



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

CARRERA DE AGRONOMÍA

**ADAPTABILIDAD DEL HIBRIDO DE MAIZ P4021 CON TRES
DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL CANTON OÑA,
PROVINCIA DEL AZUAY
TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

AUTOR: MARCO ESTEBAN ULLAURI SANDOVAL

DIRECTOR: ING. JACINTO ENRIQUE VÁZQUEZ VÁZQUEZ, PhD

CUENCA-ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS

AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**ADAPTABILIDAD DEL HIBRIDO DE MAIZ P4021 CON TRES
DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL CANTON OÑA,
PROVINCIA DEL AZUAY**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

AUTOR: MARCO ESTEBAN ULLAURI SANDOVAL

DIRECTOR: ING. JACINTO ENRIQUE VÁZQUEZ VÁZQUEZ, PhD

Cuenca – Ecuador

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Marco Esteban Ullauri Sandoval portador de la cédula de ciudadanía N° **0104551171**. Declaro ser el autor de la obra: **“Adaptabilidad del híbrido de maíz P4021 con tres densidades de siembra en el cantón Oña, provincia del Azuay”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **25 de abril de 2024**

Marco Esteban Ullauri Sandoval
C.I. **0104551171**

CERTIFICACIÓN

Yo Jacinto Enrique Vázquez Vázquez, con cédula de identidad N° 0102976842 en calidad de director del Trabajo de Titulación con el tema: **“Adaptabilidad del híbrido de maíz P4021 con tres densidades de siembra en el cantón Oña, provincia del Azuay”**, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por MARCO ESTEBAN ULLAURI SANDOVAL, bajo mi supervisión

Atentamente,



Ing. Jacinto Vázquez Vázquez PhD.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DEDICATORIA

A mis padres, por su inquebrantable apoyo, sacrificio y su amor infinito. Gracias por ser la luz que ilumina mi camino y por inspirarme a alcanzar mis sueños.

A mis queridos abuelos, que con sabiduría y paciencia han dejado una huella y un legado en la familia.

A mis cariñosos tíos, por ayudarme en los momentos difíciles por los que he pasado en estos últimos años y por brindarme una red de apoyo invaluable siendo un aliento esencial en este viaje académico.

A mis hermanos, juntos hemos crecido, aprendido y celebrado cada logro de mi carrera universitaria.

A todos ustedes, Mi familia, ingenieros amigos de toda la vida, mi motivación. Esta tesis es el resultado de amor y confianza. Cada página escrita lleva impresa la gratitud que siento por tenerlos a mi lado.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis primeramente agradezco a Dios por ser el camino que guía y cuida mis pasos que doy.

Quiero agradecer a mi director de tesis, Ing. Jacinto Enrique Vázquez Vázquez por aceptarme para realizar esta tesis, agradecerle por todo el esfuerzo, dedicación y paciencia que gracias a sus conocimientos he logrado alcanzar un aprovechamiento máximo para la finalización de mi trabajo de titulación.

También agradecer al Ing. Daniel Aurelio Ortiz Gómez, por darme la oportunidad de realizar esta investigación de la mano de profesionales en campo y obtener experiencia que me ayudara en el ámbito laboral de mi carrera.

INDICE

CERTIFICACIÓN	- 5 -
DEICATORIA	5
AGRADECIMIENTOS	6
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE CUADRO	10
LISTA DE ANEXOS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	- 13 -
Objetivo específico:	- 16 -
1. MARCO TEÓRICO	- 17 -
1.1. El maíz (<i>Zea mays</i>).....	- 17 -
1.1.1. Origen del maíz.....	- 17 -
1.1.2. Taxonomía	- 17 -
1.2. Cultivo de maíz.....	- 18 -
1.2.1. Importancia a nivel mundial.....	- 18 -
1.2.2. Importancia del cultivo de maíz en el Ecuador	- 18 -
1.3. Descripción botánica	- 20 -
1.3.1. Sistema radicular	- 20 -
1.3.2. Tallo	- 20 -
1.3.3. Hojas.....	- 21 -
1.3.4. Sistema floral	- 22 -
1.3.5. Semilla	- 23 -
1.4. Requerimientos del cultivo.....	- 23 -
1.4.1. Clima.....	- 23 -
1.4.2. Suelo.....	- 24 -
1.4.3. Agua	- 24 -
1.5. Labores culturales	- 24 -
1.5.1. Análisis del suelo	- 24 -
1.5.2. Densidad de siembra	- 25 -
1.5.3. Control de maleza	- 25 -
1.5.5. Fertilización.....	- 29 -
1.5.6. Cosecha.....	- 30 -
1.6. Etapas fenológicas del maíz.....	- 30 -
1.7. Híbridos	- 31 -

1.8.	Análisis Económico.....	- 33 -
1.9.	Ingresos.....	- 33 -
1.10.	Costos de producción.....	- 33 -
1.11.	Costos fijos	- 33 -
1.12.	Costos variables.....	- 34 -
1.13.	Utilidad de los costos	- 34 -
1.14.	Margen de Ganancia.....	- 34 -
1.15.	Costo beneficio	- 34 -
1.16.	Rendimiento.....	- 34 -
2.	METODOLOGÍA.....	- 35 -
2.1	Localización del experimento	- 35 -
2.2	Características climáticas.....	- 35 -
2.3	Materiales	- 36 -
2.3.1	Materiales biológicos.....	- 36 -
2.3.2	Materiales físicos:	- 36 -
2.4	/Descripción de los tratamientos	- 37 -
2.5	Delineamiento experimental:.....	- 37 -
2.6	Variables	- 38 -
2.7	Desarrollo del experimento.....	- 38 -
2.7.1	Preparación del suelo	- 38 -
2.7.2	Delimitación y señalización de la tesis	- 39 -
2.7.3	Siembra	- 40 -
2.7.4	Riego	- 40 -
2.7.5	Altura de plantas en centímetros a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150 días después de la siembra.....	- 41 -
2.7.6	Numero de hojas por planta a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150 días después de la siembra.	- 41 -
2.7.7	Control de plagas.....	- 42 -
2.7.8	Fertilización foliar.	- 43 -
2.7.9	Fertilización al suelo.....	- 43 -
2.7.10	Control de malezas	- 43 -
2.7.11	Segundo control de plagas.....	- 43 -
2.7.12	Control de enfermedades.....	- 44 -
2.7.13	Cosecha y ensilaje del maíz.....	- 44 -
2.7.14	Análisis bromatológico	- 45 -
2.7.15	Análisis costos de producción	- 45 -

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 48 -
4.	CONCLUSIONES	- 59 -
5.	RECOMENDACIONES.....	- 60 -
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	- 61 -
7.	ANEXOS	- 68 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Raíz del maíz	- 20 -
Figura 2.	Partes de la hoja del maíz	- 21 -
Figura 3.	Inflorescencia masculina y femenina del maíz	- 22 -
Figura 4.	Partes de la semilla del maíz	- 23 -
Figura 5.	Equipos de labranza	- 27 -
Figura 6.	Etapas fenológicas del maíz	- 31 -
Figura 7.	Cantón Oña zona la Caprina	- 35 -
Figura 8.	Terreno listo con surcos de 60cm para la siembra	- 39 -
Figura 9.	Delimitación y señalización de los tratamientos	- 39 -
Figura 10.	Siembra del híbrido P4021.....	- 40 -
Figura 11.	Altura de la plántula y número de hojas.	- 41 -
Figura 12.	Insecticidas y abono foliar	- 42 -
Figura 13.	Insecticidas para el gusano cogollero	- 42 -
Figura 14.	Fertilizante foliar de desarrollo	- 43 -
Figura 15.	Gusano cogollero	- 44 -
Figura 16.	Maíz ya picado y en bolsa de ensilaje.....	- 45 -
Figura 17.	Numero de hojas desde los 15 hasta los 150 días.....	- 49 -
Figura 18.	Altura de plantas desde los 15 hasta los 150 días	- 51 -
Figura 19.	Peso de las plantas por m ²	- 52 -

LISTA DE CUADRO

Cuadro 1. Descripción taxonómica.....	- 17 -
Cuadro 2. Distribución de tratamientos.....	- 37 -
Cuadro 3. Descripción del número de hojas cada 15 días.....	- 48 -
Cuadro 4. Descripción de la altura cada 15 días.	- 50 -
Cuadro 5. Peso en kg por tratamiento	- 52 -
Cuadro 6. Caracterización bromatológica de los tratamientos de maíz	- 53 -

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Semilla maíz P4021	- 68 -
Anexo 2. Siembra del maíz	- 68 -
Anexo 3. Señalización de los tratamientos	- 69 -
Anexo 4. Crecimiento del maíz.....	- 69 -
Anexo 5. Medición del metro cuadrado	- 70 -

RESUMEN

El maíz destaca por ser el único cereal que puede ser empleado para consumo humano como animal, las alteraciones a causa del cambio climático sugieren buscar alternativas de alimentación para los animales, la presente investigación buscó evaluar los efectos de la densidad de siembra en el comportamiento agronómico del híbrido de maíz P4021 en el cantón Oña, provincia del Azuay. Se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, totalizando 16 unidades experimentales de 12 m² cada una, en un área total de 448 m², se evaluaron cuatro densidades de siembra: 20, 40, 60 y 80 cm entre planta y todos a 60 cm entre surco, sembrando dos semillas por golpe. Los resultados revelaron que la densidad de siembra impacta significativamente en el comportamiento agronómico del maíz P4021, aunque no se observaron diferencias significativas para las variables, altura y número de hojas, se presenta diferencias estadísticas en la variable peso en kg/tratamiento, destacando el tratamiento T1 (40 cm entre plantas) con media de 27,6 kg. El análisis de costos considera al tratamiento T1 como la mejor opción para la siembra de este híbrido, en comparación con el tratamiento testigo (T4). En conclusión, la densidad de siembra tiene un efecto en el cultivo del Híbrido P4021, 40 cm entre plantas presentó los mejores resultados, en cuanto a la rentabilidad en el análisis de costo de producción dando un resultado del 170% siendo así el tratamiento T1 ideal para el ensilaje de maíz.

Palabras claves: efectos de la densidad de siembra, diseño de bloque completos, implicaciones prácticas

ABSTRACT

Corn stands out as the sole cereal suitable for human and animal consumption. Climate change-related alterations suggest the search for alternative animal feed. This research aimed to assess the effects of planting density on the agronomic performance of the P4021 corn hybrid in the Oña canton, Azuay province. A Randomized Complete Block Design (RCBD) was used, consisting of four treatments and four replicates, with a total of 16 experimental units of 12 m² each across a 448 m² area. Four planting densities —20, 40, 60, and 80 cm between plants, all at 60 cm between furrows— were tested, with two seeds dibbled per hole. The results revealed that planting density significantly impacts the agronomic performance of P4021 corn. Although no significant differences were observed on variables like height and leaf count, there were statistical differences in the variable weight per treatment (kg), highlighting the T1 treatment (40 cm between plants) with a mean of 27.6 kg. The cost analysis considers the T1 treatment as the optimal choice for planting this hybrid, compared to the control treatment (T4). In conclusion, planting density affects Hybrid P4021 cultivation, with 40 cm between plants yielding the best results in terms of profitability in the cost of production analysis, resulting in a 170% increase, making the T1 treatment ideal for corn silage.

Keywords: effects of evergreen density, complete block design, practical implications

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) se destaca como el único cereal que puede ser empleado tanto para consumo humano como animal en cualquier fase de su desarrollo o producción (Guevara et al., (2023). Su relevancia económica a escala global radica en su capacidad para alimentar tanto a seres humanos como al ganado, además de ser una fuente fundamental para numerosos productos industriales (FIRA, 2015). En el año 2014, aproximadamente el 40% de la producción total de granos a nivel mundial fue atribuida al maíz duro seco. Además, en 2016, la producción global de maíz alcanzó un volumen de 1.025,6 millones de toneladas, con un rendimiento medio de aproximadamente 5,69 toneladas por hectárea, según datos proporcionados por los Fideicomisos Instituidos en Relación (Martínez et al., (2018).

Los híbridos de maíz son elegidos debido a su elevado rendimiento de granos y se utilizan en la elaboración de ensilaje. Se considera que el rendimiento y la calidad del forraje están influenciados por la proporción de granos en relación con la masa combinada de tallo y hojas. A pesar de la importancia del contenido de grano, este solo constituye aproximadamente el 30-35% del rendimiento total de materia seca producido por el maíz en promedio. El restante proviene de la caña, las hojas, el marlo, las chalas y otros componentes adicionales. Se subraya la importancia de enfocarse en todos los elementos de la planta, resaltando especialmente la relevancia de la caña (Bénitez, 2021).

A nivel global, el maíz es un cereal de gran significado tanto económico como alimentario. Según Medina (2023) hace mención que la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura: En el ámbito global, Estados Unidos y China lideran la producción de maíz con un 37% y un 21% respectivamente. En cuanto a la exportación, estos dos países junto con Argentina son los principales actores, habiendo exportado 70 millones de toneladas en el año 2010. México, por su parte, se ubica como el segundo mayor importador de maíz, abasteciéndose principalmente de Estados Unidos y Argentina. En lo que respecta al maíz forrajero, Estados Unidos también ostenta el primer puesto como productor con 2,6 millones de hectáreas. Sin embargo, esta superficie representa menos del 10% del área total dedicada al cultivo de maíz en grano.

En Ecuador, se estimaron 372.581 hectáreas plantadas de esta especie en 2022, con un rendimiento promedio de 4,53 Tm/ha. Además, las provincias de Los Ríos, Manabí y Guayas cuentan con el 79.26% de superficie sembrada (Unidad de Estadísticas Agropecuarias- ESAG, 2017).

En la región Sierra del Ecuador, el cultivo de maíz ocupa una posición de gran relevancia, tanto por la extensión de tierra dedicada a su cultivo como por su papel fundamental en la dieta de la población ecuatoriana. Las preferencias y tradiciones de los agricultores son fundamentales para la distribución de ciertos tipos de maíz más cultivados en las provincias de esta región. En la Sierra norte (Carchi, Imbabura, Pichincha), se cultivan principalmente variedades de maíz con granos de tipo amarillo harinoso. En la zona central (Tungurahua, Chimborazo y Bolívar), predomina el cultivo de maíces con granos blancos harinosos. Por otro lado, en la región Sierra

sur (Cañar y Azuay), se destaca el cultivo del maíz conocido como "Zhima", caracterizado por tener granos blancos dentados o amorochados (Caviedes et al., (2022).

Por otra parte, la producción de maíz en el cantón Oña, provincia del Azuay, se encuentra confrontada con desafíos significativos vinculados a las condiciones climáticas predominantes en la zona. Esta área experimenta periodos prolongados de sequía y se caracteriza por permitir únicamente una temporada de cultivo al año, lo que restringe las posibilidades de obtener cosechas exitosas. En este contexto, el cultivo de maíz emerge como una actividad agrícola esencial para asegurar la disponibilidad de alimentos y apoyar el desarrollo económico a nivel local. No obstante, el problema central que afecta la producción y la sostenibilidad de la agricultura en esta región es la capacidad del híbrido de maíz P4021 para adaptarse a las condiciones climáticas de sequía y a la limitación de una sola temporada de cultivo.

Según Guamán et al. (2020) las ventajas de los híbridos sobre las variedades naturales y sintéticas incluyen: mayor rendimiento de grano, uniformidad en la floración, altura y madurez de la planta; plantas más cortas pero vigorosas resistentes al encamado y rotura; granos y mazorcas generalmente más sanos, maduración más temprana y mejor desarrollo inicial. Además, menciona las ventajas de los híbridos sobre las variedades naturales y sintéticas incluyen: mayor rendimiento de grano, uniformidad en la floración, altura y madurez de la planta; plantas más cortas pero vigorosas resistentes al encamado y rotura; granos y mazorcas generalmente más sanos, maduración más temprana y mejor desarrollo inicial.

La densidad de plantas es el método más eficaz para incrementar la captación de luz. El número de plantas necesarias para lograr una buena cobertura depende del área foliar de cada planta y de la disposición de sus hojas (verticales o planas). Las plantas con pocas hojas y erectas requerirán densidades más altas para lograr una cobertura total del suelo. La baja densidad puede afectar significativamente la captura de luz y, por lo tanto, el crecimiento de los cultivos. Por lo tanto, el maíz tiene una respuesta pronunciada ante un aumento en la densidad de producción de biomasa (Flores y Guerrero, (2017).

(Satorre, 2021) indicó que la mayor o menor regularidad en la distribución espacial de las plantas provoca diferencias de rendimiento en lotes de maíz del mismo tipo y población. De manera similar, demostraron que mantener la misma cantidad de plantas de maíz en un campo y reducir el espacio entre hileras colocaría las plantas más separadas en la línea de siembra, lo que daría como resultado una mejor distribución espacial de las plantas. este arreglo mejora la distribución de raíces y hojas de cultivo y reduce la competencia interespecífica. En teoría, esto aumenta la habilidad del maíz para aprovechar la energía solar y utilizar agua y nutrientes, aumentando así la productividad del grano.

En la investigación de Salazar (2023) realizada en la finca "La Victoria", durante la temporada de lluvias se evaluaron diferentes espaciamientos de siembra en maíz (*Zea mays* L.). Se aplicaron tres tratamientos: T1 (60 x 20 cm), T2 (70 x 20 cm) y T3 (80 x 20 cm), distribuidos aleatoriamente, y se evaluaron varias variables agronómicas y económicas. Aunque No se observaron discrepancias notables en la altura de la planta ni en el grosor del tallo entre los diferentes tratamientos. Sin embargo, el tratamiento T1 sobresalió en términos de longitud y grosor de la

mazorca, peso de 1000 semillas, rendimiento y ganancia neta. El T2 mostró una relación costo-beneficio favorable. Se identificaron seis etapas fenológicas importantes durante el ciclo del maíz.

En la investigación de Lago (2023) llevada a cabo en las proximidades de la finca Andil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí se centró en evaluar la respuesta del híbrido de maíz Advanta 9559 ante cuatro diferentes densidades de siembra. Los objetivos principales planteados fueron dos: primero, analizar las variables morfofisiológicas del maíz durante las fases vegetativa y reproductiva, y segundo, examinar el análisis costo/beneficio de los tratamientos aplicados. Los tratamientos, identificados como T1 (80 cm x 20 cm), T2 (75 cm x 17 cm), T3 (70 cm x 15 cm) y T4 (65 cm x 14 cm), fueron distribuidos según un diseño de bloques completamente aleatorizados, con cinco repeticiones cada uno. Aunque no se encontraron diferencias significativas en la altura de planta, diámetro del tallo y otras variables durante la etapa vegetativa y reproductiva, sí se observaron diferencias en la longitud y diámetro de mazorca, peso de mazorca y rendimiento por parcela entre los tratamientos. En términos de análisis económico, el tratamiento T2 sobresalió en ingreso neto, presentando una mejor relación beneficio/costo. Tanto T1 como T2 demostraron una alta rentabilidad, con el T1 alcanzando un 206.46% de rentabilidad en la producción.

El maíz híbrido ofrece a los agricultores una gama de variedades con características genéticas mejoradas, tales como un elevado potencial de rendimiento y combinaciones únicas de rasgos para enfrentar enfermedades y condiciones desfavorables de cultivo. No obstante, la calidad de la semilla híbrida está estrechamente ligada a los métodos empleados en su producción en campo, los cuales deben cumplir con estándares de calidad y aplicar prácticas adecuadas de manejo agronómico. Aunque la generación de semillas de maíz de polinización libre es bastante directa, la producción de semillas híbridas demanda la implementación de prácticas agrícolas suplementarias, las cuales son fundamentales para alcanzar una producción exitosa (Sánchez, Hidalgo, & Díaz, 2022).

Por ello, surge la necesidad de estudiar la adaptabilidad del híbrido de maíz P4021 con tres densidades de siembra en el Cantón Oña, Provincia del Azuay, debido a la gran importancia representativa y de fuente económica en la industria de la agricultura alimentaria. Para ello se deberá estudiar las diferentes alternativas para la producción y destacar la necesidad de implementar este híbrido en el cantón. El espaciamiento insuficiente entre las siembras de maíz puede causar limitaciones en la producción de cultivos, lo que puede resultar en una disminución o aumento en el rendimiento, también se debe tener en cuenta la privación de luz, nutrientes y factores hídricos, lo que resulta en plantas pequeñas, deformidades de espigas y granos (Blanco-Valdés y González-Viera, (2021).

El objetivo principal de esta investigación es evaluar los efectos de la densidad de siembra en el comportamiento agronómico del híbrido de maíz P4021 en el cantón Oña, ubicado en la provincia del Azuay.

OBJETIVO ESPECÍFICO:

- Determinar el efecto de tres densidades de siembra en el comportamiento agronómico del híbrido de maíz P4021.
- Identificar densidad de siembra más efectiva sobre para el incremento de producción del híbrido de maíz P4021.
- Realizar un análisis económico de la Producción del híbrido de maíz P4021 a diferentes densidades de siembra.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. El maíz (*Zea mays*)

1.1.1. Origen del maíz

El maíz (*Zea mays*) es una de las especies vegetales cultivadas más influyentes en la historia de la agricultura y la alimentación. Su origen se encuentra en las regiones de Mesoamérica, específicamente en lo que hoy son México y América Central. Los antiguos pueblos indígenas fueron los responsables de su domesticación a partir de la planta silvestre teosinte, realizando una selección de semillas para obtener variedades con granos más grandes y uniformes. A lo largo de miles de años, el maíz evolucionó en diversas formas y tamaños, adaptándose a diferentes condiciones climáticas y suelos (Guerrero, (2020).

Este cultivo se difundió rápidamente por todo el continente americano y eventualmente llegó a otras partes del mundo después de la llegada de los europeos, los eventos históricos del maíz están marcadas por su diversificación en diferentes variedades: desde los maíces de grano grande utilizados para la alimentación humana, hasta los maíces de grano duro Utilizados para la nutrición animal y la fabricación industrial (Salazar, 2023).

1.1.2. Taxonomía

Zea mays se considera como de notable relevancia económica dentro de las Maydeas.

Cuadro 1. Descripción taxonómica

Clasificación taxonómica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales Small, 1903
Familia	Poaceae
Tribu	Maydea
Genero	<i>Zea</i> Linnæus, 1753
Especie	<i>Zea mays</i>

Fuente: Pérez (2014).

1.2. Cultivo de maíz

1.2.1. Importancia a nivel mundial

Tanto por su producción como por su consumo, el maíz es un grano de gran importancia mundial. Es un cultivo relativamente fácil de establecer, con un bajo costo de inversión y un precio asequible para el comprador. Así mismo, existe una amplia diversidad genética de maíz disponible para los agricultores, lo que ha contribuido a su expansión a nivel internacional. En la actualidad, el maíz se cultiva en muchos países, como China, Rumania, Sudáfrica, Afganistán y Rusia. Esta expansión se ha logrado debido a los progresos en la investigación y la implementación de nuevas técnicas agrícolas (Contreras, (2019).

Aparte de ser un componente esencial en la dieta humana, este alimento resulta adecuado para el suministro en la cría de ganado destinado a la producción de carne y leche, como es el caso del ganado vacuno y porcino, así como en la avicultura para la producción de pollos. Además, tiene un papel significativo en la elaboración de biocombustibles. Aunque su contribución a este sector es relativamente pequeña, ha generado una disminución en la demanda alimentaria tanto para humanos como para animales, lo que representa un riesgo notable para la seguridad alimentaria de este producto (Contreras, (2019). Con cosechas de 64,14 millones de toneladas, Brasil y Argentina son los principales productores de maíz en América del Sur. Estas estadísticas representan el 9,8% de la producción de maíz en todo el mundo. Con una cosecha de 25,25 millones de toneladas, México también es un importante productor de maíz. Con 28,07 millones de toneladas, Ucrania y otros países le siguen (López, (2018).

1.2.2. Importancia del cultivo de maíz en el Ecuador

El maíz pasó a ser un componente esencial de la alimentación en muchas culturas, incluyendo las de América Latina. En Ecuador, por ejemplo, el maíz ha sido un pilar de la dieta tradicional, utilizado en la preparación de alimentos emblemáticos como la chicha y diversas variedades de tortillas. Además de su importancia cultural, el maíz ha tenido un impacto económico significativo en América Latina y el mundo. Los países latinoamericanos, como México, Brasil y Argentina, son productores y exportadores importantes de maíz, generando ingresos considerables para sus economías (Herrera, (2018).

El cultivo de maíz ha influido en la economía ecuatoriana, especialmente en las zonas rurales donde es un componente fundamental de la agricultura de subsistencia y de pequeña escala. Sin embargo, la dependencia de variedades no mejoradas y la falta de tecnologías modernas en la producción han limitado su potencial. De bajo costo en comparación con otras naciones de la zona. La introducción de técnicas agrícolas avanzadas y la promoción de variedades mejoradas podrían impulsar la productividad del maíz en Ecuador y, por ende, su contribución económica (Albán et al.,2023).

Caviedes et al. (2022) Señalan que el maíz se destaca como uno de los cereales más cultivados y con mayor valor nutricional en el Ecuador, su producción forma parte de la seguridad alimentaria en la alimentación de la población rural y urbana, y proporciona de materia prima para la agroindustria, además, expone la importancia de su alto potencial energético para la producción de etanol.

Para el año 2021, el cultivo de maíz tuvo una superficie sembrada total de 355.000 ha con una producción nacional aproximada de 1.38 millones de toneladas, que corresponde 78 a 80% de maíz duro variedades híbridas que se siembran en la región Costa y Amazonia y 20 a 22% de maíz de grano suave variedades de libre polinización que se siembran en la región Sierra (Caviedes et al., (2022).

Las variedades de maíz son desarrolladas utilizando germoplasma local para mantener las características ampliamente aceptadas y demandadas del maíz autóctono Villavicencio (2017). de acuerdo con INIAP (2015) es el eje principal de los sistemas productivos de los pequeños y medianos productores en la zona andina (2000 a 3000 msnm), suelos de bajos nutrientes y sin una rotación de cultivos, que dependen casi por completo de las precipitaciones por lo cual son cultivos que conducen a bajos rendimientos.

En la zona montañosa, los agricultores de maíz recolectan este cultivo tanto en su fase de mazorca como en su forma seca de grano. La cantidad de tierra utilizada para la cosecha de maíz en mazorca fue de 22,584 hectáreas, produciendo un total de 84,818 toneladas, mientras que para el maíz seco se utilizaron 46,539 hectáreas, generando una producción de 42,813 toneladas. La provincia de Bolívar lidera la producción de este cultivo con un 51.4% del total, seguida por Pichincha y Tungurahua, que representan el 17.2% de la producción regional cada una (INEC, (2017).

Los rendimientos en la provincia de Pichincha son 8 390 toneladas en choclo y 2 135 toneladas en grano seco, con rendimientos promedios de $3,0 t ha^{-1}$ para maíz en choclo y $0,8 t ha^{-1}$ para maíz en grano seco (INEC, (2017).. Tapia et al. (2017) se señala que Ecuador cuenta con una amplia variedad genética, incluyendo 29 cepas de maíz identificadas, de las cuales 6 aún no han sido debidamente caracterizadas. Se conservan un total de 787 accesiones de colecciones de la sierra ecuatoriana entre 1950 y 2008. La colección abarca las 25 variedades de maíz de la región montañosa, destacando especialmente las variedades "Mizhca", "Huandango", "Blanco blandito", "Chaucho", "Morochón", "Chillo" y "Sabanero ecuatoriano", que representan el 59,4% del total. En contraste, las variedades "Tusilla" y "Gallina" cuentan con menos de cinco ejemplares en la colección.

1.3. Descripción botánica

1.3.1. Sistema radicular

Según Rodríguez (2012), el sistema radicular del maíz exhibe una estructura fibrosa que comprende tres tipos de raíces distintas: las raíces de anclaje, adventicias y seminales.

- Las raíces seminales, siendo las primeras en desarrollarse, desempeñan un papel crucial al nutrir la planta durante sus fases iniciales de crecimiento.
- Las raíces adventicias surgen desde la corona de la planta, localizada en los nudos basales, manifestándose como estructuras permanentes que se extienden en múltiples direcciones, proporcionando así a la planta una amplia superficie para la eficaz captación de agua y nutrientes.
- Las raíces de sujeción se desarrollan a partir de los nodos iniciales que se encuentran en la superficie del suelo, concluyendo su desarrollo durante la etapa de panojamiento. Estas raíces, caracterizadas por su corta y robusta morfología, desempeñan la crucial función de asegurar la estabilidad de la planta al anclarse en el suelo, previniendo posibles inclinaciones o vuelcos.

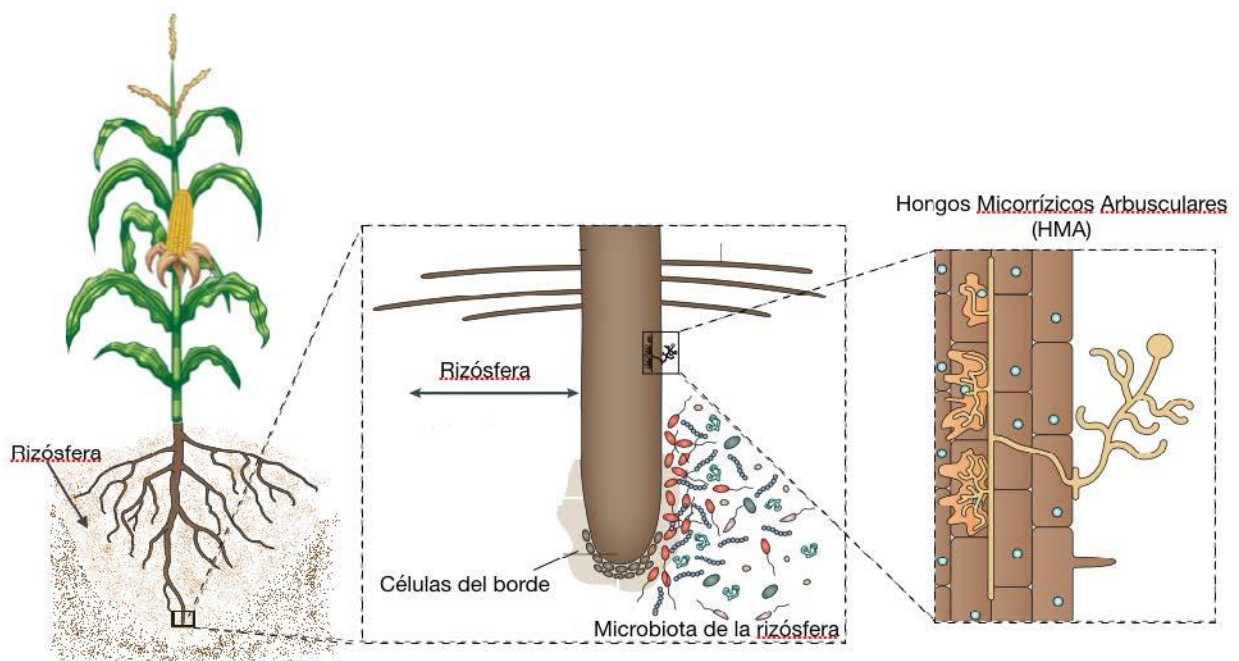


Figura 1. Raíz del maíz
Fuente: Zarabia et al. (2017).

1.3.2. Tallo

En el área cercana al tallo pueden observarse tanto pocas como varias ramificaciones; sin embargo, la producción siempre se produce en el tallo principal, el cual presenta una estructura

cilíndrica y de madera. Este tallo principal está compuesto por nodos y entrenudos alineados en dirección longitudinal, con un promedio de 14 nudos, cada uno acompañado por una hoja, y una yema basal por cada entrenudo. En términos de altura, este órgano presenta un promedio de 55 cm, alcanzando hasta 4,20 m en algunas instancias. Además, existen variantes enanas (Corcuera, (2012).

1.3.3. Hojas

Mayoritariamente de contornos suaves, las hojas suelen ser alargadas y anchas. Adoptan una disposición que forma vainas foliares, generalmente notables, con una forma cilíndrica en la parte inferior. Estas envolturas tienen la tarea de proteger los espacios entre los nodos del tallo, envolviendo las aurículas, mientras que los extremos permanecen visibles. Normalmente son de color verde, aunque en ciertos genotipos pueden haber variaciones, mostrando hojas que van desde tonalidades de verde y púrpura hasta blanco y verde. Esta diversidad también se manifiesta en los entrenudos (Corcuera, (2012).

Las hojas experimentan una serie de cambios que abarcan desde cotiledones, coleóptilos, hojas de follaje, prófilos, chalas, hasta brácteas de las inflorescencias. Además, se componen de tres partes distintas: vaina, cuello y lámina (Figura 2). La lámina, que es una franja delgada y alargada, con medidas que pueden alcanzar hasta 0,1 metros de ancho y 1,5 metros de largo, tiene un extremo puntiagudo. La vena central resalta, siendo notable en la parte inferior de la hoja y curvada hacia adentro en la parte superior (Villacís, 2021).

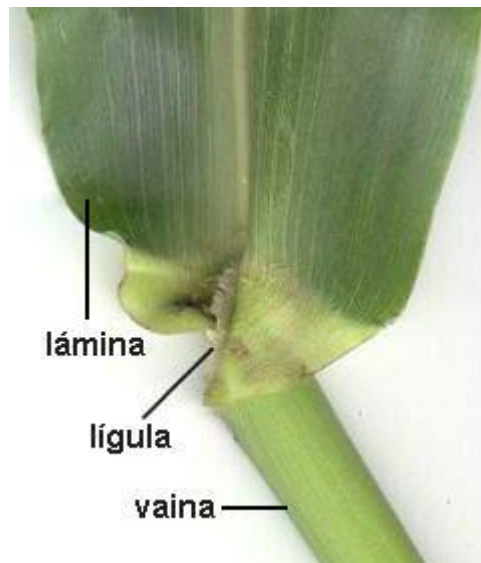


Figura 2. Partes de la hoja del maíz

Fuente: González (2020).

1.3.4. Sistema floral

Las flores femeninas del maíz se encuentran en la base de los entrenudos que se desarrollan en el tallo, lo que da como resultado una a tres mazorcas con ovarios. Una vez polinizados, estos ovarios se convierten en granos. Cada ovario tiene un largo estilo dispuesto como cabellos que se extiende a través de las hojas que rodean la mazorca. El polen se desliza sobre estos cabellos y comienza a germinarse y crecer a lo largo de los estilos hasta llegar a los ovarios, donde comienza el proceso de fecundación. Por otro lado, las flores masculinas (panoja) se desarrollan en el tallo principal y producen solo polen que el viento lleva a las plantas cercanas (Rodríguez et al., (2008).

Las flores masculinas se concentran en una panícula en el extremo del tallo, mientras que las flores femeninas se distribuyen en múltiples espigas (llamadas mazorcas o panojas) que surgen de las axilas foliares a partir del tercio medio del tallo. En la parte superior del tallo, las flores masculinas emergen en parejas a lo largo de ramas finas, con una dimensión promedio de 7 mm. Cada flor masculina tiene tres estambres filamentosos, mientras que las flores femeninas se agrupan en una rama que está cubierta de brácteas foliares. Los estilos se extienden desde las brácteas formando una abundante cabellera que se proyecta desde el extremo de la mazorca y mide entre 12 y 20 cm de largo (Villacís, 2021).

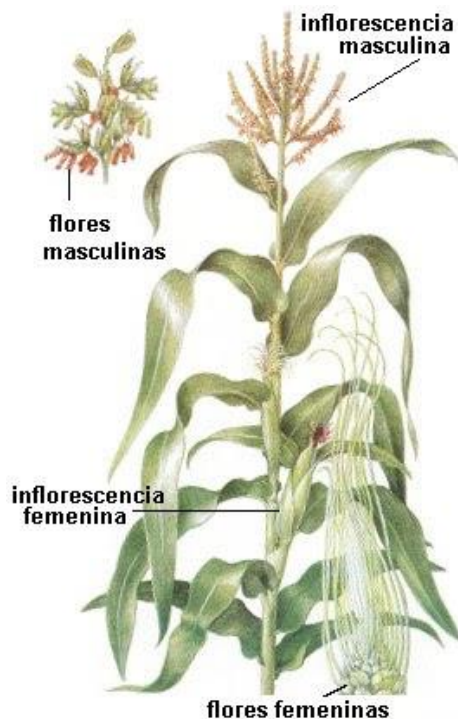


Figura 3. Inflorescencia masculina y femenina del maíz

Fuente: González (2020).

1.3.5. Semilla

Las semillas, también conocidas como cariósides, están presentes en cantidades que van de 600 a 1000 unidades por cada mazorca y están dispuestas en hileras de alrededor de 14 filas en promedio. Dependiendo del tipo de material genético, pueden manifestarse en variedades opacas o cristalinas, con características dentadas o semidentadas. Los maíces amarillos y blancos son los más solicitados por el mercado en cuanto a sus tonalidades. Es importante destacar que la semilla se compone de tres partes claramente distinguibles: la cáscara, el embrión y el endospermo. De estas, el endospermo muestra la mayor variabilidad, ya que es la parte que define las características físicas únicas de la variedad cultivada, determinando su forma, tamaño y color particulares (Villacís, 2021).

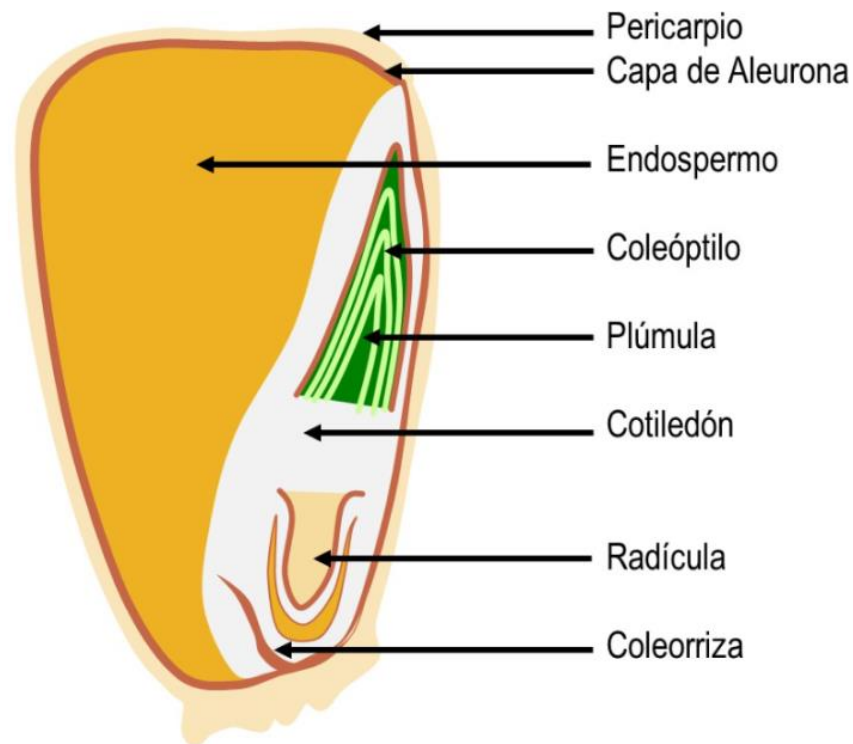


Figura 4. Partes de la semilla del maíz

Fuente: González (2020).

1.4. Requerimientos del cultivo

1.4.1. Clima

El maíz es un cultivo que requiere temperaturas cálidas para su desarrollo óptimo. Las temperaturas ideales para el crecimiento del maíz oscilan entre los 25 y los 30 grados centígrados, con una exposición abundante a los rayos solares. Los climas húmedos pueden ser perjudiciales para el rendimiento del maíz.

Para que la semilla germine, las temperaturas deben estar entre los 15 y los 20 °C. Temperaturas inferiores a 8 °C o superiores a 30 °C pueden afectar la absorción de agua y nutrientes del suelo. Las temperaturas ideales para la fructificación del maíz son entre 20 y 32 °C (Corcuera, 2012).

1.4.2. Suelo

El cultivo del maíz muestra una notable habilidad para ajustarse a diferentes condiciones del suelo, aunque demuestra preferencia por suelos fértiles y bien drenados. Las características óptimas de los suelos para el maíz incluyen pendientes bajas, ya que terrenos con inclinaciones pronunciadas tienden a aumentar el riesgo de erosión, afectando negativamente a las plantas de maíz. El buen drenaje es esencial, dado que el maíz no tolera el encharcamiento. Suelos de textura media, como los francos arenosos o francos limosos, son los más propicios, facilitando la circulación de agua y aire, elementos cruciales para el desarrollo radicular (Villacís, 2021).

Una estructura granular confiable, caracterizada por una proporción adecuada de partículas de arena, limo y arcilla, contribuye a la estabilidad del suelo, favoreciendo el crecimiento de las raíces de las plantas de maíz. La fertilidad del suelo juega un papel crucial, ya que el maíz es una planta exigente en nutrientes, requiriendo niveles adecuados de nitrógeno, fósforo y potasio. Asimismo, el pH del suelo, que mide su acidez o alcalinidad, debe situarse entre 5,5 y 7 para proporcionar un ambiente óptimo para el crecimiento y desarrollo saludable del maíz (Pérez, 2014).

1.4.3. Agua

El maíz de clima tropical es una planta que demanda una considerable cantidad de agua durante su crecimiento. En promedio, una variedad de maíz tropical con un ciclo de 120 días requiere alrededor de 650 mm de agua para su desarrollo adecuado. Esto significa que, durante su ciclo de crecimiento, el maíz tropical necesita una precipitación total de 650 mm o, en su defecto, un riego que sustituya esa cantidad de agua (Villacís, 2021).

1.5. Labores culturales

1.5.1. Análisis del suelo

Una nutrición adecuada es esencial para obtener altos rendimientos de maíz. El maíz es un cultivo exigente en nutrientes, por lo que es importante que el suelo tenga una buena fertilidad. El análisis de suelo es una herramienta esencial para determinar las necesidades nutricionales del maíz. El análisis de suelo mide los niveles de nutrientes en el suelo, así como otros factores importantes, como el pH y la salinidad. Estos datos se utilizan para calcular las dosis de fertilizantes necesarias para satisfacer las necesidades del cultivo. Es importante realizar el análisis de suelo al menos un mes y medio antes de la siembra. Esto permitirá que los agricultores tengan tiempo de aplicar los fertilizantes necesarios antes de que las plantas comiencen a crecer (Toledo, 2017).

1.5.2. Densidad de siembra

La densidad de siembra es un concepto utilizado en agricultura para referirse a la cantidad de semillas o plántulas que se colocan en un área específica de tierra cultivable (Dekalb, 2019). Juega un papel crucial en la eficiencia de la captura de luz solar en una plantación. Esto impacta directamente en el rendimiento de la cosecha. La cantidad ideal de plantas depende del tipo de hoja y del área foliar, ya que estas características determinan la capacidad de la planta para interceptar la luz solar (Quijije, 2019).

Una baja densidad de siembra limita la captura de luz solar, lo que reduce la productividad. Esto se debe a que una gran cantidad de luz solar no es interceptada por las plantas, lo que a su vez reduce la cantidad de materia seca presente en las hojas. Las plantas que tienen menos hojas o que tienen hojas erguidas necesitan una mayor densidad de siembra para cubrir completamente el suelo. Por esta razón, los híbridos modernos de maíz, con características morfológicas como menor cantidad de hojas y hojas erectas, responden mejor al aumento de la densidad, lo que se traduce en una mayor producción de grano (Villacís, 2021).

Según Tomala (2023) la correcta planificación de las distancias de siembra constituye un aspecto crucial para asegurar un rendimiento óptimo en el cultivo de maíz, las recomendaciones respecto a las distancias varían en función de la variedad de maíz, las condiciones climáticas y los objetivos específicos del cultivo. En líneas generales, se pueden notar dos espaciamientos frecuentes: 0,90 metros entre surcos y 0,20 metros entre plantas, alcanzando una densidad de siembra de 55,555 plantas por hectárea; y 0,80 metros entre surcos y 0,20 metros entre plantas, con una densidad de siembra de 62,500 plantas por hectárea. La densidad de siembra, que representa el número de plantas por hectárea, tiene implicaciones significativas. Aunque densidades más altas pueden incrementar el rendimiento, también conllevan un aumento en el riesgo de enfermedades y plagas. Para sembrar una hectárea de maíz se necesitan alrededor de 15 a 20 kilogramos de semillas, si bien esta cantidad puede cambiar según la variedad de maíz, el tamaño de las semillas y la densidad de siembra elegida.

1.5.3. Control de maleza

Las hierbas no deseadas representan una de las principales preocupaciones para el cultivo de maíz. Estas competidoras disputan con las plantas de maíz el espacio, la luz y los nutrientes, lo que puede disminuir tanto el rendimiento como la calidad del grano. La competencia de las malezas es más intensa durante los primeros estadios de crecimiento del maíz, es decir, durante

los primeros 35 días posteriores a la siembra. Durante este período, las plántulas de maíz son pequeñas y delicadas, y son más susceptibles a la competencia de las malezas (Villacís, 2021).

El manejo de malezas puede llevarse a cabo mediante dos enfoques: el convencional, que implica el uso de herbicidas, y el cultural, que se basa en prácticas agrícolas (labores del cultivo). La estrategia cultural se emplea particularmente cuando las malezas están en una escala reducida y en proporciones limitadas, utilizando métodos como el aporque, una práctica eficaz para el control manual de malezas (Lozano, 2017).

En la región central de la costa ecuatoriana, se identifican varias malezas invasivas, entre las que se incluyen la "lechoza" (*Euphorbia* sp.), la "betilla" (*Ipomoea* spp.), la "caminadora" (*Rottboellia exaltata*), la piñita (*Murdania nudiflora*) y el "coquito" (*Cyperus rotundus*) (Chila, 2015).

1.5.3.1. Control Mecánico

La práctica del control mecánico puede ser realizada de manera manual con herramientas, este método es frecuente entre los productores de pequeña escala, implica el uso de instrumentos como el machete, el azadón o la guadaña para cortar la maleza, y se aplica especialmente cuando ésta ha alcanzado un crecimiento considerable y comienza a competir con los cultivos (Escobedo et al., 2017). Por otro lado, el control mecánico implica la eliminación activa de las malezas que emergen en el suelo con el propósito de arrancarlas desde la raíz, evitando su propagación acelerada, se crean condiciones beneficiosas para el crecimiento de los cultivos, lo cual se logra mediante la labranza del suelo para mejorar su estructura y permitir una óptima captación de nutrientes por parte de las plantas sembradas. Este proceso contribuye a mejorar la calidad de la cosecha (Vaca, 2021).

Además, la labranza implica el proceso de preparación del suelo mediante el uso de herramientas como el arado de discos observado en la figura 5, el arado de vertedera, el cincel, la rastra, la cultivadora o la aporcadora, que son arrastradas por un tractor o animales (Gutierrez, 2023). El control de malezas entre surcos mediante escardas es efectivo si se realiza de manera oportuna. Sin embargo, las malezas que crecen dentro y el control de las hileras de plantas en el cultivo solo puede realizarse durante las primeras etapas de su crecimiento. Para ello, se pueden utilizar escardas con cultivadoras rotativas que las cubren con tierra (Delgado et al., 2021).

Se han adaptado equipos agrícolas para diversos cultivos y momentos de desarrollo de las malezas, con el propósito de utilizar las herramientas de control de manera más efectiva. Estas labores, además de eliminar las malezas, disminuyen su capacidad competitiva mediante acciones físicas, lo que brinda un control eficaz que no se logra con otros métodos. Al seleccionar este enfoque, es fundamental considerar aspectos como el tipo de cultivo, las propiedades del suelo, los gastos operativos y la disponibilidad de personal (Gutierrez, 2023).



Figura 5. Equipos de labranza

Fuente: Gutiérrez (2023).

1.5.3.2. Control Químico

La aplicación de herbicidas para el control químico de las malezas es la estrategia más efectiva en los programas de manejo. Estos productos, administrados en el momento y la cantidad correctos, impiden el crecimiento o erradican las plantas no deseadas. Su uso se recomienda cuando otros métodos no son factibles o cuando representan una ventaja económica para el productor (Delgado et al., 2021).

Además, si los productos químicos se utilizan de manera incorrecta, pueden tener consecuencias negativas en la agricultura. Para evitar esto, es importante elegir cuidadosamente los productos y aplicarlos correctamente para no causar daños a los cultivos (Tamayo et al., 2021).

Los herbicidas son productos químicos ampliamente empleados en la agricultura para suprimir el crecimiento y desarrollo de las malas hierbas. No obstante, el empleo descontrolado o excesivo puede tener efectos negativos en la salud humana y el entorno ambiental (Liao et al., 2021), tales como el daño a los cultivos debido a dosis excesivas o la contaminación de cultivos vecinos por la dispersión del herbicida. Además, los restos de herbicidas presentes en el suelo pueden influir en los cultivos rotativos. El uso repetido de un mismo herbicida puede alterar la composición de las malezas y promover su resistencia a los herbicidas (Medina, 2022).

1.5.4. Herbicidas

Los herbicidas son compuestos químicos fabricados artificialmente que se emplean en la agricultura para gestionar las malezas. Se dividen en dos categorías principales: una comprende compuestos complejos diseñados para luchar contra o gestionar las plantas indeseadas en los cultivos, mientras que la otra definición se refiere al herbicida como un producto químico que

actúa obstruyendo o interrumpiendo el metabolismo o la fisiología de las malezas durante un período determinado, lo que eventualmente lleva a su muerte (López, 2023).

Los herbicidas pueden ser categorizados de acuerdo con varios criterios, como el momento en que se aplican, su selectividad, tipo, familia química y el modo en que actúan.

- **Herbicidas preemergentes**

Los herbicidas preemergentes son eficaces para controlar las malezas en las etapas tempranas de su ciclo de vida, desde la germinación de la semilla hasta antes de que el cultivo emerja. Para lograr su efectividad, necesitan ser incorporados al suelo mediante riego o lluvia, alcanzando los primeros 5 cm de profundidad, donde la mayoría de las semillas de malezas germinan. Eliminar las malezas antes de que el cultivo emerja previene la competencia y garantiza un mayor rendimiento. Estos herbicidas actúan de la misma manera en todas las plantas que los reciben, desde la absorción hasta la muerte, lo que produce síntomas similares (López, 2023).

La efectividad de estos herbicidas varía según la textura, pH y contenido de materia orgánica del suelo, siendo necesarias dosis más altas en suelos arcillosos y con una alta cantidad de materia orgánica. La selección del herbicida se basa en las especies de malezas presentes, las condiciones del suelo y la rotación de cultivos. Frecuentemente se emplean combinaciones de herbicidas para aumentar el rango de control (Delgado et al., 2021).

- **Herbicidas postemergentes**

Cuando las malezas ya han germinado en un cultivo establecido, generalmente se utilizan herbicidas post-emergentes (POST) para eliminarlas y prevenir su competencia y producción de semillas. Es esencial aplicar estos herbicidas cuando las malezas son jóvenes, con entre 2 y 4 hojas, ya que en ese momento son más susceptibles al tratamiento y tienen un menor impacto en el cultivo (Delgado et al., 2021).

Los herbicidas post-emergentes (POST) son una opción económica para los agricultores, ya que se aplican selectivamente en áreas con malezas. Su efectividad depende de factores como el tipo de herbicida, las especies de malezas y las condiciones climáticas. Es crucial lograr una cobertura uniforme sobre la maleza y su absorción. Las condiciones ideales incluyen temperaturas entre 20 y 30 grados Celsius, humedad relativa superior al 60%, suelo húmedo y sin lluvia durante 4 a 6 horas después de la aplicación (Medina, 2022).

1.5.4.1. Herbicidas utilizados

- **Pendimetalin**

Este herbicida, que es sistémico y selectivo, se administra tanto antes como después de la emergencia de las malezas como una medida de precaución. Su función principal es detener la división celular y el crecimiento de las malezas recién germinadas, sin afectar a aquellas que ya

han emergido. Esto permite que los cultivos crezcan sin ser afectados por la competencia de las malezas. Además, puede aplicarse en una etapa posterior después de la emergencia de las malezas para prevenir la aparición de nuevas malezas. Su acción principal se dirige principalmente hacia las gramíneas (López, 2023).

- **Atrazina**

La atrazina es un herbicida altamente efectivo, que se utiliza selectivamente en cultivos como el maíz, el sorgo y la caña de azúcar para controlar las malezas. Se puede aplicar tanto antes como después de la emergencia de las plantas, y tiene una duración prolongada en la supresión de malezas de hoja ancha y algunas gramíneas. Funciona al ser absorbido por las raíces y hojas de las plantas, interrumpiendo su fotosíntesis y causando su muerte, lo que reduce la competencia con los cultivos. Su formulación en gránulos dispersables de alta concentración minimiza su deriva y facilita su manipulación, garantizando un producto de calidad y seguridad para el usuario (López, 2023).

- **Nicosulfurón**

Este herbicida de acción sistémica, aplicado después de la emergencia de las malezas, se emplea para controlar tanto malezas anuales como perennes, incluyendo algunas de hoja ancha. Se administra sobre las malezas que están en activo crecimiento, ya que es absorbido a través de las hojas. Los signos de daño incluyen clorosis, necrosis en los puntos de crecimiento, pérdida de dominancia apical, inhibición del desarrollo de raíces secundarias y reducción del tamaño de la planta. En el caso de las gramíneas, las hojas nuevas pueden presentar arrugas, volverse cloróticas o translúcidas, e incluso adoptar un tono rojizo. Por otro lado, en el caso de las plantas de hoja ancha, se detiene su crecimiento, las venas de las hojas se vuelven rojizas y los puntos de crecimiento mueren, aunque las hojas basales permanecen verdes (López, 2023).

- **2,4-D Amina**

Este herbicida de acción sistémica y selectiva es efectivo en el control de malezas de hoja ancha, con un bajo impacto en las gramíneas. Sus efectos se hacen evidentes aproximadamente 3-4 días después de la aplicación y es importante que las malezas estén en una fase de crecimiento activo. En el caso de malezas leñosas, se recomienda aplicarlo al inicio de la floración; mientras que para malezas rastreras, antes o durante la floración. Se ha observado que las plantas expuestas al sol son más susceptibles a los efectos del producto (López, 2023).

1.5.5. Fertilización

La fertilización, siendo fundamental para el desarrollo exitoso del cultivo y un factor decisivo en los rendimientos del maíz, tiene la tarea de suministrar los macronutrientes esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Este suministro se realiza teniendo en cuenta las necesidades particulares del cultivo y examinando los niveles de nutrientes presentes en el suelo, con el fin de aplicar las cantidades exactas de los elementos necesarios (Villacís, 2021).

Varios estudios han analizado cómo la fertilización con nitrógeno afecta el rendimiento del maíz. Se ha observado que el peso del grano y la cantidad de granos por mazorca aumentan cuando hay más nitrógeno disponible. Sin embargo, la densidad de población también es significativa. En un estudio que utilizó dos niveles de nitrógeno y dos densidades de población, se descubrió que la densidad de población estaba más relacionada con el rendimiento de grano que con la fertilización nitrogenada. Además, el número de granos por mazorca era más importante que el tamaño de la mazorca para el rendimiento. A mayor densidad de población, se observó una reducción en el peso de grano y mazorca (Cervantes-Ortíz et al., 2013)

La falta de nitrógeno también puede tener un impacto negativo en el rendimiento. En un estudio con dos niveles de nitrógeno, se descubrió que el estrés por deficiencia de nitrógeno redujo la cantidad de granos por mazorca. Además, el índice de prolificidad y el rendimiento en general fueron similares (Barbieri et al., 2020).

1.5.6. Cosecha

La cosecha, que implica la recolección de las mazorcas, es la última etapa crucial del cultivo de maíz. Se extraen de las plantas después de separarlas de las pancas. Este proceso se lleva a cabo una vez que el maíz alcanza un contenido de humedad del treinta por ciento. En algunas áreas, se cosecha cortando la planta completa y exponiéndola a la luz solar para que seque la mazorca. Luego, se separan las pancas adecuadamente.

El maíz se cosecha para una variedad de propósitos, incluido su uso como semillas, grano para consumo humano o animal, y, en este estudio particular, su uso en el proceso de ensilaje. Es un método de conservación de forraje que utiliza la fermentación láctica espontánea en ambientes anaeróbicos. Los azúcares del forraje son fermentados por las bacterias ácido-lácticas (BAL), que producen ácido láctico, lo que reduce el pH y evita la putrefacción (Zapa, 2020).

Según Zapa (2020) el proceso se divide en cuatro fases:

Fase aeróbica: Dura unas horas y el oxígeno es consumido por microorganismos aerobios.

Fase de fermentación: Las BAL proliferan y el pH baja a 3,8-5,0.

Fase estable: La actividad microbiana se reduce y el ensilaje se conserva.

Fase de deterioro aeróbico: Comienza al abrir el silo y el aire ingresa. Las levaduras y bacterias degradan los ácidos orgánicos, aumentando el pH y permitiendo el crecimiento de otros microorganismos que deterioran el ensilaje.

La fermentación ácida libera poca energía, pero la mayor parte se conserva en el ácido láctico, lo que permite la conservación del forraje.

1.6. Etapas fenológicas del maíz

El ciclo de vida del maíz se estructura en dos fases principales: la fase vegetativa y la fase reproductiva. Durante la fase vegetativa, se observa un crecimiento activo de las hojas y el tallo.

Este período se inicia con la germinación de la semilla y concluye con la aparición de las primeras espigas. Por otro lado, la fase reproductiva se caracteriza por el desarrollo de las espigas y la maduración del grano. Se inicia con la aparición de las espigas (R1) y concluye con la maduración fisiológica del grano (R7).

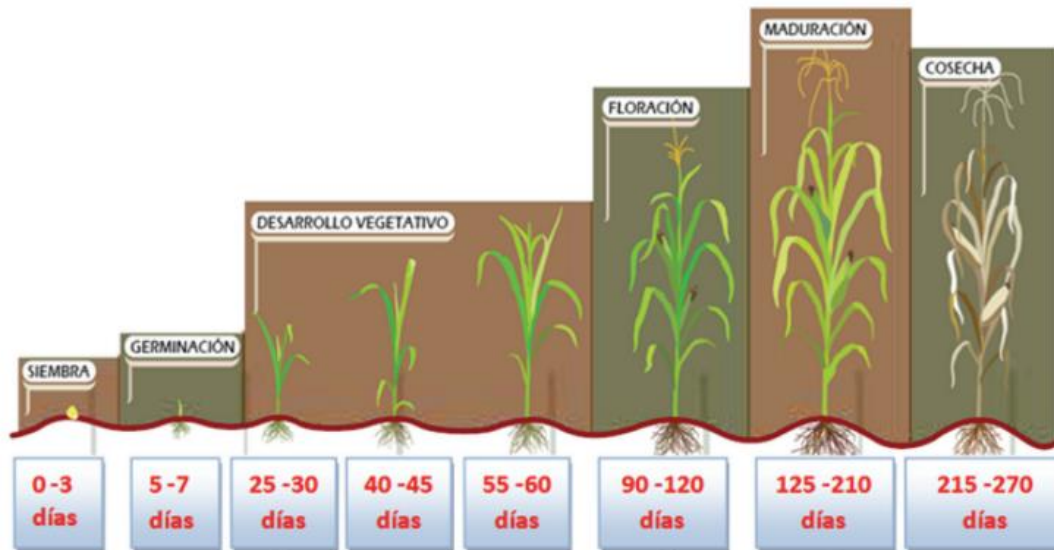


Figura 6. Etapas fenológicas del maíz
Fuente: Yáñez (2014).

1.7. Híbridos

La modificación genética del maíz ha sido un hito importante en la agricultura moderna, permitiendo la introducción de características deseables en las plantas para mejorar el rendimiento, la resistencia a enfermedades y plagas, y la calidad nutricional. La ingeniería genética ha brindado la capacidad de transferir genes específicos de una especie a otra, lo que ha resultado en la creación de variedades de maíz genéticamente modificadas (GM)

En la agronomía actual, se utilizan diversas especies de maíz modificadas genéticamente para abordar los desafíos que enfrenta la producción agrícola. Uno de los ejemplos más comunes es el maíz Bt, que contiene genes de la bacteria *Bacillus thuringiensis* que producen proteínas tóxicas para ciertas plagas, como las larvas de lepidópteros. Estas proteínas permiten una mayor protección contra insectos dañinos y pueden reducir la necesidad de aplicar insecticidas químicos.

Otra modificación genética relevante es la tolerancia a herbicidas, donde se han desarrollado variedades de maíz capaces de resistir herbicidas específicos. Esto permite el uso de herbicidas sin dañar la planta de maíz, lo que simplifica la gestión de malezas y aumenta la eficiencia en el control de estas.

Además, la modificación genética ha permitido la mejora nutricional del maíz. Se han creado variedades de maíz enriquecidas con nutrientes esenciales, como vitamina A y hierro, para abordar deficiencias nutricionales en regiones donde el maíz es un alimento básico.

Las especies utilizadas en la agricultura de hoy también han evolucionado. Además del maíz convencional, se han desarrollado variedades híbridas que combinan características genéticas de diferentes líneas parentales para lograr características específicas, como mayor rendimiento y resistencia. Estas variedades híbridas se han convertido en la norma en muchas regiones debido a su heterosis y adaptabilidad a diferentes condiciones.

Un híbrido de maíz es el resultado del cruzamiento controlado entre dos líneas puras de maíz que tienen características genéticas específicas. Estas líneas puras suelen ser genéticamente uniformes y estables en términos de características como rendimiento, resistencia a enfermedades, tolerancia a condiciones climáticas adversas, entre otras cualidades deseables.

El proceso de creación de un híbrido de maíz generalmente implica seleccionar dos líneas parentales con rasgos complementarios. Por ejemplo, una línea parental podría tener un alto rendimiento, mientras que la otra podría tener resistencia a ciertas enfermedades. Al cruzar estas líneas, se busca combinar las características deseables de ambas en el híbrido resultante. El híbrido heredará una combinación única de genes de ambas líneas parentales, lo que puede resultar en un aumento del rendimiento, mejor adaptación a condiciones específicas y otras ventajas agronómicas.

Los híbridos de maíz son ampliamente utilizados en la agricultura moderna debido a su capacidad para mostrar heterosis o vigor híbrido. La heterosis se refiere a la mejora en características como el crecimiento, la resistencia a enfermedades y el rendimiento en el híbrido en comparación con las líneas parentales individuales. Esto hace que los híbridos de maíz sean más productivos y rentables para los agricultores.

Cabe destacar que los híbridos de maíz no se reproducen con la misma uniformidad en las generaciones posteriores (como lo harían las líneas puras), por lo que los agricultores generalmente necesitan adquirir nuevas semillas híbridas para cada temporada de siembra.

Los híbridos de maíz son una clase crucial de plantas resultantes de la combinación de características genéticas específicas de diferentes líneas parentales. Estos híbridos se han convertido en una herramienta esencial en la agricultura moderna debido a su capacidad para mostrar heterosis, también conocida como "vigor híbrido". Esta característica impulsa el crecimiento, el rendimiento y la resistencia en el híbrido, superando a las líneas parentales individuales.

Los híbridos de maíz existentes abarcan una amplia variedad de características, destinadas a abordar diferentes desafíos agronómicos y satisfacer las necesidades cambiantes del mercado y la sociedad. Por ejemplo, algunos híbridos se centran en el aumento del rendimiento, con granos más grandes y abundantes, lo que ayuda a alimentar a una población en crecimiento. Otros se desarrollan para resistir plagas y enfermedades específicas, minimizando la necesidad de aplicar pesticidas y reduciendo el impacto ambiental.

Además, los híbridos de maíz pueden estar adaptados a diferentes condiciones climáticas y de suelo, lo que permite a los agricultores cultivar maíz en una amplia gama de entornos. La durabilidad y la eficiencia en el uso de recursos son cualidades importantes en los híbridos modernos, ya que ayudan a garantizar la seguridad alimentaria en diversas regiones.

La diversidad de híbridos de maíz se extiende a su uso final. Algunos híbridos están diseñados específicamente para la producción de alimentos humanos, como maíz dulce, mientras que otros se destinan a la alimentación animal o a la producción de biocombustibles y productos industriales. Esta variedad de usos refleja la versatilidad de los híbridos de maíz y su importancia en múltiples sectores económicos.

1.8. Análisis Económico

Le permite conocer los ingresos, costos, beneficios y ganancias de su negocio, mientras administra efectivamente sus recursos financieros y las acciones a tomar para obtener más recursos financieros. (Trenza, 2022)

1.9. Ingresos

Un ingreso es un aumento de los activos de una entidad o una disminución de los pasivos durante un periodo contable, que tiene un efecto favorable en la ganancia o pérdida neta o, en su caso, en el cambio neto del capital contable y, por lo tanto, en la formación de capital ganado. (León M. V., 2011)

1.10. Costos de producción

Estos factores emergen durante la transformación de materias primas en un producto final y se clasifican en:

- **Costo de las materias primas.**

Los costos de los materiales están integrados en el producto final. Por ejemplo, la leche usada en la fabricación del queso o el trigo empleado en la elaboración del pan (Culcay, 2022).

- **Costo de mano de obra.**

Son costos que están estrechamente vinculados con la transformación del producto. Por ejemplo, el sueldo de un criador o un capataz (Culcay, 2022).

- **Costos indirectos de producción.**

Estos costos están asociados con la producción del producto, pero no incluyen los materiales básicos ni la mano de obra directa. Ejemplos de estos costos son el salario del gerente, los gastos de mantenimiento, el consumo de energía y la depreciación de equipo (Culcay, 2022).

1.11. Costos fijos

Son costos que tendrás que pagar, independientemente de tus niveles de producción, por ejemplo, electricidad, agua o el alquiler del terreno (Torres, 2022).

1.12. Costos variables

En contraste, los costos variables pueden fluctuar en función de la producción. Los costos variables son aquellos que cambian de manera constante y están directamente ligados al nivel de producción de la empresa. Si la producción aumenta, estos costos también aumentarán; mientras que, si la producción disminuye, los costos variables también disminuirán (Muñoz, 2021).

1.13. Utilidad de los costos

La utilidad se refiere al precio de costo del producto o servicio vendido, es decir, la ganancia de ventas después de deducir los costos de producción. Por lo tanto, la utilidad se define como el beneficio económico obtenido de la venta de bienes o servicios. (Dueñas, 2022)

1.14. Margen de Ganancia

El margen de ganancia es la cantidad que se obtiene restando el coste total de producción y distribución de los ingresos obtenidos. Esto muestra las ganancias que obtiene una empresa al vender uno o más productos. (Lenis, 2023)

1.15. Costo beneficio

El análisis costo beneficio es un proceso que se realiza para medir la relación entre los costos de un proyecto y los beneficios que trae. Su finalidad es determinar si la próxima inversión será rentable para la empresa o no. La relación beneficio costo (B/C) también se conoce como relación beneficio neto. Esta herramienta es muy utilizada por las empresas porque permite la gestión financiera en hojas de cálculo respaldadas por una base de datos. Esto ayuda a los líderes a tomar decisiones más informadas sobre la inversión y la gestión de recursos. (Rodrigues, 2023)

1.16. Rendimiento

Es la ganancia o pérdida, expresada como porcentaje, obtenida por una inversión o activo financiero durante un periodo de tiempo determinado, teniendo en cuenta los ingresos y los gastos. (Kane, 2021)

2. METODOLOGÍA

2.1 Localización del experimento

El experimento se desarrolló en el cantón San Felipe de Oña ubicado en la provincia del Azuay.

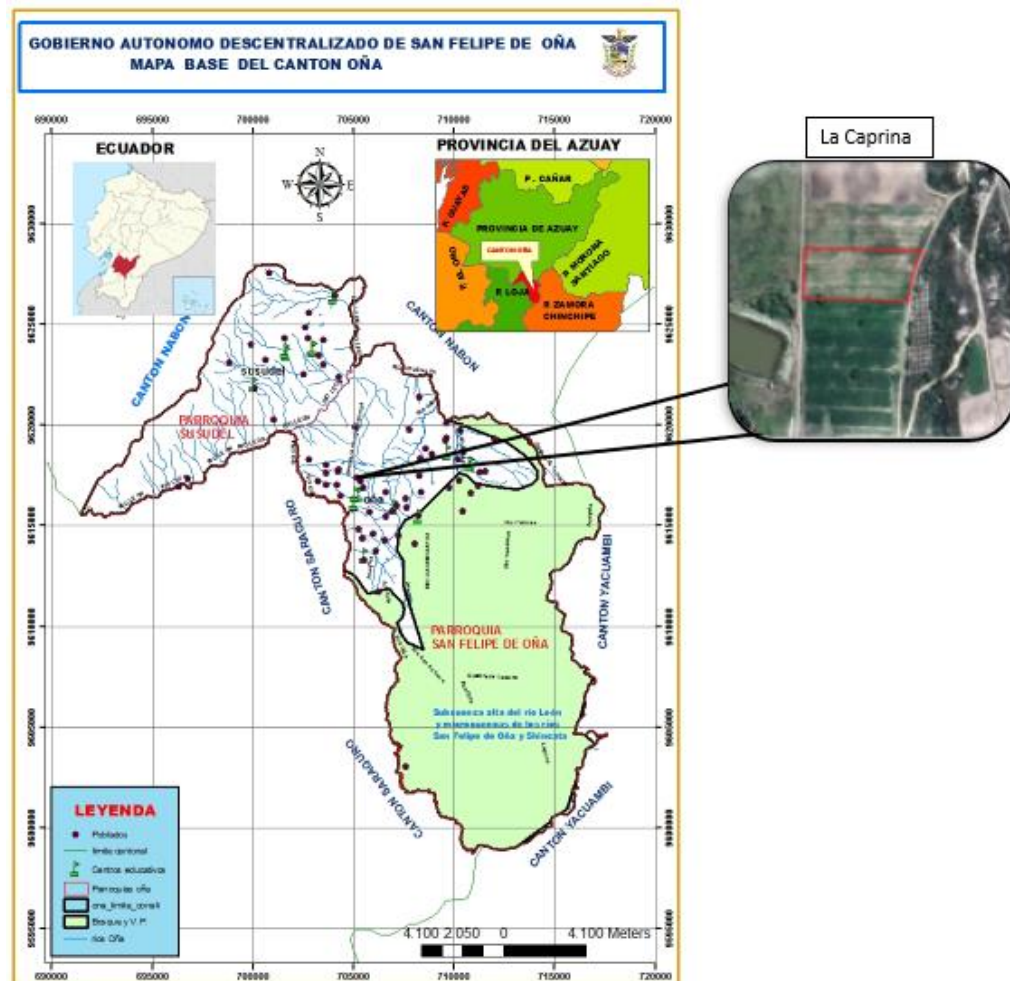


Figura 7. Cantón Oña zona la Caprina
Fuente: Google Earth, 2023, PDOT Cantón Oña

2.2 Características climáticas

De acuerdo con el sitio OÑA milenaria (2022), tiene un clima cálido y templado, posee una cantidad significativa de lluvia durante todo el año incluso en los meses más secos hay mucha lluvia, la temperatura media anual en San Felipe de Oña oscila entre 15.1 °C, La cantidad de precipitación es de unos 654mm y su altitud oscila entre los 2500 a 3000 msnm.

2.3 Materiales

2.3.1 Materiales biológicos

- Híbrido de maíz P4021.

2.3.2 Materiales físicos:

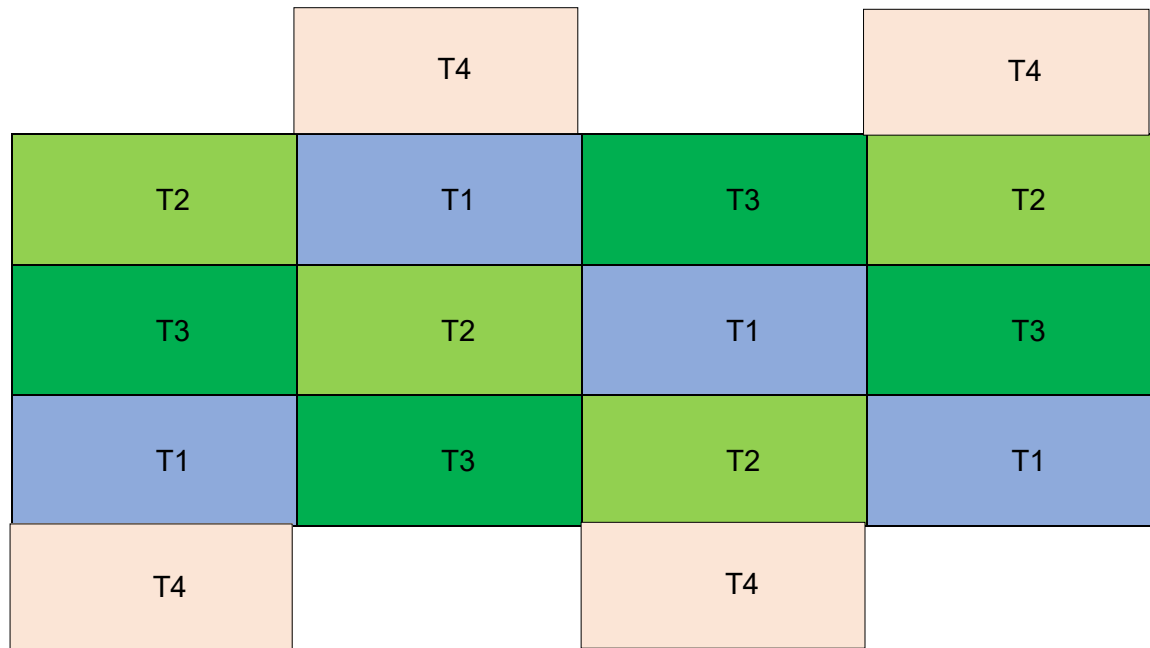
- Fertilizante
- Bomba de mochila
- Termómetro
- Tijeras
- Semillas
- Plaguicidas
- Video Cámara fotográfica
- Otros: Lápiz, regla, cuaderno de notas, calculadora, etc.
- Balanza
- Metro
- Tractor

Diseño de Bloque Completos al Azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones que da un total de 16 unidades experimentales que consta de un área de 12 m², que se encuentra contenidas en un área total de 448 m².

2.4 /Descripción de los tratamientos

Las cuatro distancias de siembra dieron un total de 4 tratamientos por 4 repeticiones cada uno, los mismos que se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2.. Distribución de tratamientos



T1= 40cm x 60cm
 T2= 60cm x 60cm
 T3= 80cm x 60cm
 T4= 20cm x 60cm

En el tratamiento número 1 se hizo un distanciamiento de siembra de 40 centímetros entre planta y 60 centímetros entre surcos.

En el tratamiento número 2 se hizo un distanciamiento de siembra de 60 centímetros entre planta y 60 centímetros entre surcos.

En el tratamiento número 3 se hizo un distanciamiento de siembra de 80 centímetros entre planta y 60 centímetros entre surcos.

En el tratamiento número 4 (Testigo) se hizo un distanciamiento de siembra de 20 centímetros entre planta y 60 centímetros entre surcos.

2.5 Delineamiento experimental:

Área experimental: 448 m²

Área / bloque: (3m x 4 m) = 12 m²

Distancias entre bloques: 0m

Número de parcelas: 16

2.6 Variables

- Altura de planta cada 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150 días a partir de la siembra.
- Densidad de siembra
- Numero de hojas
- Humedad en el ensilaje
- Contenido de materia seca
- Costos de producción

2.7 Desarrollo del experimento

2.7.1 Preparación del suelo

Se implementó la siembra manual del maíz híbrido con una separación entre surcos de 0.60 cm y entre plantas de 0.20 cm, 0.40 cm, 0.60 cm y 0.80 cm, logrando una densidad de siembra de 60,000 plantas por hectárea. Para este estudio, se empleó un área de terreno de media hectárea con una densidad de siembra de 30,000 plantas. (ver Figura 7)

2.7.1.1 Rastra de discos

Para la preparación del terreno que vamos a sembrar, se utilizó con la ayuda del tractor la rastra de discos allanando la tierra previa a la siembra, Se utiliza para la labranza secundaria y preparación de suelos, plantación de rastrojos, control de malezas, descompresión superficial, etc.

2.7.1.2 Surcado

Con la ayuda de la surcadora acoplada al tractor empezamos a crear los surcos donde van a ir nuestras plantas empleadas a 60cm entre cada surco.

Permite crear camas en tierras previamente trabajadas creando pequeños canales de riego, pequeñas zanjias de drenaje y plantar árboles en hileras.



Figura 8. Terreno listo con surcos de 60cm para la siembra

2.7.2 Delimitación y señalización de la tesis

Se delimitó en un área de 20 m² donde se hicieron parcelas de 12m² con piola para cada tratamiento. (Figura 8)



Figura 9. Delimitación y señalización de los tratamientos

2.7.3 Siembra

Se sembró dos semillas de maíz por cada hoyo a 5cm de profundidad y se lo cubrió con tierra. (Figura9)



Figura 10. Siembra del híbrido P4021

2.7.4 Riego

En el caso de esta investigación se lo hizo el riego por aspersión cada semana ya que la zona de la investigación no tiene mucha precipitación.

2.7.4.1 Métodos de riego utilizados en el cultivo de maíz.

Para los sistemas de riego más utilizados tenemos el riego por surco, este método se utiliza en áreas con grandes fuentes de agua y se limitan a campos con pendientes inferiores al 0,5%. Si existe un alto riesgo de erosión del suelo, se deben evitar este método. Seguido del sistema de riego por aspersión siendo el más utilizado en el maíz especialmente en grandes extensiones de terreno.

El riego por aspersión cambia las condiciones microclimáticas alrededor de la copa de los árboles y puede reducir la evapotranspiración y la temperatura de las hojas (Campo, 2016).

Por último, tenemos el riego por goteo donde cada vez más agricultores optan por regar sus campos de maíz utilizando sistemas de riego por goteo sobre el suelo porque ahorran más agua (25-55%), aumentando la eficiencia del uso del agua del maíz y, finalmente, aumentan la productividad con este sistema (aumenta la producción en un 10- 50). %) (Lamm, 2003). En comparación con los aspersores, el riego por goteo tiene otra ventaja: no moja las hojas, lo que ayuda a reducir el riesgo de enfermedades fúngicas.

2.7.4.2 Requerimiento de lluvia por ciclo

El cultivo de maíz necesita entre 500 y 800 mm de agua, distribuida de manera adecuada a lo largo de todo su ciclo de crecimiento. Las etapas fenológicas más críticas son la floración y la siembra, independientemente de otros aspectos de producción, ya que son fundamentales para lograr el máximo rendimiento (Ibarra, 2018).

En términos generales, el riego del maíz puede llevarse a cabo mediante diferentes métodos, que van desde alta intensidad y baja frecuencia, como en el caso del riego por gravedad (surcos), hasta alta intensidad y frecuencia, como en el riego por aspersión con movimientos circulares, horizontales o lineales, así como de baja intensidad con alta frecuencia, como en el caso del riego por goteo. Para esta investigación, se eligió el riego por aspersión debido a que el riego frecuente crea un entorno hídrico favorable para el sistema radicular.

2.7.5 Altura de plantas en centímetros a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150 días después de la siembra.

Transcurrido los 15 días desde la siembra, se empieza a tomar los datos de altura con la ayuda de una regla, con ello se determinó la altura en centímetros cada 15 días hasta su cosecha para ensilaje (Figura 10).



Figura 11. Altura de la plántula y número de hojas.

2.7.6 Numero de hojas por planta a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150 días después de la siembra.

Transcurrido los 15 días desde la siembra, se toman los datos del número de numero hojas de una muestra de 10 plantas por parcela (Figura 11).



Figura 12. Insecticidas y abono foliar

2.7.7 Control de plagas

Las principales plagas que atacan al maíz a nivel general están las rizófagas (atacan a la raíz), en estas encontramos a la gallina ciega (*Phyllophaga spp.*), y en plagas de follaje tenemos al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano elotero (*Helicoverpa zea*), gusano soldado (*Spodoptera exigua*), y la araña roja (*Tetranychus urticae*), para esta investigación nos encontramos únicamente con la plaga de gusano cogollero "*Spodoptera frugiperda*", lo cual transcurridos 20 días la siembra, con la ayuda de una bomba de fumigación manual se aplicó el insecticida Premio con ingrediente activo CHLORANTRANILIPROLE, su método de acción es por contacto, estomacal y respiratoria en dosis de 150ml/ha y el insecticida sistémico Cigaral con dosis de 0.4 l/ha que actúa por contacto y por digestión para control y prevención de plagas en nuestro cultivo (Figura 12).



Figura 13. Insecticidas para el gusano cogollero

2.7.8 Fertilización foliar.

Se aplicó un fertilizante foliar de desarrollo para obtener plantas más sanas y vigorosas así obtendremos una mejor calidad de follaje, calidad de grano.

Nos permiten cubrir necesidades que muchas veces son difíciles o requieren periodos de espera ayudando a reponer rápidamente los nutrientes y otros elementos faltantes, cuando se rocía directamente sobre las plantas este absorberá mucho más rápido que otros fertilizantes mandados al suelo.



Figura 14. Fertilizante foliar de desarrollo

2.7.9 Fertilización al suelo

Transcurrido los 15 días Para la fertilización al suelo se utilizó abono completo 10-30-10 mejorado con abono azul llamado Jagrofert en dosis por planta de 15g por planta (18 sacos de fertilizante por hectárea).

2.7.10 Control de malezas

A los 30 días, se procedió a hacer el control de malezas utilizando un herbicida selectivo para hoja ancha llamado Atrazina 80% WP de aplicación en preemergencia o en emergencia temprana, se hizo la fumigación con la ayuda del aguilón del tractor en dosis de un kilo por hectárea.

2.7.11 Segundo control de plagas

Luego de los 50 días, con la ayuda de una bomba de mochila, se procedió a la aplicación de un insecticida de amplio espectro llamado Sparko con base en dos ingredientes activos sulfoxaflor y spinetoram, actúa por ingestión y contacto y tiene efecto translaminar para el gusano cogollero "Spodoptera frugiperda" en dosis de 75g/ha (figura 13).



Figura 15. Gusano cogollero

2.7.12 Control de enfermedades

Entre las enfermedades más comunes que tiene el cultivo de maíz se encuentran la Roya del maíz (*Puccinia sorghi*), este hongo hace brotar pequeñas pústulas de color naranja de las hojas del maíz, tenemos también el carbón del maíz (*Ustilago maydis*), esta desarrolla múltiples esporas de color negro en toda la planta afectando las mazorcas, las hojas y los tallos, otra enfermedad que pega en el cultivo es el mildiu del maíz (*Peronosclerospora sorghi*) este hongo afecta al tallo manifestándose de color marrón o en manchas amarillas o blancas en las hojas, también se encuentra el tizón del maíz (*Exserohilum turcicum*), se propaga por esporas apareciendo en las hojas y tallos unas manchas de color marrón y negras y por ultimo tenemos al fusarium del maíz (*Fusarium verticillioides*), el cual incluye la marchitez y amarillez de las hojas.

En esta investigación obtuvimos una sola enfermedad la cual fue la Roya del maíz (*Puccinia sorghi*). Esta enfermedad la conseguimos controlar con un fungicida sistémico, preventivo-curativo del grupo de los triazoles llamado TACORA 25 EW con ingrediente activo (Tebuconazole) en dosis de 0.5 l/ha, se le fumigo utilizando una bomba de mochila.

2.7.13 Cosecha y ensilaje del maíz

Transcurridos alrededor de 4 meses, exactamente 133 días se procede a la cosecha de cada tratamiento, se obtiene el material del cuadrante definido (4m²) para tomar el dato de peso de materia fresca, posteriormente las muestras son llevadas a la picadora, y se toma una muestra compuesta de cada tratamiento (submuestras de las 4 repeticiones) para luego ser enviada al laboratorio para el análisis bromatológico, como se observa en la (figura 15).



Figura 16. Maíz ya picado y en bolsa de ensilaje.

2.7.14 Análisis bromatológico

Con la finalidad de determinar el valor nutricional de los pastos, forrajes y mezclas balanceadas utilizadas para la nutrición animal, como se manifiesta en el parámetro anterior, las muestras compuestas obtenidas del picado de cosecha fueron enviadas al laboratorio en la ciudad de Ambato y se pidió determinar, humedad, materia seca, proteína, fibra, grasas, ceniza y materia orgánica.

2.7.15 Análisis costos de producción

Para el costo beneficio, se procedió a tomar los costos de producción del cultivo de maíz diferenciando la aplicación de los precios de semilla y fertilizante, comparando contra los datos del retorno económico del rendimiento.

Para la obtención del análisis de los costos de producción, se los hicieron con la ayuda de las siguientes fórmulas para cada variable.

- **Ingresos**

Para sacar los ingresos, se los obtiene sacando el precio de venta al público por el rendimiento de sacos/ ha como lo muestra la siguiente formula.

$$\mathbf{PV \times R = Ingresos}$$

Donde:

PV: Precio de venta

R: Rendimiento

- **Costos de producción**

Se detalla a continuación los costos fijos y variables del análisis del híbrido de maíz P4021

Cuadro 3. Costos fijos

Costos fijos de Maíz Híbrido P4021 /Ha	
MANO DE OBRA	
Rastra	
Siembra	
Aplicación Herbicida	
Cosecha	
Aplicación de insumos agrícolas	
INSUMOS	
Cosmo in d	
Bonanza 30-10-10	
Premio	
Bombardier	
Propiconazol	
Cigaral	
Atrazina 90	
ARRIENDO	
Terreno	
Análisis Bromatológico	
Análisis	

Cuadro 4. Costos Variables

Costos Variables de Maíz Híbrido P4021 /Ha	
Concepto	
Fertilizante	
10-30-10	
Bonanza Nitro	
Semilla	
Semilla maíz híbrido P4021	

- **Rendimiento**
Nº sacos/ha x precio de cada saco= Ingreso Bruto

- **Beneficio- costo**

$$\frac{\text{Ingreso Bruto}}{\text{Costo Total}} = \text{B/C}$$

- **Margen de ganancia**
Se resta el costo total de la producción con los ingresos obtenidos

- **Rentabilidad**

$$R = \frac{IN}{CT} \times 100$$

Donde:

IN: Ingreso Neto

CT: Costo Total

Para sacar el ingreso neto, se obtiene del ingreso bruto restado al costo total de los costos variables y fijos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos.

3.1 Numero de hojas desde los 15 días hasta los 150 días.

Como se observa en el cuadro 3, expone el crecimiento de las hojas para los diferentes tratamientos, donde no presentan diferencias significativas con p- valor mayores a 0.05, sin embargo, se pueden destacar un crecimiento gradual del maíz a través de los días reflejado en la figura 16, el incremento en el número de hojas es similar para todos los tratamientos como lo muestra la figura x, obteniéndose un mayor número de hojas promedio en el tratamiento 2 pero esa diferencia no llega a ser estadísticamente significativa.

Cuadro 5. Descripción del número de hojas cada 15 días

Variable	T1	T2	T3	T4	VALOR p
15 DIAS	2,38(+/-0,26)	2,38(+/-0,13)	2,53(+/-0,17)	2,48(+/-0,19)	0,5597
30 DIAS	5,73(+/-0,15)	4,98(+/-1,39)	5,75(+/-0,21)	5,75(+/-0,06)	0,3726
45 DIAS	7,65(+/-0,25)	7,53(+/-0,36)	7,58(+/-0,17)	7,40(+/-0,37)	0,7147
60 DIAS	9,55(+/-0,19)	9,30(+/-0,48)	9,40(+/-0,28)	9,75(+/-0,19)	0,3252
75 DIAS	10,95(+/-0,25)	11,15(+/-0,75)	10,50(+/-0,34)	11,35(+/-0,48)	0,2271
90 DIAS	17,85(+/-0,30)	17,40(+/-0,58)	17,35(+/-0,44)	17,73(+/-0,32)	0,3681
105 DIAS	17,85(+/-0,30)	17,75(+/-0,21)	17,48(+/-0,59)	17,75(+/-0,25)	0,4570
120 DIAS	18,15(+/-0,24)	17,75(+/-0,33)	17,88(+/-0,41)	17,93(+/-0,38)	0,2851
135 DIAS	19,55(+/-0,19)	19,03(+/-0,57)	19,13(+/-0,15)	19,38(+/-0,26)	0,1291
150 DIAS	20,23(+/-0,15)	20,50(+/-0,41)	20,25(+/-0,06)	20,18(+/-0,05)	0,1992

*Valores de p inferiores a 0,05 presentan diferencias estadísticas

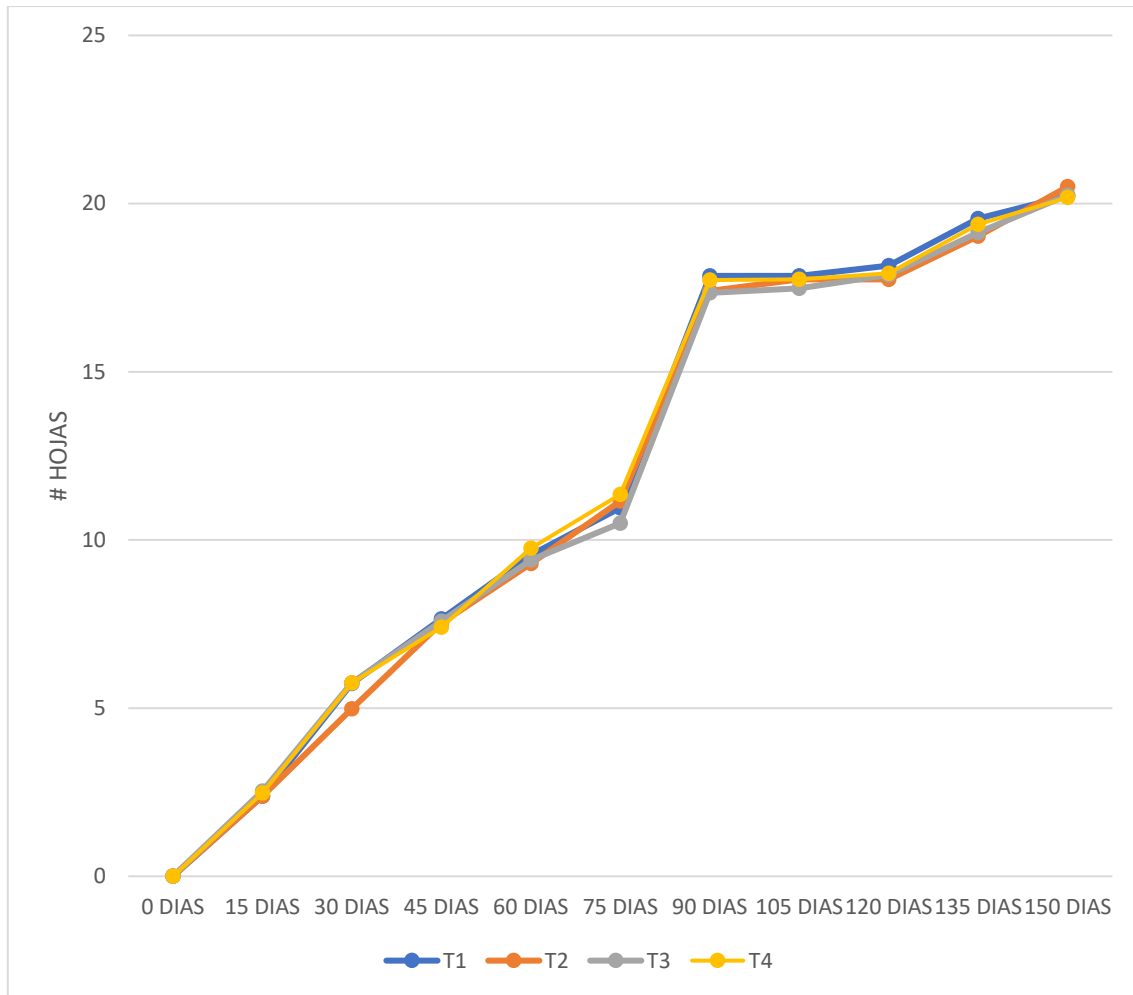


Figura 17. Numero de hojas desde los 15 hasta los 150 días

Los resultados obtenidos en cuanto al número de hojas a los 60 días fueron de 9,75, siendo el tratamiento más efectivo el T4, con una distancia de 20 cm entre plantas y 60 cm entre surcos. Es relevante señalar que este resultado fue inferior en comparación con los hallazgos de León-Aguilar et al. (2022) quienes emplearon distancias de 70 cm entre hileras y 20 cm entre plantas, obteniendo un valor más elevado de 13,33. Esta discrepancia indica la influencia significativa de las variaciones en la configuración de siembra en el número de hojas. Los resultados a los 90 días, el mejor tratamiento fue el T1, con 40 cm entre planta y 60 cm entre hileras con una media de 17, 85 hojas, estos valores son mayores que los reportados por Tomala (2023), quien al utilizar una distancia de siembra de 0.80 x 0.20 m a los 90 días obtuvo 14,54 hojas.

3.2 Altura de la planta desde los 15 días de siembra hasta los 150 días.

Para la variable altura de plantas de los 15 a 150 días después de la siembra no se presentan diferencias estadísticas, pero se observa en el cuadro 4 que a los 15 y 30 días que el tratamiento T3 tiene la media mayor con alturas de 5,17 y 20,33 respectivamente, luego el tratamiento T4 tiene una media de 51,13 cm y 206,78 a los 45 y 120 días donde llega a su altura máxima, luego se observa a los 135 y 150 días el tratamiento T2 tiene una media mayor con 219,10 cm.

Cuadro 6. Descripción de la altura cada 15 días.

Variable	T1	T2	T3	T4	VALOR p
15 DIAS	4,78(+/-0,41)	4,86(+/-0,40)	5,17(+/-0,38)	5,01(+/-0,44)	0,4679
30 DIAS	19,53(+/-0,62)	19,24(+/-2,02)	20,33(+/-1,37)	19,96(+/-0,71)	0,642
45 DIAS	47,52(+/-8,29)	44,93(+/-10,72)	49,35(+/-8,49)	51,13(+/-7,13)	0,7437
60 DIAS	65,25(+/-1,34)	65,99(+/-1,18)	65,90(+/-0,79)	66,56(+/-0,53)	0,3913
75 DIAS	111,23(+/-4,93)	121,93(+/-15,79)	103,05(+/-4,91)	118,00(+/-3,60)	0,089
90 DIAS	178,09(+/-1,11)	171,43(+/-5,08)	172,87(+/-3,73)	178,96(+/-0,46)	0,0308
105 DIAS	197,60(+/-1,94)	197,03(+/-3,47)	198,32(+/-0,86)	198,99(+/-0,48)	0,4444
120 DIAS	205,77(+/-1,24)	206,47(+/-0,96)	205,31(+/-0,65)	206,78(+/-0,43)	0,183
135 DIAS	212,06(+/-0,15)	213,78(+/-4,93)	210,68(+/-0,34)	212,27(+/-0,28)	0,4200
150 DIAS	218,92(+/-0,13)	219,10(+/-0,61)	219,06(+/-0,56)	218,95(+/-0,81)	0,8846

*Valores de p inferiores a 0,05 presentan diferencias estadísticas

La figura 17, se observa que el crecimiento de las plantas es similar para todos los tratamientos, a los 75 días hay una pequeña diferenciación pero que no es significativa.

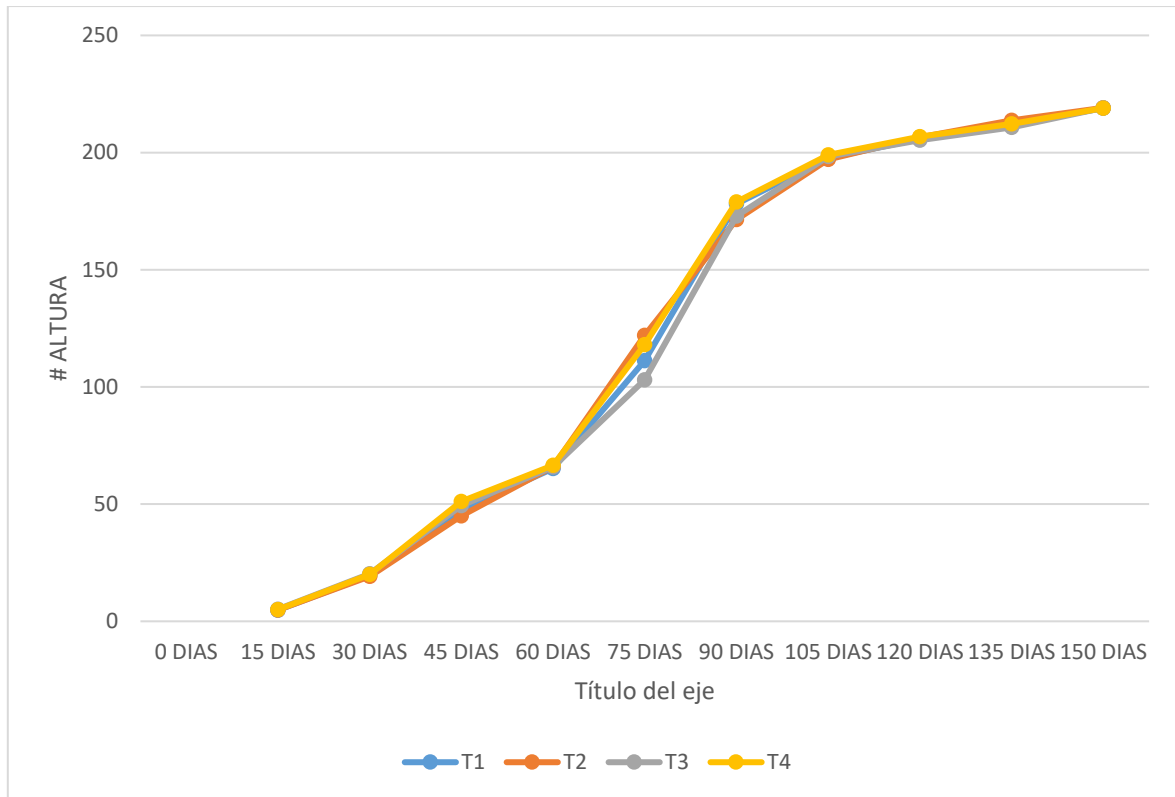


Figura 18. Altura de plantas desde los 15 hasta los 150 días

En relación con la altura de la planta a los 45 días, se observa que el tratamiento T4 (testigo) con densidad de siembra de 20cm entre plantas x 60 cm entre surcos, presenta la media mayor con un valor de 52,13 cm. Al comparar estos resultados con el estudio de Villacís (2021), quien evaluó 3 distancias de siembra con el híbrido simple Centella, donde no obtuvieron diferencias estadísticas, sin embargo, a los 45 días la distancia a 80 cm entre surcos x 20 cm entre plantas obtuvo una media de 198 cm, siendo estos valores mayores a los encontrados en el estudio. Según Chérrez (2015), a pesar de que el aumento en la densidad del cultivo puede favorecer el crecimiento en altura de la planta, este incremento puede tener consecuencias negativas en el desarrollo y la expansión de las hojas al limitar su capacidad para absorber la radiación necesaria para la fotosíntesis. Esta limitación puede provocar reducciones significativas en la biomasa fresca, especialmente cuando no se lleva a cabo una síntesis adecuada de proteínas, lo que a su vez puede afectar la actividad metabólica de la planta.

A los 60 días, en el tratamiento T4, tuvo valores de 66, 56 cm. En la investigación de Chavez et al. (2021) Quienes posicionaron las plantas a una distancia de 1 m surcos y 15 cm plantas, se evidencia una diferencia significativa, ya que a los 60 días obtuvieron una altura de 233,93 cm. Así mismo, León-Aguilar et al. (2022) Con una disposición de 0,70 cm entre surcos y 20 cm entre plantas, lograron alcanzar una altura de 258,63 cm a los 60 días, si bien es importante para aumentar los rendimientos, también puede conducir a una mayor competencia por los recursos

A los 90 días se observa que el tratamiento T4 (testigo) presenta la media mayor con un valor de 178,96 cm. Al comparar este resultado con la investigación de Tomala (2023) se observa una

diferencia significativa donde se utilizó una distancia de siembra de 0.80 x 0.20 m, la altura alcanzada a los 90 días fue notablemente superior, registrando 200 cm., la discrepancia en los resultados podría atribuirse a la variedad y condiciones ambientales, entre las cuales se destacan por ejemplo el tipo de suelo, la disponibilidad de nutrientes, pisos altitudinales, temperatura, humedad y pluviometría presentes a lo largo del cultivo.

3.3 Peso en Kg por tratamiento.

Para la variable peso en kg por tratamiento, se presentan diferencias significativas con p valor a 0.0001, el tratamiento T1 presenta la media mayor con un valor de 27,6 kg seguido de cerca por el tratamiento T4 con un valor 27,24 kg en tanto que los tratamientos T2 y T3 tienen valores menores con medias de 19,04 y 13,59 kg respectivamente tal como se muestra en el cuadro 5 y en la figura 18.

Cuadro 7. Peso en kg por tratamiento

Variable		T1	T2	T3	T4	VALOR p
KG	PESO	27,60(+/-1,19) ^c	19,04(+/-0,75) ^b	13,59(+/-0,97) ^a	27,24(+/-1,01) ^c	0,0001

**Literales diferentes presentan diferencias estadísticas*

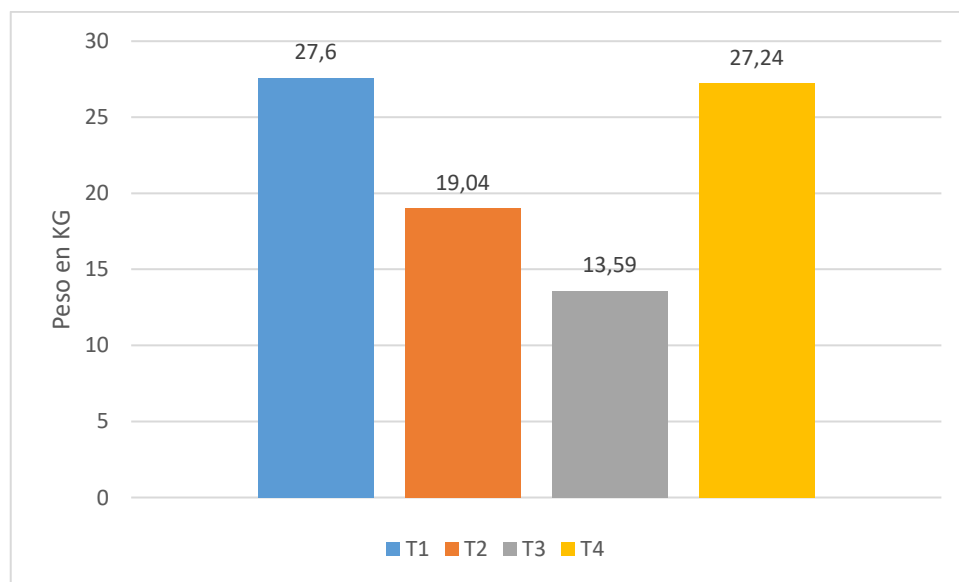


Figura 19. Peso de las plantas por m²

El peso por kg fue mejor para el T1 a 40 cm entre planta y 60 cm entre surcos con una media de 27,60 Kg de ensilado por 4m². Comparando con los resultados de Paitán (2022) al evaluar diferentes distancias de siembra, cuando aplica la distancia de 30 cm entre plantas obtuvo

resultado en el peso del maíz con un valor de 82,67 t/ha. Así mismo, Alviz (2015, pág. 68) registro un rango de producción desde 76.830 t/ha hasta 109.19 t/ha, los resultados se vieron afectados de manera estadísticamente significativa por las densidades de siembra que fueron (50 cm entre surcos y 20cm entre plantas).

3.4 Características bromatológicas.

Para la variable de características bromatológicas en el cuadro 6 se presentan los parámetros más significativos donde podemos notar que la materia seca en el T4 tiene un valor de 24.78% muy similar a los otros tratamientos, pero si hay diferencias, y en cuanto a la proteína, el tratamiento T3 presenta mayor valor con 9.17% comparado con los demás tratamientos.

Cuadro 8. Caracterización bromatológica de los tratamientos de maíz

PARAMETRO	METODO/NORMA	RESULTADO (PS) % T4 (Testigo)	RESULTAD O (PS) % T1	RESULTAD O (PS) % T2	RESULTAD O (PS) % T3
Humedad Total (%)	AOAC/Gravimétrico	75,22	75,97	75,82	75,38
Materia Seca (%)	AOAC/Gravimétrico	24,78	24,03	24,18	24,62
Proteína (%)	AOAC/kjeldhal	8,59	9,01	8,12	9,17
Fibra (%)	AOAC/Gravimétrico	37,89	37,11	38,1	36,98
Grasa (%)	AOAC/Goldfish	4,27	4,35	4,19	4,45
Ceniza (%)	AOAC/Gravimétrico	6,49	6,53	6,37	6,77
Materia Orgánica (%)	AOAC/Gravimétrico	93,51	93,47	93,63	93,23

En relación con el contenido de materia seca, se observa que el tratamiento T4 exhibió un porcentaje superior del 24,78%. Este resultado contrasta con el estudio de Meneses (2022) donde los híbridos el maíz INIAP 554, ADVANTA AZOR e INIAP 551 con un valor promedio de 30,11%, mientras que el material ADV 9789 reporta el promedio más bajo con 28,45%. Además, en comparación con la investigación de Vásquez et al. (2013), que reportó valores inferiores, con un promedio de 20,67%, se destaca que el tratamiento T4 sembrado a (60 surcos x 20cm plantas) presenta un contenido de materia seca significativamente superior. Estas discrepancias subrayan la importancia de considerar factores específicos del estudio. La diferencia entre el T4 y los estudios anteriores podría atribuirse a diversos factores, tales como las condiciones específicas de cultivo, la genética de las variedades evaluadas, y las prácticas agronómicas empleadas.

En relación con el contenido de proteína, se observa que el tratamiento T3 exhibió un porcentaje superior, alcanzando el 9,17%. Aunque este valor se considera relativamente bajo, es importante contextualizarlo. Al comparar estos resultados con el estudio de Vásquez et al. (2013), se evidencia que su contenido proteico fue de 8,6% con el tratamiento T1 sembrado a (60 x 20cm). Al comparar estos resultados con el estudio de (Loqui, Gavilanes, & Casignia, 2019), se evidencia que su contenido proteico fue de 3,12% a una densidad de siembra de (70 x 40cm) con la variedad de maíz híbrido Trueno, a pesar de que ambos valores están en el rango de bajos contenidos de proteína, es fundamental analizar otros factores que puedan influir en estas cifras, como las condiciones de cultivo y las características específicas de los materiales estudiados. Por otro lado, La cantidad de proteína varía de 12 a 18%, dependiendo de la especie.

3.5 Análisis Costo de producción

Cuadro 9. Análisis ingresos por hectárea

Descripción	Rendimiento	Precio por funda de ensilaje de maíz	Ingresos por ventas / ha
T1	27.60kg(kg/ha)/28kg(60lb) =985(sacos/ha)	\$5	\$4.925
T2	19.04(kg/ha) /28kg(60lb)= 680(sacos/ha)	\$5	\$3.400
T3	13.59(kg/ha) / 28kg (60lb) = 485(sacos/ha)	\$5	\$2.425
T4 (testigo)	27.24(kg/ha)/28kg(60lb)=972(sacos/ha)	\$5	\$4.860

Cuadro 10. Costos fijos

Costos fijos de Maíz Hibrido P4021 /Ha				
COSTOS DE PRODUCCION				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio U \$	Monto Ha
MANO DE OBRA				
Rastra	Horas	6	25	150
Siembra	Jornal	4	18	72
Aplicación Herbicida	Jornal	1	18	18
Cosecha	Jornal	4	18	72
Aplicación de insumos agrícolas	Jornales	4	18	72
			TOTAL	\$ 384.00
INSUMOS				
Cosmo in d	Frasco (250cc)	2	7.50	15.00
Bonanza 30-10-10	Fertilizante foliar	2	4.50	9.00
Premio	Frasco (100cc)	2	38.20	76.40
Bombardier	Litro	1	13.25	13.25
Propiconazol	Litro	1	21.29	21.29
Cigaral	Litro	1	54.80	54.80
Atrazina 90	Funda (900g)	1	10	10
			TOTAL	\$252.74
ARRIENDO				
Terreno	Hectárea	1	187	\$187.00
Análisis Bromatológico				
Análisis		4	40	\$160
Total	-	-		\$983.74

Cuadro 11. Costos variables

Descripción	Cantidad semilla por hectárea	Unidad	Precio unitario	Precio /Ha
T1	41.666	Unidad de semillas	0.03833	\$159.71
T2	27.777	Unidad de semillas	0.03833	\$106.47
T3	20.883	Unidad de semillas	0.03833	\$80.05
T4	83.333	Unidad de semillas	0.03833	\$319.44

Cuadro 12. Costos variables

Descripción	Cantidad de fertilizante por ha (10-30-10)	Cantidad de fertilizante por ha (bonanza N)	Unidad	Precio unitario 10-30-10	Precio unitario bonanza Nitro	Precio total /Ha
T1	10	8	Sacos	42	32	\$676
T2	8	6	Sacos	42	32	\$528
T3	6	4	Sacos	42	32	\$380
T4	20	16	Sacos	42	32	\$1.352

Cuadro 13. Análisis costo se semillas, fertilizantes y costo de producción

Descripción	Costo de producción	Costo de semilla y fertilizante	Costo total
T1	\$983.74	\$835.71	\$1,819.45
T2	\$983.74	\$634.47	\$1,618.21
T3	\$983.74	\$460.05	\$1,443.79
T4 (testigo)	\$983.74	\$1,671.44	\$2,655.18

A partir de los datos obtenidos de los cuadros 9,10, 11,12 y 13 se presenta el análisis del costo de producción del maíz híbrido P4021.

Cuadro 14.Análisis Costo beneficio

Descripción		Beneficio-Costo
T1	\$4,925 / 1,819.45	\$ 2,70
T2	\$3,400 / 1,819.45	\$ 1,86
T3	\$2,425 / 1,819.45	\$1,33
T4 (testigo)	\$4,860 / 1,819.45	\$2,67

Cuadro 15.Margen de ganancia

Descripción	Costo total	Ingresos (sacos)	Margen de ganancia
T1	\$1,819.45	\$4,925.00	\$3,105.55
T2	\$1,618.21	\$3,400.00	\$1,781.79
T3	\$1,443.79	\$2,425.00	\$981.21
T4 (testigo)	\$2,655.18	\$4,860.00	\$2,204.82

De acuerdo con el cuadro 14 y 15, se puede observar que en el tratamiento T1 tiene un margen de ganancia de \$3,105.55 y un B/C de 2,70 dólares en comparación con los otros tratamientos que no presentan utilidades de acuerdo con los datos obtenidos, especialmente con el tratamiento 4 que es el manejo que realiza normalmente el agricultor.

Cuadro 16. Análisis Rentabilidad por hectárea

Descripción		Rentabilidad %
T1	\$3,105.55 / \$1,819.45 x 100	170
T2	\$1,781.79 / \$1,819.45 x 100	97
T3	\$981.21 / \$1,819.45 x 100	53
T4 (testigo)	\$2,204.82 / \$1,819.45 x 100	121

Según Salazar et al. (2023) Analizaron las categorías correspondientes al ingreso total del tratamiento por hectárea, donde primero se encontró que el tratamiento que generó mejores ingresos fue el T1 (60cm x 20cm) con un total de 2,623.62 USD, seguido por el T2 (70cm x 20cm) con 2,384.12 USD. Por otro lado, T3 (80cm x 20cm) estableció un máximo de 1,883.34 dólares, cabe señalar que estos valores son el resultado de multiplicar el rendimiento logrado en cada tratamiento por el valor de 0,32 USD por kg. La relación beneficio-costos se puede observar, donde se muestran los valores obtenidos para cada tratamiento evaluado. El T2 mostró una ligera ventaja con una relación B/C de 3,60, T1 le siguió con un rendimiento de 3,53, dejando a T3 en último lugar con una rentabilidad de 3,45.

4. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos se observa que, entre las diferentes densidades de siembra, se obtuvo un mejor resultado en el tratamiento T1 con una densidad de siembra de 40 cm entre plantas y 60 cm entre surcos teniendo un rendimiento por unidad de superficie mayor que los otros tratamientos en las densidades estudiadas obteniendo 276 TM/ Ha de materia verde superior a los otros tratamientos.
- Los resultados del análisis de costo indican que el tratamiento T1, con distancia de siembra a 40 cm, el beneficio es de \$3,105.55 comparado con el tratamiento T4 es el manejo que realizan los productores que en este caso del estudio no tenían retorno.
- Las densidades de siembra de maíz híbrido P4021 sugieren que la densidad óptima puede variar dependiendo de diferentes factores como el tipo de suelo, el clima y la genética de maíz híbrido utilizado. Sin embargo, se observa una tendencia hacia densidades más altas para maximizar el rendimiento por hectárea, como son los tratamientos T1 y T4 que tienen rendimientos altos sembrando a 20 y 40 cm entre plantas y 60 cm entre surcos en comparación con el tratamiento T3 sembrado a 80 cm entre plantas y 60 cm entre surcos que es el 50% menos a las demás densidades.
- Finalmente, por medio del análisis de los costos de producción, se pudo determinar que el tratamiento T1 sembrado a 40cm entre plantas x 60cm entre surcos obtuvo un beneficio costo de \$2,70 superando al tratamiento T3 con una diferencia significativa de \$1,37 resaltando la importancia de las densidades de siembra.

5. RECOMENDACIONES

- Con la densidad de siembra del tratamiento T1 a 40cm entre plantas y a 60cm entre surcos y dos semillas por golpe, se logró obtener una mayor cantidad de materia verde por hectárea para la elaboración de ensilaje y alimentación de animales bovinos.
- Se recomienda establecer esta variedad de maíz híbrido en diferentes pisos altitudinales con la finalidad de que se pueda determinar el rendimiento y la variación de la producción de materia verde para la elaboración de ensilaje.
- Investigar el comportamiento de esta variedad híbrida en diferentes condiciones climatológicas y edafológicas utilizando la densidad de siembra recomendada de 40cm plantas x 60cm surcos en la zona sur del país.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Albán, M., Zambrano, J., Caviedes, M., & Carvajal, F. (2023). II Simposio Ecuatoriano del Maíz: Ciencia. *Tecnología e Innovación. Archivos Académicos USFQ*, (49), 1-67. doi:<https://doi.org/10.18272/archivosacademicos.vi49.3109>
- Alvz, L. (2015). *Adaptabilidad de cuatro cultivares de Maíz (Zea mayz L.) con fines Forrajero en condiciones del Centro de Producción y Capacitación granja "La Perla" Chumbivilcas - Cusco*. Arequipa-Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa Facultad de Agronomía. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/381>
- Bénitez, J. (2021). *Rentabilidad del ensilado de maíz y de maíz rastrojo en Almoloya de las Granadas como estrategia de alimentación para ganado bovino en época de secas*. Temacaltepec-México: Universidad Autónoma del Estado de México. Obtenido de http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/111733/EXTENSO_TESIS_MA%C3%8DZ%20Y%20MA%C3%8DZ%20RASTROJO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Blanco, Y., & González, D. (2021). Influence of population density on maize crop (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 42(3), e08. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1932/193268883008/html/>
- Caviedes, M., Carvajal, F., & Zambrano, J. (2022). Tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el Ecuador. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, (1). <https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588>. doi:<https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588>
- Chavez, A., Torres, J., & Salazar, M. (2021). Low nitrogen availability inhibits the phosphorus starvation response in maize (*Zea mays* ssp. *mays* L.). *BMC Plant Biology*, 21(1), 259.
- Chérrez, V. (2015). *Evaluación de dos distancias de siembra y tres niveles de fertilización con N, P, K, en el cultivo de maíz (Zea mays L.)*. Chimborazo: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4262>
- Chila, J. (2015). *Efecto de distancia de siembra en el comportamiento agronómico del maíz (Zea mays L.) híbrido 2B 604 en época de invierno en la zona de Quevedo*. Quevedo:

- Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/bcec2dc7-fa39-4ba1-b922-ec2f6668d918>
- Contreras, C. (2019). *Evaluación de la percepción de los agricultores maiceros sobre los daños observados en el cultivo de maíz, ocasionados por insectos plaga en la zona de Mocache*. Quevedo: Quevedo-UTEQ. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/147b0a53-e2fd-4046-b5e2-8a75927fefd8>
- Corcuera, V. (2012). *Desarrollo y evaluación de nuevo germoplasma de maíz (Zea mays L.) para uso especial en argentina*. Valencia: Universidad Politécnica de València. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=73125>
- FIRA. (3 de 2 de 2015). *Panorama Agroalimentario Maiz 2015*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61952/Panorama_Agroalimentario_Maiz_2015.pdf
- Flores, Y., & Guerrero, P. (2017). *Evaluación de densidades de siembra del híbrido de maíz pionner 30k73h sobre los componentes de establecimiento y fitosaniamiento en la Universidad de los Llanos*. Barcelona: Universidad de los Llanos. Obtenido de https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/handle/001/2957/Trabajo%20de%20grado%20C%201121900198_1120375086.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- González, D., & Orozco, C. (2020). Identificación de marcadores moleculares (SNP) y genes candidatos asociados a la tolerancia genética al complejo mancha de asfalto en variedades nativas de maíz (*Zea mays L.*). *Ciencia, Tecnología y Salud*, 7(2), 218-235.
- Guamán, R., Desiderio, T., Villavicencio, A., Ulloa, S., & Romero, E. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 47-56. doi: <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>
- Guerrero, K. (2020). *Descripción de los principales métodos de control de Spodoptera frugiperda en el cultivo de maíz (Zea mays L) en la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos*.

- Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8516>
- Guevara, A., Bárcenas, G., Salazar, F., González, R., & Suzán, E. (2023). Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación por goteo subsuperficial. *Agrociencia*, 39(4), 431-439.
- Herrera, D. (2018). *Investigación del patrimonio cultural gastronómico del cantón Cotacachi, provincia de Imbabura*. Quito: Universidad de las Américas. Obtenido de <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/9771>
- INIAP. (2015). *iniap.gob.ec*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos-INEC. (2017). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Quito: INEC. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Presentacion_Principales_Resultados_ESPAC_2017.pdf
- Lagos, J., & Tumbaco, O. (2023). *Respuesta morfofisiológica del Híbrido de maíz (Zea mays L.) Advanta 9559 a cuatro densidades de siembra*. Jipijapa: UNESUM. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5800>
- León, R., Avellán, B., Torres, A., Héctor, E., & Fosato, O. (10 de 2022). Densidad de siembra y comportamiento morfo-fisiológico y productivo del maíz híbrido INIAP H-603. *Cultivos Tropicales*, 43(4), cu-id. Obtenido de <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/download/1715/3416?inline=1>
- López, B. (2018). *Análisis de la producción de maíz en la provincia de Manabí y su aporte al desarrollo local. Periodo 2012-2017*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/34266/1/lopez_marcillo.pdf

- Loqui, J., Gavilanes, F., & Casignia, D. (2019). *Evaluación nutricional y bromatológica de germinado de maíz hidropónico para alimentación complementaria en animales de producción*. Manabí: Mawil Publicaciones de Ecuador.
- Lozano, L. (2017). *Evaluación del comportamiento del maíz blanco Urubamba (Zea Mays) bajo tres densidades y tres niveles de abonamiento en el Cipa Allpa Rumi - Marcara - Carhuaz - Ancash*. Huaraz-Perú: Universidad Nacional Santiago Antúñez de Mayolo.
- Martínez, J., Rocandio, M., Chacón, J., Vanoye, V., & Moreno, Y. (2018). Distribución y diversidad de maíces nativos (*Zea mays* L.) en el altiplano de Tamaulipas, México. *Revista de Agro productividad*, 11(1), 124-130.
- Medina, M. (16 de 11 de 2023). *¿Sabías que la solución MásMaíz by Yara aumenta tu productividad y rentabilidad?* Obtenido de www.yara.com: <https://www.yara.com.mx/noticias-y-eventos/noticias-mexico/sabias-que-la-solucion-masmaiz-by-yara-aumenta-tu-productividad-y-rentabilidad/>
- Meneses, L., Morillo, L., & Vásquez, W. (2022). In vitro propagation of *Vaccinium floribundum* Kunth from seeds: Promissory technology for mortiño accelerated production. *Canadian Journal of Plant Science*, 102(1), 216-224. <https://doi.org/10.1139/cjps-2020-0290>.
- OÑA milenaria. (29 de 10 de 2022). *Oña. Ecuador*. Obtenido de ayuntamientoona.com: <https://ona-ecuador/#:~:text=Con%20una%20extensi%C3%B3n%20de%20309,sobre%20el%20nivel%20del%20mar.>
- Paitán, R., & Paitán, R. (2022). *Distanciamiento de siembra y su efecto en las características agronómicas del maíz (Zea mays) “variedad cusqueado” con aptitud chalera*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/unh/5341>
- Pérez, P. (2014). *Comportamiento agronómico de nuevos materiales de maíz (Zea mays l) comparados con testigos comerciales, sembrados durante la época lluviosa del 2014 en*

- Fumisa*. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/487>
- Rodríguez, J., Delgado, E., & Rochas, N. (2012). Inhibition Of The Growth Of Rats By Extruded Snacks From Bean (*Phaseolus vulgaris*) And Corn (*Zea Mays*). *Emirates*, 24 (3) 255-263. <https://ejfa.me/index.php/journal/article/view/869>.
- Rodriguez, J., Gonzales, A., Leiva, F., & Guerrero, L. (2008). Fertilización por sitio específico en un cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 308-321. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652008000200016
- Salazar, L., Véliz, D., Mestanza, C., & Villacís, J. (2023). Respuesta agronómica de un híbrido de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes densidades de siembra. *Ciencia y Tecnología*, 16(2), 17-24. <https://doi.org/10.18779/cyt.v16i2.661>. doi:<https://doi.org/10.18779/cyt.v16i2.661>
- Sánchez, C., Hidalgo, E., & Díaz, P. (2022). Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la aplicación foliar de abonos orgánicos líquidos. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 38(2), 144-153. <http://dx.doi.org/10.29393/chjaa38-14rmpo40014>. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/e9b6c909-72bb-4953-a746-6309e04e9504>
- Sarabia, M., Cornejo, P., Azcón, R., Carreón, Y., & Larsen, J. (2017). Mineral phosphorus fertilization modulates interactions between maize, rhizosphere yeasts and arbuscular mycorrhizal fungi. *Rhizosphere*, 4, 89-93. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.09.001>.
- Satorre, E. (2021). Variabilidad de la distancia entre plantas dentro de la hilera de siembra y su efecto sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Argentina, Brasil y Estados Unidos. *Agronomía & Ambiente*, 41(1) 49-57. <http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/index.php/AyA/article/view/152/127>. Obtenido de <http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/index.php/AyA/article/view/152>

- Tapia, C. P., Naranjo, E., Tacán, M., Monteros, A., Pérez, C., & Valverde, Y. (2017). *Caracterización morfológica de la diversidad de razas de Zea mays en la Sierra norte de Ecuador*. Quito: INIAP. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4856>
- Toledo, B. (2017). *Efecto de la reducción foliar sobre el rendimiento del maíz (Zea mays, Lin)*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/9114>
- Tomala, K., Guzek, D., Głabska, D., Małachowska, M., Widłak, Ł. K., & Gutkowska, K. (2023). Assessment of the Quality of 'Red Jonaprince' Apples during Storage after Delayed Harvesting and 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Preharvest and Postharvest Treatment. *Agronomy*, 13(7), 1730.
- Tomalá, W. (2023). *Rendimiento del maíz Zea mays híbrido trueno NB 7443 bajo tres distancias de siembra en la comuna Loma Alta, Santa Elena*. Santa Elena: La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9749>
- Unidad de Estadísticas Agropecuarias- ESAG. (3 de 4 de 2017). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua ESPAC 2017*. Quito. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf: INEC.
- Vázquez, M., Mejía, H., & Salinas Moreno, S. (2013). Genotipos de maíz (*Zea mays* L.) con diferente contenido de aceite y su relación con la calidad y textura de la tortilla. *Agrociencia*, 48(2), 159-172. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952014000200003&lng=es&tlng=es. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000300006

- Villacís, J. (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*. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/54dc9c7e-ad53-47e7-993b-d8ba7bdb5cb6>
- Villavicencio, J., Yáñez, C., & Zambrano, J. (2017). *Estado de la investigación y desarrollo tecnológico del maíz en Ecuador*. Quito: Quevedo, EC: Universidad San Francisco de Quito/INIAP, 2017. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5722>
- Yáñez, J., López, I., Villegas, J., & Montaña, N. (2014). Respuesta del maíz (Zea mays L) a la inoculación con Azotobacter sp y Burkholderia sp a dosis reducida de fertilizante nitrogenado. *Scientia Agropecuaria*, 5(1), 17-23. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.01.02> .

7. ANEXOS

Anexo 1. Semilla maíz P4021 desinfectada y tratada.



Anexo 2. Siembra manual a diferentes distancias.



Anexo 3. Identificación de los tratamientos



Anexo 4. Crecimiento del maíz



Anexo 5. Fumigación del maíz con bomba de mochila



Anexo 6. Picado de materia verde para ensilaje



Anexo 7. Resultados del análisis bromatológico extraído del ensilaje del maíz del Tratamiento 1

SETLAB

SERVICIOS DE TRANSFERENCIA Y LABORATORIOS AGROPECUARIOS
Dirección: Galo Plaza 28-55 y Jaime Roldós Teléfono 0998407494 Email: luciasilva@yahoo.com

"Eficiencia, confianza y seguridad, en sinergia con su empresa"

REPORTE DE RESULTADOS

Código Rmp- 09329

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant

Sr. Marco Esteban Ullauri Sandoval

Domicilio / Address

Cuenca, Francisco de Orellana y Carlos Ramírez

Teléfonos / Telephones

0990726296

Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested

Ensilaje de maíz híbrido P4021 Tratamiento 1

Marca comercial / Trade Mark

No tiene

Características del producto / Ratings of the product

Color, Olor y sabor característico

Resultados Bromatológico

PARAMETRO	RESULTADO (PS) %	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL (%)	75,97	AOAC/Gravimetrico
MATERIA SECA (%)	24,03	AOAC/Gravimetrico
PROTEINA (%)	9,01	AOAC/kjeldhal
FIBRA (%)	37,11	AOAC/Gravimetrico
GRASA (%)	4,35	AOAC/Goldfish
CENIZA (%)	6,53	AOAC/Gravimetrico
MATERIA ORGANICA (%)	93,47	AOAC/Gravimetrico

Emitido en: Riobamba, el 18 julio de 2023

LUCIA
MONSERRATH
SILVA DELEY
Date: 2023.07.18
11:43:22 -05'00'
Ing. Lucía Silva Déley
RESPONSABLE TECNICO

SETLAB
Servicio de Transferencia Tecnológica
y Laboratorios Agropecuarios
Galo Plaza 28 - 55 y Jaime Roldós
032366-764

Anexo 8. Resultados del análisis bromatológico extraído del ensilaje del maíz del Tratamiento 2

SETLAB

SERVICIOS DE TRANSFERENCIA Y LABORATORIOS AGROPECUARIOS
 Dirección: Galo Plaza 28-55 y Jaime Roldos Teléfono 0998407494 Email: luciasilva@yahoo.com

"Eficiencia, confianza y seguridad, en sinergia con su empresa"

REPORTE DE RESULTADOS

Código Rmp- 09330

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant

Sr. Marco Esteban Ullauri Sandoval

Domicilio / Address

Cuenca, Francisco de Orellana y Carlos Ramírez

Teléfonos / Telephones

0990726296

Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested

Ensilaje de maíz híbrido P4021 Tratamiento 2

Marca comercial / Trade Mark

No tiene

Características del producto / Ratings of the product

Color, Olor y sabor característico

Resultados Bromatológico

PARAMETRO	RESULTADO (PS) %	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL (%)	75,82	AOAC/Gravimetrico
MATERIA SECA (%)	24,18	AOAC/Gravimetrico
PROTEINA (%)	8,12	AOAC/kjeldhal
FIBRA (%)	38,10	AOAC/Gravimetrico
GRASA (%)	4,19	AOAC/Goldfish
CENIZA (%)	6,37	AOAC/Gravimetrico
MATERIA ORGANICA (%)	93,63	AOAC/Gravimetrico

Emitido en: Riobamba, el 18 julio de 2023

LUCIA
 MONSERRATH
 SILVA DELEY
 SILVA DELEY
 Digitally signed by
 LUCIA MONSERRATH
 SILVA DELEY
 Date: 2023.07.18
 11:43:37 -05'00'

Ing. Lucía Silva Déley
 RESPONSABLE TECNICO

SETLAB
 Servicio de Transferencia Tecnológica
 y Laboratorios Agropecuarios
 Galo Plaza 28 - 55 y Jaime Roldós
 032366-764

Anexo 9. Resultados del análisis bromatológico extraído del ensilaje del maíz del Tratamiento 3

SETLAB

SERVICIOS DE TRANSFERENCIA Y LABORATORIOS AGROPECUARIOS
Dirección: Galo Plaza 28-55 y Jaime Roldós Teléfono 0998407494 Email: luciasilva@yahoo.com

"Eficiencia, confianza y seguridad, en sinergia con su empresa"

REPORTE DE RESULTADOS

Código Rmp- 09331

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant

Sr. Marco Esteban Ullauri Sandoval

Domicilio / Address

Cuenca, Francisco de Orellana y Carlos Ramírez

Teléfonos / Telephones

0990726296

Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested

Ensilaje de maíz híbrido P4021 Tratamiento 3

Marca comercial / Trade Mark

No tiene

Características del producto / Ratings of the product

Color, Olor y sabor característico

Resultados Bromatológico

PARAMETRO	RESULTADO (PS) %	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL (%)	75,38	AOAC/Gravimetrico
MATERIA SECA (%)	24,62	AOAC/Gravimetrico
PROTEINA (%)	9,17	AOAC/kjeldhal
FIBRA (%)	36,98	AOAC/Gravimetrico
GRASA (%)	4,45	AOAC/Goldfish
CENIZA (%)	6,77	AOAC/Gravimetrico
MATERIA ORGANICA (%)	93,23	AOAC/Gravimetrico

Emitido en: Riobamba, el 18 julio de 2023

LUCIA
MONSERRATH
SILVA DELEY

Digitally signed by
LUCIA MONSERRATH
SILVA DELEY
Date: 2023.07.18
11:43:50 -05'00'

Ing. Lucía Silva Déley
RESPONSABLE TECNICO

SETLAB
Servicio de Transferencia Tecnológica
y Laboratorios Agropecuarios
Galo Plaza 28 - 55 y Jaime Roldós
032366-764

Anexo 10. Resultados del análisis bromatológico extraído del ensilaje del maíz del Tratamiento 4

SETLAB

SERVICIOS DE TRANSFERENCIA Y LABORATORIOS AGROPECUARIOS
Dirección: Galo Plaza 28-55 y Jaime Roldós Teléfono 0998407494 Email: luciasilva@yahoo.com

"Eficiencia, confianza y seguridad, en sinergia con su empresa"

REPORTE DE RESULTADOS

Código Rmp- 09328

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant

Sr. Marco Esteban Ullaauri Sandoval

Domicilio / Address

Cuenca, Francisco de Orellana y Carlos Ramírez

Teléfonos / Telephones

0990726296

Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested

Ensilaje de maíz híbrido P4021 Tratamiento Testigo

Marca comercial / Trade Mark

No tiene

Características del producto / Ratings of the product

Color, Olor y sabor característico

Resultados Bromatológico

PARAMETRO	RESULTADO (PS) %	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL (%)	75,22	AOAC/Gravimetrico
MATERIA SECA (%)	24,78	AOAC/Gravimetrico
PROTEINA (%)	8,59	AOAC/kjeldhal
FIBRA (%)	37,89	AOAC/Gravimetrico
GRASA (%)	4,27	AOAC/Goldfish
CENIZA (%)	6,49	AOAC/Gravimetrico
MATERIA ORGANICA (%)	93,51	AOAC/Gravimetrico

Emitido en: Riobamba, el 18 julio de 2023

LUCIA
MONSERRATH
SILVA DELEY
Digitally signed by
LUCIA MONSERRATH
SILVA DELEY
Date: 2023.07.18
11:43:09 -05'00'

Ing. Lucía Silva Déley
RESPONSABLE TECNICO

SETLAB
Servicio de Transferencia Tecnológica
y Laboratorios Agropecuarios
Galo Plaza 28 - 55 y Jaime Roldós
032366-764

Marco Esteban Ullauri Sandoval portador de la cédula de ciudadanía N° **0104551171**. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Adaptabilidad del híbrido de maíz P4021 con tres densidades de siembra en el cantón Oña, provincia del Azuay”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **25 de abril de 2024**



Marco Esteban Ullauri Sandoval

C.I. **0104551171**