 2019, p. 51).

La Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2020, párr. 9) menciona que la superficie sembrada en la provincia de Orellana de maíz duro seco es 9 339 has, la cosechada es de 9 057 has, la producción es de 19 565 Tm y ventas de 17 236 Tm. El segundo rubro de mayor superficie cultivada en el Cantón La Joya de los Sachas es el maíz amarillo duro con un valor estimado de 3.580 hectáreas (GADMCJS, 2019, p. 119). El maíz es una planta usada para consumo humano y animal. Debido al alto valor nutritivo ya sea como forraje fresco, ensilado o rastrojo se utiliza para la alimentación en ganado y elevar la producción y calidad cárnica y lechera. Su correcto crecimiento y desarrollo depende del manejo agronómico empleado en el cultivo.

Uno de los factores más importantes para la producción de fitomasa forrajera de calidad es la densidad de siembra. Otro factor es una fertilización apropiada, si no se suministra correctamente los nutrientes, la producción y rendimiento será baja (Camarasa et al., 2019, p. 38). Es de gran importancia mantener una producción en cantidad y calidad de forraje para asegurar que el ganado mantenga una alta productividad y de esta manera evitar escases de alimento bovino y pérdidas económicas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de densidades de siembra y fertilización sobre los parámetros morfológicos, fisiológicos y productivos en la variedad de maíz INIAP 543-QPM para fines forrajeros en el cantón La Joya de los Sachas.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de densidades de siembra y niveles de fertilización en la variedad de maíz INIAP 543-QPM mediante la estimación de variables morfológicas.
- Identificar el efecto de los tratamientos sobre la fisiología en la variedad de maíz INIAP 543-QPM, a través de la cuantificación del índice de área foliar y el contenido de clorofila.
- Estimar la respuesta de forraje verde de la variedad de maíz INIAP 543-QPM por efecto de las densidades de siembra y fertilización edáfica, mediante la evaluación del rendimiento de planta entera (hoja, tallo y mazorca).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la investigación

Tal como lo menciona Limongi et al. (2019, pp. 1-2) en su tríptico sobre el choclo INIAP 543-QPM esta especie es considerada una variedad sintética de libre polinización, se ha desarrollado en zonas litorales del Ecuador y es muy comercializada por sus usos gastronómicos y agroindustriales. En este documento se describen a breves rasgos la preparación del terreno, así como a la densidad de siembras, fertilización, manejo de malezas y plagas, origen, desarrollo, características, usos, época de siembra y material de siembra.

Por otro lado, Amaiquema (2019, p. 37) en su trabajo titulado “Respuesta de un híbrido promisorio de maíz forrajero a las densidades de siembra y fertilización en la zona de Quevedo” menciona que el maíz es una Poacea que tiene diferentes utilidades, tales como alimentación humana, agroindustrial y fuente importante de forraje. La investigación buscaba obtener altos rendimientos de biomasa de un híbrido promisorio de maíz como alternativa de alimentación forrajera para el ganado mediante la determinación de distanciamiento de siembra y fertilización adecuada para la zona de Quevedo. El mismo que se desarrolló bajo un método inductivo, deductivo, deductivo-inductivo y experimental. Al tener como resultado principal la producción de forraje fresco la interacción de 130 000 pl ha⁻¹, con fertilización NPKS, originó el mayor rendimiento, con 76,80 t ha⁻¹. Finalmente se pudo concluir en la investigación el uso de fertilizante influye en la floración, producción de área foliar, asimismo la implantación de la densidad afecta positivamente al índice de proliferación.

Según Amat (2019, p. 54) en su investigación titulada “Comportamiento agronómico de un híbrido promisorio de maíz forrajero (*Zea mays* L.), durante la época lluviosa en las zonas ganaderas del Ecuador” buscó identificar y evaluar el comportamiento de un híbrido de maíz y comparó esos resultados con otros materiales genéticos. El estudio fue de tipo experimental y utilizó el método científico bajo el diseño de bloques. Dentro de los principales resultados se puede destacar que la mayor productividad de maíz forrajero se obtuvo en Pichelingue y Chone. El autor concluye que el maíz forrajero produce excelentes resultados y que es factible sembrarlo en épocas lluviosas.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Maíz

El maíz (*Zea mays L*), es una especie de origen tropical que se ha convertido en el principal cultivo de cereales del mundo en términos de producción total, la mayor parte del grano de maíz producido se utiliza como alimento para animales, pero en algunas regiones menos desarrolladas, el maíz es un alimento básico (Sharma et al., 2022, p. 285; Swaminathan, 2021, párr. 1). La asombrosa capacidad del maíz para adaptarse genéticamente a una amplia gama de condiciones y para producir grandes rendimientos de grano rico en almidón y con algo de proteína y grasa ha llevado a su éxito como cultivo mundial (Vera, 2020, p. 15).

Zea mays es un miembro de la familia de las gramíneas y es una de las especies de plantas más diversas (Betancourt, 2019, p. 16). Las plantas de maíz contienen estructuras reproductivas tanto masculinas como femeninas y se reproducen tanto por polinización cruzada como por autopolinización (Hernández et al., 2018, p. 9).

2.2.1.1. Origen y distribución

Se cree que el maíz se originó hace 55 a 70 millones de años en lo que ahora es América Central o América del Sur y desde entonces se ha diversificado en casi 10 000 parientes no domésticos, se menciona que a Ecuador llegó hace aproximadamente 4300 años (Iglesias et al., 2018, p. 25). A pesar de que las investigaciones referentes a la especie de origen son escasas, investigadores mencionan que fue domesticado a partir de su progenitor silvestre, el teosinte (*Zea mays ssp. parviglumis*), en las actuales tierras altas de México alrededor del año 9000 AC (Scanlon, 2018, p. 113).

2.2.1.2. Taxonomía

La descripción taxonómica del maíz se detalla en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Taxonomía del maíz

Taxonomía	Categoría
Reino	Vegetal
División	Espermatofitas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Monocotiledóneas
Orden	Gumifloras
Familia	Gramíneas
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Zea mays</i> L.

Fuente: (Vera Tandazo, 2020, p. 16).

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

2.2.1.3. Botánica del maíz

El maíz es una planta tropical constituida de abundantes hojas, tallo erecto, y raíces fibrosas. En la Ilustración 1-2 se pueden observar las diferentes partes que compone a la planta y en la Tabla 2-2 se describen detalladamente cada una de las partes que compone a esta especie.

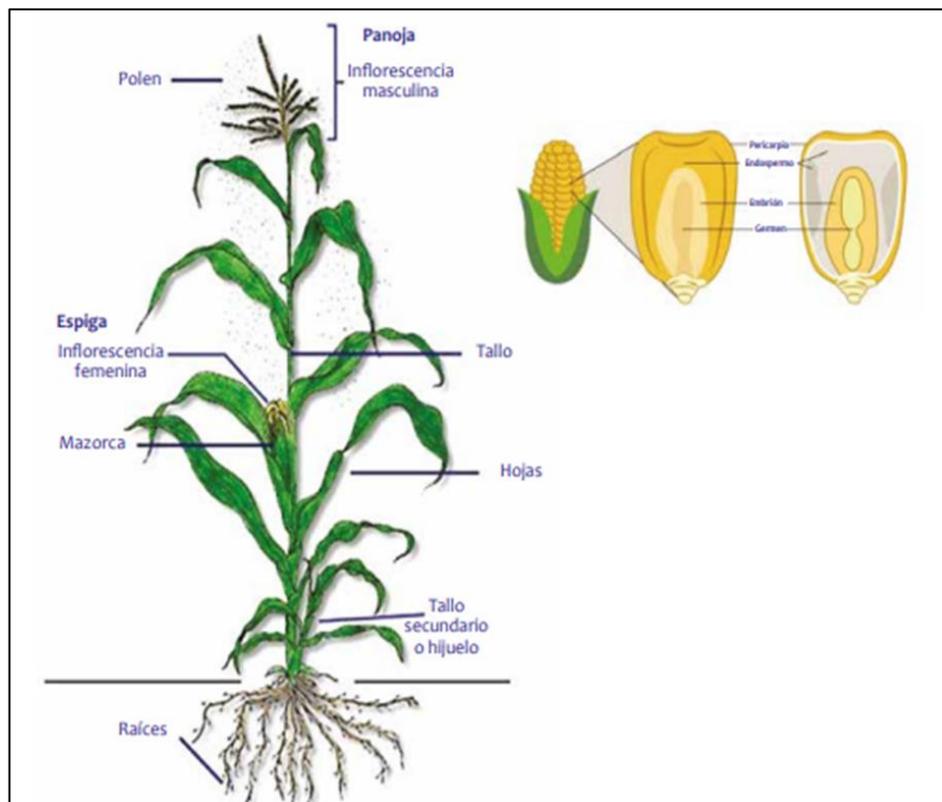


Ilustración 1-2: Botánica del maíz

Realizado por: (Zambrano et al., 2021, p. 19).

Tabla 2-2: Descripción de la botánica del maíz

Parte	Descripción
Raíz	El tipo de raíz es fibrosa y fasciculada y tiene como principal función la absorción de nutrientes y anclaje de la planta.
Tallo	Es parte erecta y robusta de la planta, sin ramificaciones y aquella que brinda soporte al resto de la planta. Generalmente posee un diámetro de 3cm y una altura que borde de 1 a 4 metros dependiendo de la especie.
Hoja	Se caracterizan por su ser hojas largas y grandes, de forma lanceoladas ubicadas alrededor del tallo en forma paralela. Miden alrededor de 1.5 m de largo y de 6-0.10 m de ancho.
Inflorescencia	Es de tipo monoica puesto que posee flores femeninas y masculinas, en el caso de la inflorescencia masculina se ubican en la espiga, contiene una cantidad considerable de polen y presenta 3 estambres donde se desarrolla el polen. Por el contrario, la inflorescencia femenina se encuentra en las yemas axilares y a diferencia de las masculinas contiene menos cantidad de polen sin embargo este tipo de flor es la que se convierte en mazorca.
Mazorca	Es de contextura compacta y generalmente cubierta por hojas y en algunos casos dichas hojas cubren completamente la mazorca.
Grano	Se desarrollan en la espiga (flor femenina de la planta) y está ubicado en formas de hileras longitudinales.

Fuente: (Romero y Ruíz, 2021; Saltos, 2018; Saltos y Solórzano, 2021).

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

2.2.1.4. Factores edafoclimáticos

Según Saltos (2018, p. 11) las condiciones óptimas para el crecimiento del maíz respecto a la temperatura bordean los 25 a 30 °C y la germinación de semillas debe desarrollarse en temperaturas aproximadas a los 20 °C, si se sobrepasan los límites máximos y mínimos se pueden presentar problemas serios de absorción de nutrientes y agua. Por otro lado, el pH óptimo para este tipo de gramínea es de 6 a 7, se desarrollan mejor en suelos profundos, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica.

De la misma forma Romero y Ruíz (2021, p. 6) que la temperatura idónea es de 18 a 30°C las precipitaciones juegan un papel importante puesto que se requieren de un promedio de 650 a 1300mm de lluvia al año, por ende, esta especie se desarrolla mejor en zonas húmedas. Además, los suelos deben tener un pH de 5.5 a 6.5 y su textura debe ser franca a franca-arcillosa o limosa, profundos y sin peligro de erosión.

2.2.1.5. Valor nutricional del maíz

En la tabla 3-2 se describe la composición nutricional del maíz expuestas por dos autores.

Tabla 3-2: Valor nutricional del maíz

Componente	Urango en 2018	ICBF en 2018
Humedad (%)	11,3	
Proteína (Nx6,25)	8,8	9,4
Lípidos	3,8	4,7
Carbohidratos disponibles	65,0	74,5
Fibra	9,8	7,3
Minerales	1,3	-

Fuente: (ICBF, 2018; Urango, 2018).

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

2.2.1.6. Producción de maíz en Ecuador

El maíz (*Zea mays L.*) es un cultivo de gran importancia económica a nivel mundial, ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales (Guamán et al., 2020, p. 48). En Ecuador, se han examinado 29 razas de maíz, de las cuales la mayoría (17) pertenecen a la Sierra, por ende, esta región contiene mayor variedad genética por área respecto a la especie de maíz (Valenzuela et al., 2019, p. 41).

En Ecuador es considerado una actividad importante para la economía del país puesto que es sustento de muchas familias ya que grandes cantidades de suelo son destinadas al cultivo de maíz a nivel nacional (García et al., 2020, p. 170), generalmente esta especie es más común en las zonas costeras de la república ecuatoriana (menos de 1200 m s.n.m.) (Zambrano y Andrade, 2021, p. 144).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2021, p. 10) menciona que 341.3 miles de has son destinadas al cultivo de este tipo de gramínea, lo cual representa un crecimiento del 5.7% respecto al año 2019. Las principales provincias son Manabí, Los ríos y Guayas, ya que contemplan más del 80% de la superficie destinada a la cosecha de maíz. Además, la Corporación Financiera Nacional (2021, p. 22) menciona que para el año 2019 eran 36 las empresas dedicadas al sector de maíz, sin embargo, para el 2020 la producción disminuyó en un 2%, al igual que las exportaciones e importaciones en un 39% y 25%, respectivamente.

2.2.2. El cultivo del maíz para el forraje

Según Zambrano et al (2021, p. 103) menciona que el maíz forrajero es usado para nutrición de ganado y la densidad de siembra será aproximadamente de 40 kg de semilla por hectárea. Se siembra en hilera, con intervalos de distancia de 80 cm. La cosecha de esta especie se lo realiza cuando el grano está en estado pastoso. En general, el maíz para ensilaje tiene una concentración del 49 % y 68% de carbohidratos y humedad respectivamente, convirtiéndose así en un elemento excelente para la subsistencia del ganado por sus nutrientes, digestibilidad y degradabilidad (Romero y Romero, 2019, p. 33).

2.2.3. Importancia del maíz para el forraje

Amat (2019, p. 9) menciona que en la actualidad es importante optimizar la fuente de alimento de animales domésticos y una forma de mejorar drásticamente la utilización de los alimentos, es conocer y aplicar con precisión las propiedades nutritivas que brindan en la dieta de los animales, se ha demostrado que la condición corporal de los animales, así como el consumo y el tipo de proteína, afectan el rendimiento y las respuestas reproductivas de los animales.

El forraje se compone de muchas fracciones diferentes, que se pueden clasificar en lípidos, azúcares, ácidos orgánicos, nitrógeno no proteico (NNP), proteínas solubles, fibras unidas a proteínas, pectina, hemicelulosa, celulosa y lignina (Amat, 2019, pp. 15-18).

2.2.4. Maíz con alta calidad proteica

La proteína de maíz de alta calidad contiene casi el doble de los aminoácidos lisina y triptófano. Estos aminoácidos son esenciales en la nutrición de humanos y animales monogástricos (Medina, 2019, p. 17).

2.2.4.1. Variedad INIAP 543-QPM

INIAP 543-QPM es una variedad sintética de libre polinización, originario del ACROSS-8363 interpuesta del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y perfeccionada por el Programa de Maíz de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP. Se desarrolló principalmente en el litoral ecuatoriano y tiene usos gastronómicos e industriales. En la tabla 4-2. Se describen las principales características de la variedad INIAP 543-QPM (Limongi et al., 2019, p. 2).

Tabla 4-2: Características de la variedad INIAP 543-QPM

Descriptores	Datos agronómicos	Media / Moda	Valor mínimo	Valor máximo
Tipo de variedad	Libre polinización			
Altura de la planta (cm)		261.4	175.0	315.0
Altura de inserción de la mazorca (cm)		142.3	80.0	176.0
Floración femenina (días)	Precoz	55.0	50.0	64.0
Acame de raíz (%)	Resistente	1.0	0.0	24.0
Acame de tallo (%)	Resistente	1.6	0.0	16.0
Tipo de mazorca	Cónica-Cilíndrica			
Cobertura de la mazorca	Buena	2	2	2
Longitud de la mazorca (cm)		18.3	16.2	20.7
Diámetro de mazorcas (cm)		4.5	2.8	5.0
Color del grano	Blanco			
Textura del grano	Delgado			
Peso 1000 semillas (g)		373.7		
Cosecha en choclos	75-80 días			
Ciclo vegetativo	120 días			
Proteína total (%)		8.95		
Triptófano (%)		0.074		
Lisina (%)		0.396		
Índice de calidad		0.827		
<i>Puccinia sorghi</i>		1	1	2
<i>Cercospora zae-maydis</i>		1	0	3
<i>Helmiknthosporium maydis</i>		3	2	4
<i>Curvularia lunata</i>		3	3	4

Fuente: (Limongi Andrade et al., 2019: p. 2).

Elaborado por: Torres, Kevin, 2022.

2.2.4.2. Desarrollo de la variedad INIAP 543-QPM

En la siguiente ilustración 2-2 se describe el desarrollo evolutivo de la variedad INIAP 543-QPM.

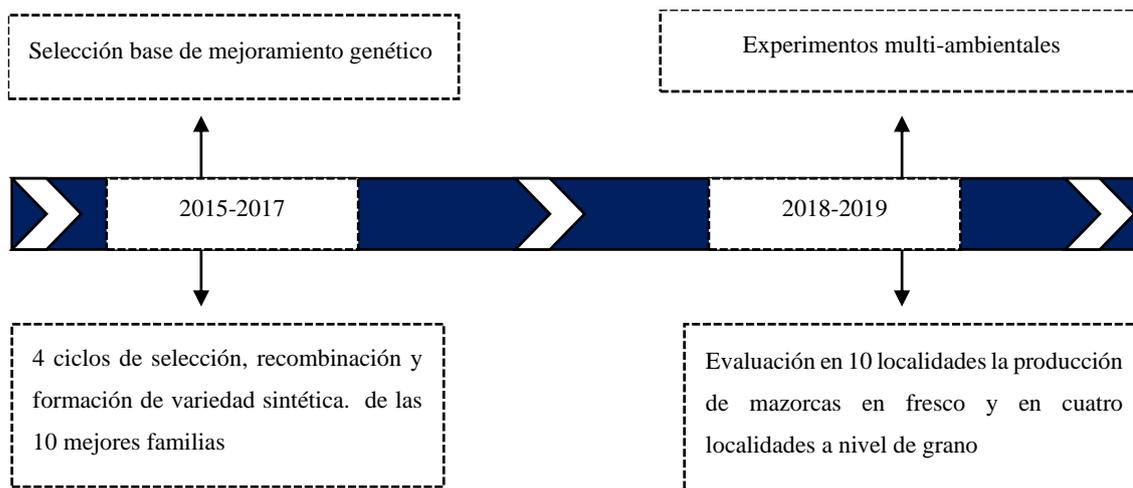


Ilustración 2-2: Desarrollo de la variedad INIAP 543-QPM

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

2.2.4.3. Rendimientos promedios en choclos y grano seco TM/ha de INIAP 543-QPM

Tabla 5-2: Rendimientos promedios de la variedad INIAP 543-QPM

Provincia	Localidad	Rendimiento/ha			
		Riego (2018)		Lluvia (2019)	
		Choclos	Grano (TM)	Choclos	Grano seco (TM)
Manabí	Estación experimental de Portoviejo	47104	6.3	43917	2.9
	Lodana	42500		44217	
	Calceta	52417			3.0
Los ríos	Estación Experimental Tropical Pichilingue	42677	2.9	32760	
Guayas	Balzar	46219		38427	
Santa Elena	El Azúcar	31344			

Fuente: (Limongi Andrade et al., 2019: p. 2).

Elaborado por: Torre, Kevin, 2022.

2.2.5. Densidades

Tal como menciona Demanet y Canales (2020, p. 19) la siembra se hace en línea con máquinas de precisión a distancia definitiva, con una cantidad entre 100.000 y 105.000 semillas/ha con el objetivo de lograr una densidad de 10 plantas/m², poblaciones inferiores o superiores pueden generar modificación en la cosecha, además es importante tratar estos cultivos con insecticidas y fungicidas que reduzcan el riesgo a diferentes. Asimismo, la densidad depende de la fertilidad,

genotipo y manejo agronómico del cultivo, además la densidad para el forraje es mayor que para la producción de grano (Amat, 2019, p. 7).

2.2.6. Fertilización

La fertilidad adecuada del suelo es imprescindible para una buena producción de maíz. Los requisitos de fertilidad dependen de los objetivos de rendimiento, los niveles de fertilidad del suelo y los sistemas de cultivo (Capetillo et al., 2021, p. 1638). El manejo equilibrado de la fertilidad es necesario para producir maíz y obtener más ganancias, además los rendimientos de maíz a menudo están limitados por el bajo pH del suelo y las deficiencias o toxicidades de nutrientes. Los problemas severos de fertilidad del suelo también pueden promover otros estreses porque reducen la salud de las plantas (Barrera, 2021, p. 32).

2.2.6.1. Nitrógeno

Es importante administrar el nitrógeno (N) por razones financieras y ambientales, además que el maíz puede usar más nitrógeno que el que puede suministrar el suelo o el aire. El manejo del nitrógeno en la producción de cultivos es una preocupación para algunos debido al posible movimiento hacia las aguas subterráneas y superficiales (Acosta, 2021, p. 9).

Las plantas de maíz con una deficiencia de nitrógeno al principio adquieren un aspecto pálido de color verde amarillento, las hojas a menudo desarrollan un color amarillento en un patrón de V invertida que comienza en las puntas de las hojas más bajas o más viejas y si la deficiencia empeora, el tejido de la hoja puede “dispararse” o morir en el mismo patrón descrito anteriormente (Solis, 2019, pp. 19-20).

La pérdida de nitrógeno debido a la saturación del suelo ocurre principalmente a través de la desnitrificación, particularmente en suelos pesados y arcillosos, dicha desnitrificación ocurre cuando los microorganismos convierten el nitrógeno de nitrato en gas nitrógeno, mismos que luego escapan al aire (Amay y Torres, 2022, p. 17). Las temperaturas cálidas del suelo aceleran este proceso, investigaciones indican que las tasas de desnitrificación varían de 2 a 3 por ciento por día a temperaturas del suelo de 55 a 65 °F. Las tasas de desnitrificación aumentan a alrededor del 5 por ciento por día cuando la temperatura del suelo es más cálida (Pérez, 2019, pp. 5-6).

2.2.6.2. Fosforo

La nutrición con fósforo es importante para la madurez del cultivo, el desarrollo de raíces y tallos, y la transferencia y el almacenamiento de energía (Espinoza et al., 2019, p. 14). Las plantas jóvenes de maíz a menudo se vuelven moradas si tienen una deficiencia de fósforo, esta coloración aparece

primero en las puntas inferiores de las hojas y se mueve a lo largo de los márgenes de las hojas hasta que toda la hoja se ve morada, por el contrario, aplicaciones excesivas disminuye el rendimiento del cultivo (Gavilánez y Gómez, 2022, p. 2).

Las plantas jóvenes a menudo desarrollan síntomas de deficiencia de fósforo cuando se exponen a condiciones de crecimiento cálidas y soleadas justo después de condiciones frescas y húmedas, este patrón climático hace que la vegetación crezca más rápido de lo que las raíces pueden mantener (Aguilar, 2019, p. 10). Como resultado, las plantas no pueden obtener suficiente fósforo para sustentar el crecimiento, esto es especialmente un problema para las plantas jóvenes porque sus sistemas de raíces son pequeños y el fósforo no se mueve mucho en el suelo. Las plantas normalmente se recuperan cuando las buenas condiciones de crecimiento promueven la expansión de las raíces y permiten una mayor absorción de nutrientes (Palomares, 2021, p. 24).

La deficiencia de fósforo es muy común cuando se cultiva maíz después del arroz, puesto que la ausencia de una inundación cambia los fosfatos ferrosos, que las plantas pueden usar, a fosfatos férricos, que las plantas no pueden usar. También es común cuando el maíz se cultiva en rotación con algodón o soya, porque el maíz usa casi el doble de fósforo que el algodón y la soya (Bajaña, 2020, p. 9).

2.2.6.3. Potasio

El maíz requiere tanto potasio como nitrógeno, el potasio es necesario para construir tallos fuertes, combatir enfermedades y mover el agua dentro de la planta (Espinoza et al., 2019, p. 14). El síntoma principal de la deficiencia de potasio es la clorosis (coloración amarillenta) seguida de necrosis (muerte del tejido) a lo largo de los márgenes inferiores de las hojas, comenzando en la punta de la hoja (Valero, 2019, p. 23). La deficiencia de potasio puede ser más probable en los sistemas de labranza cero, donde el esparcidor de la cosechadora afecta la distribución de los residuos del cultivo, puesto que la acumulación de los residuos detrás de la cosechadora propicia que los bordes del patrón tengan menos potasio y además estas áreas son más propensas a desarrollar deficiencia en la próxima cosecha (Aragón et al., 2020, p. 83).

Puede aplicar fertilizante de potasio en el otoño porque, al igual que el fósforo, el potasio es relativamente inmóvil en la mayoría de los suelos. Pero el potasio se lixivia en suelos arenosos con capacidad de intercambio catiónico (CEC) inferior a 8,0. Se recomienda la aplicación en primavera o en temporada en estos suelos (Sánchez y Curetti, 2021, p. 123).

2.2.6.4. Azufre y magnesio

Las deficiencias de azufre y magnesio son más probables en suelos arenosos con menos del 1 por ciento de materia orgánica, especialmente durante condiciones frías y húmedas. Además, la

deficiencia de azufre se ha vuelto más común a medida que la deposición atmosférica ha disminuido en las últimas tres décadas (Lúa, 2020, pp. 11-13). Las deficiencias de azufre y magnesio causan rayas intervenales de color blanco amarillento o amarillamiento general del follaje. Los síntomas del azufre aparecen primero y son más pronunciados en las hojas superiores o más jóvenes, mientras que los síntomas del magnesio aparecen en las hojas inferiores o más viejas (García, 2018, p. 12).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización

El trabajo experimental se realizó en la Estación Experimental Central de la Amazonia (EECA) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicado en el cantón La Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, Ecuador.

3.1.1. Ubicación Geográfica

- Lugar: Estación Experimental Central de la Amazonia (EECA)
- Latitud: 0°21'31.2''
- Longitud: 76°52'40.1''
- Altitud: 272 m s.n.m.

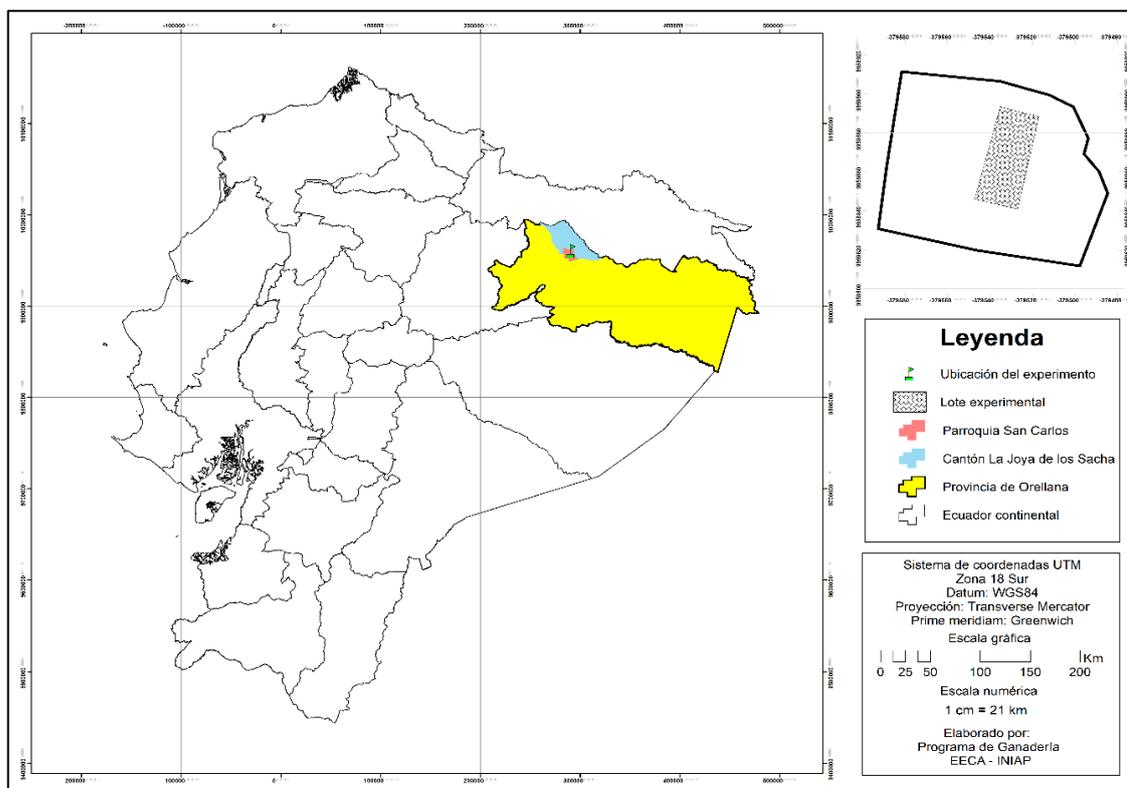


Ilustración 1-3: Mapa de ubicación del ensayo

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

3.1.2. Condiciones Edafoclimáticas

El clima corresponde a tropical cálido húmedo con precipitación promedio mensual de 2310 mm y temperatura promedio mensual de 27,23 °C. El experimento se ejecutará en los meses de enero a junio del 2022, que corresponden a la época de mayor precipitación. El tipo de suelo es de orden Inceptisol, medianamente profundo, textura franco-arcilloso, de color negro en superficie a pardo oscuro, alta retención de humedad y densidad aparente baja.

3.2. Materiales y Métodos

3.2.1. Materiales y equipos

3.2.1.1. Biológicos

- Variedad INIAP 543-QPM

3.2.1.2. Materiales

Cinta de embalaje y/o adhesiva, piola, fertilizantes edáficos, insecticidas de contacto y sistémicos, bomba de mochila, herbicidas de contacto y sistémicos, libro campo, computadora, lápiz y esfero, cuaderno.

3.2.1.3. Equipos

Balanza electrónica (0,01 g) y analítica (0,001 g), GPS Garmin Oregon® 450, medidor óptico de clorofila modelo MC-100.

3.2.2. Métodos

El enfoque de esta investigación fue de tipo científico experimental cuantitativo, discreto y continuo, se aplicó variables dependientes e independientes que inició con la fase de recolección y análisis de datos.

La metodología se basó en un diseño experimental empleando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con arreglo factorial A x B en parcelas divididas (A: 3 Densidades; B: 4 Fertilizaciones), con doce tratamientos y cuatro repeticiones. Consistió en preparar y analizar las condiciones del suelo, posteriormente se realizó la siembra y se

proporcionó el manejo agronómico adecuado a la variedad de maíz INIAP 543-QPM y finalmente se evaluó y analizó las variables morfológicas, fisiológicas y de producción.

3.2.2.1. Factores de estudio

Los factores para la realización de los experimentos se detallan en la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Factores de estudio

Factores	Niveles
Densidades de siembra	3 (62.500; 83.333; 100.000 plantas ha ⁻¹)
Fertilización edáfica	4 (Control, bajo, medio, alto)

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

3.2.2.2. Características de la unidad experimental

La unidad experimental a emplear estaba compuesta por 48 unidades experimentales, distribuidos en 6 surcos de la variedad en cada tratamiento, con cuatro réplicas (Tabla: 2-3).

Tabla 2-3: Características de la unidad experimental

Unidad experimental	Características
Número de unidades experimentales	48
Número de repeticiones	4
Número de tratamientos	12
Área total del experimento (m ²)	1.048,8
Área neta del experimento (m ²)	912
Longitud de hilera (m)	3- 3,6 – 4,8
Ancho de hilera (m)	5
Distancia entre hileras (m)	0,50 - 0,60 - 0,80
Distancia entre plantas (m)	0,20
Distancia entre caminos (m)	1
Área parcela total (m ²)	15 - 18 – 24
Área parcela neta (m ²)	5 - 6 – 8
Número de plantas por parcela neta	50
Número de plantas total por tratamiento	150
Número de plantas por ensayo total	7200
Número de plantas por parcela neta total	2400

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

3.2.2.3. Tratamientos

Tabla 3-3: Combinación de factores (Densidades y Fertilización)

Tratamientos	Factor A	Factor B
	Densidad de siembra (plantas/ha)	Fertilización edáfica (kg/ha)
T1	62.500	Control (Sin Fertilización)
T2	62.500	Bajo 90N+23P+30K+21,5S+27Mg
T3	62.500	Medio 180N+46P+60K+43S+54Mg
T4	62.500	Alto 270N+69P+90K+64,5S+81Mg
T5	83.333	Control (Sin Fertilización)
T6	83.333	Bajo 90N+23P+30K+21,5S+27Mg
T7	83.333	Medio 180N+46P+60K+43S+54Mg
T8	83.333	Alto 270N+69P+90K+64,5S+81Mg
T9	100.000	Control (Sin Fertilización)
T10	100.000	Bajo 90N+23P+30K+21,5S+27Mg
T11	100.000	Medio 180N+46P+60K+43S+54Mg
T12	100.000	Alto 270N+69P+90K+64,5S+81Mg

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

3.2.2.4. Diseño experimental

Para la presente investigación se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial A x B en parcelas divididas, con doce tratamientos y cuatro repeticiones, para lo cual se usará el siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + \tau_j + (R\tau)_{ij} + \beta_k + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Variable de respuesta

μ : Media general

R_i : Efecto de los bloques

τ_i : Efecto de la parcela principal (Factor A - Densidades)

$(R\tau)_{ij}$: Error experimental de la parcela principal

β_k : Efecto de la subparcela (Factor B - Fertilización)

$(\tau\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción del Factor A x Factor B)

ε_{ijk} : Error experimental de la subparcela

3.2.2.5. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza mediante modelos lineales generalizados con el programa estadístico InfoStat y la comparación de las medias se determinó mediante la prueba de Tukey 5% (Tabla 4-3).

Tabla 4-3: Análisis de varianza (ANOVA)

Fuente de variación	Grados de Libertad	
Bloques	r-1	3
Factor A	a-1	2
Error experimental A	(a-1) (r-1)	6
Factor B	b-1	3
Interacción A x B	(a-1) (b-1)	6
Error experimental B	(a) (r-1) (b-1)	27
Total	(abr-1)	47

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

3.2.3. Técnicas

3.2.3.1. Manejo específico del ensayo

Para el manejo agronómico se considerará el ciclo vegetativo y reproductivo del cultivo de maíz. Se menciona en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3: Manejo específico del ensayo

Días después de la siembra (dds)	Manejo agronómico
8	Emergencia
15	Fertilización edáfica Control de insectos plagas
30	Fertilización edáfica Control de insectos plagas
45	Fertilización edáfica Control de insectos plagas
50 – 60	Evaluación de ancho y longitud de la hoja Índice de verdor y área foliar Altura de planta Acame de raíz y tallo Producción de forraje fresco

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

3.2.3.2. Análisis de suelo

Antes de la preparación del suelo para la siembra, se recolectó una muestra de suelo para su análisis físico químico en el laboratorio de suelo de la EECA, con esto se determinó el contenido de nutrientes, % de materia orgánica y textura y estructura. Los resultados del análisis de suelo se detallan en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3: Resultados del análisis de suelo de la Granja San Carlos

Amonio	60.2 ppm	Alto
Fosforo	28.0 ppm	Alto
Potasio	0.52 meq/100 mL	Alto
Calcio	13.35 meq/100 mL	Alto
Magnesio	2.36 meq/100 mL	Alto
Azufre	5.67 ppm	Bajo
Zinc	8.46 ppm	Alto
Cobre	12.79 ppm	Alto
Hierro	208.20 ppm	Alto
Manganeso	24.05 ppm	Alto
Boro	0.30 ppm	Bajo
Materia orgánica (MO)	4.87% ppm	Medio
Clase textural	Franco-Arcilloso	-----
pH	6,28	Ligeramente ácido

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

3.2.3.3. Preparación del suelo

Los lotes experimentales donde se efectuó la siembra de los ensayos fueron preparados mecánicamente, mediante un pase de arado y dos de rastra.

3.2.3.4. Siembra

Se la realizó de forma manual a los 21 días del mes de marzo, aprovechando las condiciones climáticas que presentó la zona de investigación. Consistió en el uso de un espeque para realizar hoyos de aproximadamente 3 cm en el terreno, posteriormente colocar las semillas en el hoyo, previamente tratadas con Thiodicarb (Semevin) con dosificación de 0,02 L/kg semilla.

3.2.3.5. Control químico pre-emergente de malezas e insectos plagas del suelo

Inmediatamente después de la siembra en el ensayo, se aplicó al suelo mediante aspersión con una bomba de mochila, una mezcla de: 1,5 kg de Atrazina + 1,5 L de Pendimetalin y 1,5 L de Clorpirifos por hectárea. Para la dosificación en la bomba manual de 20 L, se utilizó 0,15 kg de Atrazina + 0,15 L de Pendimetalin + 0,15 L de Clorpirifos.

3.2.3.6. Fertilización

La fertilización fue fundamentada en la recomendación del Programa de maíz de la estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el cual consiste en la aplicación de 180 kg/ha Nitrógeno + 46 kg/ha Fósforo + 60 kg/ha Potasio + 43 kg/ha Azufre + 54 kg/ha Magnesio. Se usó fuentes de nutrientes como: los productos comerciales nitrato de amonio, muriato de potasio, 10-30-10 y sulfato de magnesio.

- Nitrógeno (N) se aplicó fraccionado en tres estados fenológicos, el 25% a los 15 días después de la siembra (dds), una segunda aplicación del 25% a los 30 dds y el 50% a los 45 dds.
- Fósforo (P) y Potasio (K) el 100% a los 8 dds.
- El Azufre (S) y Magnesio (Mg) el 50% a los 15 dds y la segunda aplicación del 50% a los 30 dds.

3.2.3.7. Control químico de insectos plaga

Para el control de insectos plaga como: gusano cogollero, trozador, langostas, chinchorros entre otro, se realizó aplicaciones mediante aspersiones alternadas con una bomba de mochila al follaje y dentro del cogollo, utilizando Clorpirifos 0,5 L/ha (8 y 15 dds) y Benzoato de emamectina 0,15 kg/ha más Clorpirifos 0,5 L/ha (30 y 45 dds). En la bomba manual de 20 L se colocó 0,12 L de Clorpirifos y 15 g de Benzoato de emamectina.

3.2.3.8. Control post emergente de malezas

Se realizó en forma química mediante la aplicación de 0,07 kg/ha de Dublon Gold (Nicosulfuron Thifensulfuron-methy) a los 21 dds. En la bomba de 20 L, se colocó 7 g de Nicosulfuron Thifensulfuron-methy.

3.2.3.9. Cosecha del forraje

La cosecha de forraje fresco se realizó manualmente (con machete) los 60 días dds.

3.3. Variables evaluadas

3.3.1. Variables Morfológicas

3.3.1.1. Altura de la planta

Se midió desde la base hasta la hoja bandera en diez plantas al azar. Este valor se registró en centímetros a los 60 días después de la siembra (CIMMYT, 2017, p. 3).

3.3.1.2. Longitud de hoja

Se realizó la medición de la hoja que sobresale de la mazorca más alta, desde la lígula hasta el ápice de la hoja en diez plantas tomadas al azar y se registró el promedio en centímetros (Amat, 2019, p. 18).

3.3.1.3. Ancho de hoja

Para determinar el ancho se realizó la medición en las mismas hojas de las plantas utilizadas para establecer la longitud, la medición se la desarrolló en la mitad de la hoja (Amat, 2019, p. 18).

3.3.1.4. Acame de raíz

Se evaluó al final del ciclo, antes de la cosecha. Para el acame de raíz, se registró el número de plantas con una inclinación de 45 grados o más a partir de la perpendicular en la base de la planta donde comienza la zona radical, el valor se expresó en porcentaje (CIMMYT, 2017, p. 3).

3.3.1.5. Acame de tallo

Se lo registró contando el número de tallos rotos por debajo de la mazorca superior. Este carácter se expresó en porcentaje en función del número de plantas cosechadas (CIMMYT, 2017, p. 3).

3.3.1.6. Diámetro del tallo

Se efectuó previo a la cosecha, utilizando un calibrador, se registró en centímetros el primer entrenudo de 10 plantas tomadas al azar en cada tratamiento (Amaiquema, 2019, p. 20).

3.3.1.7. Número de hojas por planta

Esta variable se evaluó contando todas las hojas de diez plantas, tomadas al azar en cada tratamiento (Amat, 2019, p. 18).

3.3.2. Variables Fisiológicas

3.3.2.1. Índice de verdor (Unidades SPAD)

Se utilizó un medidor óptico de clorofila modelo MC-100 (Apogee Instruments, Logan, UTAH, USA). Las lecturas se realizaron en diez plantas (al azar) en la parte central del limbo/lámina de la hoja que alberga la inflorescencia femenina/mazorca, los resultados se expresaron en unidades SPAD a los 60 días después de la siembra (Reyes et al., 2017, p. 114).

3.3.2.2. Índice de área foliar

Se evaluó el ancho y largo de hoja de 10 plantas tomadas al azar y se multiplicó por el factor 0,75 y por el número de hojas por planta para determinar el área foliar, luego este valor multiplicado por el densidad poblacional y dividido por el área sembrada, de acuerdo con la siguiente fórmula (Intagri, 2016, p. 2):

$$IAF: \frac{(\text{Área foliar})(\text{Densidad poblacional})}{(\text{Área sembrada})}$$

3.3.3. Variables de Producción

3.3.3.1. Rendimiento de materia verde

Se cosechó la planta de maíz desde la base del tallo, incluyendo hojas y mazorcas, de las dos hileras centrales de cada tratamiento (parcela neta) a los 60 días. Se procedió a cuantificar el rendimiento de forraje verde, con la ayuda de una balanza electrónica, los resultados se expresarán en kilogramos por hectárea (Amat, 2019, p. 18).

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Variables morfológicas

4.1.1. Altura de planta

El análisis de varianza para altura de planta a los 60 días después de la siembra (dds) determinó que no existen diferencias significativas en la interacción densidad más fertilización (A*B), ni en el factor densidad (A), sin embargo, se encontró diferencias significativas en el factor fertilización (B), con un coeficiente de variación de 3,72% (Tabla 1-4).

Tabla 1-4: ANOVA Altura de planta

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor	SIG
Modelo	0,28	20	0,01	2,07	0,0395	
R	0,04	3	0,01	2,03	0,1335	
A	0,02	2	0,01	1,02	0,4165	ns
A*R	0,06	6	0,01	1,52	0,2092	
B	0,08	3	0,03	4,19	0,0148	*
A*B	0,07	6	0,01	1,75	0,1474	ns
Error	0,18	27	0,01			
Total	0,46	47				
CV%	3,72					

P-valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P-valor < 0,05 y > 0,01 *: significativo; P-valor < 0,05 y < 0,01 **: altamente significativo

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

Los resultados obtenidos por la prueba de Tukey al 5% determinaron que el mayor promedio del factor fertilización se encontró en el grupo “A” y fue el nivel alto (270N+69P+90K+64,5S+81Mg) con 2,25 m, mientras que el menor promedio se localizó en el grupo “B” alcanzado por el control con 2,14 m (Tabla 2-4). Los resultados logrados difieren a los conseguidos por Amaiquema (2019, p. 29), donde reporta que con una fertilización NPKSMg (180N+46P+50K+44S+54Mg) obtuvo 242,19 cm a una edad de 80 dds, dando a conocer una altura superior a la lograda en la investigación con una menor aplicación de fertilización y mayor tiempo de cosecha

Tabla 2-4: Prueba de Tukey al 5% de variable altura de planta (factor fertilización)

	Factor B (Fertilización) kg/ha	Medias (m)	Grupos	
Alto	270N+69P+90K+64,5S+81Mg	2,25	A	
Medio	180N+46P+60K+43S+54Mg	2,21	A	B
Bajo	90N+23P+30K+21,5S+27Mg	2,21	A	B
Control	0 Fertilización	2,14	B	

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

4.1.2. Diámetro de tallo

El análisis de varianza de la variable diámetro de tallo a los 60 dds presentó diferencias significativas en la interacción densidad más fertilización (A*B), individualmente en el factor fertilización se encontró diferencias altamente significativas, con un coeficiente de variación de 3,51% (Tabla 3-4).

Tabla 3-4: ANOVA Diámetro de tallo

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor	SIG
Modelo	34,80	20	1,74	4,14	0,0004	
R	13,41	3	4,47	10,63	0,0001	
A	0,49	2	0,24	0,28	0,7670	ns
A*R	5,27	6	0,88	2,09	0,0876	
B	9,14	3	3,05	7,25	0,0010	**
A*B	6,49	6	1,08	2,58	0,0419	*
Error	11,35	27	0,42			
Total	46,15	47				
CV%	3,51					

P-valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P-valor < 0,05 y > 0,01 *: significativo; P-valor < 0,05 y < 0,01 **: altamente significativo

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

En los resultados de la variable diámetro de tallo se obtuvo que para la interacción densidad más fertilización el mayor promedio arrojado fue 19,53 mm con la densidad de 83333 pl/ha y el nivel bajo de fertilización (90N+23P+30K+21,5S+27Mg), mientras que la densidad de 100000 pl/ha con el control (0 fertilización) presentó el menor promedio (17,31 mm) (Ilustración 1-4), individualmente el factor fertilización con el nivel bajo arrojó un promedio mayor de 18,80 mm y un promedio menor de 17,71 mm con el control. Los datos obtenidos superan a los reportados

por Amaiquema (2019, p. 27) donde menciona que el promedio más alto fue de 18,06 mm logrado con una densidad de 100000 pl/ha.

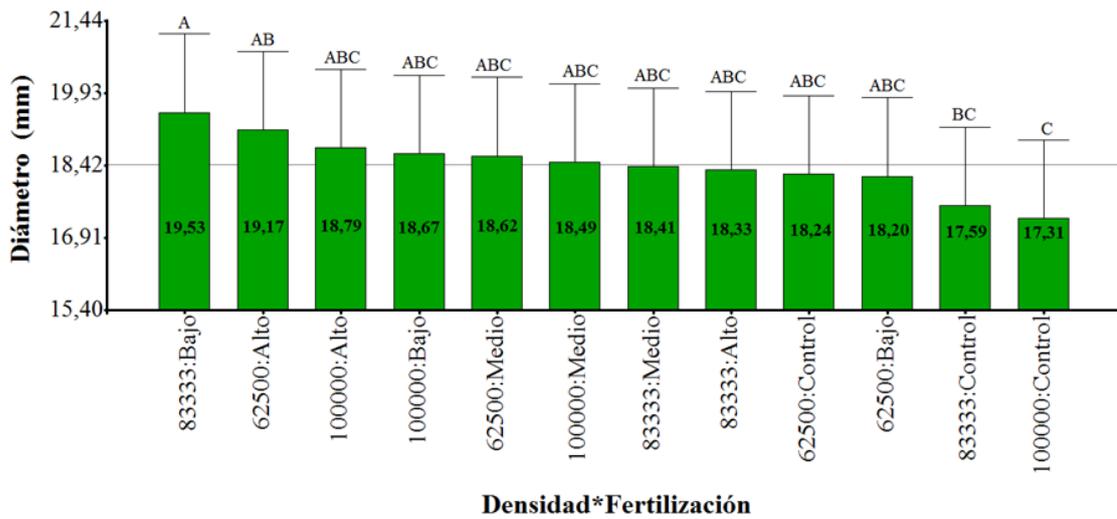


Ilustración 1-4: Diámetro de tallo (mm) 60 dds. Líneas verticales \pm DMS=1,63; Línea horizontal promedio= 18,44; EEM=0,32; R2=0,75

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

4.1.3. Longitud de hoja

En la variable longitud de hoja a los 60 dds no se reportó diferencias significativas entre tratamientos e individualmente en los factores, con un coeficiente de variación de 2,16% (Tabla 4-4).

Tabla 4-4: ANOVA Longitud de hoja

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor	SIG
Modelo	0,02	20	7,7E-04	1,75	0,0880	
R	2,6E-03	3	8,5E-04	1,93	0,1484	
A	3,3E-03	2	1,7E-03	2,53	0,1594	ns
A*R	3,9E-03	6	6,5E-04	1,48	0,2221	
B	3,8E-03	3	1,3E-03	2,84	0,0567	ns
A*B	1,9E-03	6	3,1E-04	0,71	0,6482	ns
Error	0,01	27	4,4E-04			
Total	0,03	47				
CV%	2,16					

P-valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P-valor < 0,05 y > 0,01 *: significativo; P-valor < 0,05 y < 0,01 **: altamente significativo

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

Los resultados demostraron que no existe diferencias estadísticas, no obstante, presentan diferencias numéricas. La densidad de 83333 pl/ha con el nivel alto de fertilización (270N+69P+90K+64,5S+81Mg) arrojaron el mayor promedio en longitud de hoja (1 m), mientras que la densidad de 62500 pl/ha con el nivel bajo de fertilización (90N+23P+30K+21,5S+27Mg) presentó el menor promedio (0,95 m) (Ilustración 2-4). Los resultados obtenidos difieren a los conseguidos por Amat (2019, p. 22) que registró el promedio más alto en longitud de hoja (1,15 m) a los 70 dds con el empleo de una densidad de 125000 pl/ha demostrado que a mayor densidad de siembra y tiempo de cosecha mejores resultados se logrará en cuanto a la variable longitud de hoja.

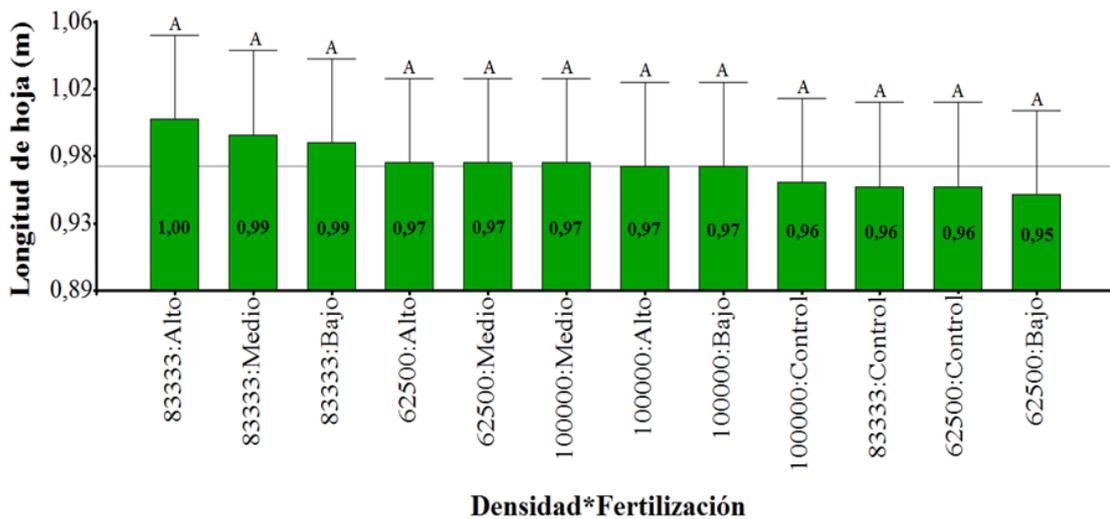


Ilustración 2-4: Longitud de hoja (m) 60 dds. Líneas verticales \pm DMS=0,05; Línea horizontal promedio= 0,97; EEM=0,01; R2=0,56

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

4.1.4. Ancho de hoja

Los resultados obtenidos del análisis de varianza de la variable ancho de hoja a los 60 dds demostraron que no presenta diferencias significativas en la interacción densidad más fertilización (A*B), sin embargo, individualmente en el factor fertilización se encontró un nivel altamente significativo, con un coeficiente de variación de 3,30% (Tabla 5-4).

Tabla 5-4: ANOVA Ancho de hoja

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor	SIG
Modelo	5,57	20	0,28	2,88	0,0056	
R	0,77	3	0,26	2,65	0,0686	
A	0,66	2	0,33	2,17	0,1949	ns
A*R	0,92	6	0,15	1,58	0,1913	
B	2,43	3	0,81	8,37	0,0004	**
A*B	0,79	6	0,13	1,37	0,2637	ns
Error	2,61	27	0,10			
Total	8,17	47				
CV%	3,30					

P-valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P-valor < 0,05 y > 0,01 *: significativo; P-valor < 0,05 y < 0,01 **: altamente significativo

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

Los resultados realizados con la prueba de Tukey al 5% indicaron que en el factor fertilización se obtuvo un promedio superior de 9,61 cm con el nivel alto de fertilización (270N+69P+90K+64,5S+81Mg), mientras que con el control (0 fertilización) se logró un menor promedio (9,03 cm) (Tabla 6-4). Los datos obtenidos difieren a los reportados por Castaño (2020, p. 40) donde menciona un promedio superior con 13 cm con el empleo de una fertilización nitrogenada de 150 kg/ha a los 70 días después de la siembra (dds), el autor señala que obtuvo estos resultados posiblemente por motivos climáticos y ubicación del experimento.

Tabla 6-4: Prueba de Tukey al 5% de variable ancho de hoja (factor fertilización)

Nivel	Factor B (Fertilización) kg/ha	Medias (cm)	Grupos
Alto	270N+69P+90K+64,5S+81Mg	9,61	A
Medio	180N+46P+60K+43S+54Mg	9,55	A
Bajo	90N+23P+30K+21,5S+27Mg	9,43	A
Control	0 Fertilización	9,03	B

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

4.1.5. Acame de raíz

El análisis de varianza de la variable acame de raíz a los 60 dds señaló que no presenta diferencias significativas en la interacción densidad más fertilización (A*B) e individualmente en los factores, con un coeficiente de variación de 27,23% (Tabla 7-4).

Tabla 7-4: ANOVA Acame de raíz

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor	SIG
Modelo	34193,05	20	1709,65	7,78	<0,0001	
R	1608,50	3	536,17	2,44	0,0862	
A	4624,08	2	2312,04	0,53	0,6131	ns
A*R	26109,65	6	4531,61	19,79	<0,0001	
B	746,34	3	248,78	1,13	0,3539	ns
A*B	1104,48	6	184,08	0,84	0,5521	ns
Error	5936,09	27	219,86			
Total	40129,14	47				
CV%	27,23					

P-valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P-valor < 0,05 y > 0,01 *: significativo; P-valor < 0,05 y < 0,01 **: altamente significativo

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

Los resultados revelaron que no existen diferencias estadísticas, sin embargo, presentan diferencias numéricas. La densidad de 62500 pl/ha con el nivel alto de fertilización (270N+69P+90K+64,5S+81Mg) mostró un menor porcentaje de acame de raíz (38,50%), mientras que la densidad de 100000 pl/ha con el nivel medio de fertilización (180N+46P+60K+43S+54Mg) presentó el mayor porcentaje (77%) (Ilustración 3-4). Los resultados obtenidos difieren a los conseguidos por Ortega et al (2022, p. 144) donde señala que el menor porcentaje de acame de raíz fue de 2,04% con el empleo de 180 kg/ha N (urea-N 46%) fraccionado en 3 partes, señalando así obtener un promedio inferior a los de la investigación en cuanto acame de raíz aplicando únicamente urea (N-46%).

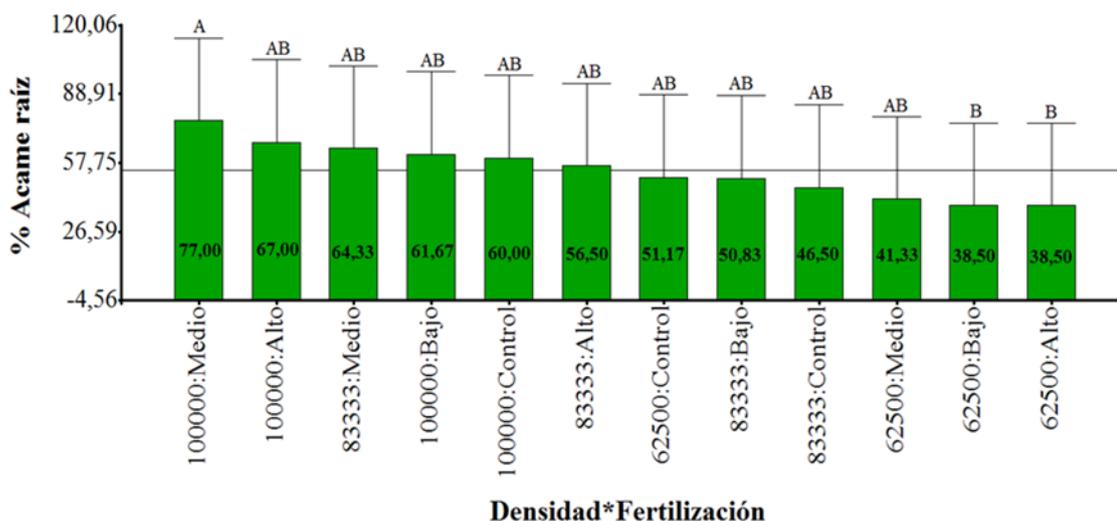


Ilustración 3-4: Acame de raíz (%) 60 dds. Líneas verticales \pm DMS=37,40; Línea horizontal promedio= 54,44; EEM=7,41; R2=0,85

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

4.1.6. Acame de tallo

El ANOVA de la variable acame de tallo a los 60 dds indicó que no presenta diferencias significativas en la interacción densidad más fertilización (A*B) e individualmente en los factores, con un coeficiente de variación de 39,70% (Tabla 8-4).

Tabla 8-4: ANOVA Acame de tallo

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor	SIG
Modelo	89,32	20	4,47	3,71	0,0009	
R	12,26	3	4,09	3,40	0,0321	
A	13,11	2	6,56	0,66	0,5509	ns
A*R	59,65	6	9,94	8,26	<0,0001	
B	0,91	3	0,30	0,25	0,8588	ns
A*B	3,38	6	0,56	0,47	0,8258	ns
Error	32,51	27	1,20			
Total	121,83	47				
CV%	27,23					

P-valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P-valor < 0,05 y > 0,01 *: significativo; P-valor < 0,05 y < 0,01 **: altamente significativo

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

Los resultados mostraron que no existen diferencias estadísticas, pero presentan diferencias numéricas. La densidad de 83333 pl/ha con el control (0 fertilización) y nivel alto de fertilización (270N+69P+90K+64,5S+81Mg) mostraron un menor porcentaje de acame de tallo de 2% y 2,17% respectivamente, mientras que la densidad de 100000 pl/ha con el control (0 fertilización) presentó el mayor porcentaje (4%) (Ilustración 5-4). De acuerdo a los datos adquiridos por Castillo (2020, p. 52) manifiesta que con una de densidad de 25000 pl/ha y aplicación de 80 N+40 P+20 K obtuvo un 5% de acame de tallo revelando que se puede emplear densidades más altas y menos fertilización para obtener bajos porcentajes de acame de tallo.

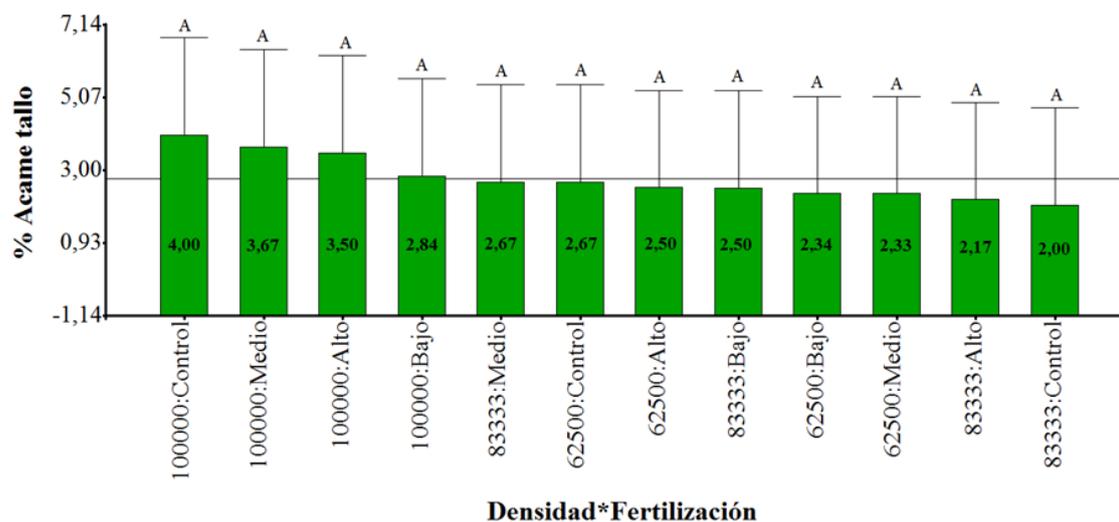


Ilustración 4-4: Acame de tallo (%) 60 dds. Líneas verticales \pm DMS=2,77; Línea horizontal promedio=2,76; EEM=0,55; R2=0,73

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

4.1.7. Número de hojas por planta

En la variable número de hojas por planta a los 60 dds los resultados del ANOVA indicaron que no presenta diferencias significativas tanto en la interacción densidad más fertilización (A*B) como individualmente en los factores densidad (A) y fertilización (B), con un coeficiente de variación de 3,21% (Tabla 9-4).

Tabla 9-4: ANOVA Número de hojas por planta

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor	SIG
Modelo	1,50	20	0,08	0,57	0,8993	
R	0,49	3	0,16	1,23	0,3168	
A	0,06	2	0,03	0,35	0,7158	ns
A*R	0,53	6	0,09	0,68	0,6686	
B	0,38	3	0,13	0,96	0,4266	ns
A*B	0,04	6	0,01	0,05	0,9993	ns
Error	3,54	27	0,13			
Total	5,04	47				
CV%	3,21					

P-valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P-valor < 0,05 y > 0,01 *: significativo; P-valor < 0,05 y < 0,01 **: altamente significativo

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

Los resultados mostraron que no existen diferencias estadísticas, pero presentan diferencias numéricas. La densidad de 62500 pl/ha con el nivel medio de fertilización

(180N+46P+60K+43S+54Mg) arrojó el mayor promedio de número de hojas por planta (11,45), mientras que la densidad de 100000 pl/ha con el nivel bajo de fertilización (90N+23P+30K+21,5S+27Mg) presentó el menor promedio (11,10) (Ilustración 6-4). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Guamán et al. (2020, p. 52) donde reporta un promedio de número de hojas por planta de 11, además menciona que existe una relación entre el número de hojas por planta y la altura de planta.

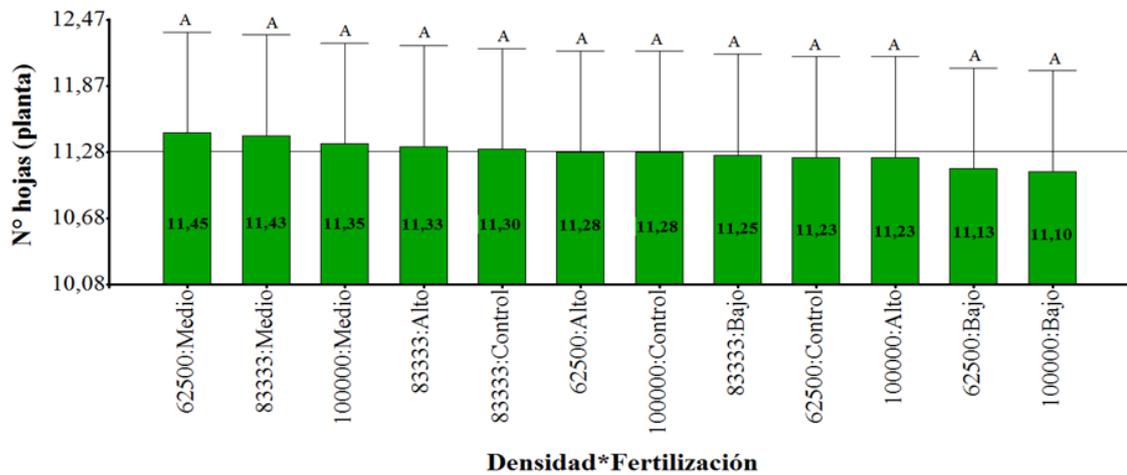


Ilustración 5-4: Número de hojas por planta 60 dds. Líneas verticales \pm DMS=0,91; Línea horizontal promedio=11,28; EEM=0,18; R²=0,30

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

4.2. Variables fisiológicas

4.2.1. Índice de verdor (Unidades SPAD)

En los resultados de análisis de varianza de la variable índice de verdor (Unidades SPAD) a los 60 dds se demostró que no existen diferencias significativas en la interacción densidad más fertilización (A*B) e individualmente en los factores, con un coeficiente de variación de 5,92% (Tabla 10-4).

Tabla 10-4: ANOVA Índice de verdor (Unidades SPAD)

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor	SIG
Modelo	137,12	20	6,86	0,96	0,5268	
R	45,37	3	15,12	2,13	0,1204	
A	2,95	2	1,48	1,09	0,3943	ns
A*R	8,12	6	1,35	0,19	0,9770	
B	31,11	3	10,37	1,46	0,2483	ns
A*B	49,58	6	8,26	1,16	0,3556	ns
Error	192,13	27	7,12			
Total	329,25	47				
CV%	5,92					

P-valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P-valor < 0,05 y > 0,01 *: significativo; P-valor < 0,05 y < 0,01 **: altamente significativo

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

Los resultados del análisis demostraron que no existen diferencias estadísticas, pero presentan diferencias numéricas. La densidad de 100000 pl/ha con el nivel alto de fertilización (270N+69P+90K+64,5S+81Mg) presentó el mayor promedio de unidades SPAD (46,76), mientras que la densidad de 62500 pl/ha con el control (0 fertilización) arrojó el menor promedio en unidades SPAD (42,50) (Ilustración 7-4). Los valores encontrados por Reyes (2017, p. 115) superan a los de la investigación, siendo 58, 65 unidades SPAD a inicios de floración, 52 día después de la emergencia (dde) con la aplicación de 175 kg/ha N + 70 kg/ha P + 140 kg/ha K, sin embargo, el autor detalla que el valor crítico para maíz es 35,3 unidades SPAD.

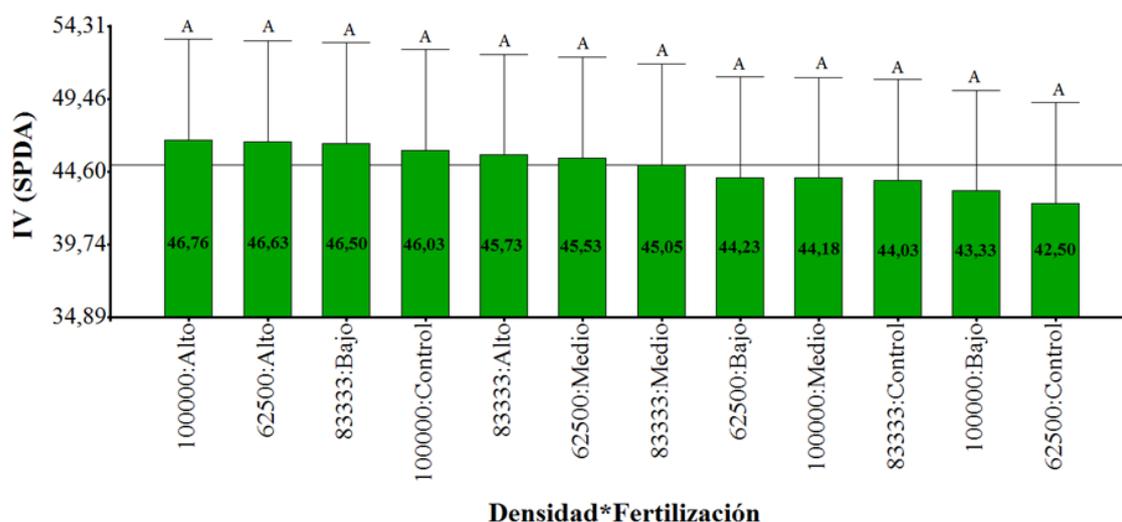


Ilustración 6-4: Índice de verdor (unidades SPAD). Líneas verticales \pm DMS=6,73; Línea horizontal promedio=45,03; EEM=1,33; R2=0,42

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

4.2.2. Índice de Área Foliar (IAF)

En los resultados del análisis de varianza de la variable índice de área foliar a los 60 dds se manifestó que no existen diferencias significativas en la interacción densidad más fertilización (A*B), sin embargo, se encontró diferencias altamente significativas individualmente en los factores densidad y fertilización, con un coeficiente de variación de 5,05% (Tabla 11-4).

Tabla 11-4: ANOVA Índice de área foliar

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor	SIG
Modelo	66,94	20	3,35	32,83	<0,0001	
R	1,25	3	0,42	4,09	0,0162	
A	61,31	2	30,65	171,31	<0,0001	**
A*R	1,07	6	0,18	1,76	0,1465	
B	2,57	3	0,86	8,41	0,0004	**
A*B	0,74	6	0,12	1,20	0,3350	ns
Error	2,75	27	0,10			
Total	69,69	47				
CV%	5,05					

P-valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P-valor < 0,05 y > 0,01 *: significativo; P-valor < 0,05 y < 0,01 **: altamente significativo

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

Los análisis logrados con la prueba de Tukey al 5% demostraron que en el factor densidad se encontró mayor significancia que en el factor fertilización. La densidad de 100000 pl/ha perteneciente al grupo “A” obtuvo el mayor promedio de IAF con 7,53, mientras que la densidad de 62500 pl/ha del grupo “C” expuso el menor promedio con 4,81 (Tabla 12-4). Los datos obtenidos son superiores a los reportados por Sánchez et al (2011, p. 290) donde menciona que con la densidad de 83333 pl/ha obtuvo un promedio de 3,7.

Tabla 12-4: Prueba de Tukey al 5% de variable IAF (factor densidad)

Factor A (Densidad) pl/ha	Medias	Grupos
100000	7,53	A
83333	6,63	B
62500	4,81	C

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

4.3. Variables de producción

4.3.1. Rendimiento de materia verde

En los resultados del análisis de varianza de la variable rendimiento de materia verde a los 60 dds se reveló que existen diferencias altamente significativas tanto en la interacción densidad más fertilización como en individualmente en los factores densidad y fertilización, con un coeficiente de variación de 5,34% (Tabla 13-4).

Tabla 13-4: ANOVA Rendimiento de materia verde

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor	SIG
Modelo	3802,16	20	190,11	36,20	<0,0001	
R	77,44	3	25,81	4,91	0,0075	
A	2833,95	2	1416,97	94,65	<0,0001	**
A*R	89,82	6	14,97	2,85	0,0278	
B	574,68	3	191,56	36,47	<0,0001	**
A*B	226,27	6	37,71	7,18	0,0001	**
Error	141,81	27	5,25			
Total	3943,97	47				
CV%	5,34					

P-valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P-valor < 0,05 y > 0,01 *: significativo; P-valor < 0,05 y < 0,01 **: altamente significativo

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

Los análisis indicaron que la densidad de 100000 pl/ha con el nivel alto de fertilización (270N+69P+90K+64,5S+81Mg) se obtuvo el mayor promedio de materia verde (57,50 T/ha), mientras que la densidad de 62500 pl/ha con el control (0 fertilización) arrojó el menor promedio (30,44 T/ha) (Ilustración 8-4). Estos resultados difieren a los conseguidos por Amaiquema (2019, p. 32) donde reporta que no obtuvo diferencias significativas en la interacción densidades más fertilización, sin embargo manifiesta que individualmente si consiguió diferencias altamente significativas, para el efecto densidad de siembra obtuvo un promedio de 68,03 T/ha con el empleo de una densidad de 130000 pl/ha, por otra con el efecto de la aplicación de NPK (180N+46P+50K) logró un promedio de 70,86 T/ha, logrando mejores resultados con densidades más altas y con una fertilización media.

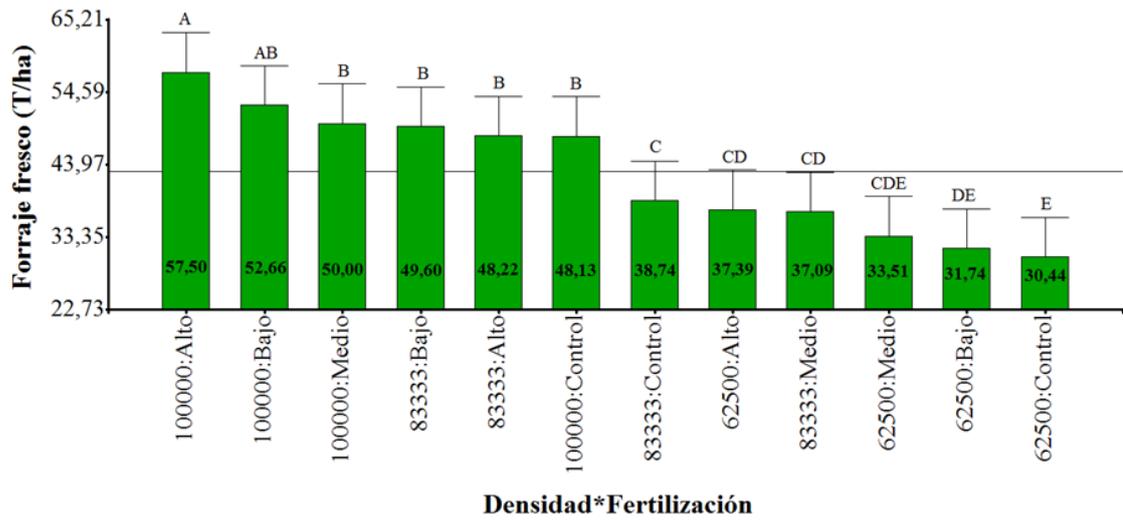


Ilustración 7-4. Forraje fresco (T/ha) 60 dds. Líneas verticales \pm DMS=5,78; Línea horizontal promedio=42,92; EEM=1,15; R2=0,96

Realizado por: Torres, Kevin, 2022.

CONCLUSIONES

Se determinó el efecto de los niveles de fertilización y densidades de siembra en la variedad de maíz INIAP 543-QPM y de acuerdo a la estimación de variables morfológicas se demostró que el mayor promedio en altura de planta (2,25 m) y ancho de hoja (9,61 cm) se consiguió con el factor fertilización con el nivel alto. Los mejores promedios en diámetro de tallo (19,53 mm), longitud de hoja (1 m) y acame de tallo (2%) se consiguieron con las interacciones de nivel bajo, alto y control de fertilización respectivamente con la densidad de 83333 pl/ha. Los promedios más sobresalientes en acame de raíz (38,50%) y número de hojas por planta (11,45) se obtuvieron con las interacciones de nivel alto y medio de fertilización respectivamente con la densidad de 62500 pl/ha.

Se identificó el efecto de los tratamientos (densidad y fertilización) sobre la fisiología de la variedad de maíz INIAP 543-QPM, demostrando que con la densidad de 100000 pl/ha con el nivel alto de fertilización (270N+69P+90K+64,5S+81Mg) se obtuvo el mayor promedio de índice de verdor o contenido de clorofila (46,70 Unidades SPAD). Con el factor densidad se encontró mayor significancia individualmente entre factores. La densidad de 100000 pl/ha obtuvo el mayor promedio de IAF con 7,53.

Se estimó la respuesta de forraje verde en la variedad de maíz INIAP 543-QPM y mediante el efecto de las densidades de siembra y fertilización edáfica se logró un mayor promedio de materia verde o peso fresco (57,50 T/ha) con la aplicación de la densidad de 100000 pl/ha con el nivel alto de fertilización (270N+69P+90K+64,5S+81Mg).

RECOMENDACIONES

Aprovechar toda la disponibilidad del terreno con densidades más altas.

Utilizar densidades altas y nivel de fertilización alta para obtener mayores rendimientos en forraje fresco. Ya que por cada \$1 invertido con este tratamiento se obtiene \$ 1,92 de Beneficio/Costo.

Reducir los días de la última fertilización y aplicación de insecticida debido a la altura que logran las plantas a los 45 días después de la siembra (dds).

Evaluar el rendimiento de Materia Seca (MS).

Realizar un análisis bromatológico para conocer el contenido nutricional de la variedad de maíz INIAP 543-QPM.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, A. Estudio teórico de las afectaciones y soluciones de contaminación de fuentes hídricas por exceso de nitrógeno debido a operación de cultivos de arroz en Casanare, Colombia (Trabajo de grado) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Monterrey-México. 2021, p. 9. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/44804/afacostab.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

AGUILAR, A. Respuesta a niveles de nitrógeno, fosforo y potasio en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L), en condiciones de la zona de Babahoyo (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de ciencias agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agropecuaria. Babahoyo-Ecuador. 2019, p. 10. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5649/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000042.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ALBÁN, M.; et al. “Memorias del I Simposio Ecuatoriano del Maíz”. Archivos Académicos USFQ [en línea], 2021, (Ecuador) 1(38), pp. 1-14. [Consulta: 05 mayo 2022]. ISSN: 2528-7753. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5809/1/Producci%C3%B3n%20de%20semilla%20b%C3%A1sica%20de%20ma%C3%ADz.pdf>.

AMAIQUEMA, L. Respuesta de un híbrido promisorio de maíz forrajero a las densidades de siembra y fertilización en la zona de Quevedo (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica. Babahoyo-Ecuador. 2019, pp. 2-37. [Consulta: 03 abril 2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6881/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000218.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

AMAT, G. Comportamiento agronómico de un híbrido promisorio de maíz forrajero (*Zea mays* L.), durante la época lluviosa en las zonas ganaderas del Ecuador (Trabajo experimental) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agronómica. Babahoyo-Ecuador. 2019, pp. 7-54 [Consulta: 22 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5474/1/iniaptTA487g.pdf>.

AMAY, A.; & TORRES, E. Modelación matemática del ciclo del nitrógeno en suelo y agua de la zona de Santa Rosa, Isla Santa Cruz en las Galápagos. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [En línea] Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Escuela de Ingeniería Ambiental. Quito-Ecuador. 2022, pp. 17. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/26018/1/UCE-FIGEMPA-CIA-AMAY%20ANTHONY-TORRES%20ERIKA.pdf>.

ARAGÓN, H.; et al. “Manejo y características de los suelos agrícolas de colonia Providencia, Nueva Guinea, 2017”. Revista Universitaria del Caribe [en línea], 2020, (Nueva Guinea) 24(1), pp. 78-97. [Consulta: 22 mayo 2022]. ISSN: 2311-7346. Disponible en: <https://camjol.info/index.php/RUC/article/view/9913/11325>.

BAJAÑA, A. Respuesta agronómica del cultivo de arroz (*Oryza sativa*) a la aplicación de fertilizantes a base de Silicio y Magnesio en la zona de Babahoyo (Trabajo experimental) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agropecuaria. Los ríos-Ecuador. 2020, p. 9. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8227/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000105.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

BARRERA, A. “Importancia del manejo de suelos en la sostenibilidad agrícola”. Revista Semilla del Este [en línea], 2021, (Panamá) 2(1), pp. 28-39. [Consulta: 22 mayo 2022]. ISSN: 2710-7469. Disponible en: https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2463/2249.

BENALCÁZAR, L.; & HIDALGO, N. Adaptación de dos Semillas de Maíz Forrajero (*Zea mays* L.) en el Centro Experimental Académico Salache “CEASA” para su posterior suplementación en Cuyes de Engorde (Proyecto de investigación) (Medicina) [en línea]. Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Carrera de Medicina Veterinaria. Latacunga-Ecuador. 2019, p. 9. [Consulta: 04 mayo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6365/6/PC-000750.pdf>.

BETANCOURT, C. Evaluación de la tolerancia del cultivo de maíz (*Zea mays*) al ataque del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) sometido a diferentes frecuencias de control químico durante la época seca en la zona de Mocache (Proyecto de investigación) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería Agronómica. Quevedo-Ecuador. 2019, pp. 16 [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3265/1/T-UTEQ-0101.pdf>.

BUSTAMANTE, W. El maíz forrajero como suplemento alimenticio en el ganado bovino para el incremento de la producción lechera (Trabajo experimental) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agronómica. Babahoyo-Ecuador. 2020, p. 13. [Consulta: 03 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8469>.

CAMARASA, J.; et al. “Rendimiento de forraje y calidad nutricional con densidades bajas en maíz para ensilaje”. Revista de Tecnología Agropecuaria [en línea], 2019, (Argentina) 10(40), pp. 38-41. [Consulta: 05 mayo 2022]. ISSN: 2469-164X. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_rendimiento_de_forraje_y_calidad_nutricional_con_densidades_bajas_de_maiz_para_ensilaje.pdf.

CAPETILLO, A.; et al. “Modelo conceptual de fertilización nitrogenada para maíz (*Zea mays* L.) en Veracruz, México”. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y cambio climático [en línea], 2021, (México) 7(14), pp. 1636-1650. [Consulta: 22 mayo 2022]. ISSN: 2410-7980. Disponible en: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/8783/1/3941761005.pdf>.

CARPIO, C. Evaluación de la calidad nutricional de los ensilajes en bolsa de los híbridos de maíz (*Zea mays*) Somma y Trueno aplicando dos aditivos en la zona de Colimes-Ecuador (Proyecto de investigación) (Ingeniería) [en línea]. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias para el Desarrollo, Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Vinces-Ecuador. 2018, pp. 2-12. [Consulta: 04 mayo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29887/1/Tesis%20Ing.%20Carlos%20Carpio.pdf>.

CASTAÑO, E. Respuesta a la eficiencia nutricional del maíz “Ilusión CPR” en tres cortes para ensilaje en la comuna Río Verde, Santa Elena (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Estatal Península Santa Elena, Facultad Ciencias Agrarias, Carrera de Agropecuaria. La Libertad-Ecuador. 2020, p. 40. [Consulta: 27 agosto 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5393/1/UPSE-TIA-2020-0004.pdf>.

CASTILLO, B. Caracterización agro-morfológica de la línea promisorio UTC 003 de maíz chulpi (*Zea mays* L.) en el barrio Tigualo, parroquia Panzaleo, Salcedo-Cotopaxi 2020 (Proyecto de investigación) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Carrera de Ingeniería Agronómica. Latacunga-Ecuador. 2020, p. 52. [Consulta: 16 agosto 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7024/1/PC-000995.pdf>.

CIMMYT. *Protocolos para mediciones de plantas en las plataformas de investigación* [en línea]. Texcoco-México: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 2017, p. 3. [Consulta: 06 junio 2022]. Disponible en: <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/18900/58838.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

DEMANET, R.; & CANALES, C. *Cultivo del maíz para ensilaje* [En línea]. Santiago de Chile-Chile: Corporación de Fomento de la Producción, 2020, p. 19 [Consulta: 22 mayo 2022]. ISBN: 978-956-09253-1-2. Disponible en: <http://www.watts.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-cultivo-del-ma%C3%ADz-para-ensilaje-2020-versi%C3%B3n-digital.pdf?status=Temp&sfvrsn=0.26297860107998994>.

ESPAC. *Superficie, según producción y ventas de maíz duro seco (Grano seco)* [en línea]. Quito-Ecuador: Ecuadorencifras, 2020b. [Consulta: 04 abril 2022]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>.

ESPAC. *Uso del suelo, según categorías por Región y Provincia (hectáreas)* [en línea]. Quito-Ecuador: Ecuadorencifras, 2020a. [Consulta: 04 abril 2022]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Tabulados%20ESPAC%202020.xlsx.

ESPINOZA, A.; et al. *Manejo de la Fertilización de Maíz y Frijol-4R, basado en la Evaluación Visual de Suelos* [En línea]. Managua-Nicaragua: Catholic Relief Services, 2019, p. 14. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <https://asa.crs.org/wp-content/uploads/2020/05/Instructivo-3-Manejo-fertilizaci%C3%B3n-en-granos-b%C3%A1sicos-4R.pdf>.

GADMCJS. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial La Joya de los Sachas 2019-2023* [en línea]. La Joya de los Sachas-Orellana: Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón La Joya de los Sachas, 2019, pp. 51-119. [Consulta: 04 mayo 2022]. Disponible en: <https://mega.nz/file/blwDkAIC#eil1MNPjiEVdkW0F6tWh39-v-UeBLEj3yMDP4Q-G7hY>.

GARCÍA, E.; et al. “Sustentabilidad del sistema de producción de maíz en la localidad de Ventanas, Ecuador”. *Revista Ciencia e Investigación* [En línea], 2020, (Ecuador) 5(1), pp. 169-181. [Consulta: 22 mayo 2022]. ISSN: 2528-8083. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7712460.pdf>.

GARCÍA, F. Efecto de fertilizantes a base de Nitrógeno, Azufre y Magnesio en el incremento de la clorofila, proteína y rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) en la zona de Babahoyo (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [En línea]. Universidad técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agropecuaria. Babahoyo-Ecuador. 2018, p. 12. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5047/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

GAVILÁNEZ, F.; & GÓMEZ, M. “Definición de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio para una producción máxima del maíz híbrido Advanta 9313 mediante el diseño central compuesto”. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria* [En línea], 2022, (Ecuador) 23(1), pp. 1-16. [Consulta: 22 mayo 2022]. ISSN: 0122-8706. Disponible en: <http://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/2225/945>.

GUAMÁN, R.; et al. “Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos”. *Siembra* [En línea], 2020, (Ecuador) 7(2), pp. 47-56. [Consulta: 22 mayo 2022]. ISSN: 2477-8850. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/siembra/v7n2/2477-8850-siembra-07-02-0005.pdf>.

GUERRERO C. “Cambios rurales y estrategias de vida de las familias campesinas en el norte de la Amazonía ecuatoriana”. *Ecuador Debate* [en línea], 2021, (Ecuador) 1(111) pp. 161-177. [Consulta: 04 mayo 2022]. ISSN: 2528-7761. Disponible en: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/17467/1/REXTN-ED111-11-Guerrero.pdf>.

HERNÁNDEZ, V.; et al. Visitantes florales y sistemas de reproducción de plantas arvenses del maíz (*Zea mays* L.) en el municipio de Texcoco, Estado de México (Tesis) (Maestría) [En línea]. Colegio de Postgraduados, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillo, Postgrado de Botánica. Texcoco-México. 2018, pp. 9. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/3035/1/Hernandez_Villa_V_MC_Botanica_2018.pdf.

ICBF. *Tabla de Composición de Alimentos Colombianos* [En línea]. Bogotá D.C.-Colombia: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2018. [Consulta: 22 mayo 2022]. ISBN: 978-958-623-199-2. Disponible en: https://www.icbf.gov.co/system/files/tcac_web.pdf.

IGLESIAS, S.; et al. “El rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) mejora con el uso del biochar de eucalipto”. *Scientia Agropecuaria* [En línea], 2018, (Ecuador) 9(1), pp. 25-32. [Consulta: 22 mayo 2022]. ISSN: 2077-9917. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v9n1/a03v9n1.pdf>.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS. Boletín Técnico Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [En línea]. Quito-Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2021, p. 10. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf.

INTAGRI. *Aspectos para la Producción de Maíz Forrajero e Importancia de su Fertilización NPK* [en línea]. Intagri S.C., 2021 [Consulta: 04 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/aspectos-para-la-produccion-de-maiz-forrajero-e-importancia-de-su-fertilizacion>.

INTAGRI. *El Índice de Área Foliar (IAF) y su Relación con el Rendimiento del Cultivo de Maíz* [En línea]. Intagri S.C., 2016. [Consulta: 13 junio 2022]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf>.

LIMONGI, R.; et al. *Variedad INIAP 543-QPM con la calidad de proteína para el consumo en choclo en el litoral ecuatoriano* [En línea]. Portoviejo-Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2019, pp. 1-2. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5463/1/543-QPM%20Nutrichoclo..pdf>.

LÚA, K. Estudio de los macroelementos secundarios (Calcio, Magnesio y Azufre) en la calidad nutricional del pasto Saboya (*Megathyrus maximus*) (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agropecuaria. Babahoyo-Ecuador. 2020, pp. 11-13. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8372/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000255.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MEDINA, A. Evaluación de adaptabilidad de ocho variedades de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) de alta calidad proteica introducidos a las condiciones agroecológicas de la provincia de San Martín (Tesis) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía. Tarapoto-Perú. 2019, p. 17. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en:

<https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3115/AGRONOMIA%20-%20Andr%c3%a9s%20Medina%20Ruiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ORTEGA, J.; et al. “Comportamiento de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en sistema transitorio con cacao (*Theobroma cacao* L.) en la parroquia Lodana, Ecuador”. UNESUM-Ciencias: Revista Científica Multidisciplinaria [En línea], 2022, (Ecuador) 6(2), pp. 135-152. [Consulta: 15 agosto 2022]. ISSN: 2602-8166. Disponible en: <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/633/533>.

PALOMARES, D. Análisis del nutriente vegetal fosforo en los suelos amazónicos del departamento del Caquetá (Opción de grado) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Nariño-Colombia. 2021, p. 24. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/43181/dypalomaresc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

PÉREZ, A. Respuesta de los inhibidores de la nitrificación en el suelo agrícola: movilidad y permanencia (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica Alimentaria de Diasistemas. Madrid-España. 2019. pp. 5-6. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: https://oa.upm.es/57081/1/TFG_ALLALI_PEREZ_CASTANO_ESCACENA.pdf.

PÉREZ, I.; & GARCÍA, P. “Aportes de la biotecnología al mejoramiento del maíz”. Revista Peruana de Innovación Agraria [En línea], 2021, (Perú) 1(1), pp. 130-150. [Consulta: 20 mayo 2022]. ISSN: 2810-8876. Disponible en: <http://revistas.inia.gob.pe/index.php/REVINIA/article/view/10/11>.

REYES, M.; et al. “Mediciones de índices de verdor relacionadas con área foliar y productividad de híbrido de maíz”. Cultivos tropicales [En línea], (Cuba) 2017, 38(3), pp. 112-116. [Consulta: 13 junio 2022]. ISSN: 1819-4087. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v38n3/ctr16317.pdf>.

RODRÍGUEZ, F. “Productividad de forraje en maíces híbridos bajo diferentes densidades de población y dosis de fertilización”. Terra Latinoamericana [en línea], 2021, (México) 39(1), pp. 1-12. [Consulta: 4 mayo 2022]. ISSN: 0187-5779. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v39/2395-8030-tl-39-e676.pdf>.

ROMERO, K.; & RUÍZ, J. Evaluación de la fertilización orgánico y sintético en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L.), (Variedad Nutrinta Amarillo) Centro Experimental Las Mercedes, Managua, 2020 (Tesis) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua-Nicaragua. 2021. pp. 1-49 [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/4422/1/tnf04r763m.pdf>.

ROMERO, L.; & ROMERO, T. Importancia del maíz en la alimentación del ganado doble propósito en el sur del estado de México (Tesis) (Licenciatura) [En línea]. Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Licenciatura en Contaduría. Temascaltepec de González-México. 2019, p. 33. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/105437/Romero-Antolino%20Luis%20y%20Tania-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SALTOS, E. Manejo agronómico de tres híbridos y cuatro distancias de siembra en el cultivo de maíz *Zea mays* L. (Trabajo de titulación) (Pregrado) [En línea]. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería Agronómica Guayaquil-Ecuador. 2018, pp. 11. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29005/1/Saltos%20Baja%20c3%b1a%20Edison%20Gabriel.pdf>.

SALTOS, V.; & SOLÓRZANO, J. Respuesta agronómica del cultivo de maíz (*Zea mays*) bajo estrategias de riego deficitario (Trabajo de integración curricular) (Ingeniería) [En línea]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Carrera de Ingeniería Agrícola. Calceta-Ecuador. 2021, pp. 1-56. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.espm.edu.ec/bitstream/42000/1546/1/TTA30D.pdf>.

SÁNCHEZ, E.; & CURETTI, M. *Nutrición mineral de frutales de clima templado* [En línea]. Buenos aires-Argentina: Ediciones INTA, 2021, p. 123. [Consulta: 22 mayo 2022]. ISBN: 978-987-8333-93-9. Disponible en: https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9942/INTA_CRPatagoniaNorte_EEAAltoValle_Curetti_M_Nutrici%c3%b3n_mineral_frutales_clima_templado.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

SÁNCHEZ, M.; et al. “Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros”. *Agronomía Mesoamericana* [En línea], 2011, (Costa Rica) 22(2), pp. 281-295. [Consulta: 05 septiembre 2022]. ISSN: 1021-7444. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/437/43722407005.pdf>.

SÁNCHEZ, M.; et al. “Rendimiento forrajero de maíces adaptados al trópico húmedo de México”. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* [En línea], 2019, (México) 10(3), pp. 699-712. [Consulta: 05 mayo 2022]. ISSN: 2007-0934. Disponible en: <http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1546/2176>.

SCANES, C. *Animals and Human Society: Chapter 6 - The Neolithic Revolution, Animal Domestication, and Early Forms of Animal Agriculture* [en línea]. Wisconsin-Estados Unidos: Academic Press, 2018, p. 113. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012805247100006X>.

SHARMA, H.; et al. *Cation Transporters in Plants: Chapter 16 - A glimpse of boron transport in plants* [en línea]. India: Academic Press, 2022, p. 285. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323857901000178>.

SOLIS, V. El nitrógeno como base de la producción agrícola en cultivos de ciclo corto (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agronómica. Babahoyo-Ecuador. 2019, pp. 19-20. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6011/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000127.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SWAMINATHAN, S. *Reference Module in Food Science: Cereal grains* [en línea]. India: Elsevier, 2021. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128218488000172>.

URANGO, L. *Algunos componentes generales, particulares y singulares del maíz en Colombia y México: Componentes del maíz en la nutrición humana* [En línea] Medellín-Colombia: Fondo Editorial Biogénesis, 2018, pp. 185-209. [Consulta: 22 mayo 2022]. ISBN: 978-958-5526-03-7. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/336208/20791740>.

VALENZUELA, J.; et al. “Caracterización morfológica y agronómica de dos genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en la zona media de la parroquia Malchinguí”. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías* [En línea], 2019 (Ecuador) 11(1), pp. 40-49. [Consulta: 22 mayo 2022]. ISSN: 2528-7788. Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/1091/1405>.

VALERO, J. Dinámica de absorción de los macroelementos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo condiciones de riego (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Técnica

de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agropecuaria. Babahoyo-Ecuador. 2019, p. 23. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6148/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000147.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

VARGAS, J. Evaluación de velocidad siembra de maíz forrajero con sembradora neumática en el distrito de Vitor, provincia y departamento de Arequipa (Trabajo de suficiencia profesional) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ingeniería Agrícola. Lima-Perú. 2020, p. 31. [Consulta: 04 mayo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4595/vargas-canaza-julio-cesar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

VERA, A. Niveles de daño de *Spodoptera frugiperda* (JE smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz (*Zea mays* L.) (Proyecto de investigación) (Ingeniería) [En línea]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería Agropecuaria. Mocache-Ecuador. 2020, pp. 15-16. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5983/1/T-UTEQ-00274.pdf>.

VILLALTA, F. Principales inconvenientes en la comercialización de maíz amarillo duro en el Cantón Pueblo Viejo - Provincia de Los Ríos (Componente práctico del examen de grado) (Ingeniería) [en línea]. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica. Babahoyo-Ecuador. 2019, p. 12. [Consulta: 04 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6808/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

VILLAMIL, L. Alternativas forrajeras para la alimentación de ganadería bovina lechera en la región del occidente del departamento de Boyacá (Colombia) (Trabajo de investigación) (Zootecnia) [en línea]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Pecuarias y del Medio Ambiente, Programa de Zootecnia. Bogotá D.C.-Colombia. 2017, p. 14. [Consulta: 04 mayo 2022]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/17460/4197146.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ZAMBRANO, C.; & ANDRADE, M. “Productividad y precios de maíz duro pre y post Covid-19 en el Ecuador”. Revista Universidad y Sociedad [En línea], 2021, (Ecuador) 13(4) pp. 143-150. [Consulta: 22 mayo 2022]. ISSN: 2218-3620. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n4/2218-3620-rus-13-04-143.pdf>.

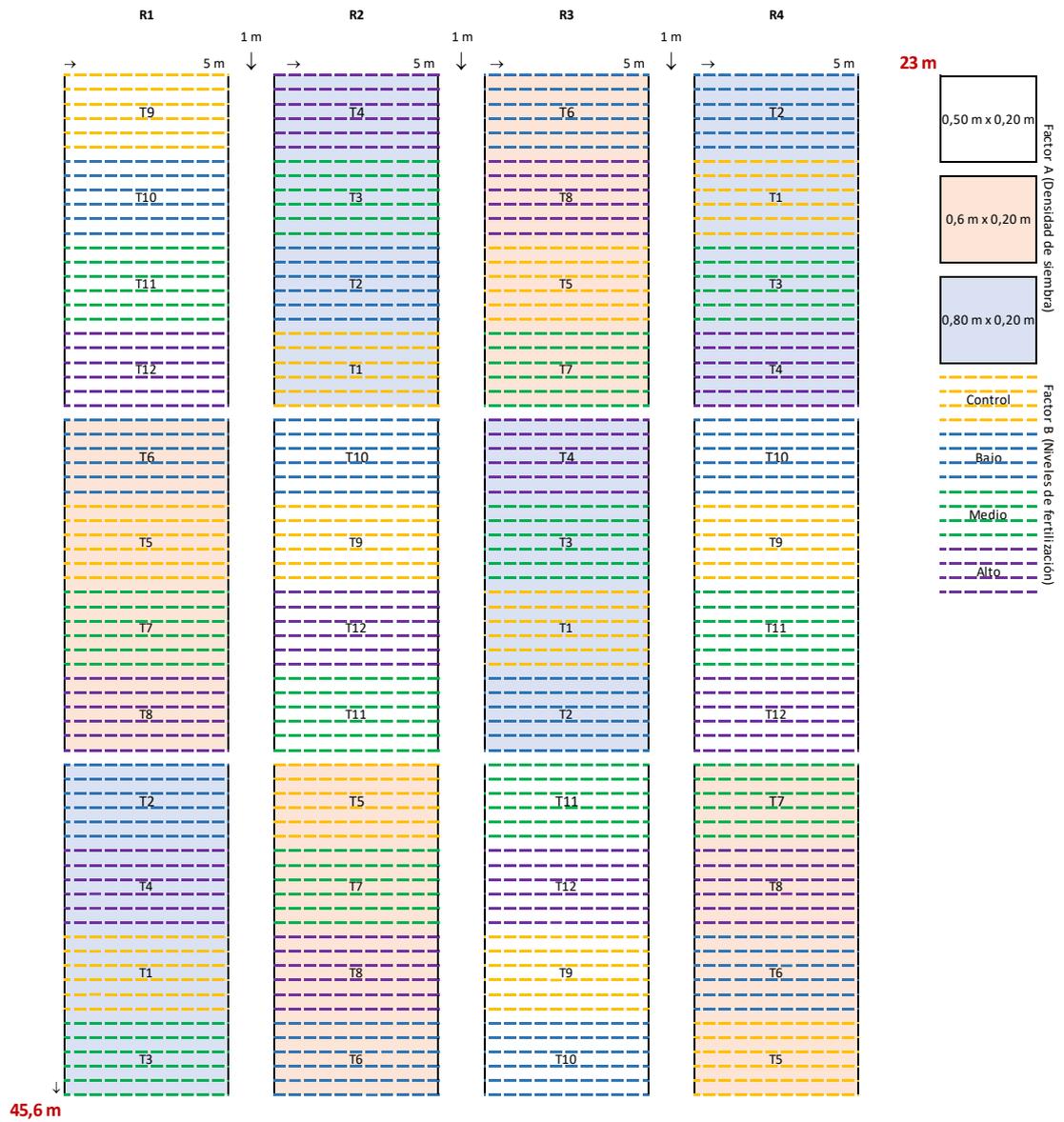
ZAMBRANO, J.; et al. *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana* [En línea]. Quito-Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2021, pp. 19-103. [Consulta: 22 mayo 2022]. ISBN: 978-9942-40-645-3. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5796/1/GUIA%20CULTIVO%20DE%20MAIZ%202021-1.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS DE COSTOS

Actividades	Unidades	Frecuencia	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Labranza del suelo					
Preparación de suelo	Pases	-	1	\$60,00	\$60,00
Siembra					
Muestreo de suelo	Análisis Suelo	-	1	\$29,22	\$29,22
Thiodicarb (Semevin)	Frasco (200 mL)	-	3	\$11,50	\$34,50
Siembra manual	Jornales		2	\$15,00	\$30,00
Control de malezas pre emergente					
Atrazina	Funda 900 g	-	2	\$11,00	\$22,00
Pendimetalin	Litro	-	2	\$9,89	\$19,78
Clorpirifos	Litro	-	2	\$20,00	\$40,00
Aplicación manual	Jornal		1	\$15,00	\$15,00
Control de maleza post emergente					
Nicosulfuron	Frasco (50 g)	-	1	\$7,00	\$7,00
Aplicación de herbicidas	Jornal		1	\$15,00	\$15,00
Control de insectos					
Clorpirifos	Frasco (1L)	3 veces	4	\$20,00	\$80,00
Benzoato de emamectina	Sobre (150 g)	2 veces	2	\$27,00	\$54,00
Aplicación de insecticida	Jornal	4 días	1	\$15,00	\$60,00
Fertilización					
Aplicación de fertilizantes	Jornal	4 veces	2	\$15,00	\$30,00
Sub total de costos					\$473,17
Imprevistos 5%					\$23,33
Total de costos					\$496,50

ANEXO B: CROQUIS DEL ENSAYO



ANEXO C: ANÁLISIS ECONÓMICO DE BENEFICIO/COSTO

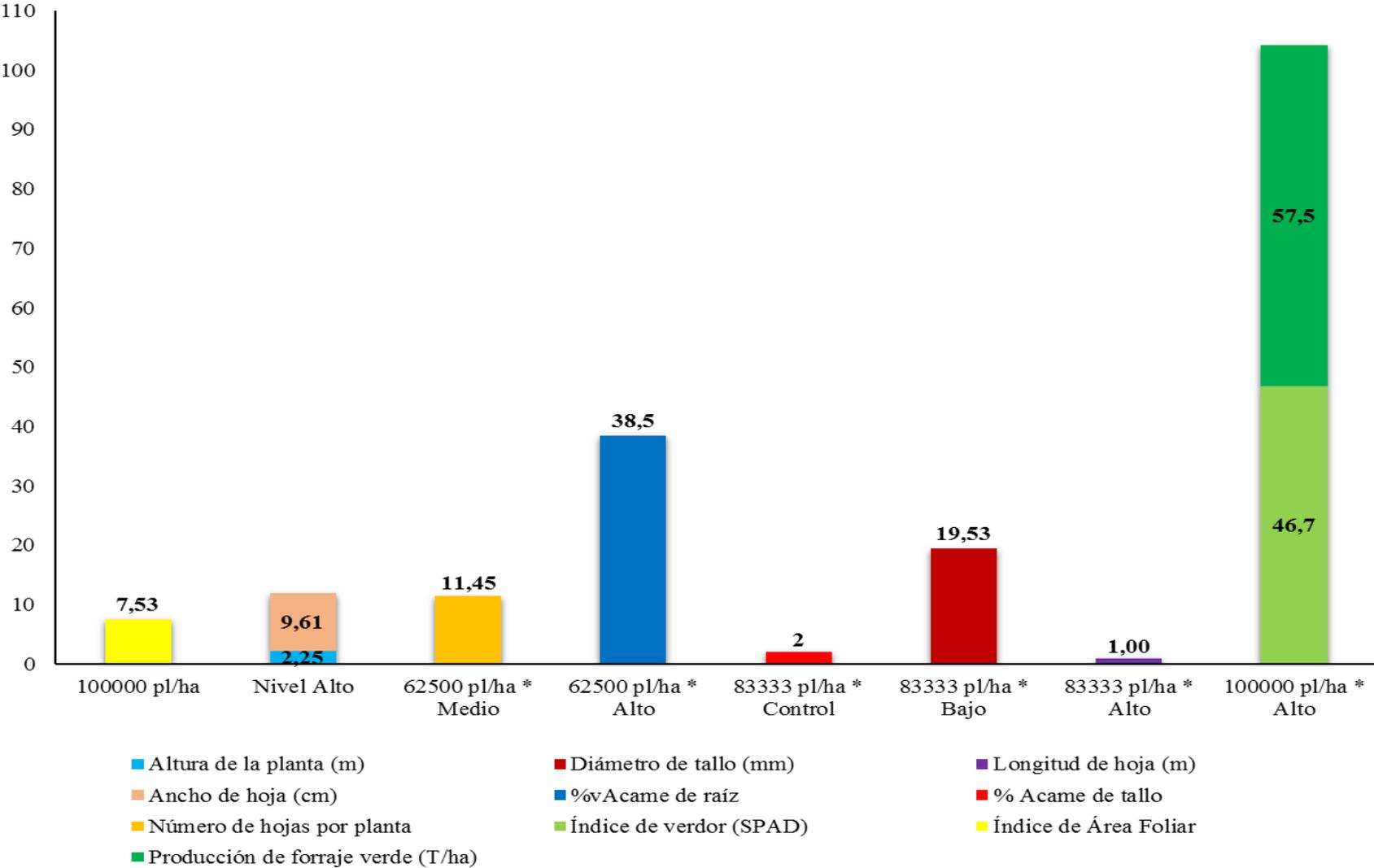
Tratamientos		Costos de producción											
N°	Densidades	Fertilización	Rend. (t/ha)	Rend. Ajust. 10% (t/ha)	Rend. Saco 45 kg	Benef. Brutos en campo (\$/ha)	Costos fijos (\$/ha)	Costos de semilla (\$/ha)	Costos de fertilizantes (\$/ha)	Costos de cosecha + ensilado (\$/ha)	Total Costo	Beneficios netos (\$/ha)	B/C
1	100000	Control	48,13	43,32	962,60	4813,00	\$ 1.022,18	\$ 87,50	\$ 0,00	721,95	1831,63	2981,37	1,63
2	100000	Bajo	52,66	47,39	1053,20	5266,00	\$ 1.022,18	\$ 87,50	\$ 221,21	789,90	1899,58	3366,42	1,77
3	100000	Medio	50,00	45,00	1000,00	5000,00	\$ 1.022,18	\$ 87,50	\$ 442,42	750,00	1859,68	3140,32	1,69
4	100000	Alto	57,50	51,75	1150,00	5750,00	\$ 1.022,18	\$ 87,50	\$ 663,63	862,50	1972,18	3777,82	1,92
5	83333	Control	38,74	34,87	774,80	3874,00	\$ 1.022,18	\$ 72,91	\$ 0,00	581,10	1676,19	2197,81	1,31
6	83333	Bajo	49,60	44,64	992,00	4960,00	\$ 1.022,18	\$ 72,91	\$ 221,21	744,00	1839,09	3120,91	1,70
7	83333	Medio	37,09	33,38	741,80	3709,00	\$ 1.022,18	\$ 72,91	\$ 442,42	556,35	1651,44	2057,56	1,25
8	83333	Alto	48,22	43,40	964,40	4822,00	\$ 1.022,18	\$ 72,91	\$ 663,63	723,30	1818,39	3003,61	1,65
9	62500	Control	30,44	27,40	608,80	3044,00	\$ 1.022,18	\$ 54,71	\$ 0,00	456,60	1533,49	1510,51	0,99
10	62500	Bajo	31,74	28,57	634,80	3174,00	\$ 1.022,18	\$ 54,71	\$ 221,21	476,10	1552,99	1621,01	1,04
11	62500	Medio	33,51	30,16	670,20	3351,00	\$ 1.022,18	\$ 54,71	\$ 442,42	502,65	1579,54	1771,46	1,12
12	62500	Alto	37,39	33,65	747,80	3739,00	\$ 1.022,18	\$ 54,71	\$ 663,63	560,85	1637,74	2101,26	1,28

ANEXO D: TABLA RESUMEN DE PROMEDIOS GENERALES DE FACTORES Y TRATAMIENTOS

VARIABLES	FACTORES														TRATAMIENTOS (A*B)							
	Densidad (A)						Fertilización (B)								62500 pl/ha * Control		62500 pl/ha * Bajo		62500 pl/ha * Medio			
	62500 pl/ha		83333 pl/ha		100000 pl/ha		Control		Bajo		Medio		Alto									
Altura de la planta (m)	2,23	a	2,2	A	2,18	a	2,14	b	2,21	ab	2,21	ab	2,25	ab	2,16	a	2,19	A	2,3	a		
Diámetro de tallo (mm)	18,56	a	18,46	A	18,31	a	17,71	b	18,80	a	18,51	a	18,76	a	18,24	abc	18,20	Ab c	18,62	abc		
Longitud de hoja (m)	0,96	a	0,98	A	0,97	a	0,96	a	0,97	a	0,98	a	0,98	a	0,96	a	0,97	A	0,97	a		
Ancho de hoja (cm)	9,46	a	9,51	A	9,24	a	9,03	b	9,43	a	9,55	a	9,61	a	9,30	ab	9,43	Ab	9,39	ab		
% Acame de raíz	42,38	a	54,54	A	66,42	a	52,55	a	50,33	a	60,89	a	54	a	51,17	ab	38,50	B	41,33	ab		
% Acame de tallo	2,46	a	2,33	A	3,5	a	2,89	a	2,56	a	2,89	a	2,72	a	2,67	a	2,34	A	2,33	a		
Número de hojas por planta	11,27	a	11,33	A	11,24	a	11,27	a	11,16	a	11,41	a	11,28	a	11,23	a	11,13	A	11,45	a		
Índice de verdor (SPAD)	44,72	a	45,33	A	45,06	a	44,18	a	44,68	a	44,92	a	46,35	a	42,50	a	44,23	A	45,53	a		
Índice de Área Foliar	4,81	c	6,63	B	7,53	a	5,97	b	6,26	ab	6,55	a	6,52	a	4,69	e	4,67	E	4,88	e		
Producción de forraje verde (T/ha)	33,27	c	43,41	B	52,07	a	39,10	c	44,67	bc	40,20	c	47,7	a	30,44	e	31,74	De	33,51	cde		
62500 pl/ha * Alto		83333 pl/ha * Control		83333 pl/ha * Bajo		83333 pl/ha * Medio		83333 pl/ha * Alto		100000 pl/ha * Control		100000 pl/ha * Bajo		100000 pl/ha * Medio		100000 pl/ha * Alto		E.E	Prob.	Sig.		
																				A	B	A * B
2,28	a	2,12	a	2,28	a	2,17	A	2,22	a	2,14	a	2,15	a	2,17	a	2,27	A	0,02	0,0148	*	*	
19,17	ab	17,59	bc	19,53	a	18,41	Abc	18,33	abc	17,31	c	18,67	abc	18,49	abc	18,79	abc	0,32	0,0419		*	
0,97	a	0,96	a	0,99	a	0,99	A	1,00	a	0,96	a	0,97	a	0,97	a	0,97	A	0,01	0,6482	ns	ns	
9,71	a	9,01	b	9,69	a	9,65	A	9,71	a	8,78	b	9,18	ab	9,6	a	9,4	Ab	0,09	0,0004	*	*	
38,5	ab	46,5	ab	50,83	ab	64,33	Ab	56,5	ab	60	ab	61,67	ab	77	a	67	Ab	7,41	0,5521	ns	ns	
2,5	a	2	a	2,5	a	2,67	A	2,17	a	4	a	2,84	a	3,67	a	3,5	A	0,55	0,8258	ns	ns	

11,28	a	11,3	a	11,25	a	11,43	A	11,33	a	11,28	a	11,1	a	11,35	a	11,23	A	0,18	0,9993	ns	n s	ns
46,63	a	44,03	a	46,5	a	45,05	A	45,73	a	46,03	a	43,33	a	44,18	a	46,76	A	1,33	0,3556	ns	n s	ns
5	e	6,11	d	6,71	cd	6,81	Cd	6,89	bcd	7,11	bc	7,4	abc	7,94	a	7,66	Ab	0,11	<0,000 1	**		
37,39	cd	38,74	c	49,6	b	37,09	Cd	48,22	b	48,13	b	52,66	ab	50	b	57,5	A	1,15	0,0001			**

ANEXO E: PROMEDIOS DESTACADOS DE FACTORES Y TRATAMIENTOS EN VARIABLES



ANEXO F: RESULTADOS ANÁLISIS DE SUELO GRANJA SAN CARLOS



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA
 CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN
LABORATORIO DE SUELOS
 Vía Sacha - San Carlos, Km 3 de la Parker, Orellana - Ecuador
 www.iniap.gob.ec - Correo electrónico: centralamazonia@iniap.gob.ec - Teléfono: 063700000



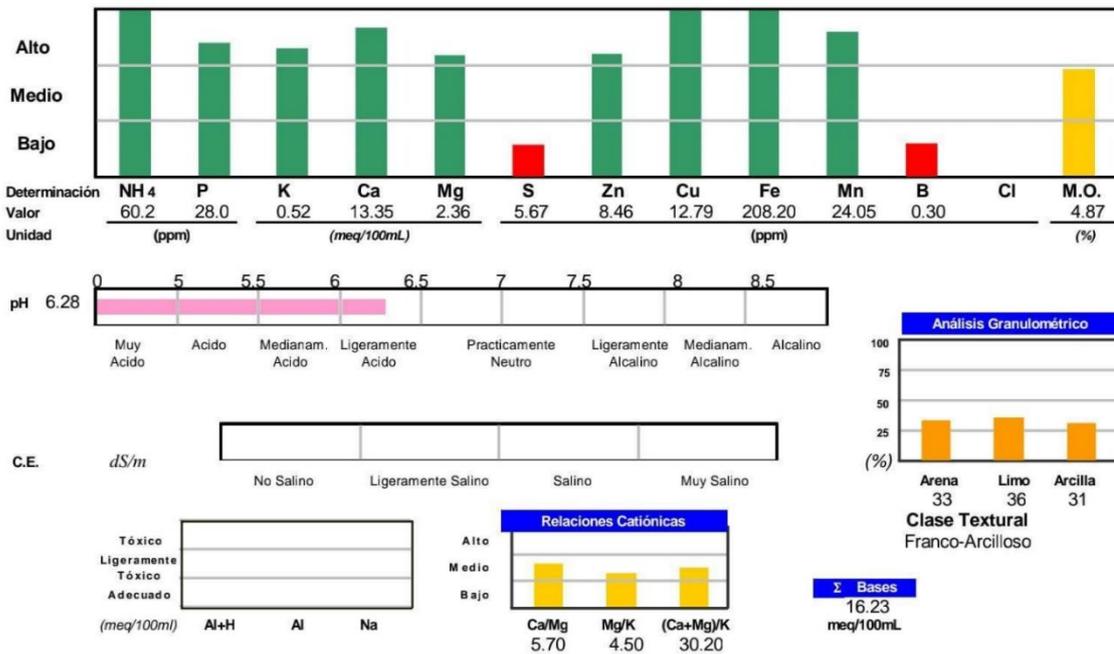
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO			
Nombre : FIASA GANADERIA	Teléfono : 0993492275		
Dirección : VIA SAN CARLOS LA PARKER	Fax : N/E		
Ciudad : LA JOYA DE LOS SACHAS	e-mail : carlos.congo@iniap.gob.ec		

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre : GRANJA SAN CARLOS	Parroquia : SAN CARLOS
Provincia : ORELLANA	Ubicación : GRANJA SAN CALOS -INIAP-EECA
Cantón : LA JOYA DE LOS SACHAS	

DATOS DE LA MUESTRA			
No. Laboratorio : 19256	Informe No. :	Factura No. :	0
Identificación : 22S556	Responsable Muestreo : Cliente	Fecha Análisis : 11/05/2022	
Cultivo Actual : MAIZ	Fecha Muestreo : 23/03/2022	Fecha Emisión : 13/05/2022	
Coordenadas : Latitud: Longitud:	Fecha Ingreso : 20/04/2022	Fecha Impresión : 13/05/2022	

INTERPRETACION



Determinación	Metodología	Extractante
NH ₄ , P	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 8.5
S	Turbidimetría	Fosfato de Ca
B	Colorimetría	Monobásico
Cl	Volumetría	Pasta Saturada
M.O.	Walkey Black	No aplica

Determinación	Metodología	Extractante
pH	Potenciométrica	Suelo: Agua (1: 2.5)
CE	Conductimetría	Pasta Saturada
Textura	Bouyoucos	No Aplica
Al	Volumetría	K, Cl, 1 N
Al + H		
Na	Absorción	Pasta Saturada
E Bases	Atómica	Olsen Modificado pH 8.5

Niveles de Referencia Optimos					
NH ₄ 20 - 40	S 10 - 20	B 0.5 - 1.0	Na 0.5 - 1.0		
P 10 - 20	Zn 2 - 7	Cl 17 - 34	Ca/Mg 2 - 8		
K 0.2 - 0.4	Cu 1 - 4	M.O. 3.10 - 5.00	Mg/K 2.5 - 10.0		
Ca 4 - 8	Fe 20 - 40	Al+H 0.50 - 1.50	(Ca+Mg)/K 12.5 - 50.0		
Mg 1 - 2	Mn 5 - 15	Al 0.30 - 1.00			

ANEXO G: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO CON BARRENO Y MEDICIÓN DEL ÁREA DE ENSAYO



ANEXO H: PREPARACIÓN DEL SUELO



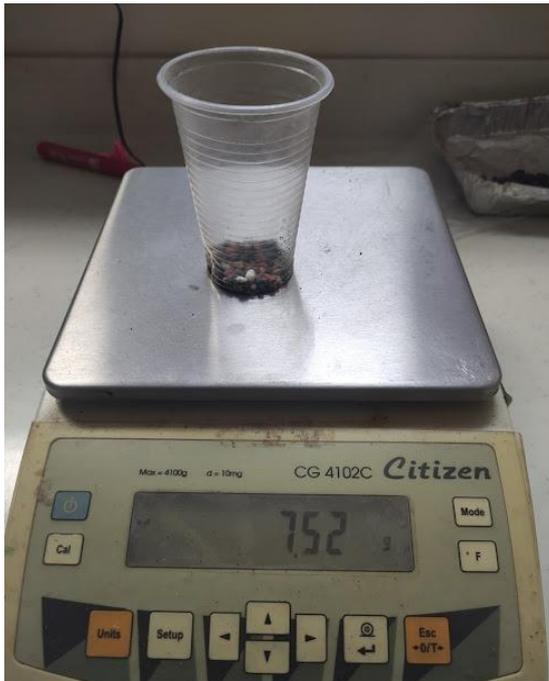
ANEXO I: DESINFECCIÓN DE SEMILLAS Y SIEMBRA



ANEXO J: EMERGENCIA (8 DDS)



ANEXO K: DOSIFICACIÓN DE FERTILIZANTE EDÁFICO



ANEXO L: RECONOCIMIENTO DE INSECTO PLAGA (GUSANO COGOLLERO)



ANEXO M: APLICACIÓN DE INSECTICIDA Y FERTILIZANTE EDÁFICO (15 DDS)



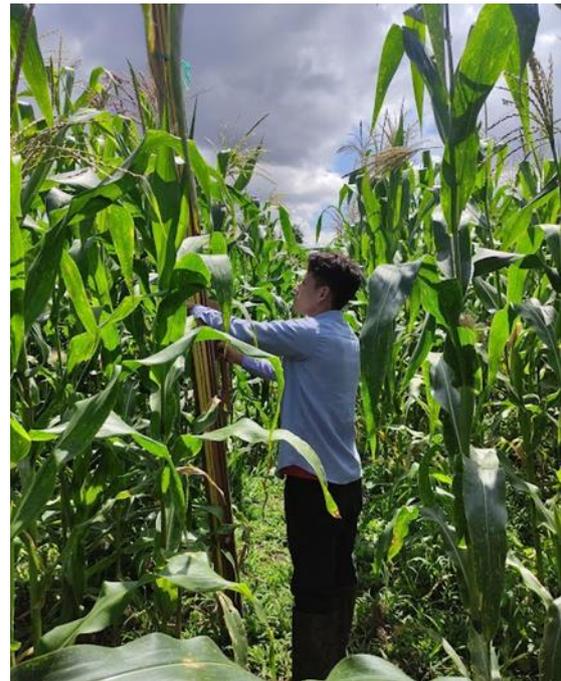
ANEXO N: APLICACIÓN DE INSECTICIDA Y FERTILIZANTE EDÁFICO (30 DDS)



ANEXO O: APLICACIÓN DE INSECTICIDA Y FERTILIZANTE EDÁFICO (45 DDS)



ANEXO P: EVALUACIÓN DE VARIABLES MORFOLÓGICAS



ANEXO Q: EVALUACIÓN DE VARIABLES FISIOLÓGICAS



ANEXO R: EVALUACIÓN DE VARIABLES DE PRODUCCIÓN





esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 01 / 02 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Kevin Adrián Torres Navarrete
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniero Agrónomo
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.

Leonardo Medina
07-02-2023



2419-DBRA-UTP-2022