



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS
VARIEDADES DE MAÍZ INIAP-103 E INIAP-199
INTRODUCIDAS EN LA PARROQUIA MANGLARALTO**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autora: Stefanny Madeline Merejildo Rosales

LA LIBERTAD, AGOSTO 2026



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS
VARIEDADES DE MAÍZ INIAP-103 E INIAP-199
INTRODUCIDAS EN LA PARROQUIA MANGLARALTO**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autora: Stefanny Madeline Merejildo Rosales

Tutor: Ing. Marlon Alexis Mena Montoya, Mgtr

LA LIBERTAD, AGOSTO 2026

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **STEFANNY MADELINE MEREJILDO ROSALES** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniera Agropecuaria de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 11 / 08 / 2026



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**VERONICA CRISTINA
ANDRADE YUCAILLA**

Ing. Verónica Andrade Yucailla, PhD.
**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**IDALBERTO MACIAS
SOCARRAS**

Ing. Idalberto Macías Socarras, PhD.
**PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



**Marlon Alexis Mena
Montoya**



Ing. Marlon Mena Montoya, Mgtr.
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**NADIA ROSAURA
QUEVEDO PINOS**

Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Washington Perero Vera, MSc.
ASISTENTE ADMINISTRATIVO



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**WASHINGTON VIDAL
PERERO VERA**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por brindarme el espacio y las herramientas necesarias para mi formación profesional. Asimismo, al Centro de Apoyo Manglaralto por facilitarme los recursos y el espacio indispensable para llevar a cabo esta investigación.

Quiero expresar mi más sincera gratitud a mi tutor, el Ing. Marlon Mena Montoya Mgtr., por motivarme a superar mis propios límites y por su valiosa guía, paciencia, confianza y conocimientos impartidos para culminar este proyecto de investigación con éxito.

A mi familia, en especial a mis padres, Tatiana Rosales y Jorge Merejildo, por su amor incondicional y por creer en mí incluso cuando yo mismo dudaba; sus sacrificios hicieron posible este logro.

A mis amigos de siempre, Daniela, Neila, Alexis, Anthony, José R., Jordy y Jose S., con quienes compartí largas jornadas de trabajo, gracias por el apoyo mutuo. Gracias por su amistad, su confianza y por hacer de su valioso acompañamiento una experiencia inolvidable.

Finalmente, también quiero agradecer a Angella Chango por sus palabras de aliento en los momentos de mayor presión y por celebrar cada pequeño avance a mi lado a pesar de la distancia.

Stefanny

DEDICATORIA

En primer lugar, se lo dedico a Dios por darme la fortaleza, la sabiduría y la salud necesarias para superar cada obstáculo en este trayecto universitario y bendecir mi camino. Con amor y gratitud a mis padres, Tatiana Rosales y Jorge Merejildo, por ser el pilar fundamental de mi vida, mi mayor inspiración y el motor que me impulsó a seguir adelante en cada etapa, sus palabras de aliento y sus incansables sacrificios hicieron posible la culminación de este gran sueño. Este logro es, ante todo, de ustedes. Finalmente, dedico este logro a mi propio esfuerzo y constancia; por la disciplina en los días difíciles y por la firme convicción de que el futuro les pertenece a quienes deciden persistir.

Stefanny

RESUMEN

La situación actual en la producción de maíz dentro de la provincia de Santa Elena está sujeta a constantes desafíos, debido a diversos factores tales como el clima, las alternativas tecnológicas y la variabilidad genética del cultivo, los cuales, infieren en la optimización del rendimiento local. Por lo cual, el presente estudio se planteó bajo el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de las variedades INIAP-199 e INIAP-103 introducidas en la parroquia Manglaralto, provincia de Santa Elena. Se implementó un DBCA con arreglo factorial 2x2, integrando dos distancias de siembra con dos variedades y cuatro tratamientos. Se evaluaron variables de desarrollo fenológico, morfológicas, componentes del rendimiento y análisis económico y comportamiento fitosanitario. Se aplicó un análisis de varianza a los datos registrados y una prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre las variedades para la mayoría de las variables evaluadas. Los resultados demostraron diferencias significativas entre los materiales genéticos, La variedad INIAP-103 evidenció una mayor precocidad al completar su ciclo biológico en 68 días frente a los 77 días de INIAP-199. De esta manera, INIAP-103 manifestó un vigor vegetativo superior con una altura promedio de 213.45 cm y hojas significativamente más desarrolladas. En el monitoreo fitosanitario se observó un incremento del daño causado por *Spodoptera frugiperda* hasta la segunda evaluación, seguido de una reducción tras la implementación de medidas de control. El tratamiento T4 (INIAP-103 con 0.50 x 0.80 m) alcanzó el mayor peso de mil granos con 423.20 g y el mayor rendimiento de 15 kg. Se concluye que la variedad INIAP-103 posee una excelente respuesta agronómica, productiva y económica bajo las condiciones de estudio, constituyéndose en una alternativa viable para el sector agrícola de la parroquia Manglaralto.

Palabras clave: Cereales. Distanciamiento. Fenología. Rentabilidad.

ABSTRACT

The current situation regarding corn production in the province of Santa Elena faces constant challenges due to various factors, such as climate, technological alternatives, and the crop's genetic variability, all of which affect the optimization of local yields. Therefore, this study was designed to evaluate the agronomic performance of the INIAP-199 and INIAP-103 varieties introduced in the Manglaralto parish, Santa Elena province. A completely randomized block design (CRBD) with a 2x2 factorial arrangement was implemented, incorporating two planting distances with two varieties and four treatments. Variables related to phenological development, morphology, yield components, economic analysis, and phytosanitary performance were evaluated. An analysis of variance was applied to the recorded data, followed by a Tukey test at a 5% significance level. The results revealed significant differences between the varieties for most of the evaluated variables. The results demonstrated significant differences among genetic materials. The INIAP-103 variety showed greater precocity, completing its life cycle in 68 days compared to 77 days for INIAP-199. Thus, INIAP-103 exhibited superior vegetative vigor with an average height of 213.45 cm and significantly more developed leaves. Phytosanitary monitoring revealed an increase in damage caused by *Spodoptera frugiperda* up to the second evaluation, followed by a reduction after the implementation of control measures. Treatment T4 (INIAP-103 with a spacing of 0.50 x 0.80 m) achieved the highest thousand-kernel weight at 423.20 g and the highest yield of 15 kg. It is concluded that the INIAP-103 variety exhibits excellent agronomic, productive, and economic performance under the study conditions, making it a viable alternative for the agricultural sector in the Manglaralto parish.

Keywords: Cereals. Plant spacing. Phenology. Profitability.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **“COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES DE MAÍZ INIAP-103 E INIAP-199 INTRODUCIDAS EN LA PARROQUIA MANGLARALTO”** y elaborado por **Stefanny Madeline Merejildo Rosales**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
Problema Científico.....	2
Objetivos.....	3
Objetivo General:	3
Objetivos Específicos:	3
Hipótesis	3
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1 Origen del cultivo de maíz	4
1.2 Importancia del maíz	4
1.3 Taxonomía.....	4
1.4 Morfología del cultivo de maíz	5
1.4.1 Tallo.....	5
1.4.2 Hojas	5
1.4.3 Panícula o panoja y espiguillas.....	5
1.4.4 Mazorcas.....	5
1.5 Etapa fenología del maíz	5
1.6 Fases del ciclo del cultivo de maíz	7
1.7 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de maíz.....	7
1.7.1 Clima.....	7
1.7.2 Suelo	7
1.7.3 Agua.....	7
1.8 Manejo agronómico del cultivo de maíz.....	8
1.8.1 Preparación del terreno	8
1.8.2 Siembra	9
1.9 Plagas y enfermedades	9
1.9.1 Plagas.....	9
1.9.2 Enfermedades	10
1.10 Cosecha y comercialización	10
1.11 Requerimiento nutricional.....	10
1.12 Producción del cultivo	11
1.13 Variedad INIAP-103	11
1.14 Variedad INIAP-199	12

1.15 Investigaciones relacionadas.....	13
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
2.1 Caracterización del área	15
2.2 Materiales, equipos y reactivos.....	15
2.2.1 Material biológico.....	15
2.2.2 Material de campo para colecta de datos	15
2.2.3 Material de equipos de apoyo	15
2.2.4 Material de insumos.....	15
2.3 Tipo de investigación	16
2.4 Diseño de investigación	16
2.4.1 Diseño experimental	17
2.4.2 Selección del material vegetal	17
2.4.3 Especificaciones del experimento.....	17
2.5 Manejo del experimento.....	18
2.5.1 Preparación del experimento	18
2.5.2 Siembra	19
2.5.3 Plan de fertilización	19
2.5.4 Manejo fitosanitario.....	21
2.5.5 Frecuencia de riego.....	22
2.6 Parámetros evaluados	22
2.6.1 Morfológicos.....	22
2.6.2 Desarrollo fenológico	22
2.6.3 Comportamiento fitosanitario	23
2.6.4 Variables de rendimiento	23
2.7 Costo	24
2.8 Análisis estadísticos	26
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
3.1 Parámetros morfológicos evaluados en plantas de maíz.....	27
3.1.1 Altura de planta (cm)	27
3.1.2 Diámetro del tallo (cm).....	28
3.1.3 Ancho de la hoja (cm).....	30
3.1.4 Largo de la hoja (cm).....	32
3.1.5 Número de hojas	33
3.1.6 Desarrollo fenológico de las variedades INIAP-103 e INIAP-199	35

3.2	Comportamiento fitosanitario	36
3.2.1	Porcentaje de daño (%)	36
3.3	Rendimiento y viabilidad económica	38
3.3.1	Rendimiento kg.....	38
3.3.2	Rentabilidad.....	40
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
	Conclusiones.....	42
	Recomendaciones.....	43
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
	ANEXOS	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del maíz (Caviedes <i>et al.</i> , 2022).....	4
Tabla 2. Fenología del maíz (Tomalá, 2024).....	5
Tabla 3. Plagas del cultivo de maíz (Flores, 2020).....	9
Tabla 4. Enfermedades del cultivo de maíz (Tamayo <i>et al.</i> , 2024).	10
Tabla 5. Características agronómicas y morfológicas INIAP-103 (INIAP, 2016).	11
Tabla 6. Características agronómicas INIAP-199 (Yáñez <i>et al.</i> , 2017).	13
Tabla 7. Características agro-morfológicas INIAP-199 (Yáñez <i>et al.</i> , 2017).	13
Tabla 8. ANOVA.....	16
Tabla 9. Detalle de los tratamientos	17
Tabla 10. Requerimiento del cultivo de maíz (Flores, 2023).	20
Tabla 11. Altura de la planta (cm) en el comportamiento agronómico de las variedades de maíz (<i>Zea mays</i>) INIAP-103 e INIAP-199 introducidas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.	28
Tabla 12. Diámetro del tallo (cm) en el comportamiento agronómico de las variedades de maíz (<i>Zea mays</i>) INIAP-103 e INIAP-199 introducidas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.	29
Tabla 13. Ancho de la hoja (cm) en el comportamiento agronómico de las variedades de maíz (<i>Zea mays</i>) INIAP-103 e INIAP-199 introducidas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.	31
Tabla 14. Largo de la hoja (cm) en el comportamiento agronómico de las variedades de maíz (<i>Zea mays</i>) INIAP-103 e INIAP-199 introducidas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.	33
Tabla 15. Número de hojas en el comportamiento agronómico de las variedades de maíz (<i>Zea mays</i>) INIAP-103 e INIAP-199 introducidas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.	34
Tabla 16. Días de las fases fenológicas	35
Tabla 17. Rendimiento del comportamiento agronómico de las variedades de maíz (<i>Zea mays</i>) INIAP-103 e INIAP-199 introducidas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE..	39
Tabla 18. Comportamiento agronómico de las variedades de maíz (<i>Zea mays</i>) INIAP-103 e INIAP-199 introducidas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.	40
Tabla 19. Comportamiento agronómico de las variedades de maíz (<i>Zea mays</i>) INIAP-103 e INIAP-199 proyectado a 1 ha.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo del maíz	7
Figura 2. Etapas de mayor y menor riego.....	8
Figura 3: Zonificación de INIAP-103	12
Figura 4. Croquis del experimento	18
Figura 5. Etapas fenológicas de la variedad INIAP-103	36
Figura 6. Etapas fenológicas de la variedad INIAP-199	36
Figura 7. Porcentaje de daño ocasionado por <i>Spodoptera frugiperda</i> en plantas de maíz en las variedades INIAP-199 e INIAP-103 dos distancias de siembra según la escala de Davis	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Tabla 1A. Cuadros ANOVA

Tabla 1.1A. Cuadro ANOVA para la variable AP8

Tabla 1.2A. Cuadro ANOVA para la variable AP17

Tabla 1.3A. Cuadro ANOVA para la variable AP26

Tabla 1.4A. Cuadro ANOVA para la variable AP35

Tabla 1.5A. Cuadro ANOVA para la variable AP44

Tabla 1.6A. Cuadro ANOVA para la variable DT8

Tabla 1.7A. Cuadro ANOVA para la variable DT17

Tabla 1.8A. Cuadro ANOVA para la variable DT26

Tabla 1.9A. Cuadro ANOVA para la variable DT35

Tabla 1.10A. Cuadro ANOVA para la variable DT44

Tabla 1.11A. Cuadro ANOVA para la variable AH8

Tabla 1.12A. Cuadro ANOVA para la variable AH17

Tabla 1.13A. Cuadro ANOVA para la variable AH26

Tabla 1.14A. Cuadro ANOVA para la variable AH35

Tabla 1.15A. Cuadro ANOVA para la variable AH44

Tabla 1.16A. Cuadro ANOVA para la variable LH8

Tabla 1.17A. Cuadro ANOVA para la variable LH17

Tabla 1.18A. Cuadro ANOVA para la variable LH26

Tabla 1.19A. Cuadro ANOVA para la variable LH35

Tabla 1.20A. Cuadro ANOVA para la variable LH44

Tabla 1.21A. Cuadro ANOVA para la variable NH8

Tabla 1.22A. Cuadro ANOVA para la variable NH17

Tabla 1.23A. Cuadro ANOVA para la variable NH26

Tabla 1.24A. Cuadro ANOVA para la variable NH35

Tabla 1.25A. Cuadro ANOVA para la variable NH44

Tabla 1.26A. Cuadro ANOVA para la variable PMG

Tabla 1.27A. Cuadro ANOVA para la variable R. Tra⁻¹

Figura 1A. Análisis de suelo

Figura 2A. Limpieza del área del área experimental

Figura 3A. Rendimiento por tratamiento

Figura 4A. Rendimiento por ha

Figura 5A. Limpieza del área experimental.

Figura 6A. Aplicación de herbicida en el área experimental

Figura 7A. Instalación del sistema de riego por goteo

Figura 8A. Siembra de semillas de maíz

Figura 9A. Limpieza de Malezas.

Figura 10A. Toma de datos DT.

Figura 11A. Cosecha

Figura 12A. Peso de mil Granos.

INTRODUCCIÓN

Según Kopp (2024), en todo el mundo se cultiva más maíz que cualquier otro cereal. Su versatilidad lo convierte en un producto que trasciende el consumo como alimento, tal como se cultiva. Este se utiliza para producir una enorme cantidad de otros productos alimenticios, así como combustible y productos industriales. En total existen seis países promotores en la producción del cultivo de maíz, los cuales son: Argentina, Brasil, Ucrania, India, China y Estados Unidos.

Este cultivo tradicional se ha llegado a consolidar como una de las más importantes en la economía de diversas zonas de la Sierra y Costa ecuatoriana. Se exploraron los datos del Sistema de Información Pública Agropecuaria correspondientes al año 2022, con una producción de 1806.819 t y un rendimiento de 6.35 t/ha en maíz, localizados en seis provincias: Los Ríos, Manabí, Guayas, Santa Elena, Loja y Oro (SIPA, 2022). En la Costa predomina la siembra de maíz híbrido, los cuales, pueden llegar a alcanzar las 4.64 t ha⁻¹ como rendimiento promedio. Caso contrario ocurre en la Sierra donde las variedades de maíz se caracterizan por tener libre polinización en granos de tipo suave o harinoso y tienen un rendimiento promedio de 0.82 t ha⁻¹ (Zambrano and Caviedes, 2022).

La región de Santa Elena tiene una temperatura media anual de 23.73 °C. Durante la temporada de lluvias, la misma fluctúa entre 190 mm y 200 mm por mes, siendo marzo el mes con mayores precipitaciones. En la temporada seca, puede disminuir casi a cero, especialmente en los meses de julio y noviembre (Caviedes et al., 2020).

A nivel provincial, se ha evidenciado que el uso de semillas recicladas en los principales sectores productivos de Santa Elena afecta de forma negativa el rendimiento de maíz. Esta práctica común es susceptible a plagas y baja tolerancia al estrés hídrico, generando pérdidas económicas ante la falta de genotipos certificados (Barcos, 2022).

Makumbi *et al.* (2018), mencionan que los estudios sobre maíz acentúan que la adaptación fenológica y productiva es clave para sostener la productividad en regiones donde el clima impone restricciones constantes, por lo que la evaluación en zonas tropicales resulta esencial para orientar recomendaciones técnicas y de mejoramiento genético.

Problema Científico

La producción de maíz (*Zea mays* L.) en Manglaralto, Santa Elena, es clave para la economía local, pero se ve afectada por las condiciones climáticas y de suelo de la región. Dentro de la zona existe la escasa información agronómica que valide el comportamiento de distintas variedades de este cultivo en tales condiciones, lo que conlleva al agricultor experimentar la siembra de distintas variedades que terminan en pérdidas económicas, por tal motivo, es necesario evaluar que variedades de maíz soportan los factores edafoclimáticos locales para así, ayudar a los agricultores en la toma de decisiones, lo que resulta en una mejor rentabilidad para el productor. Por tal motivo, se plantea la siguiente cuestión:

¿Cuál es el comportamiento agronómico que presentan las variedades de maíz (*Zea mays*) evaluadas en las condiciones de campo en el Centro de Apoyo Manglaralto?

Objetivos

Objetivo General:

- ❖ Evaluar el comportamiento agronómico de las variedades de maíz INIAP-103 e INIAP-199 introducidas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.

Objetivos Específicos:

1. Caracterizar el comportamiento agronómico de las variedades INIAP-103 e INIAP-199, considerando variables morfológicas y fenológicas.
2. Diagnosticar el comportamiento fitosanitario de las variedades mediante la evaluación del porcentaje de daño de las principales plagas presentadas durante el ciclo del cultivo.
3. Determinar el rendimiento en maíz suave y la viabilidad económica de las variedades INIAP-103 e INIAP-199, a través del análisis de rendimiento por hectárea, costos de producción y relación beneficio/costo.

Hipótesis

Al menos una de las dos variedades de maíz INIAP-103 e INIAP-199 es diferente en cuanto al comportamiento agronómico, fitosanitario, rendimiento y viabilidad económica evaluados en el Centro de Apoyo Manglaralto.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Origen del cultivo de maíz

El origen del maíz está vinculado a una rica tradición histórica y mitológica en América, donde se le atribuía un carácter divino. No obstante, su consolidación como base de la subsistencia indígena respondió a factores estrictamente pragmáticos. La planta no solo era altamente eficiente permitiendo un doble ciclo de cosecha por temporada, sino también maleable, apta para diversas modalidades de conservación y poseedora de múltiples aplicaciones cotidianas (Fuentes, 2020). Estas sociedades idearon métodos agrícolas sofisticados, como la mejora de semillas y la rotación de cultivos, lo que les permitió crear diferentes variedades de maíz en variados colores, tamaños y formas. Durante la conquista de España, fue trasladado a Europa, donde se difundió rápidamente por todo el continente. El maíz actual es uno de los más culturales. Esto es muy importante en el mundo y se usa tanto para humanos como para animales (Vargas *et al.*, 2023).

1.2 Importancia del maíz

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales más relevantes del mundo no solo porque es un alimento de consumo humano y animal, sino porque es materia prima de numerosos productos industriales. Dentro del territorio ecuatoriano, en la zona interandina, este cultivo se ha caracterizado por poseer una gran diversidad de tipos, destacándose caracteres como las texturas, formas y colores. De igual manera, su consumo tanto de choclo como de grano seco ha incrementado la demanda de esta gramínea en varios lugares (Caviedes *et al.*, 2022).

1.3 Taxonomía

Tabla 1. Taxonomía del maíz (Caviedes *et al.*, 2022)

Reino	Plantae
División	Angiospermae
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Andropogoneae
Genero	Zea

1.4 Morfología del cultivo de maíz

1.4.1 Tallo

El tallo de la planta de maíz es un largo pedúnculo central que sostiene todas sus partes. Las únicas ramas del tallo son las que sostienen los órganos reproductivos. La fortaleza del tallo permite que el maíz crezca muy alto; las plantas pueden alcanzar hasta 4 metros de altura, según la variedad. Solo crece una hoja por nudo, y los tallos pueden tener 20 o más nudos (Hermesen, 2023).

1.4.2 Hojas

Las hojas del maíz se organizan como las de otras gramíneas. Cada hoja consta de una vaina que envuelve el tallo y una lámina alargada que sobresale del lateral del tallo e intercepta la luz solar. El punto donde se unen la vaina y la lámina se denomina collar. Cada hoja nueva comienza a crecer desde un nudo en el interior de la vaina de la hoja adyacente más vieja (Harvey, 2022).

1.4.3 Panícula o panoja y espiguillas

El maíz posee una inflorescencia de tipo apical denominada panícula. Está compuesto por un eje central que da lugar a ramificaciones laterales, que son las encargadas de sujetar a las espiguillas. El orden de floración de cada una de las espiguillas es bien preciso y sigue una secuencia que parte desde la rama principal de la panoja (Castro, 2017).

1.4.4 Mazorcas

Las mazorcas, que crecen a partir del tallo, son vitales para la reproducción del maíz. En las mazorcas se forman y desarrollan los granos. Están recubiertas por capas de brácteas, que son finas tiras de hojas que las protegen (Innovatione, 2024).

1.5 Etapa fenología del maíz

Tabla 2. Fenología del maíz (Tomalá, 2024).

Etapa vegetativa	VE (emergencia): Imbibición de semilla, emerge la radícula,
	germinación

	V1-V18: Corresponden a la formación de las hojas verdaderas cuya duración depende del material vegetativo.
	VT: Aparición de la panoja en la hoja superior de la planta.
Etapas reproductivas	R1: Se observa los estigmas fuera de las espigas para que se lleve a cabo la polinización. R1: Se observa los estigmas fuera de las espigas para que se lleve a cabo la polinización. R3: Luego de la emergencia de los estigmas, los granos presentan un color amarillo y en su interior un líquido lechoso R4: El líquido interno se convierte en una sustancia pastosa. R5: El grano comienza a secarse y aparece una capa dura de almidón en la parte superior. R6: Empieza la madurez fisiológica y los granos logran su peso máximo de materia seca, formando una abscisión marrón en la parte de inserción del grano (tusa).

1.6 Fases del ciclo del cultivo de maíz

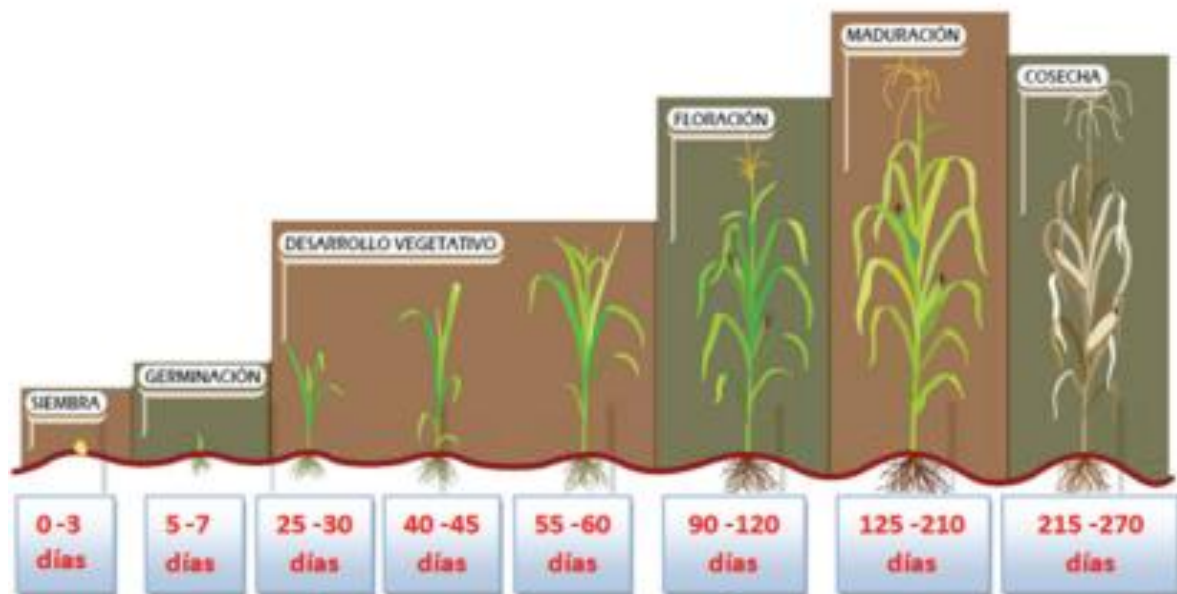


Figura 1. Ciclo del maíz

Fuente: (Zambrano et al., 2021).

1.7 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de maíz

1.7.1 Clima

En cuanto al clima, este cultivo crece mejor en zonas cálidas y húmedas, con temperaturas entre 24°C y 26°C. En condiciones climáticas menos favorables, lo ideal es que la temperatura no varíe más allá de 18°C a 24°C (Cuesta, 2024).

1.7.2 Suelo

Es bueno saber que conocer las condiciones edáficas para un cultivo es un factor que certifica obtener buenas cosechas; para el maíz se aplica lo mismo y su suelo óptimo es el que posee parte de limo y arena, sobre todo en variedades tempranas; y para las que requieren de más tiempo, están los suelos arcillosos y limosos (Sideman, 2016).

1.7.3 Agua

Las gramíneas tales como el maíz requieren de una humedad que les permita desarrollar su ciclo en óptimas condiciones, por lo tanto, las dosificaciones varían en cada etapa de crecimiento, siendo así que al nacer, se requiere menos cantidad de agua, pero sí se debe mantener una humedad constante. Sin embargo, en el territorio Ecuatoriano existe la

problemática de la falta de agua en diversas zonas del país, lo que se refleja en bajos rendimientos de este grano (Caviedes et al., 2020).

Para obtener mejores rendimiento en el cultivo de maíz es recomendable brindar al cultivo un riego antes de los 15 días de su floración, puesto que, este es uno de los periodos más críticos en la fenología de la planta al permitir la formación y llenado de las mazorcas, seguido de aquello, se aconseja mantener riegos periódicos que permitan obtener una humedad relativa en el suelo, caso contrario ocurre en la maduración de la mazorca, donde es esencial disminuir los periodos de riego y así evitar pérdidas para le productor (Zambrano et al., 2021).

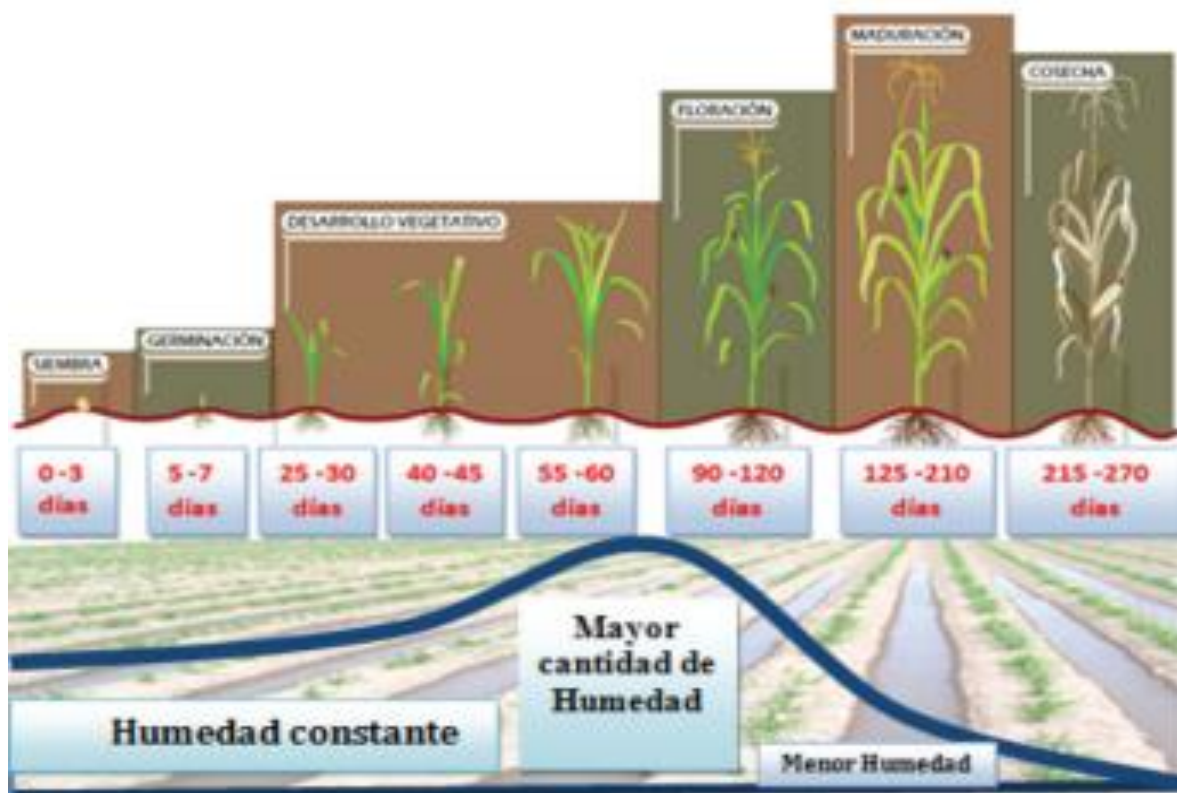


Figura 2. Etapas de mayor y menor riego

Fuente: (Zambrano et al., 2021).

1.8 Manejo agronómico del cultivo de maíz

1.8.1 Preparación del terreno

La preparación del suelo es una de las actividades primordiales que se realizan antes de la siembra de algún cultivo, para el caso del maíz, es necesario tener listo el suelo incluso con dos meses de anticipación, puesto que esto permitirá que el área de trabajo quede suelta

y tenga la capacidad de almacenar humedad sin necesidad de encharcamientos. Todo esto con la finalidad de brindar al suelo la capacidad de reciclar nutrientes, tener un mejor control de los arvenses y tener suavidad en el terreno. Para maximizar la eficiencia de esta labor, se recomienda realizarla con un tractor, manteniendo un buen arado y la surcada, sin necesidad de desmenuzar tanto la tierra para evitar erosiones (Yanez, 2017).

1.8.2 Siembra

Es fundamental llevar a cabo la siembra en momentos en que las condiciones sean propias, minimizando el riesgo de plagas. Se sugiere que el primer ciclo de siembra comience al inicio de la época de lluvias y que el segundo ciclo se realice al finalizar dicha temporada, con el objetivo de aprovechar la humedad residual en el suelo. Esta consideración es válida cuando la cantidad total de precipitación supera la evapotranspiración, permitiendo el uso de este exceso de agua (Cruz, 2017).

1.9 Plagas y enfermedades

1.9.1 Plagas

Son las principales plagas que hay en el cultivo de maíz que pueden perjudicar su producción y son las siguientes:

Tabla 3. Plagas del cultivo de maíz (Flores, 2020).

Nombre común	Nombre científico	Descripción
Gusano cogollero	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Las larvas que han completado su desarrollo y han descendido al suelo antes de transformarse en pupas, comienzan a consumir la parte baja de la planta, dañando el brote suave.
Barrenador de los granos	<i>Prostephanus truncatus</i>	Inicia su asalto en las tierras de cultivo poco antes de la recolección y al salir la larva, comienza a consumir el grano durante su alimentación.

1.9.2 Enfermedades

Tabla 4. Enfermedades del cultivo de maíz (Tamayo *et al.*, 2024).

Nombre común	Nombre científico	Descripción
Roya de maíz	<i>Puccinia sorghi</i>	Condición que ocurre comúnmente en regiones de clima cálido o moderado. Es habitual que surja previo a la aparición de flores.

1.10 Cosecha y comercialización

El día de la cosecha puede variar según las condiciones climáticas de cada área botánica del ciclo de cultivo y si los agricultores han establecido una cultura ligera. Esencialmente, se puede hacer una cosecha de 110 a 115 días de cultivo. El cultivo debe hacerse lo antes posible después de madurar para evitar la pérdida de distribución debido a los hongos, infecciones por plagas o cualquier otro factor que dañe la producción. Después de recolectar maíz, puede secarse o, si el núcleo de maíz tiene un porcentaje de humedad, lo que permite reducir el daño, puede romperse y solo las semillas se secan (Flores, 2020).

1.11 Requerimiento nutricional

Existe una técnica muy estudiada en el país de Ecuador denominado MNSE (Manejo de Nutrientes por Sitio Específico), tal técnica tiene el objetivo de compensar el déficit de los distintos nutrientes que requiere el cultivo, teniendo en consideración el aporte del suelo. Entre los elementos más destacados se encuentra el nitrógeno (N) fundamental para el crecimiento del cultivo de maíz, además de su alta movilidad en el suelo. En la Costa se conoce que el cultivo de maíz amarillo duro (híbrido) requiere de nutrientes como el N, P, K, Mg y S, utilizando curvas de absorción, las cuales, permiten determinar las etapas donde es más demandante un nutriente en específico y así lograr desarrollar su crecimiento vegetativo con normalidad (Caviedes *et al.*, 2020).

1.12 Producción del cultivo

Conforme a lo señalado por Zambrano (2025), en Ecuador, en promedio, se obtienen 6 toneladas por hectárea. Los máximos registros son de Estados Unidos, con 42 toneladas, y de un productor mexicano, que alcanzó las 44 toneladas. Esto evidencia la escasa continuidad de los proyectos que se desarrollan en el país, a diferencia de lo que sucede en Perú, donde los índices de producción, inversión y exportación son superiores. Allí se han dado cuenta de que la interrupción de un plan en curso implica una pérdida económica y social para el país.

1.13 Variedad INIAP-103

Esta variedad fue introducida en el Ecuador por el INIAP, se destaca por ser un maíz de grano blanco harinoso cuya cantidad de proteína presenta una gran calidad (ACP) denominada Aychazara 102, cuyo origen radica en el centro de Fitoecogenética Pairumani del país de Bolivia en el 2006, sin embargo, tras varios índices de mejoramientos se logra obtener la variedad estudiada INIAP-103 “Mishqui Sara”.

Tabla 5. Características agronómicas y morfológicas INIAP-103 (INIAP, 2016).

Características	Rango	Promedio
Días a floración femenina	64-80	72
Altura de planta (m)	2.30-2.70	2.50
Días a la cosecha de choclo	100-120	110
Días a la cosecha en seco	230-270	250
Número de hileras de grano por mazorca	12-16	14
Rendimiento experimental en grano en seco (t/ha)	4.5-10.9	7.7
Porcentaje de grano	76-80	78
Rendimiento comercial de choclos (sacos/ha)	300-400	350
Color de grano		Blanco
Textura		Harinoso

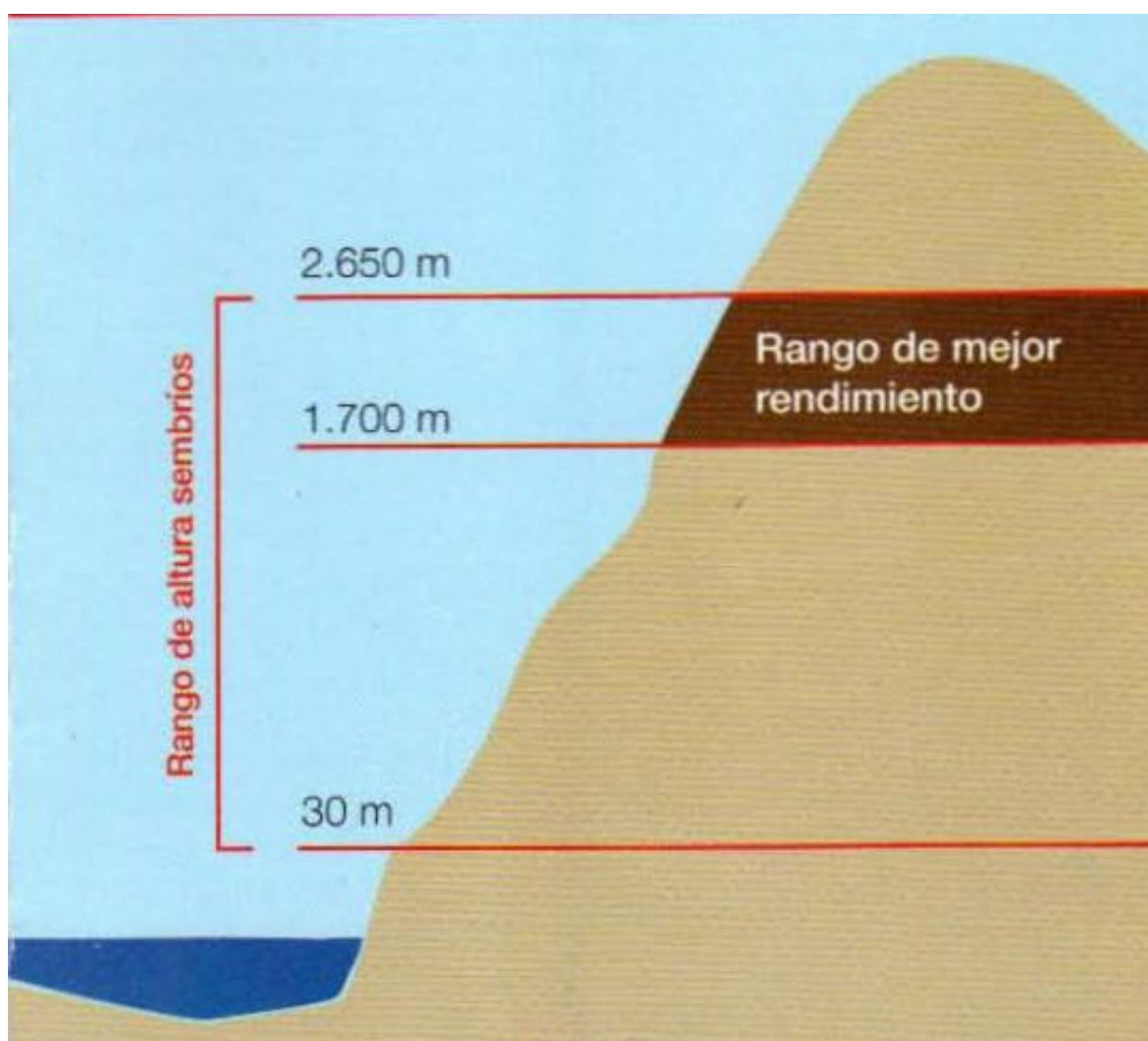


Figura 3: Zonificación de INIAP-103

Tal variedad se caracteriza por tener gran adaptabilidad en distintas zonas costeras como Santa Elena, Guayas con altitudes de 30 hasta 2650 msnm en Sigsig Azuay. No obstante, la categoría del choclo variará según la altitud siendo las de 1700 a 2650 msnm las de mayor potencial (Zambrano et al., 2021).

1.14 Variedad INIAP-199

INIAP-199 fue desarrollada en la Estación Experimental Santa Catalina por medio de distintos programas de maíz. Los trabajos de mejoramiento se iniciaron a partir de febrero de 2006, cuando se realizaron colectas en las provincias de la Sierra ecuatoriana. Se obtuvieron un total de 65 accesiones y luego de varios años de selección se obtuvo esta variedad (Yáñez et al., 2017).

Tabla 6. Características agronómicas INIAP-199 (Yáñez *et al.*, 2017).

Características	Promedio
Días a floración femenina	114
Cosecha en seco	250
Altura de planta (m)	2.30
Longitud de mazorca (m)	16.70
Diámetro de mazorca (cm)	4.70
Número de hilera/mazorca	12
Peso de 1000 granos	460
Rendimiento grano seco (t/ha)	3.0

Tabla 7. Características agro-morfológicas INIAP-199 (Yáñez *et al.*, 2017).

Características	Descripción
Color de tallo	Morado
Tipo de grano	Harinoso
Color del grano en seco	Negro
Color de tusa	Roja oscura
Forma del grano	Redondo

Zonas: Se cultiva en varias provincias de la Sierra, especialmente en Cotopaxi, Chimborazo, Imbabura y Pichincha (Zambrano *et al.*, 2021a).

1.15 Investigaciones relacionadas

Diversos estudios han demostrado la importancia de evaluar variedades de maíz en diferentes condiciones edafoclimáticas, Izquierdo *et al.* (2018) menciona que entre las principales características edafoclimáticas se destaca en tener una textura media con moderado drenaje y un pH ácido a neutro, estos son indicadores indispensables para determinar el comportamiento agronómico en cualquier variedad de maíz, puesto que, permite relacionar el factor suelo con demás variables como clima, riego, fertilización o manejo agronómico.

Teniendo en cuenta este contexto, Tixe (2024) aplicó tal criterio y comparó las variedades INIAP-103 e INIAP-199 bajo un sistema de acolchado plástico, determinando que INIAP-103 alcanzó mayores rendimientos y mejor comportamiento agronómico, esto

debido a que tal variedad posee una gran adaptabilidad sobre todo en periodos de sequía, que permiten un impulso de la planta a obtener un crecimiento robusto debido a las condiciones edafoclimáticas que interactúan en él.

De la misma manera, Rojas (2023) menciona que la adaptabilidad de una planta no solo puede estar sujeto a las condiciones edafoclimáticas del lugar, sino que hace hincapié en la tecnología que se implementa para lograr que el cultivo se adapte a la zona, fue de esa manera en que encontró que la variedad INIAP-199 presenta un elevado potencial productivo cuando se usan tecnologías adecuadas de manejo, tal como lo es el uso de acolchado plástico que tiende a mejorar el crecimiento de la planta.

Sin embargo, Tomalá (2023) evidenció que las distancias de siembra influyen significativamente en variables agronómicas, lo que conlleva que se adapte un comportamiento agronómico distinto acorde a la variedad del maíz. Las distancias de 0.40 m x 0.80 m provocan un incremento en variables como altura de la planta y floración, no obstante, Romo (2024) indica que otro método de siembra que conlleve un distanciamiento como 0.40 x 0.80 influye más en la formación o caracterización de la mazorca que otras variables morfológicas.

Finalmente, Robles (2024) señaló que no solo se deben de considerar los factores climáticos y de manejo agronómico, sino que el crecimiento y productividad de INIAP-103 u otros maíces suaves están más relacionados con el manejo nutricional aplicado, esto se debe a que tal factor es el responsable de brindar los nutrientes necesarios que permiten tener una calidad en el grano, lo que conlleva a una mejor producción y por ende a optimizar la rentabilidad del productor.

Ante la variabilidad de los autores que indican distintos criterios para los parámetros analizados, surge la necesidad de evaluar el comportamiento agronómico de las variedades INIAP-103 e INIAP-199 bajo las condiciones edafoclimáticas del Centro de Apoyo Manglaralto, permitiendo de esta manera analizar los factores más influyentes y generar información local para optimizar la producción de maíz en la Provincia de Santa Elena.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

El experimento se realizó en la provincia de Santa Elena, parroquia Manglaralto, en el Centro de Apoyo Manglaralto, ubicado en una zona con topografía plana, aproximadamente a 4 km de la carretera principal (Vía del Spondylus) de la provincia de Santa Elena, con las coordenadas 1.84531, -80.74328 arrojadas por Google Maps (Figura 1A). El área corresponde a una zona tropical con suelos de textura franco-arcillosa.

2.2 Materiales, equipos y reactivos

2.2.1 *Material biológico*

- Recolección de mazorcas.
- Números de semillas.
- Rendimiento de la producción.

2.2.2 *Material de campo para colecta de datos*

- Cinta métrica.
- Cuaderno.
- Esferos.

2.2.3 *Material de equipos de apoyo*

- Cámara fotográfica.
- Bomba de mochila.
- Balanza mecánica.
- Computadora portátil.
- Tabla de datos.
- Calculadora.
- Machete

2.2.4 *Material de insumos*

- Insecticidas.
- Fertilizantes.
- Biofertilizante

2.3 Tipo de investigación

Los tipos de investigación que se utilizaron son los siguientes:

Investigación experimental: Se realizó una investigación cuantitativa que tiene enfoque en el comportamiento agronómico y el rendimiento.

2.4 Diseño de investigación

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial 2x2, distribuido con cuatro tratamientos y cinco bloques con dos variedades de maíz: maíz morado INIAP-199 y maíz suave INIAP-103. El modelo matemático es el siguiente:

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

γ_{ijk} Valor del i-ésimo nivel del factor A, j-ésimo nivel del factor B, y k-ésimo bloque(repetición)

μ Media general

α_i Efecto del i-ésimo nivel del factor A

β_j Efecto del j-ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ Efecto de interacción entre ambos factores

ϵ_{ijk} Error aleatorio

Tabla 8. ANOVA

Fuentes de variación		Grados de libertad
Bloques	b-1	4
Factor a (variedades)	a-1	1
Factor b (Distancias)	b-1	1
Interacción entre A x B	(a - 1) (b - 1)	1
Error experimental	(t -1) (b – 1)	12
Total	(t x b) - 1	19

2.4.1 *Diseño experimental*

Tabla 9. Detalle de los tratamientos

Factores	Tratamientos	Detalles
A= Variedades	T1:	Variedad INIAP 199 + Distancia (0.4 m x 0.8 m)
	T2:	Variedad INIAP 199 + Distancia (0.5 m x 0.8 m)
B= Distancia de siembra	T3:	Variedad INIAP 103 + Distancia (0.4 m x 0.8 m)
	T4:	Variedad INIAP 103 + Distancia (0.5 m x 0.8 m)

2.4.2 *Selección del material vegetal*

Para el desarrollo del experimento se seleccionaron las variedades de maíz INIAP-103 e INIAP-199, debido a sus características agronómicas diferenciadas e interés de evaluar su comportamiento bajo las condiciones edafoclimáticas de la parroquia Manglaralto. El área experimental se encuentra ubicada en una zona tropical y presenta suelos franco-arcillosos, con condiciones que constituyen el ambiente específico donde fueron evaluados los materiales genéticos.

La selección de INIAP-103 se fundamentó en su amplio rango de adaptación con antecedentes de cultivo en zonas de Santa Elena, mientras que INAP-199 presenta características agronómicas y genéticas diferentes, esto permite establecer una comparación de las variedades bajo las mismas condiciones de suelo, clima y manejo en el sitio experimental.

2.4.3 *Especificaciones del experimento*

- **Área:** 306 m²
- **Separación entre bloques:** 1 m.
- **Tamaño de cada bloque:** 3 m de ancho x 15 m de largo.
- **Área total de la parcela:** 7.2 m²
- **Número de plantas por hilera, distancia a:** 6 plantas/hilera.
- **Número de plantas por hilera, distancia b:** 5 plantas/hilera.
- **Número de plantas por parcela, distancia a:** 24 plantas / parcela.
- **Número de plantas por parcela, distancia b:** 20 plantas/parcela.
- **Número de plantas por bloque:** 88 plantas/bloque.
- **Número de plantas en el experimento:** 440 plantas/bloque.

- **Distancia entre siembra a:** 0.4 m entre plantas y 0.8 m entre hileras.
- **Distancia entre siembra b:** 0.5 m entre plantas y 0.8 m entre hileras.
- **Número promedio de plantas a muestrear por parcela:** 6 plantas.

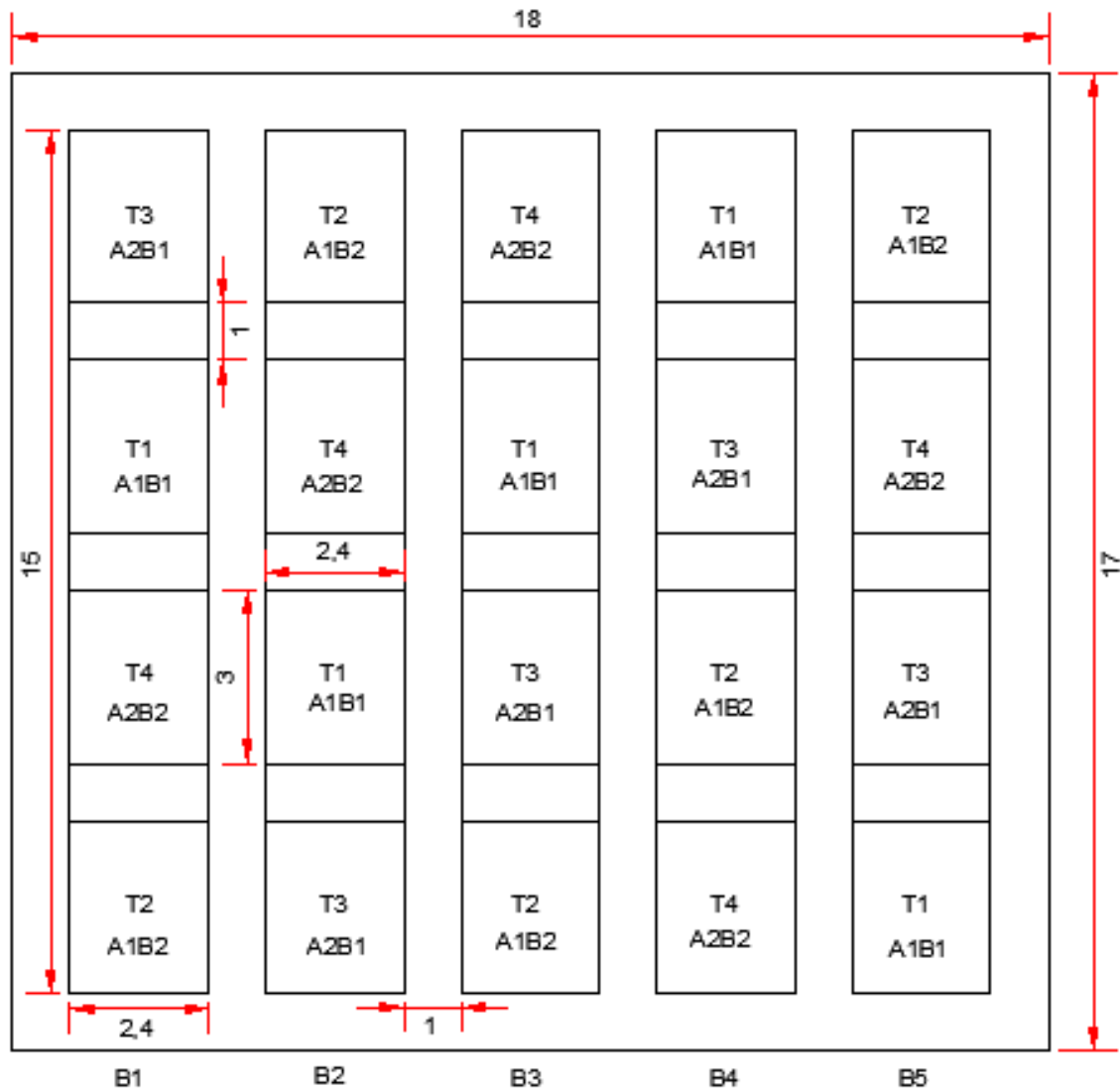


Figura 4. Croquis del experimento

2.5 Manejo del experimento

2.5.1 Preparación del experimento

La preparación del terreno constituye una labor fundamental en el establecimiento del cultivo, para que la estructura del suelo pueda generar condiciones edáficas adecuadas para la germinación y el desarrollo inicial de las semillas. Además, este proceso permite favorecer la incorporación y descomposición de residuos orgánicos, el control mecánico de

la maleza y organismos fitopatógenos, así como la descompactación de los horizontes superficiales del perfil edáfico, especialmente en la capa arable.

La ejecución de esta labor se hizo de forma manual, utilizando herramientas como el azadón, principalmente en parcelas de pequeña escala, el arado consiste en la inversión del suelo hasta una profundidad aproximada de 30 cm, lo cual permite una mejor aireación, facilita la mineralización de la materia orgánica residual y mejora las condiciones para el desarrollo radicular al mismo tiempo contribuye al manejo de malezas y plagas del suelo. Seguido de esto se hizo la respectiva medición de las parcelas que en este caso fueron 20 subparcelas con un ancho de 2.4 m y 3 m de largo.

2.5.2 Siembra

Una vez se preparó el área y se instaló el sistema de riego, se realizó un riego inicial de 1 hora. Al momento en que el terreno estuvo húmedo, se sembró a una distancia establecida para cada tratamiento y a una profundidad de 3 cm. La siembra se llevó a cabo el 28 de diciembre.

2.5.3 Plan de fertilización

Para realizar la aplicación de los fertilizantes se consideraron los resultados del análisis de suelo que se enviaron al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Figura 2A.) para poder ejecutar el plan de fertilización, con relación a los requerimientos nutricionales de las variedades de maíz suave (Tabla 10):

Fórmula 1:

Requerimiento de nitrógeno, fósforo y potasio (Quiroga, 2024).

$$N_{requerido} = (N_{cultivo} \times Rendimiento_{esperado} (4.5 t/ha)) - N_{suelo}$$

Donde:

- N (requerido): Cantidad de nitrógeno que necesitas aplicar (en kg/ha).
- N (cultivo): Requerimiento de nitrógeno por tonelada de maíz (en este caso, 22 kg/t).
- Rendimiento (esperado): Rendimiento de maíz que se espera obtener (t/ha).
- N (suelo): Nitrógeno disponible en el suelo según el análisis.

Tabla 10. Requerimiento del cultivo de maíz (Flores, 2023).

Nutriente	Requerimiento en kg t ⁻¹
Nitrógeno	22
Fósforo	4
Potasio	19
Calcio	3
Magnesio	3
Azufre	4
Boro	0.020
Cloro	0.444
Cobre	0.013
Hierro	0.125
Manganeso	0.189
Molibdeno	0.001
Zinc	0.053

$$N_{suelo} = \% M.O (2.5\%) \times 25 = 62.5 \text{ kg de N/ha}$$

$$N_{requerido} = (N_{cultivo} \times Rendimiento_{esperado} (4.5 \text{ t/ha})) - N_{suelo}$$

$$N_{requerido} = (22 \text{ kg/t} \times 4.5 \text{ t/ha}) - 62.5 \text{ kg/ha}$$

$$99 - 62.5 = 36.5 \text{ kg de N/ha}$$

De acuerdo con Crespo (2020), se da a conocer que con niveles altos de P disponible, se debe aplicar entre 10 y 15 kg de P₂O₅ por hectárea.

$$Dosis \text{ 10 - 30 - 10} = \frac{15 \text{ kg de } P_2O_5}{0.30 \text{ (concentración)}} = 50 \text{ Kg de 10 - 30 - 10}$$

$$cantidad \text{ para } 306m^2 = \frac{50 \text{ kg/ha} \times 306m^2}{10.000 \text{ m}^2} = 1.53 \text{ kg de 10 - 30 - 10}$$

Nitrógeno: $50 \text{ kg} \times 0.10 = 5 \text{ kg N/ha}$

$$N_{faltante} = 36.5 \text{ kg/ha} - 5 \text{ kg/ha} = 31.5 \text{ kg de N/ha}$$

$$Dosis \text{ de urea} = \frac{31.5 \text{ kg de N}}{0.46 \text{ (concentración)}} = 68.48 \text{ kg de urea}$$

$$cantidad\ para\ 306m^2 = \frac{68.48kg/ha \times 306m^2}{10.000m^2} = 2.10\ kg\ de\ urea$$

Primera dosificación: al momento de la siembra, 10% de la urea total

$$Urea1 = 2.10\ kg \times 0.10 = 0.210\ kg$$

Se aplicaron **1.53 kg de 10-30-10** en conjunto con **0.210 kg de Urea** localizados a un costado de la semilla.

Segunda dosificación: Etapa V3-V4, 30% de la urea total

$$Urea2 = 2.10\ kg \times 0.30 = 0.630\ kg$$

Tercera dosificación: Etapa V6-V8, 35% de la urea en total

$$Urea3 = 2.10\ kg \times 0.35 = 0.735\ kg$$

Cuarta dosificación: Etapa V10-VT, 25% de la urea total

$$Urea = 2.10\ kg \times 0.25 = 0.525\ kg$$

Verificación: $0.210 + 0.630 + 0.735 + 0.525 = 2.10\ kg$. El balance cierra perfectamente.

2.5.4 Manejo fitosanitario

2.5.4.1 Control de plagas

Se revisó en cada 9 días para identificar la presencia de plagas (gusano cogollero) y enfermedades (roya, marchitez, etc.). Se hizo el control químico por la presencia de la plaga *Spodoptera frugiperda* con el producto activo clorpirifós en presentación de 100 ml, utilizándose una bomba de 20 L con la dosis correspondiente para controlar al gusano. Este correctivo se aplicó en todas las parcelas con el fin de evitar pérdidas en el rendimiento del cultivo.

2.5.4.2 Control de arvenses

El control de arvenses desde el inicio del cultivo hasta el final del desarrollo vegetativo se hizo manualmente y con ayuda de una guadaña para poder mantener un control, ya que la maleza impide al cultivo la captación de luz y también la disponibilidad de nutrientes y agua, lo que provoca un bajo rendimiento y, con ello, la afectación de la calidad

del grano. Su sola presencia puede generar actividades como la cosecha, además, permite el hospedaje de insectos, plagas y enfermedades que pueden repercutir significativamente en las demás plantas.

2.5.5 Frecuencia de riego

Las condiciones climáticas de Manglaralto eran apropiadas debido a la existencia de lluvias, únicamente durante los primeros 38 días de vida esto se llevó a cabo por un sistema de riego por goteo por una hora diaria. En los meses de febrero y marzo se realizó un riego mínimo debido a las precipitaciones.

2.6 Parámetros evaluados

2.6.1 Morfológicos

Se procedió a tomar las medidas de las variables agronómicas (altura de la planta, diámetro del tallo, largo de la hoja, ancho de la hoja y número de hojas), se llevó a cabo la identificación o etiquetado de 6 plantas ubicadas en las líneas centrales de cada parcela.

Altura de la planta (cm): Tras la selección de las plantas muestreadas, se registró su altura total utilizando un flexómetro, con una frecuencia de evaluación cada nueve días (Canel, 2018).

Diámetro del tallo (cm): Utilizando un calibrador vernier (pie de rey), se midió el grosor del tallo (en centímetros) a intervalos regulares de nueve días (Uquillas, 2021).

Longitud de la hoja(cm): Se evaluó cada nueve días desde la lígula hasta el ápice foliar mediante el uso de un flexómetro (Uquillas, 2021).

Ancho de la hoja(cm): Esta variable se tomó cada nueve días midiendo la parte media de la lámina foliar con un flexómetro (Uquillas, 2021).

Número de hojas: Se realizó el conteo cuantitativo de las hojas de manera simultánea cada nueve días, recopilando la información en el cuaderno de campo (Canel, 2018).

2.6.2 Desarrollo fenológico

Número de días por cada fase fenológica:

Días desde la siembra a floración: se registró en el cuaderno de campo durante V1 a VT

Días desde la floración a cosecha: se registró en el cuaderno de campo durante R1 A R6.

2.6.3 Comportamiento fitosanitario

Porcentaje de daño: La estimación de los porcentajes de daño ocasionados por las plagas se realizó mediante evaluaciones visuales en distintas etapas del desarrollo del cultivo. Para ello, se ejecutó una selección aleatoria de diferentes plantas por parcela y se inspeccionaron. La cantidad de estructuras afectadas se registró en comparación con el total observado, lo que permitió calcular la magnitud del daño en cada tratamiento (González *et al.*, 2020).

2.6.4 Variables de rendimiento

Grano mazorca⁻¹: para calcular el número total de grano mazorca⁻¹ se realizó la siguiente operación

Fórmula 3:

$$\left(\frac{\text{hileras}}{\text{mazorcas}}\right) \times \left(\frac{\text{granos}}{\text{hileras}}\right)$$

Peso de 1000 granos (g)

Por cada unidad experimental se seleccionaron al azar 1000 semillas, las cuales se pesaron en una balanza digital y se expresaron los resultados en gramos. Posteriormente se midió el contenido de humedad del grano para ajustar el rendimiento hasta un 14% a partir de la siguiente expresión (Sánchez, 2020).

Fórmula 4:

$$\text{Peso ajustado} = \text{Peso de mil granos (pmg)} \times \frac{(100 - \text{humedad actual})}{100 - 14}$$

Peso ajustado: Es el peso corregido de los mil granos.

PMG: Peso de mil granos, es el peso real

Humedad actual: Es el porcentaje de humedad del grano que se está evaluando.

14: Es el porcentaje estándar de humedad utilizado para la comparación (Sánchez, 2020).

Luego se calculó el número de gramos a kilo de la siguiente forma:

Fórmula 5:

$$\text{Gramos/kg} = \frac{\text{peso de 1000 granos}}{1000}$$

Rendimiento por tratamiento: Se estimó a partir del peso promedio de las mazorcas, el número de mazorcas por planta y la población de plantas en estado tierno (choclo), por tratamiento debido a que esta forma de aprovechamiento constituye una modalidad de producción y comercialización reconocida en Ecuador (Huzsvai *et al.*, 2022). El peso de las mazorcas registrado en gramos fue convertido a kilogramos los cálculos detallados se presentan en la (Figura 3A.).

Rendimiento kg/ha: Se determinó después de obtener todos los datos a partir de la siguiente fórmula propuesta por el CIMMYT (Lafitte, 1993).

Formula 6:

$$\text{rendimiento} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{plamtas}}{\text{ha}} \times \frac{\text{mazorcas}}{\text{plantas}} \times \frac{\text{granos}}{\text{mazorcas}} \times \frac{1}{\text{num. granos por kilo}}$$

2.7 Costo

Es la utilización de insumos y materiales agrícolas, preparando el suelo, comprando buenas semillas de maíz, agregando nutrientes, protegiendo las plantas de los insectos, recogiendo el maíz, moviéndolo y dejando algunas en la tierra si se alquila. El gasto requerido por la demanda de recursos naturales que los sectores agrícolas para el cultivo de maíz mantienen donde, la disparidad entre los valores de los gastos y las ventajas que el agricultor adquiera.

Análisis económico: Se realizó basándose en los tratamientos para comparar el rendimiento económico considerando los costos de producción. Se calculó el ingreso bruto, costos fijos, beneficio neto y la relación Beneficio/Costo.

Ingreso bruto: Es el valor en total de la fase de investigación para lo cual se usará la siguiente fórmula:

Fórmula 6:

$$IB = PV * \text{Rend. (Kg/ha)}$$

Dónde:

- ✓ IB = Ingreso bruto
- ✓ PV = Precio de venta (kg).
- ✓ Rend. (Kg/ha) = Rendimiento esperado

Costos totales: Se determinó sumando los costos fijos (insumos para los tratamientos) más los costos variables (materiales y equipos, mano de obra, insumos, etc.) y se empleó la siguiente fórmula:

Fórmula 7:

$$CT = CF + CV$$

Donde:

- ✓ CT = Costos totales
- ✓ CF = Costos fijos
- ✓ CV = Costos variables

Utilidad neta: Es el residuo obtenido entre el beneficio bruto menos los costos totales de producción y se calculó a través de la siguiente fórmula:

Fórmula 8:

$$UN = IB - CT.$$

Donde:

- ✓ UN = Utilidad neta
- ✓ IB = Ingreso bruto
- ✓ CT = Costos totales.

Relación beneficio-costos: Se calculará la relación B/C de cada tratamiento mediante la siguiente fórmula:

Fórmula 9:

$$B/C = IB / CT$$

Donde:

- ✓ B/C = Relación Beneficio-Costo
- ✓ IB = Ingreso bruto
- ✓ CT = Costos Totales

2.8 Análisis estadísticos

Para evaluar las siguientes variables se tomaron 6 plantas al azar dentro de la parcela útil en las etapas de crecimiento, floración y cosecha. Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y al test de Tukey para comparación de medias con un nivel de significancia $p < 0.05$. Se utilizó el software InfoStat.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Parámetros morfológicos evaluados en plantas de maíz

3.1.1 *Altura de planta (cm)*

De acuerdo con la Tabla 11, la altura de planta de las variedades INIAP-199 (A1) e INIAP-103 (A2) fue evaluada a los 8, 17, 26, 35 y 44 días después de la siembra. El coeficiente de variación osciló entre 18.88 y 33.32 %, indicando una variabilidad aceptable para las condiciones del ensayo. Los resultados muestran que hay diferencias estadísticas en las variedades, las cuales incrementaron progresivamente su altura conforme avanzó el ciclo vegetativo, evidenciando un desarrollo normal del cultivo bajo las condiciones ambientales del Centro de Apoyo Manglaralto.

Durante las primeras etapas de crecimiento ya se observaron diferencias significativas entre variedades que corresponden al factor A en AP8, AP26, AP35 y AP44, donde la variedad INIAP-103 alcanzó las mayores alturas, registrando 213.45 cm a los 44 días después de la siembra, mientras que INIAP-199 obtuvo 190.32 cm. Por su parte, el factor B no mostró diferencias estadísticas en la mayoría de las evaluaciones, aunque a los 35 días la distancia de siembra de 0.40×0.80 m presentó una tendencia favorable con 144.02 cm frente a 134.50 cm obtenidos con la distancia de 0.50×0.80 m.

En cuanto a los tratamientos, T3 (A2B1) registró la mayor altura a los 44 días con 221.13 cm, por el contrario, el T1 (A1B1) presentó el menor valor con 182.67 cm.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Tixe (2024), quien al evaluar ambas variedades determinó que INIAP-103 presentó un mayor vigor vegetativo y mejor comportamiento agronómico durante las fases de crecimiento. De igual manera, Robles (2024), señala que la altura de planta constituye uno de los principales indicadores de adaptación varietal, ya que refleja la capacidad de la planta para interceptar radiación solar y acumular biomasa durante el desarrollo vegetativo.

Según Hernández *et al.* (2025) este resultado demuestra que el espaciamiento más amplio favoreció mejor expresión del crecimiento vertical en esta variedad, posiblemente porque redujo la competencia entre plantas y permitió una mayor disponibilidad de luz y

nutrientes. En consecuencia, INIAP-103 mostró la mejor respuesta morfológica cuando se combinó con un arreglo espacial menos restrictivo.

Tabla 11. Altura de la planta (cm) en el comportamiento agronómico de las variedades de maíz (*Zea mays*) INIAP-103 e INIAP-199 introducidas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.

		Altura de la planta						
		GL						
			AP8	AP17	AP26	AP35	AP44	
Factor A (Variedades de Maíz)	A1	1	7.10 b	33.58 a	54.48 b	122.82 b	190.32 b	
	A2		9.05 a	36.10 a	63.15 a	155.79 a	213.45 a	
Factor B (Distancias de siembra)	B1	2	7.94 a	33.15 a	58.10 a	144.02 a	201.87 a	
	B2		8.21 a	36.52 a	59.53 a	134.50 a	201.90 a	
Tratamientos							N	
T1 (A1B1)			6.92 c	36.62 a	55.17ab	128.53 b	182.67 b	30
T2 (A1B2)			7.28 bc	30.54 a	53.80 b	117.10 b	197.97ab	30
T3 (A2B1)			8.96 ab	36.43 a	63.90 a	159.50 a	221.13 a	30
T4 (A2B2)			9.14 a	35.77 a	62.40ab	151.90 a	205.77ab	30
A x B		0						
Error experimental		116						
Total		119						
CV (%)			33.04	33.32	24.80	19.53	18.88	
Probabilidad (FA)			<0.000	0.2371	0.0015	<0.0001	0.0012	
			1					
Probabilidad (FB)			0.5827	0.1145	0.5906	0.0577	0.9962	
Probabilidad (A x B)			0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

*AP= Altura de planta 8, 17, 26, 35 y 44 días. *A1= INIAP-199. *A2=INIAP-103. *B1=0.4mx0.80m. *B2=0.50mx0.80m. *N= número de plantas evaluadas. GL= grados de libertad. *CV%= Coeficiencia de variación. *Medias estadísticas de Tukey con el 0.05 de probabilidad del error. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente.

3.1.2 Diámetro del tallo (cm)

Conforme a la Tabla 12 presenta los valores del diámetro del tallo medidos a los 8, 17, 26, 35 y 44 días aumentó progresivamente durante todo el período de evaluación. El

coeficiente de variación osciló entre 21.99 y 28.97 %, lo que refleja que las condiciones del ensayo presentaron una variabilidad aceptable. Estos resultados exponen un aumento progresivo en el diámetro del tallo conforme avanzaba el ciclo vegetativo para las dos variedades analizadas.

Con respecto al factor A (variedades de maíz), se registraron diferencias significativas: El INIAP-103 mostró una tendencia en el crecimiento de su diámetro durante las primeras fases, alcanzando mayores valores que INIAP-199, con un registro de 26.94 cm frente a 21.36 cm en DT26 después de la siembra. En el factor B (distancias de siembra) se mostraron diferencias significativas a los 17 días después de la siembra, favoreciendo un mayor engrosamiento en la distancia (0.50 × 0.80 m). Sin embargo, en las evaluaciones posteriores no se encontraron diferencias estadísticas.

El tratamiento T3 (INIAP-103 + 0.40 × 0.80 m) registró el mayor diámetro en DT44 (31.91 cm). Los menores valores se registraron en T2 (A1B2).

Los resultados obtenidos guardan relación con lo reportado por Rojas (2023), quien observó que los distintos materiales de maíz que pasan por un proceso de mejora (genético), tienden a obtener un desarrollo estructural más vigoroso en sus primeras etapas fenológicas, este criterio lo asocia a una mayor actividad meristemática y acumulación de fotoasimilados se debe a su vez, también coincide con otros estudios realizados a híbridos de maíz dentro del territorio ecuatoriano, donde Zambrano (2016) registró variaciones notables tanto en altura como en vigor de distintos genotipos, encontrando plantas con baja proporcionalidad y que la superioridad de INIAP-103 (T3 y T4) es debido a su capacidad para enfrentar condiciones de competencia que pueden surgir en la zona de estudio.

Tabla 12. Diámetro del tallo (cm) en el comportamiento agronómico de las variedades de maíz (*Zea mays*) INIAP-103 e INIAP-199 introducidas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.

		GL	Diámetro del tallo				
			DT8	DT17	DT26	DT35	DT44
Factor A (Variedades de Maíz)	A1	1	4.37 b	13.46 b	21.36 b	30.97 a	30.69 a
	A2		5.14 a	16.04 a	26.94 a	32.75 a	31.46 a
Factor B (Distancias de siembra)	B1	2	4.68 a	14.07 b	23.30 a	31.95 a	31.75 a
	B2		4.84 a	15.44 a	25.00 a	31.77 a	30.40 a

Tratamientos						N
T1 (A1B1)	4.39 b	14.39ab	21.98 b	29.96 a	31.59 a	30
T2 (A1B2)	4.35 b	12.54 b	20.73 b	31.98 a	29.78 a	30
T3 (A2B1)	4.96 ab	16.49 a	28.02 a	33.93 a	31.91 a	30
T4 (A2B2)	5.32 a	15.59 a	25.86 a	31.56 a	31.02 a	30
A x B						0
Error experimental						116
Total						119
CV (%)	28.97	23.28	22.18	21.99	24.47	
Probabilidad (FA)	0.0026	0.0001	<0.0001	0.1672	0.5784	
Probabilidad (FB)	0.5217	0.0001	<0.0001	0.8894	0.3328	
Probabilidad (A x B)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

*DT= Diámetro de la planta 8, 17, 26, 35 y 44 días. *A1= INIAP-199. *A2=INIAP-103. *B1=0.4mx0.80m. *B2=0.50mx0.80m. *N= número de plantas evaluadas. GL= grados de libertad. *CV%= Coeficiencia de variación. *Medias estadísticas de Tukey con el 0.05 de probabilidad del error. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente.

3.1.3 Ancho de la hoja (cm)

De acuerdo con la Tabla 13, el ancho de la hoja de las variedades INIAP-199 (A1) e INIAP-103 (A2) fue evaluado a los 8, 17, 26, 35 y 44 días después de la siembra. El coeficiente de variación osciló entre 17.60 y 32.18 %, evidenciando una adecuada precisión experimental. Se observó un incremento gradual del ancho foliar durante el desarrollo del cultivo.

En el factor A (variedades) se encontraron diferencias significativas INIAP-103 presentó hojas más anchas que INIAP-199 en AH8, AH26 y AH35. En AH17 la diferencia fue marginal, A los 35 días se observa la brecha máxima con un promedio de 8.76 cm para INIAP-103 frente a 7.56 cm para INIAP-199. Mientras que en AH44 ya no hubo diferencias estadísticas. Factor B (distancias de siembra) no se registraron diferencias significativas modificaron el ancho de la hoja en ninguna de las fechas evaluadas de manera independiente, a excepción de una diferencia en AH17 que favoreció marginalmente a B1.

Con relación a los tratamientos, el que registró un mayor valor en el ancho de la hoja fue el T3 (A2B1), con valores de hasta 8.72 cm a los 44 días después de la siembra, caso

contrario ocurre con el T2 (A1B2), que obtuvo el menor valor rondando los 7.40 cm a los 44 días.

Estos resultados demuestran que INIAP-103 pudo desarrollar hojas significativamente más anchas a lo largo de su ciclo vegetativo, obteniendo 8.76 cm a los 35 días después de haber realizado la siembra. Tal comportamiento indica una mayor capacidad para poder interactuar con a la radiación solar, lo que resulta en una mayor eficiencia en los productos obtenidos tras los procesos fotosintéticos. Según Caviedes *et al.* (2020), la expansión foliar constituye una característica fundamental en la productividad del maíz debido a que determina la cantidad de energía lumínica capturada por la planta. Materiales con hojas más anchas generalmente presentan una mayor producción de biomasa y rendimiento potencial.

En cambio, la distancia de siembra no generó efectos consistentes sobre esta variable como lo reporta Romo (2024), lo que indica que el ancho foliar depende en mayor medida de la constitución genética que del arreglo espacial, al menos en las condiciones de este ensayo.

Tabla 13. Ancho de la hoja (cm) en el comportamiento agronómico de las variedades de maíz (*Zea mays*) INIAP-103 e INIAP-199 introducidas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.

		GL	Ancho de la hoja					
			AH8	AH17	AH26	AH35	AH44	
Factor A (Variedades de Maíz)	A1	1	1.48 b	4.17 a	6.42 b	7.56 b	7.60 b	
	A2		1.81 a	4.47 a	7.13 a	8.76 a	8.66 a	
Factor B (Distancias de siembra)	B1	2	1.63 a	4.51 a	6.91 a	8.06 a	8.26 a	
	B2		1.66 a	4.13 b	6.61 a	8.26 a	7.99 a	
Tratamientos							N	
T1 (A1B1)			1.43 b	4.45 ab	6.58 a	7.28 c	7.81 ab	30
T2 (A1B2)			1.53 ab	3.89 b	6.26 a	7.84 bc	7.40 b	30
T3 (A2B1)			1.84 a	4.57 a	7.30 a	8.84 a	8.72 a	30
T4 (A2B2)			1.74 a	4.37 ab	6.95 a	8.68 ab	8.59 a	30
A x B	0							
Error experimental	116							
Total	119							
CV (%)			32.18	23.04	23.03	17.60	17.66	
Probabilidad (FA)			0.0067	0.0517	0.0145	<0.0001	0.3049	

Probabilidad (FB)	0.7751	0.1042	0.2443	0.4396	0.5942
Probabilidad (A x B)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

*AH= Ancho de la hoja 8, 17, 26, 35 y 44 días. *A1= INIAP-199. *A2=INIAP-103. *B1=0.4mx0.80m. *B2=0.50mx0.80m. *N= número de plantas evaluadas. GL= grados de libertad. *CV%= Coeficiencia de variación. *Medias estadísticas de Tukey con el 0.05 de probabilidad del error. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente.

3.1.4 *Largo de la hoja (cm)*

La Tabla 14 muestra la longitud de hoja de las variedades INIAP-199 (A1) e INIAP-103 (A2) fue evaluado a los 8, 17, 26, 35 y 44 días después de la siembra. El coeficiente de variación fluctuó entre 15.96 y 20.04 %, indicando una adecuada uniformidad de los datos obtenidos. En ambas variedades se observó un incremento progresivo de la longitud foliar durante el período de evaluación.

Para el factor A (variedades) se encontraron diferencias significativas, INIAP-103 (A2) superó de manera consistente y estadísticamente significativa a INIAP-199 (A1) en las cuatro primeras evaluaciones. Aunque a los 44 días la diferencia dejó de ser significativa, logrando promedios similares entre ambas variedades (96.18 cm vs 91.66 cm). El Factor B (distancia) no se detectaron diferencias, salvo en la etapa de emergencia LH8 ($p = 0.0377$), donde la distancia B2 presentó un promedio superior de 7.50 cm frente a 6.97 cm de B1.

En cuanto a los tratamientos, T3 (A2B1) fue notablemente al alcanzar la mayor longitud de hoja registrada en todo el ensayo con 101.00 cm a los 44 días después de la siembra, los menores valores se registraron en T1 (A1B1) con 92.83 cm.

El tratamiento T3 (A2B1) alcanzó la mayor longitud foliar con 101 cm, reflejando una elevada capacidad de expansión vegetativa. Estos resultados son consistentes con lo señalado por Rojas (2023), quien encontró que la introducción de variedades de maíz en nuevas condiciones agroecológicas genera modificaciones en la arquitectura foliar como mecanismo de adaptación ambiental.

Por otra parte, la distancia de siembra mostró un efecto limitado, lo que sugiere que el espaciamiento no fue el factor principal que determinó la longitud de hoja, aunque sí influyó en combinación con la variedad. En este sentido, la interacción observada confirma Romo (2024) que el genotipo expresa su potencial de forma distinta según el ambiente de cultivo.

Tabla 14. Largo de la hoja (cm) en el comportamiento agronómico de las variedades de maíz (*Zea mays*) INIAP-103 e INIAP-199 introducidas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.

		GL	Largo de la hoja				
			LH8	LH17	LH26	LH35	LH44
Factor A (Variedades de Maíz)	A1	1	6.97 b	32.97 b	59.19 b	84.01 b	91.66 a
	A2		7.71 a	37.87 a	67.79 a	91.68 a	96.18 a
Factor B (Distancias de siembra)	B1	2	6.97 b	35.42 a	63.62 a	87.56 a	96.91 a
	B2		7.50 a	35.43 a	63.35 a	88.13 a	90.92 a
Tratamientos							N
T1 (A1B1)			6.64 b	32.02 c	57.40 b	82.76 b	92.83 a 30
T2 (A1B2)			6.88 b	33.93bc	60.97 b	85.26ab	90.48 a 30
T3 (A2B1)			7.30 ab	38.82 a	69.84 a	92.32 a	101.00a 30
T4 (A2B2)			8.13 a	36.93ab	65.73ab	90.99ab	92.83 a 30
A x B		0					
Error experimental		116					
Total		119					
CV (%)			19.18	18.24	20.04	15.96	19.61
Probabilidad (FA)			0.0003	0.0001	0.0003	0.0033	0.1814
Probabilidad (FB)			0.0377	0.9930	0.9082	0.8251	0.0773
Probabilidad (A x B)			0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

*LH= Largo de la hoja 8, 17, 26, 35 y 44 días. *A1= INIAP-199. *A2=INIAP-103. *B1=0.4mx0.80m. *B2=0.50mx0.80m. *N= número de plantas evaluadas. GL= grados de libertad. *CV%= Coeficiencia de variación. *Medias estadísticas de Tukey con el 0.05 de probabilidad del error. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente.

3.1.5 Número de hojas

En constancia a la Tabla 15 registra el número de hojas de las variedades INIAP-199 (A1) e INIAP-103 (A2) fue evaluado a los 8, 17, 26, 35 y 44 días después de la siembra. El coeficiente de variación fluctuó entre 13.60% y 41.60%. Los resultados evidenciaron un incremento progresivo del número de hojas durante el crecimiento del cultivo.

Para el factor A (variedades) presentó diferencias significativas a partir del día 17 (NH17) en adelante, INIAP-103 presentó los mayores promedios de hojas por planta que

INIAP-199 (5.65 frente a 4.75 en NH17). No obstante, a los 8 días no hubo diferencias significativas entre las variedades. En el factor B (distancia) se observaron diferencias el número de hojas en NH17 y NH26, favoreciendo a la distancia más a la distancia B1 con promedios de 5.40 y 8.88 hojas, respectivamente en NH35 y NH44 no se detectaron diferencias estadísticas.

Respecto a los tratamientos, T3 (A2B1) registró el mayor número de hojas durante todo el período de evaluación 12.90 hojas a los 44 días después de la siembra, por último, el T1 (A1B1) con 11.20 hojas.

Esta diferenciación persistente corrobora que el número de nudos y hojas es un carácter con un fuerte control genético que se mantiene estable frente a variaciones ambientales externas. La tendencia de INIAP-103 a producir una mayor cantidad de estructuras foliares respalda empíricamente lo expuesto por Tixe (2024) respecto al mayor vigor agronómico intrínseco de esta variedad en ensayos comparativos.

Por otra parte, Tomalá (2023) concluyó que la densidad de siembra modifica la estructura del dosel vegetal y puede afectar la producción de hojas durante las etapas iniciales del cultivo. Este comportamiento coincide con la significancia observada para las distancias de siembra en NH17 y NH26.

De esta manera, la consecución del máximo valor en el tratamiento T3 (A2B1) con 12.90 hojas demuestra que una distancia de siembra adecuada (0.4 x 0.8 m) estimula la diferenciación de entrenudos sin provocar el descarte foliar prematuro por sombreado, validando el planteamiento de Romo (2024) sobre la relevancia de las distancias en la conformación del dosel del cultivo.

Tabla 15. Número de hojas en el comportamiento agronómico de las variedades de maíz (*Zea mays*) INIAP-103 e INIAP-199 introducidas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.

		GL	Número de hojas				
			NH8	NH17	NH26	NH35	NH44
Factor A (Variedades de Maíz)	A1	1	1.53 a	4.75 b	7.52 b	10.52 b	11.45 b
	A2		1.69 a	5.65 a	9.33 a	12.48 a	12.85 a
Factor B (Distancias de siembra)	B1	2	1.55 a	5.40 a	8.88 a	11.78 a	12.05 a
	B2		1.58 a	5.00 b	7.97 b	11.22 a	12.25 a

Tratamientos						N
T1 (A1B1)	1.50 a	4.90 bc	7.77 c	10.63 b	11.20 c	30
T2 (A1B2)	1.57 a	4.60 c	7.27 bc	10.40 b	11.70bc	30
T3 (A2B1)	1.60 a	5.90 a	10.00 a	12.93 a	12.90 a	30
T4 (A2B2)	1.60 a	5.40 ab	8.67 b	12.03 a	12.80ab	30
A x B						0
Error experimental						116
Total						119
CV (%)	41.60	17.29	18.24	14.19	13.60	
Probabilidad (FA)	0.5764	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
Probabilidad (FB)	0.7799	0.0164	0.0014	0.0597	0.5086	
Probabilidad (A x B)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

*NH= Número de hojas 8, 17, 26, 35 y 44 días. *A1= INIAP-199. *A2=INIAP-103. *B1=0.4mx0.80m. *B2=0.50mx0.80m. *N= número de plantas evaluadas. GL= grados de libertad. *CV%= Coeficiencia de variación. *Medias estadísticas de Tukey con el 0.05 de probabilidad del error. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente.

3.1.6 Desarrollo fenológico de las variedades INIAP-103 e INIAP-199

Días desde la siembra a floración: se registró en el cuaderno de campo durante V1 a VT

Días desde la floración hasta la cosecha: se registraron en el cuaderno de campo de R1 a R6.

Este comportamiento coincide con el de Tixe (2024), quien reportó que INIAP-103 presenta una mejor adaptación agronómica y un desarrollo más eficiente cuando se cultiva en condiciones ambientales favorables.

Tabla 16. Días de las fases fenológicas

Periodo	Etapas Incluidas	Descripción del registro	Descripción del registro
		INIAP-103	INIAP-199
Siembra a Floración	V1 — VT	35 días acumulados hasta la emisión de la panoja (5 enero a 9 de febrero).	42 días acumulados hasta la emisión de la panoja (5 enero a 16 de febrero).

Floración a Cosecha	R1 — R6	33 días desde la polinización hasta la madurez fisiológica (13 febrero a 18 marzo).	35 días desde la polinización hasta la madurez fisiológica (20 febrero a 27 marzo).
Ciclo Total	V1 — R6	Sumatoria total de días del ciclo de vida del cultivo es de 68 días.	Sumatoria total de días del ciclo de vida del cultivo es de 77 días.

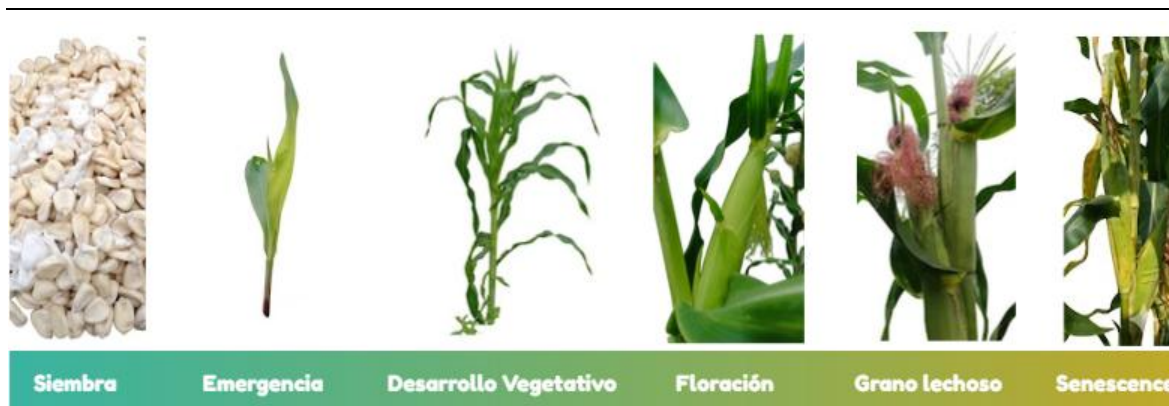


Figura 5. Etapas fenológicas de la variedad INIAP-103

*Senescence= Madurez fisiológica donde la planta se seca y el grano está listo para la cosecha.



Figura 6. Etapas fenológicas de la variedad INIAP-199

*Senescence= Madurez fisiológica donde la planta se seca y el grano está listo para la cosecha.

3.2 Comportamiento fitosanitario

3.2.1 Porcentaje de daño (%)

La Figura 7 presenta el comportamiento fitosanitario del cultivo de maíz frente al ataque de *Spodoptera frugiperda* durante las diferentes etapas fenológicas. En la etapa de germinación no se registró daño en ninguno de los tratamientos evaluados.

Durante el desarrollo vegetativo V6–V7 se observaron los mayores porcentajes de incidencia de daño, alcanzando el valor más alto en el tratamiento T1 (INIAP-199 con 0.40 x 0.80 m) con 25 %, mientras que T4 (INIAP-103 con 0.50 x 0.80 m) presentó 15 % de afectación. Posterior a esta evaluación, se aplicó Clorpirifós como medida de control químico correctivo, con el propósito de reducir la población de *Spodoptera frugiperda* y evitar el incremento del daño en el cultivo.

En la etapa de floración, el porcentaje de incidencia disminuyó en todos los tratamientos. El tratamiento T1 (INIAP-199 con 0.40 x 0.80 m) presentó 15 % de las plantas afectadas, mientras que T4 (INIAP-103 con 0.50 x 0.80 m) alcanzó el menor porcentaje con solo 5 %. Tras finalizar este conteo, se realizó una segunda aplicación de Clorpirifós como parte del manejo fitosanitario del ensayo, con el fin de controlar la población remanente de la plaga y prevenir nuevas infestaciones durante las etapas posteriores del cultivo.

Finalmente, durante las etapas de maduración y cosecha no se registró daño ocasionado por *Spodoptera frugiperda* en ninguno de los tratamientos, evidenciando un adecuado control de la plaga durante la fase final del ciclo del cultivo.

Diversos estudios coinciden en que la etapa fenológica V6-V7 representa un punto crítico de susceptibilidad, investigaciones desarrolladas por autores como Jaramillo *et al.* (2020) señalan que alcanzar niveles de infestación entre 15% y el 25% en este ciclo vegetativo demanda intervenciones correctivas inmediatas para evitar pérdidas drásticas, por lo tanto, se llevó a cabo la aplicación de clorpirifós el momento en que el T1 ya rozaba el 25 % de daño. De igual manera, Pal *et al.* (2024) demostraron que las etapas de desarrollo inicial representan el periodo en el que *S. frugiperda* se alimenta con mayor agresividad, por lo tanto, la incidencia del 20% registrada en esta área debe verse como una alerta temprana y crítica para el cultivo.

Estos valores indican que la afectación de *S. frugiperda* puede ocasionar pérdidas superiores al umbral económico de daño si no se implementan monitores periódicos y controles oportunos durante la etapa crítica V6-V7. Esto refuerza la importancia de un manejo fitosanitario preventivo e integrado.

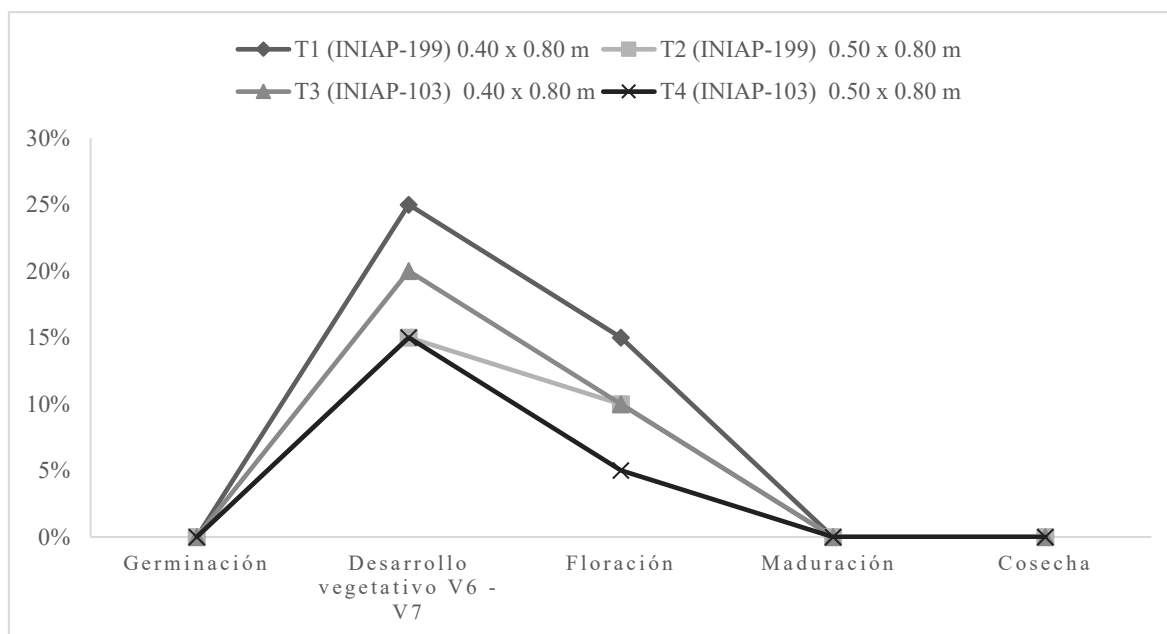


Figura 7. Porcentaje de daño ocasionado por *Spodoptera frugiperda* en plantas de maíz en las variedades INIAP-199 e INIAP-103 dos distancias de siembra según la escala de Davis

3.3 Rendimiento y viabilidad económica

3.3.1 Rendimiento kg

De acuerdo con la Tabla 17, el rendimiento del cultivo fue evaluado mediante el peso de mil granos (PMG) y el rendimiento por tratamiento. El coeficiente de variación fue de 6.29 % para PMG y 23.76% para rendimiento por tratamiento, valores que indican una adecuada precisión experimental.

En el factor A (variedades), se encontraron diferencias significativas, donde la variedad INIAP-103 (A2) presentó los mayores valores tanto en peso de mil granos (399.98 g) como en rendimiento por tratamiento (1.30 kg), superando a la variedad INIAP-199 (A1), que registró 348.10 g y 1.48 kg, respectivamente. En el factor B (distancias de siembra), se observaron diferencias significativas únicamente para el peso de mil granos, siendo superior la distancia de 0.50×0.80 m (381.65 g) respecto a 0.40×0.80 m (366.43 g); sin embargo, el rendimiento por tratamiento no presentó diferencias estadísticas.

El tratamiento T3 (INIAP-103 + 0.40 × 0.80 m) registró el mayor rendimiento con 1.30 kg, mientras que T2 (A1B2) presentó un valor más bajo de 1.02 kg.

Estos resultados coinciden con Robles (2024), quien menciona que el rendimiento y la calidad del grano están fuertemente relacionados con el manejo nutricional y las condiciones del cultivo, con esto, se demuestra la superioridad productiva de la variedad INIAP-103 bajo las condiciones del Centro de Apoyo Manglaralto. Los cálculos detallados se presentan en (Figura 3A.).

Tabla 17. Rendimiento del comportamiento agronómico de las variedades de maíz (*Zea mays*) INIAP-103 e INIAP-199 introducidas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.

		GL	Rendimiento		
			PMG (g)	R. Tra ⁻¹ (kg)	
Factor A (Variedades de Maíz)	A1	1	348.10 b	11.73 b	
	A2		399.98 a	14.10 a	
Factor B (Distancias de siembra)	B1	2	366.43 b	11.71 a	
	B2		381.65 a	14.12 b	
Tratamientos				N	
T1 (A1B1)			344.80 c	10.78 b	100
T2 (A1B2)			360.88 b	12.67 b	100
T3 (A2B1)			377.25 b	12.64 a	100
T4 (A2B2)			423.20 a	15.78 a	100
A x B		0			
Error experimental		196			
Total		199			
CV (%)			6.29	23.76	
Probabilidad (FA)			<0.0001	0.0509	
Probabilidad (FB)			<0.0001	0.0210	
Probabilidad (A x B)			0.0019	0.3618	

*PMG= Peso de mil granos. *R. Tra⁻¹= Rendimiento por tratamiento. *R= rendimiento estimado. *A1= INIAP-199. *A2=INIAP-103. *B1=0.4mx0.80m. *B2=0.50mx0.80m. *N= número de plantas evaluadas. GL= grados de libertad. *CV%= Coeficiente de variación. *Medias estadísticas de Tukey con el 0.05 de probabilidad del error. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente.

3.3.2 Rentabilidad

La Tabla 18 detalla la estructura analítica de los costos de producción e insumos requeridos para el desarrollo de la investigación experimental. El presupuesto total ejecutando asciende a \$435.12, el cual se desglosa estratégicamente en cuatro categorías principales para diferenciar las inversiones del manejo agronómico general frente a las especificidades de los tratamientos.

Tabla 18. Comportamiento agronómico de las variedades de maíz (*Zea mays*) INIAP-103 e INIAP-199 introducidas en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE.

Detalle	Cantidad	Unidad	Costo unit.	Total
Costos variables de los tratamientos				
Curador de semillas	250	ml	\$3.26	\$3.26
10-30-10	2	kg	-	-
Urea	12	lb	\$0.80	\$9.60
Bioestimulante (Evergeen)	1	l	\$30.00	\$30.00
Subtotal				\$42.86
Costos fijos de los tratamientos				
Calibrador vernier digital	1	Unidad	\$13.00	\$13.00
Carretilla	1	Unidad	-	-
Tarrinas	1	Unidad	\$2.00	\$2.00
Subtotal				\$15.00
Cotos de variables del experimento				
Semillas de maíz INIAP-103	1	lb	\$7.00	\$7.00
Semillas de maíz INIAP-199	1	lb	\$7.00	\$7.00
Limpieza del terreno	2	Jornal	\$15.00	\$30.00
Arado del suelo	2	Jornal	\$15.00	\$30.00
Herramientas (azadón, machete, etc.)	-	Unidad	-	-
Siembra de semillas	3	Jornal	\$15.00	\$45.00
Ayuda de toma de datos	4	Jornal	\$15.00	\$60.00
Limpieza de maleza	4	Jornal	\$15.00	\$60.00
Control fitosanitario (herbicida)	2	Jornal	\$15.00	\$30.00
Herbicida agrícola (Nicosulfuron)	2	Unidad	\$4.27	\$8.54

Control químico (Clorpirifos)	100	ml	-	-
Cosecha	2	Jornal	15.00	\$30.00
Subtotal				\$307.54
Costos fijos del experimento				
Análisis de suelo	1	Unidad	\$37.00	\$37.00
Cinta de riego por goteo	320	Metros	-	-
Bomba de fumigación 20 L	1	Unidad	\$20.00	\$20.00
Letreros	20	Unidad	\$0.25	\$5.00
Piola	2	Unidad	\$1.25	\$2.50
Balanza digital	1	Unidad	\$5.22	\$5.22
Subtotal				\$69.72
Total				\$435.12

En la Tabla 19, se presenta una estimación económica por tratamiento donde se realizó el cálculo estimado (Figura 4A.) a partir del costo de producción de la investigación proyectada a 1 ha, donde se observa que el tratamiento con mayor rentabilidad es el T3 (A2B1) presentado una relación de \$1.63, lo que interpreta por cada dólar invertido genera \$0.63 de beneficio, mientras que el de menor rentabilidad fue el tratamiento T2 (A1B2) con una relación de \$1.09, lo que interpreta por cada dólar invertido genera \$0.09 de beneficio.

Tabla 19. Comportamiento agronómico de las variedades de maíz (*Zea mays*) INIAP-103 e INIAP-199 proyectado a 1 ha.

Tratamiento	Precio de venta por qq	Rend. qq. ha ⁻¹	Ingreso en bruto (USD)	Costos totales	Utilidad neta (USD)	B/C
T1 (A1B1)	18.00	33.69	606.42	435.12	117.30	1.39
T2 (A1B2)	18.00	26.40	475.20	435.12	40.08	1.09
T3 (A2B1)	18.00	39.51	711.18	435.12	276.06	1.63
T4 (A2B2)	18.00	32.42	583.56	435.12	148.44	1.34

**qq= quintales métricos

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La caracterización del comportamiento agronómico permitió determinar que la variedad INIAP-103 presentó una respuesta superior a INIAP-199 en las variables morfológicas evaluadas, destacándose principalmente por una mayor altura de planta y diámetro del tallo, así como por un desarrollo fenológico adecuado durante el ciclo del cultivo. Esta respuesta puede atribuirse a las características genéticas de la variedad, asociadas con un mayor vigor vegetativo y precocidad, que favorecieron su adaptación a las condiciones ambientales del sitio experimental. Por tanto, INIAP-103 mostró una mejor respuesta agronómica y capacidad de adaptación para las condiciones de estudio en Manglaralto.

El comportamiento fitosanitario evidenció que *Spodoptera frugiperda* fue la principal plaga observada durante el ciclo del cultivo con mayor incidencia en la etapa vegetativa V6-V7. La variedad INIAP-103 demostró un mejor comportamiento y resiliencia en comparación con INIAP-199. Se observó que al implementar un distanciamiento de siembra de 0.50 x 0.80 m, el daño efectuado por las plagas fue menor, lo que se traduce en que tal separación entre plantas permite disminuir las condiciones favorables para el crecimiento de la plaga, mientras que las evaluaciones realizadas permitieron establecer el momento oportuno para la aplicación de medidas de control con clorpirifós.

A través de la evaluación del rendimiento en maíz suave y del análisis económico, se determinó que la variedad INIAP-103 presentó el mayor rendimiento en comparación con INIAP-199. La evaluación del rendimiento en esta etapa se consideró debido a que el material evaluado corresponde a maíz blanco destinado al consumo en estado de choclo, por lo que esta condición permitió valorar su comportamiento productivo bajo las condiciones del ensayo. Además, INIAP-103 presentó una relación beneficio/costo superior a INIAP-199, evidenciando una mayor conveniencia económica. En consecuencia, bajo las condiciones del estudio, INIAP-103 constituye una alternativa técnica y económicamente viable para los productores de la zona.

Recomendaciones

- Se recomienda a los productores de la provincia de Santa Elena considerar emplear las distancias de siembra evaluadas en el estudio, especialmente aquella que presentó los mejores resultados productivos y económicos, con el fin de optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles y mejorar el rendimiento del cultivo.
- Se sugiere continuar evaluando el comportamiento fitosanitario y agronómico de las variedades INIAP-103 e INIAP-199 en diferentes épocas de siembra y localidades de la región costera, con el fin de validar su estabilidad productiva bajo distintas condiciones ambientales.
- Llevar a cabo nuevas investigaciones complementarias que incluyan distancias de siembra para identificar el arreglo espacial que aproveche los recursos con mayor eficiencia y mejore la productividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barcos, A. 2022 “Estudio sobre el comportamiento y uso de la semilla de maíz en las principales zonas de producción de la provincia de Santa Elena.” Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/7542> (Accessed: July 13, 2026).
- Canel, A. 2018 “Caracterización agromorfológica de una población de teocinte (*Zea mays* L. ssp. Huehuetenangensis) en el centro experimental docente de agronomía usac, guatemala, c.a.” Available at: https://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_3293.pdf.
- Castro, L. 2017 “Panoja: inflorescencia paniculada de gramíneas,” *Flores*, 15 November. Available at: <https://www.flores.ninja/panoja/> (Accessed: May 30, 2026).
- Caviedes, M., Carvajal, F. and Zambrano, J. 2020a “Tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays*. L) en el Ecuador,” *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, especial (1). Available at: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/download/2588/3111?inline=1> (Accessed: May 2, 2025).
- Caviedes, M., Larenas, F. and Zambrano, J. 2022 “Generación de tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays*. L) en el Ecuador,” *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 14(1), pp. 21–21. Available at: <https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588>.
- Caviedes, M., Larenas, F. and Zambrano, J.L. 2020b “Tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays*. L) en el Ecuador,” *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, especial (1). Available at: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/download/2588/3111?inline=1> (Accessed: June 1, 2026).
- Cruz, O. 2017 “El cultivo de maíz, manual para la producción del cultivo de maíz en honduras.” Available at: <https://dicta.gob.hn/files/2017-El-cultivo-del-maiz,-g.pdf>.
- Cuesta, M. 2024 “Evaluación de la productividad de maíz (*Zea mays* L.) INIAP 103 – Mishqui Sara con diferentes tipos de fertilización en la Estación Experimental del Austro.” Available at: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/45501> (Accessed: June 6, 2026).
- Eddie Zambrano 2016 “Estudio de Adaptación y eficiencia de Híbridos transgénicos de maíz.” Available at: <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/download/2951/2602/10274>.
- Flores, H. 2020 “Guía técnica: el cultivo de maíz.” Available at: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893> (Accessed: May 4, 2025).

- Flores, K. 2023 *Respuesta del maíz (Zea mays) a la inoculación con azotobacter y el uso de fertilizante nitrogenado en la comunidad de Cuicocha Pana en el cantón Cotacachi provincia de Imbabura*. UPEC. Available at: <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1967> (Accessed: August 20, 2026).
- Fuentes, N. 2020 “Obra del día: maíz, alimento sagrado de américa,” 28 September. Available at: <https://casadelacultura.gob.ec/2025.php/postnoticias/obra-del-dia-maiz-alimento-sagrado-de-america/> (Accessed: May 30, 2026).
- González, E. *et al.* 2020 “Control del clavo de la guayaba con extractos de plantas,” *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(2), pp. 365–376. Available at: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.2071>.
- Harvey, C. 2022 *Corn Anatomy, Parts & Growth*, *study.com*. Available at: <https://study.com/academy/lesson/corn-anatomy-parts-reproduction.html> (Accessed: May 30, 2026).
- Hermesen, E. 2023 “Maize morphology and anatomy,” *Earth@Home: Evolution*. Available at: <https://evolution.earthathome.org/grasses/andropogoneae/maize-morphology/> (Accessed: May 30, 2026).
- Hernández, G. *et al.* 2025 “Componentes morfológicos y fisiológicos determinantes del rendimiento en cultivares nativos e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en respuesta a la densidad y fecha de siembra,” *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 16(4), p. e3708. Available at: <https://doi.org/10.29312/remexca.v16i4.3708>.
- Huzsvai, L. *et al.* 2022 “Mathematics of the Relationship between Plant Population and Individual Production of Maize (*Zea mays* L.),” *Agronomy*, 12(7), p. 1602. Available at: <https://doi.org/10.3390/agronomy12071602>.
- INIAP 2016 “Características Agronómicas y Morfológicas.” Available at: <https://tecnologia.iniap.gob.ec/wp-content/uploads/2023/11/iniap103.pdf>.
- Innovatione 2024 “Cultivo del maíz,” *Innovatione*, 5 April. Available at: <https://innovatione.eu/2024/04/05/cultivo-del-maiz/> (Accessed: May 31, 2026).
- Izquierdo, V.J.M. *et al.* 2018 “Aptitud agroecológica de tres cultivos estratégicos (maíz, arroz y caña de azúcar) en 14 cantones de la cuenca baja del río Guayas,” *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 2(13), pp. 15–24. Available at: <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol2iss13.2018pp15-24>.
- Jaramillo, C., Varón, E. and Monje, B. 2020 “Nivel de daño económico y umbrales de acción para *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivos de

- maíz,” *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(1), pp. 9065–9076. Available at: <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n1.78824>.
- Kopp, C. 2024 *The World's 6 Biggest Corn Producers*, *Investopedia*. Available at: <https://www.investopedia.com/articles/markets-economy/090316/6-countries-produce-most-corn.asp> (Accessed: April 3, 2025).
- Lafitte, H.R. 1993 “IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ TROPICAL.” Available at: https://repository.cimmyt.org/server/api/core/bitstreams/ad6a5916-db5e-4760-820a-34c108b72f22/content?utm_source.
- Makumbi, D. *et al.* 2018 “Genetic Analysis of Tropical Midaltitude- Adapted Maize Populations under Stress and Nonstress Conditions,” *Crop Science*, 58, pp. 1492–1507. Available at: <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.09.0531>.
- Pal, S. *et al.* 2024 “Hymenopteran parasitoid complex and fall armyworm: a case study in eastern India,” *Scientific Reports*, 14(1), p. 4029. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54342-z>.
- Quiroga, A. 2024 *Manual de fertilidad y evaluación de suelos*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/380891268_Edicion_2012_Manual_de_fertilidad_y_evaluacion_de_suelos (Accessed: August 20, 2026).
- Rojas, O. 2023 ““Evaluación de tres tecnologías en la producción de maíz negro (*Zea mays* L.) iniap 199 racimo de uva en el campus Ceasa, Cotopaxi 2023.”” Available at: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10955> (Accessed: June 6, 2026).
- Romo, K. 2024 *Evaluación del comportamiento agronómico de maíz (Zea mays L.) con tres densidades de siembra bajo un sistema de cobertura plástica, en Chaltura – Imbabura*. bachelorThesis. Universidad Técnica del Norte. Available at: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/16202> (Accessed: June 16, 2026).
- Sánchez 2020 *Calculo de Rendimiento Maiz | PDF, Scribd*. Available at: <https://es.scribd.com/doc/308424788/Calculo-de-Rendimiento-Maiz> (Accessed: May 4, 2025).
- SIPA 2022 *Ficha del cultivo de maíz, maíz*. Available at: <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/maiz> (Accessed: April 25, 2025).
- Tamayo, J.R., Osorio, J. and Mancera, E. 2024 “Detección de enfermedades en cultivos de maíz mediante imágenes con visión artificial: un caso práctico,” *Revista Científica*

- Ciencia y Tecnología*, 24(41). Available at: <https://doi.org/10.47189/rcct.v24i41.681>.
- Tixee, J. 2024 “Evaluación del comportamiento agronómico de dos variedades de maíz (*Zea mays* L.) INIAP 199 racimo de uva e iniap 103 mishqui sara, bajo el sistema acolchado plástico en el Campus CEASA UTC 2023-2024.” Available at: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11658> (Accessed: June 5, 2026).
- Tomalá, L. 2024 *TRABAJO DE TITULACIÓN DE MAESTRÍA EN MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN*.
- Tomalá, W.A.T. 2023 “Rendimiento del maíz *Zea mays* híbrido trueno NB 7443 bajo tres distancias de siembra en la comuna Loma Alta, Santa Elena.” Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9749> (Accessed: June 6, 2026).
- Uquillas, C.A.M. 2021 “*Evaluación de las características morfológicas y agronómicas del cultivo de maíz (Zea mays L.) Sometido a tres densidades de siembra en la zona de ventanas, provincia de los Ríos.*” Available at: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/54dc9c7e-ad53-47e7-993b-d8ba7bdb5cb6> (Accessed: June 21, 2026).
- Vargas, W.C. *et al.* 2023 “Historia del maíz desde tiempos ancestrales hasta la actualidad.” Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10002071>.
- Yáñez, C. *et al.* 2017 “INIAP-199 ‘Racimo de Uva’: Variedad de maíz negro.” Available at: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4618> (Accessed: May 25, 2026).
- Zambrano, J. *et al.* 2021a *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana*. Quito, EC: INIAP-EESC, 2021. Available at: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5796> (Accessed: May 3, 2025).
- Zambrano, J. and Caviedes, M. 2022 *Estado actual de la producción de maíz en Ecuador*. Quito, EC: INIAP-EESC, 2022. Available at: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5886> (Accessed: April 25, 2025).
- Zambrano, J., Yáñez, C. and Sangoquiza, C. 2021b “Maize Breeding in the Highlands of Ecuador, Peru, and Bolivia: A Review,” *Agronomy*, 11(2), p. 212. Available at: <https://doi.org/10.3390/agronomy11020212>.
- Zambrano, L. 2025 *Barco con maíz importado provoca tensiones entre productores en Ecuador*, *Diario Expreso*. Available at: <https://www.expreso.ec/actualidad/economia/llegada-barco-maiz-recrudece-crisis-sector-237016.html> (Accessed: April 20, 2025).

ANEXOS

Tabla1A. Cuadros ANOVA.

Tabla 1.1A. Cuadro ANOVA para la variable AP8

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	115.88	3	38.63	5.43	0.0016
Variedades	113.49	1	113.49	15.95	0.0001
Distancia	2.16	1	2.16	0.30	0.5827
Tratamientos	0.23	0	0.23	0.03	0.8564
Variedades * distancia	0.00	0	0	0,0000	0.0000
Error	825.45	116	7.12		
Total	941.33	119			

Tabla 1.2A. Cuadro ANOVA para la variable AP17

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	751.40	3	250.47	1.86	0.1405
Variedades	190.35	1	190.35	1.41	0.2371
Distancia	340.82	1	340.82	2.53	0.1145
Tratamientos	220.23	1	220.23	1.63	0.2037
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	15632.23	116	134.76		
Total	1683.63	119			

Tabla 1.3A. Cuadro ANOVA para la variable AP26

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2315.08	3	771.69	3.63	0.0151
Variedades	2253.07	1	2253.07	10.59	0.0015
Distancia	61.88	1	61.88	0.29	0.5906
Tratamientos	0.13	1	0.13	6.204	0.9802
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	24669.90	116	212.67		
Total	26984.99	119			

Tabla 1.4A. Cuadro ANOVA para la variable AP35

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	35366.63	3	11755.54	15.90	<0.0001
Variedades	32439.41	1	32439.41	43.86	<0.0001
Distancia	2717.01	1	2717.01	3.67	0.0577
Tratamientos	110.21	1	110.21	0.15	0.7002
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.00	0.0000
Error	85790.37	116	739.57		
Total	121056.99	119			

Tabla 1.5A. Cuadro ANOVA para la variable AP44

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23107.90	3	7702.63	5.30	0.0018
Variedades	16054.53	1	16054.53	11.05	0.0012
Distancia	0.03	1	0.03	2.305	0.9962
Tratamientos	7053.33	1	7053.33	4.85	0.0296
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	167544.47	116	1452.97		
Total	191652.37	119			

Tabla 1.6A. Cuadro ANOVA para la variable DT8

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19,98	3	6,66	3,51	0,0176
Variedades	18,02	1	18,02	9,49	0,0026
Distancia	0,78	1	0,78	0,41	0,5217
Tratamientos	1,18	1	1,18	0,62	0,4320
Variedades * distancia	0,00	0	0,00	0.00	0.00
Error	220.19	116	1.90		
Total	240.18	119			

Tabla 1.7A. Cuadro ANOVA para la variable DT17

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	262.86	3	87.62	7.43	0.0001
Variedades	199.69	1	199.69	16.92	0.0001
Distancia	56.44	1	56.44	54.44	0.0307
Tratamientos	6.72	1	6.72	0.57	0.4519
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	1368.73	116	11.80		
Total	1631.59	119			

Tabla 1.8A. Cuadro ANOVA para la variable DT26

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1029.10	3	343.03	11.95	<0.0001
Variedades	935.77	1	935.77	32.60	<0.0001
Distancia	87.21	1	87.21	3.04	0.0840
Tratamientos	6.12	1	6.12	0.21	0.6451
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	3329.42	116	28.70		
Total	4358.52	119			

Tabla 1.9A. Cuadro ANOVA para la variable DT35

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	240.37	3	80.12	1.63	0.1858
Variedades	94.87	1	94.87	1.93	0.1672
Distancia	0.95	1	0.95	0.02	0.8894
Tratamientos	144.54	1	144.54	2.94	0.0889
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	5695.06	116	49.10		
Total	5935.43	119			

Tabla 1.10A. Cuadro ANOVA para la variable DT44

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	78.96	3	26.32	0.46	0.7140

Variedades	17.95	1	17.95	0.31	0.5784
Distancia	54.66	1	54.66	0.95	0.3320
Tratamientos	6.35	1	6.35	0.11	0.7408
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	67024.72	116	57.80		
Total	6783.68	119			

Tabla 1.11A. Cuadro ANOVA para la variable AH8

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.59	3	1.20	4.27	0.0067
Variedades	3.40	1	3.40	12.14	0.0007
Distancia	0.02	1	0.02	0.08	0.7751
Tratamientos	0,16	1	0,16	0.58	0.4474
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	32.49	116	0.28		
Total	36.08	119			

Tabla 1.12A. Cuadro ANOVA para la variable AH17

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.90	3	2.63	2.66	0.0517
Variedades	2.66	1	2.66	2.68	0.1042
Distancia	4.26	1	4.26	4.30	0.0403
Tratamientos	0.98	1	0.98	0.99	0.3227
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	114.94	116	0.99		
Total	122.83	119			

Tabla 1.13A. Cuadro ANOVA para la variable AH26

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18.32	3	6.11	2.51	0.0623
Variedades	14.98	1	14.98	6.16	0.0145
Distancia	3.33	1	3.33	1.37	0.2443

Tratamientos	0.01	1	0.01	2.203	0.9627
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	283.33	116	2.43		
Total	300.65	119			

Tabla 1.14A. Cuadro ANOVA para la variable AH35

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	48.09	3	16.03	7.77	0.0001
Variedades	42.96	1	42.96	20.83	<0.0001
Distancia	1.24	1	1.24	0.60	0.4396
Tratamientos	3.89	1	3.89	1.89	0.1724
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	239.24	116	2.06		
Total	287.33	119			

Tabla 1.15A. Cuadro ANOVA para la variableAH44

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36.06	3	12.02	5.84	0.0009
Variedades	33.29	1	33.29	16.16	0.0001
Distancia	2.19	1	2.19	1.06	0.3049
Tratamientos	0.59	1	0.59	0.29	0.5942
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	238.92	116	2.06		
Total	274.98	119			

Tabla 1.16A. Cuadro ANOVA para la variable LH8

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	38.55	3	12.85	6.67	0.0003
Variedades	27.42	1	27.42	14.24	0.0003
Distancia	8.51	1	8.51	2.42	0.0377
Tratamientos	2.62	1	2.62	1.36	0.2461
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000

Error	223.34	116	1.93
Total	261.89	119	

Tabla 1.17A. Cuadro ANOVA para la variable LH17

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	828.13	3	276.04	6.61	0.0004
Variedades	720.42	1	720.42	17.25	0.0001
Distancia	3.303	1	3.303	7.805	0.9930
Tratamientos	107.70	1	107.70	2.58	0.1110
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	4843.90	116	41.76		
Total	5672.03	119			

Tabla 1.18A. Cuadro ANOVA para la variable LH26

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2664.45	3	888.15	5.49	0.0015
Variedades	2219.57	1	22219.57	13.72	0.0003
Distancia	2.16	1	2.16	0.01	0.9082
Tratamientos	442.71	1	442.71	2.74	0.1008
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	18772.69	116	161.83		
Total	21437.14	119			

Tabla 1.19A. Cuadro ANOVA para la variable LH35

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1885.16	3	628.39	3.20	0.0260
Variedades	1763.41	1	1763.41	8.98	0.0033
Distancia	9.64	1	9.64	0.05	0.8251
Tratamientos	112.11	1	112.11	0.57	0.4515
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	22788.28	116	196.45		
Total	24673.44	119			

Tabla 1.20A. Cuadro ANOVA para la variable LH44

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2089.73	3	696.58	2.05	0.1102
Variedades	613.18	1	613.18	1.81	0.1814
Distancia	1077.60	1	1077.60	3.18	0.0773
Tratamientos	398.95	1	389.95	1.18	0.2804
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	39344.09	116	339.17		
Total	41433.82	119			

Tabla 1.21A. Cuadro ANOVA para la variable NH8

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.20	3	0.07	0.16	0.9250
Variedades	0.13	1	0.13	0.31	0.5763
Distancia	0.03	1	0.03	0.08	0.7799
Tratamientos	0.03	1	0.03	0.08	0.7799
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	49.27	116	0.42		
Total	48.47	119			

Tabla 1.22A. Cuadro ANOVA para la variable NH17

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	29.40	3	9.80	12.12	<0.0001
Variedades	24.30	1	24.30	30.05	<0.0001
Distancia	4.80	1	4.80	5.94	0.0164
Tratamientos	0.30	1	0.30	0.37	0.5436
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	93.80	116	0.81		
Total	123.20	119			

Tabla 1.23A. Cuadro ANOVA para la variable NH26

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	129.43	3	43.14	18.27	<0.0001
Variedades	99.01	1	99.01	41.93	<0.0001
Distancia	25.21	1	25.21	10.68	0.0014
Tratamientos	5.21	1	5.21	2.21	0.1402
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	273.90	116	2.36		
Total	403.33	119			

Tabla 1.24A. Cuadro ANOVA para la variable NH35

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	129.00	3	43.00	16.14	<0.0001
Variedades	116.03	1	116.03	43.56	<0.0001
Distancia	9.63	1	9.63	3.62	0.0597
Tratamientos	3.33	1	3.33	1.25	0.2656
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	309.00	116	2.66		
Total	438.00	119			

Tabla 1.25A. Cuadro ANOVA para la variable NH44

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	62.70	3	20.90	7.66	0.0001
Variedades	58.80	1	58.80	21.54	<0.0001
Distancia	1.20	1	1.20	0.44	0.5086
Tratamientos	2.70	1	2.70	0.99	0.3220
Variedades * distancia	0.00	0	0.00	0.0000	0.0000
Error	316.60	116	2.73		
Total	379.30	119			

Tabla 1.26A. Cuadro ANOVA para la variable PMG

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	96387.25	5	19277.45	33.61	<0.0001

Variedades	71824.00	1	71824.00	125.22	<0.0001
Distancia	5.22	1	5.44	0.01	0.9226
Tratamientos	18671.68	2	9335.84	16.28	<0.0001
Variedades *	5886.13	1	5886.13	10.26	0.0019
distancia					
Error	53916.75	94	573.58		
Total	150304.00	99			

Tabla 1.27A. Cuadro ANOVA para la variable R. Tra⁻¹

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.02	5	1.00	12.90	<0.0001
Variedades	0.30	1	0.30	3.84	0.0509
Distancia	0.42	1	0.42	5.38	0.0210
Tratamientos	4.23	2	2.12	27.22	<0.0001
Variedades * distancia	0.06	1	0.06	0.83	0.3618
Error	29.48	379			
Total	34.50	384			

Figura1A. Ubicación del área experimental, Centro de Apoyo Manglaralto.



Figura 2A. Análisis de suelo.

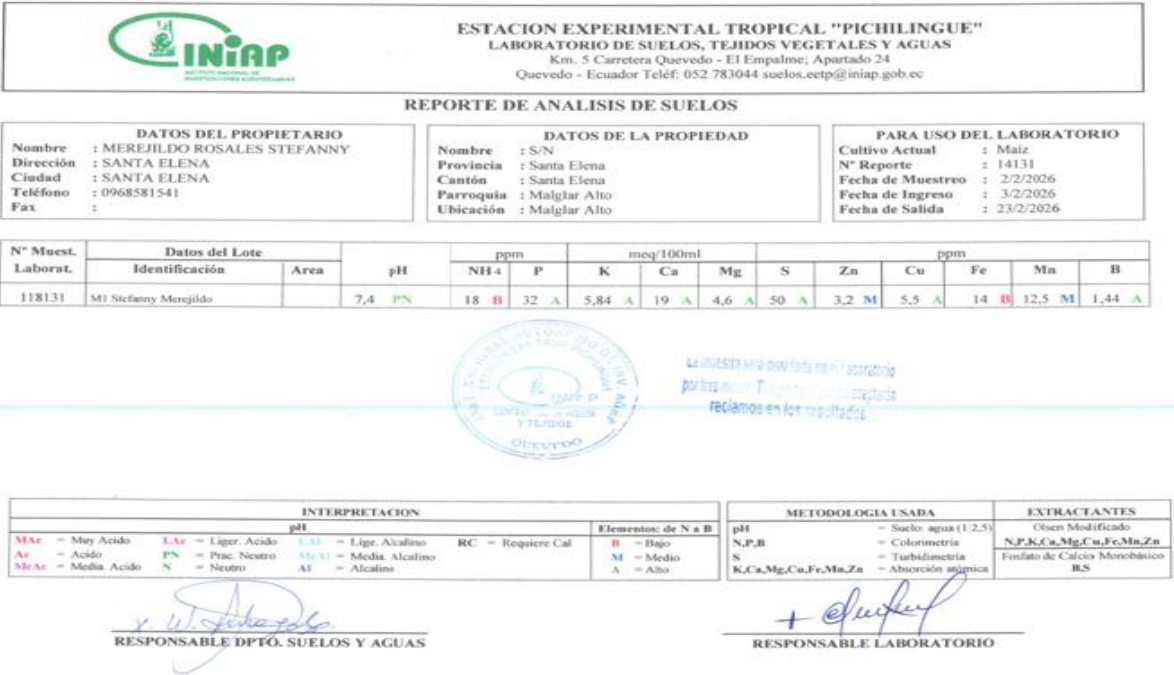


Figura 3A. Rendimiento por tratamiento

	promedio de los peso (g)	kg	peso promedio (kg)	N° de mazorcas/planta	kg/planta	plantas por tratamiento	kg/tratamiento	qq	qq/tratamiento
T1	107,82	1000	0,108	1	0,108	100	10,78	1000	0,108
T2	105,59	1000	0,106	1	0,106	120	12,67	1000	0,127
T3	126,44	1000	0,126	1	0,126	100	12,64	1000	0,126
T4	129,66	1000	0,130	1	0,130	120	15,56	1000	0,156
	Peso g / 1000 = KG			kg/planta * plantas por tratamiento = kg/tratamiento * 1000 = qq					

Figura 4A. Rendimiento por ha

	promedio de los peso (g)	kg	peso promedio (kg)	N° de mazorcas/planta	kg/planta	plantas por tratamiento	kg/tratamiento	qq	qq/tratamiento
T1	107,82	1000	0,108	1	0,11	31250	3369,316	100	33,69
T2	105,59	1000	0,1055862	1	0,11	25000	2639,655	100	26,40
T3	126,44	1000	0,1264374	1	0,13	31250	3951,169	100	39,51
T4	129,66	1000	0,1296627	1	0,13	25000	3241,568	100	32,42
	Peso g / 1000 = KG			kg/planta * plantas por tratamiento = kg/tratamiento * 1000 = qq					

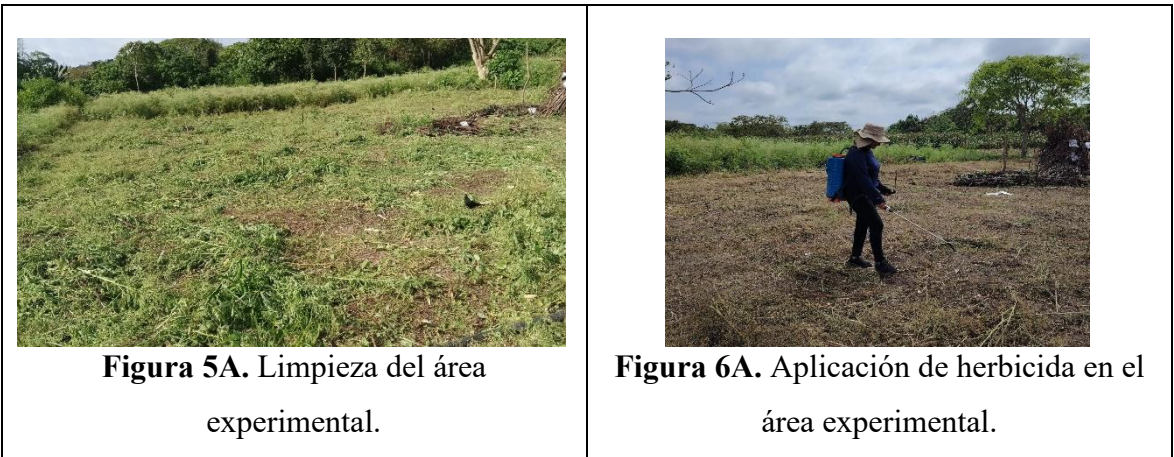




Figura 7A. Instalación del sistema de riego por goteo.



Figura 8A. Siembra de semillas de maíz.



Figura 9A. Limpieza de Malezas.



Figura 10A. Toma de datos DT.



Figura 11A. Cosecha



Figura 12A. Peso de mil Granos.