



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INSTITUTO DE POSGRADO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN DE MAESTRÍA EN MODALIDAD PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN**

**DENSIDAD POBLACIONAL Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA PRODUCCIÓN
SOSTENIBLE DE MAÍZ EN EL VALLE DEL RIO JAVITA**

LETICIA ROXANA PINCAY TOMALÁ

Bajo la tutoría del Profesor
Ing. NÉSTOR ORRALA BORBOR, Ph. D.

Trabajo de titulación como requisito parcial para la obtención del grado de **Máster en Agropecuaria, mención Desarrollo Rural Sostenible**, en el Programa de Posgraduación en Agropecuaria.

La Libertad, Santa Elena
Enero de 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

TUTOR: Ing. Néstor Orrala Borbor, Ph. D.

CERTIFICA:

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación “Densidad poblacional y fertilización nitrogenada en la producción sostenible de maíz en el valle del río Javita”, elaborado por la Ing. Leticia Pincay Tomalá, egresada de la Maestría en Agropecuaria mención Desarrollo Rural Sostenible, Instituto de Posgrado de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Magister, me permito declarar que la estructura final del trabajo cumple y se ajusta a los estándares académicos y científicos, razón por el cual la apruebo en todas sus partes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
NESTOR ALBERTO
ORRALA BORBOR

Ing. Néstor Orrala Borbor, Ph. D.
TUTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Leticia Roxana Pincay Tomalá, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de Titulación, como requerimiento previo para la obtención del título de **MAGISTER AGROPECUARIA MENCIÓN EN GESTIÓN DEL DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE**, son absolutamente originales, auténticos y personales a excepción de las citas bibliográficas.



Leticia Roxana Pincay Tomalá
AUTORA
C.I.0928077502

DERECHOS DE AUTOR

Yo Leticia Roxana Pincay Tomalá, autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de artículo profesional de alto nivel con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este artículo académico dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Firmado electrónicamente por:
**LETICIA ROXANA
PINCAY TOMALA**

Leticia Roxana Pincay Tomalá

C.I. 0928077502

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Titulación presentado por **LETICIA ROXANA PINCAY TOMALÁ** como requisito parcial para la obtención del grado de Máster en Agropecuaria, mención Desarrollo Rural Sostenible.

Trabajo de Titulación **APROBADO** el: 16/03/2024 (Día, mes, año)



Firmado electrónicamente por:
**VERONICA CRISTINA
ANDRADE YUCAILLA**

Ing. Verónica Andrade Yucailla, Ph. D.

COORDINADORA DEL PROGRAMA



Firmado electrónicamente por:
**MERCEDES SOLANDA
SANTISTEVAN
MENDEZ**

Ing. Mercedes Santistevan Méndez, Ph. D.

DOCENTE ESPECIALISTA 1



Firmado electrónicamente por:
**NADIA ROSAURA
QUEVEDO PINOS**

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph. D.
DOCENTE ESPECIALISTA 2



Firmado electrónicamente por:
**NESTOR ALBERTO
ORRALA BORBOR**

Ing. Néstor Orrala Borbor, Ph. D.
DOCENTE TUTOR



Firmado electrónicamente por:
**MARIA MARGARITA
RIVERA GONZALEZ**

Ab. María Rivera González, Mgr.
SECRETARIA GENERAL

AGRADECIMIENTOS

Mi eterna gratitud a Dios y mi familia por su apoyo y dedicación.

A la Senescyt, por la beca recibida.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, por acogerme como Maestrante.

A mi Tutor de tesis, por compartir sus conocimientos.

A mis familiares y amigos, quienes ayudaron en el trabajo de campo.

DEDICATORIA

A Dios,

A papá y mamá

A mis hermanas y demás familiares

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| Objetivos | 3 |
| Objetivo general: | 3 |
| Objetivos específicos: | 3 |
| Hipótesis: | 3 |
| CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO | 4 |
| 1.1 Generalidades del maíz | 4 |
| 1.2 Densidad, Fertilización y rendimiento | 7 |
| 1.2.1 Densidad | 7 |
| 1.2.2 fertilización | 8 |
| 1.2.3 Rendimiento | 9 |
| 1.3 Sostenibilidad | 12 |
| CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS | 14 |
| 2.1 Ubicación del área de estudio | 14 |
| 2.2 Material genético | 15 |
| 2.3 Tipo de investigación | 17 |
| 2.4 Diseño de investigación | 18 |
| 2.5 Método de muestreo | 20 |
| CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 26 |
| 3.1 Altura y diámetro de la planta | 26 |
| 3.2 Longitud de la hoja (m) y ancho de la hoja (m) | 28 |
| 3.3 Longitud de la mazorca y diámetro de la mazorca (cm) | 30 |
| 3.4 Número de hileras mazorca⁻¹ | 31 |
| 3.5 Número de granos hilera⁻¹ | 31 |
| 3.6 Peso de la mazorca | 32 |
| 3.7 Peso de 1000 granos | 32 |
| 3.8 Rendimiento (Mg ha⁻¹) | 32 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 40 |
| Conclusiones | 40 |
| Recomendaciones | 40 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 41 |
| ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Etapas fenológicas del maíz | 4 |
| Tabla 2. Requerimientos y extracción en grano de nutrientes para producir una tonelada de maíz | 7 |
| Tabla 3. Climatología de la finca Regina | 14 |
| Tabla 4. Características agroquímicas del suelo previo al inicio del experimento en el cultivo de maíz (Zea mays) | 15 |
| Tabla 5. Factores y niveles del proyecto Densidad poblacional y fertilización nitrogenada en la producción sostenible de maíz en el valle del río Javita | 18 |
| Tabla 6. Tratamientos del experimento "Densidad poblacional y fertilización nitrogenada en la producción sostenible de maíz en el valle del río Javita" | 19 |
| Tabla 7. Medias de los tratamientos, de las variables altura de planta y diámetro del tallo | 27 |
| Tabla 8. Medias de los tratamientos, de las variables longitud y ancho de hoja | 29 |
| Tabla 9. Medias de los tratamientos de las variables longitud y diámetro de la mazorca | 30 |
| Tabla 10. Medias de los tratamientos, de las variables número de hileras y número de granos | 32 |
| Tabla 11. Medias de los tratamientos, de las variables peso de mazorca, peso de 1000 granos y rendimiento | 34 |
| Tabla 12. Respuesta análisis regular método Taguchi, variable rendimiento..... | 34 |
| Tabla 13. Costos que varían de los tratamientos..... | 36 |
| Tabla 14. Presupuesto parcial del experimento "Densidad poblacional y fertilización nitrogenada en la producción sostenible de Zea mays L. en el Valle del río Javita" | 37 |
| Tabla 15. Análisis de dominancia..... | 38 |
| Tabla 16. Análisis marginal de los tratamientos no dominados..... | 39 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ubicación del experimento (Google Maps, 2023) | 14 |
| Figura 2. Relación entre factores, niveles en estudio y rendimiento. | 35 |

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultado de sistema Antiplagio Compilatio

Figura 1A. Desinfección de semillas

Figura 2A. Siembra de los diferentes tratamientos

Figura 3A. Aplicación de Metalosato multimineral

Figura 4A. Toma de variable altura de planta

Figura 5A. Cosecha manual

Figura 6A. Toma de porcentaje de humedad de grano en la cosecha

Figura 7A. Toma de variable peso de mazorca

Figura 8A. Toma de variable diámetro de mazorca

Figura 9A. Toma de variable Longitud de mazorca

Figura 10A. Peso de granos sin tusa

Figura 11A. Número de mazorcas para medir variables de rendimiento

GLOSARIO

ADV: Advanta

ARG: argentino

CIMMYT: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.

Dds: Días después de la siembra.

Presupuesto parcial: Formato para planificación y toma de decisiones que se utiliza para comparar los costos y beneficios de las alternativas que enfrenta un negocio agrícola.

Rendimiento: Es el resultado de la división de la producción obtenida entre la superficie cosechada.

RESUMEN

El maíz amarillo duro tiene importancia a nivel mundial por ser un cereal que forma parte de la canasta básica y la industria alimenticia de animales, por lo que la investigación tuvo como objetivo valorar densidades poblacionales y fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz, que favorezca la producción sostenible en el valle del río Javita. Se evaluaron tres híbridos comerciales, tres densidades poblacionales, tres dosis de nitrógeno y tres dosis de microelementos; con tres repeticiones. Los tratamientos estuvieron dispuestos en un arreglo L9, $3^{(4)}$ según métodos de Taguchi, que comprende cuatro factores con tres niveles cada uno, todos ellos dispuestos en Diseño de Bloques Complemente al Azar. Se midió variables agronómicas, variables de rendimiento y se realizó un análisis económico según presupuesto parcial. Los resultados muestran alto rendimiento bajo alta densidad y dosis alta de nitrógeno, por lo que, puede ser una tecnología promisoría para ser utilizada por pequeños y medianos productores en el valle del río Javita.

Palabras claves: Rendimiento, sulfato de amonio, métodos de Taguchi

ABSTRACT

Hard yellow corn is important worldwide as it is a cereal that is part of the basic basket and the animal feed industry, therefore, the research aimed to assess population densities and nitrogen fertilization in corn cultivation, which favors sustainable production in the Javita river valley. Three commercial hybrids, three population densities, three doses of nitrogen and three doses of microelements were evaluated; with three repetitions. The treatments were arranged in an L9, 3⁽⁴⁾ arrangement according to Taguchi methods, which comprises four factors with three levels each, all of them arranged in a Randomized Block Design. Agronomic variables and performance variables were measured and an economic analysis was carried out according to a partial budget. The results show high yield under high density and adequate doses of nitrogen, therefore, it can be a promising technology to be used by small and medium-sized producers in the Javita River valley.

Key words: Yield, ammonium sulfate, Taguchi methods

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.), es uno de los cultivos de mayor importancia en el mundo debido a su facilidad de adaptarse a las diferentes condiciones edafoclimáticas; por la superficie cultivada es uno de principales cereales más comercializado (Morales Durán et al., 2022).

A nivel mundial en el año 2022 la superficie sembrada de maíz fue 203 470 007 ha, con una producción 1 163 497 383,13 t y un rendimiento de 5,71 Mg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2022). En ese mismo periodo en Ecuador se sembraron 372 581 ha, mismas que produjeron 1 806 819 Mg y un rendimiento de 6,35 Mg ha⁻¹ (Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria [CGINA] y MAG, 2022; ESPAC, 2022). El maíz amarillo duro se siembra en todo el territorio nacional, principalmente en las zonas bajas (menos de 1 200 msnm) y está destinado mayoritariamente para la elaboración de alimento balanceado e industrias de consumo humano; incluso atiende las necesidades del mercado colombiano (Zambrano y Andrade, 2021). Es de gran importancia en el aspecto económico y social (Yapura, 2021)

La superficie sembrada en Santa Elena es 5 985 ha, distribuidas en 322 unidades de producción agropecuaria UPAs, una producción de 37 073 Mg y un rendimiento promedio 6,37 Mg ha⁻¹ (Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria [CGINA] y MAG, 2022). La mayoría de los productores alcanzan bajos rendimientos, utilizan riego no tecnificado y el manejo del cultivo es de carácter artesanal y se desarrolla como monocultivo (Drouet *et al.*, 2021).

En la provincia toda la planta se aprovecha al máximo, los tallos tiernos para la elaboración de forraje de ganado, combustible y abono, las brácteas para la elaboración de humitas; incluso existe material nativo para trabajos de mejoramiento (Guacho, 2014).

Por otro lado, el uso de altas densidades poblacionales y dosis de Nitrógeno en el cultivo de maíz es una práctica que permite incrementar el rendimiento; aumenta la competencia intraespecífica por radiación solar, nutrientes y agua, por lo que el rendimiento por planta se ve reducido, pero se compensa por el mayor número de plantas cosechadas (Andrade *et al.*, 2023).

La densidad es un factor importante de producción del cultivo de maíz; entonces, es necesario definir las relaciones entre la cantidad de plantas por unidad de superficie y su rendimiento, para distintas situaciones medioambientales (León *et al.*, 2018).

La densidad de población es uno de los factores controlables para obtener mayor rendimiento en el cultivos de maíz (Blanco & González, 2021). El rendimiento de grano se incrementa con la densidad de población, hasta llegar a un punto máximo y disminuye cuando la densidad se incrementa más allá de este punto (Sangoi, 2001).

Otro factor importante es la nutrición y el elemento de mayor relevancia para el maíz es el nitrógeno; este elemento reduce o limita el rendimiento de los cultivos. Para cubrir las necesidades en el cultivo de maíz, es frecuente la aplicación de fertilizantes químicos (Jurado *et al.*, 2014).

Las dosis de N influyen significativamente en el rendimiento fisiológico de la planta; plantas bien nutridas presentan un mejor desarrollo del sistema de brotes y raíces, hay mayor división y expansión celular, se aumenta el proceso fotosintético, la altura de la planta es mayor y en consecuencia, mayor altura de inserción de mazorca (Varvel *et al.*, 1997).

También es necesario indicar que la agricultura sustentable es el sistema integrado de prácticas de producción de plantas y animales, persigue satisfacer la alimentación humana, mejorar la calidad del ambiente, hacer uso eficiente de los recursos no renovables, mejorar la calidad de vida de la sociedad en general (Osorio, 2008).

En la provincia de Santa Elena el rendimiento por unidad de superficie del maíz es bajo y la baja rentabilidad conlleva a muchos productores a abandonar esta actividad, por lo que, la presente investigación busca establecer una densidad poblacional optima y dosis adecuada de nitrógeno, para obtener altos rendimientos, maximizar la rentabilidad del productor y reducir el impacto ambiental originado por la pérdida provocada por la aplicación en excesos.

Actualmente los híbridos tienen un gran potencial genético lo que se traduce en un desarrollo optimo del grano; altas densidades bajo manejo agro técnico adecuado, seguramente en el valle del río Javita se convertirá en una actividad rentable y sustentable para pequeños y medianos productores.

¿Es rentable y sustentable la combinación de material vegetal, la alta densidad poblacional, la fertilización nitrogenada y los microelementos en la producción sostenible de maíz en el valle del río Javita?

Objetivos

Objetivo general:

Valorar densidades poblacionales y fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz, que favorezca la producción sostenible en el valle del río Javita.

Objetivos específicos:

1. Medir el efecto de diferentes densidades poblacionales y dosis de nitrógeno sobre los parámetros de crecimiento en el cultivo de maíz.
2. Examinar los componentes de rendimiento en función de la densidad poblacional y fertilización nitrogenada
3. Establecer los beneficios económicos de densidades poblacionales y fertilización nitrogenada según metodología CIMMYT.

Hipótesis:

Existe diferencia en el rendimiento del maíz utilizando diferentes combinaciones de material vegetal, densidades poblacionales, dosis de nitrógeno y microelementos en el valle del río Javita.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 Generalidades del maíz

El maíz es considerado la principal especie que se cultivó de este género, ha sido encontrado en algunas culturas hace más de 7000 años (Paliwal *et al.*, 2010). Se originó en México, formó parte del proceso de domesticación a partir de gramíneas silvestres (González, 2019). Sin embargo, Caballero *et al.* (2019), mencionan que el origen y diversidad se encuentran en Mesoamérica.

FAO (2001), menciona que Linneo le asignó el nombre científico *Zea mays* L. Es una planta anual, con inflorescencias masculinas y femeninas, alcanza una altura de 3 metros, tallo erguido y rígido; se puede desarrollar en una gran variedad de climas del trópico y subtropical (Espinoza *et al.*, 2023).

El desarrollo del cultivo consiste en una sucesión de etapas o fases, corresponden a la aparición de nuevos órganos desde la germinación, floración y formación del fruto. Oñate (2016), señala dos etapas en el crecimiento, desarrollo y producción del maíz (Tabla 1)

Tabla 1. Etapas fenológicas del maíz

| | |
|----------------------------|--|
| Etapas vegetativa | VE (emergencia): Imbibición de semilla, emerge la radícula, germinación. |
| | V1- V18: Corresponden a la formación de las hojas verdaderas cuya duración depende del material vegetativo. |
| | VT: Aparición de la panoja en la hoja superior de la planta. |
| Etapas reproductiva | R1: Se observa los estigmas fuera de las espigas para que se lleve a cabo la polinización. |
| | R2: Alrededor de los 14 días después de la aparición de los estigmas, la mazorca esta por culminar su crecimiento completo, los granos presentan un 85% de humedad. |
| | R3: Luego de la emergencia de los estigmas, los granos presentan un color amarillo y en su interior un líquido lechoso |
| | R4: El líquido interno se convierte en una sustancia pastosa. |
| | R5: El grano comienza a secarse y aparece una capa dura de almidón en la parte superior. |
| | R6: Empieza la madurez fisiológica y los granos logran su peso máximo de materia seca, formando una abscisión marrón en la parte de inserción del grano (tusa). |

Según Paredes *et al.* (2006), el maíz contiene 72% de almidón, 10% de proteínas y 4% de lípidos, suministrando 365 kcal/100 g. Concuerta con Urango (2018) quien menciona la composición proximal del maíz: 44 a 69% de carbohidratos, 11,6 a 20% de humedad, 4,5 a 8,7 de proteína, 2 a 4% de grasa y 2,10 a 26,77% de fibra.

El maíz es eficaz en la evolución de los elementos minerales del suelo en sustancias de reserva, en forma de carbohidratos, proteínas, aceites, en un tiempo relativamente corto, por lo que es muy exigente en suelo, agua, temperatura (Castro, 2021).

El suelo es la principal fuente de nutrición de los cultivos, su oferta se estima a través del análisis del suelo y conocer que elementos están disponibles para determinar las necesidades de fertilización. La cantidad de nutriente del suelo tiene una relación con el nutriente absorbido y el rendimiento (García *et al.*, 2023).

Cigarruista (2018), considera que los factores climáticos que más influyen en la producción del maíz son la precipitación (cantidad e intensidad) y la heliofanía, en cada una de sus etapas fenológicas. Esto concuerda con Barcos (2022) quien afirma que el maíz es una planta con la mayor cantidad de luz solar obtenida, debido a la formación de almidón, su crecimiento y desarrollo ya que es un factor primordial para el proceso de la fotosíntesis.

La humedad del suelo es uno de los factores más importantes que afectan el rendimiento. a niveles altos de humedad se reduce el oxígeno disponible para las raíces mientras que si la humedad disponible es muy baja, la planta usa gran cantidad de energía para extraer la poca humedad que se encuentra retenida en el suelo (Sifuentes, 2018).

El uso del agua es primordial en la agricultura para alcanzar mejores rendimientos; la eficiencia comprende, además, la cantidad de agua que quede almacenada en la zona radicular pues es importante que el suelo tenga humedad en todas sus fases de crecimiento para que ocurra una adecuada formación del grano. 15 días antes de la inflorescencia y después de 30 días de esta se requiere la mayor cantidad de agua, puesto que en esta etapa se forman las mazorcas como producto final (Barcos, 2022). Para obtener una cosecha cuyo grano tenga su madurez media, se requiere entre 500 y 800 milímetros de agua (Cartagena *et al.*, 2021; Gouthami y Kumar, 2022; Tomalá, 2023).

Este cultivo requiere láminas de riego dependiendo del material vegetal; 540 mm para variedades precoces y 620 mm para variedades tardías, el rendimiento se ve afectado entre 6 a 13% por día durante el periodo de floración, si existe estrés por falta de agua (Sánchez et al., 2020)

El cultivo de maíz necesita absorber macronutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); nutrientes secundarios: calcio (Ca), azufre (S), magnesio (Mg) y microelementos: hierro (Fe), zinc (Zn) entre otros respectivamente (García, 2007), Tabla 2. Para producir una tonelada se requiere entre 20 a 26 kg ha⁻¹ de N, 10,7 kg ha⁻¹ de P y 25 kg ha⁻¹ de K (Plancarte *et al.*, 2014).

El Nitrógeno (N) es un requerimiento esencial e idóneo para el crecimiento de la planta, de tal modo que este elemento da la pigmentación verde a las hojas e incrementa las proteínas del cultivo. Para ello se debe considerar el requerimiento de 150 a 200 kg ha⁻¹ (Tomalá, 2023).

Las necesidades de N en el cultivo se ven referenciado a las etapas fenológicas, ayudando a la formación de nuevos tejidos, aumentando el número de granos por mazorca. El N puede ser absorbido por las plantas en forma de NO₃ y NH₄; se requiere 220 kg ha⁻¹ de N para producir 10 000 kg ha⁻¹, la extracción destinada al grano corresponde a 145,2kg ha⁻¹ (65,9%). En cuanto al K es necesario 190 kg ha⁻¹; este elemento es esencial para el metabolismo celular y aumenta la eficiencia de uso del agua, la extracción destinada al grano es de 39,9 kg ha⁻¹. Se estima que el 75% de la dosis del P se extrae en el grano (Hurtado, 2014).

El Nitrógeno es fundamental en las primeras etapas del cultivo, es decir seis hojas completamente desarrolladas (V6); desde esta etapa hasta el inicio de la floración, la planta consume el 70% del Nitrógeno requerido; las variables de rendimiento se definen durante las etapas vegetativas comprendidas entre la hoja 6 (V6) y la hoja 12 (V12) (Castillo, 2015). La extracción de los nutrientes es la remoción que realizan los órganos de la planta durante el ciclo y es necesaria para establecer los programas de nutrición por restitución y así reponer al suelo los elementos removidos por el cultivo, en la Tabla 2 se aprecia que el elemento de mayor extracción es el Nitrógeno, seguido del Potasio (Coral, 2011)

Pacheco *et al.* (2022) mencionan que los fertilizantes son usados en la producción de cultivos, aportando nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, permitiendo obtener un mayor crecimiento, desarrollo y altos rendimientos.

Tabla 2. Requerimientos y extracción en grano de nutrientes para producir una tonelada de maíz

| Nutriente | Requerimiento (kg ton⁻¹) | Índice de cosecha | Extracción (kg ton⁻¹) |
|------------------|--|--------------------------|---|
| Nitrógeno | 22 | 0,66 | 14,5 |
| Fósforo | 4 | 0,75 | 3,0 |
| Potasio | 19 | 0,21 | 4,0 |
| Calcio | 3 | 0,07 | 0,2 |
| Magnesio | 3 | 0,28 | 0,8 |
| Azufre | 4 | 0,45 | 1,8 |
| | g/ton | | g/ton |
| Boro | 20 | 0,25 | 5 |
| Cloro | 444 | 0,06 | 27 |
| Cobre | 13 | 0,29 | 4 |
| Hierro | 125 | 0,36 | 45 |
| Manganeso | 189 | 0,17 | 32 |
| Molibdeno | 1 | 0,63 | 1 |
| Zinc | 53 | 0,5 | 27 |

Fuente: (García, 2007)

1.2 Densidad, Fertilización y rendimiento

1.2.1 Densidad

La densidad de población ejerce alta influencia sobre el rendimiento de grano y las características agronómicas. Una densidad de población alta puede proporcionar un alto rendimiento gracias al aumento del índice de área de la hoja y radiación fotosintética (Criollo y Lagos, 2000); por el contrario si se usa una mayor que la óptima podría afectar el desarrollo y rendimiento por la competencia de luz, agua y nutrimentos. Densidades de población bajas provocan menor rendimiento, problemas de malezas debido al desperdicio de suelo (Blanco y González, 2021; Zhang *et al.*, 2019).

La densidad de población por unidad de área depende de varios factores: fertilidad del suelo, humedad disponible, porcentaje de germinación y características agronómicas de la variedad. Las variedades mejoradas soportan mayor densidad de población en comparación con las variedades criollas (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA] *et al.*, 2020)

La densidad poblacional aumenta la altura de la planta a través de una mayor longitud internada y un menor diámetro del tallo; las plantas con una alta densidad tienen mayor competencia por nutrientes, lo que resulta tallos de maíz más delgados y más susceptibles a la flexión por el viento (Cañarte *et al.*, 2022).

El aumento de la densidad de las plantas está asociado con un mayor rendimiento de grano debido al cierre temprano de dosel que mejora la interceptación de la luz y la disminución de la evaporación del agua del suelo. Al aumentar la densidad por encima de la óptima, hay una disminución del rendimiento del grano, disminuye la eficiencia en el uso de la radiación y la competencia entre las plantas por agua y nutrientes (Djaman *et al.*, 2022).

En condiciones climáticas variables del noroeste de Nuevo México, se realizaron experimentos de campo con diferentes fechas de siembra (del 20 de abril al 10 de junio) y densidades vegetales (54 700 a 120 100 plantas ha⁻¹) demostrando que el índice de área de hoja de maíz aumentó con la densidad de las plantas, la densidad influyó en el rendimiento del maíz bajo diferentes fechas de siembra. Por lo tanto, la densidad de la planta 88.000 plantas ha⁻¹ maximizó el rendimiento del grano como la eficiencia del uso del agua y, por lo tanto, se considera como la densidad óptima de la planta (Djaman *et al.*, 2022).

1.2.2 fertilización

La fertilización es una de las prácticas más importantes, tanto en el maíz como en cualquier otro cultivo, cuyo objetivo es aumentar la rentabilidad, dentro de un marco sustentable. El maíz demanda altas dosis de Nitrógeno ya que este elemento, interviene directamente en el incremento de la clorofila y aumentan el rendimiento (Cuenca, 2023).

La dosis de fertilizante nitrogenado es el principal factor para determinar el rendimiento. La fuente de nitrógeno y el momento de aplicación durante la máxima demanda de la planta permite reducir

la inmovilización y las pérdidas del sistema suelo-planta y se incrementa la eficiencia del uso de nitrógeno (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT] *et al.*, 2015).

Jiménez (2023), menciona que los fertilizantes nitrogenados son utilizados para mejorar la activación de las células responsables de la fotosíntesis, aumentar el área foliar y promover el crecimiento de las plantas. La urea, el nitrato de amonio, el amoníaco y el sulfato de amonio son los principales fertilizantes nitrogenados.

Para la obtención de altos rendimientos en el maíz, se debe tener una buena fertilización. Uno de los principales nutrientes que necesita es el N, aunque existe dificultad al recomendar las dosis apropiadas por las diversas transformaciones que sufre en el suelo debido a los factores climáticos y bióticos (Sadeghi *et al.*, 2018).

La fertilización con micronutrientes y fitorreguladores en las dosis y etapas fenológicas adecuadas mejoran la productividad del maíz. La aplicación foliar de zinc y boro aumenta el rendimiento (Cedeño *et al.*, 2018).

En Venezuela se evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada, donde los rendimientos que sobresalieron fueron 150 kg ha de N⁻¹, obteniendo rendimientos que oscilan desde 9763,3 a 11623,0 kg ha⁻¹ (Barrios y Basso, 2018).

Según Moscoso (2021), la planta del maíz es muy exigente en cuanto a la nutrición nitrogenada; incrementa los parámetros de rendimiento, pero tiene efectos negativos en el diámetro y longitud de mazorca.

La fertilización foliar complementaria incrementa la longitud y el peso de la mazorca de maíz amarillo duro comparado con la fertilización edáfica convencional, al mostrar mayor eficiencia agronomica de Nitrógeno (Vera y Vera, 2022).

1.2.3 Rendimiento

El incremento del rendimiento en el cultivo de maíz en el mundo han sido posible gracias al aumento de la densidad de siembra, niveles de fertilización y mejores híbridos (Villaseca, 2001). El rendimiento de los cultivos se los puede considerar de acuerdo a la producción total, lo que se

conoce como rendimiento biológico; al contrario, el rendimiento económico considera los órganos comerciales de las plantas (Mengel y Kirkby, 2000).

En el municipio de Tisma, Nicaragua en el año 2016, se estudió una población de 65 940 plantas ha^{-1} con dosis de 183 kg ha^{-1} de N; se obtuvo un rendimiento de 14,49 Mg ha^{-1} . Al aplicar una dosis de 151 kg ha^{-1} N se logró un rendimiento de 11,02 Mg ha^{-1} (Castillo, 2017).

Villacís (2021), indica que obtuvo 24,2 Mg ha^{-1} de grano con 83 333 plantas; 22,07 Mg ha^{-1} con una densidad de 71 428 plantas ha^{-1} y 17,4 t ha^{-1} , con una población de 62 500 plantas ha^{-1} ; todas las poblaciones fueron fertilizadas con 180 kg N ha^{-1} .

León *et al.* (2018), demostraron que un aumento de densidad genera un alto rendimiento; lograron un rendimiento de 10,46 Mg ha^{-1} con una densidad de 83 250 plantas ha^{-1} y 150 kg de N ha^{-1} . En la provincia de Pichincha, al analizar la eficiencia del uso de nitrógeno (N) en maíz, se concluyó que para lograr el rendimiento meta de 12,8 Mg ha^{-1} se necesitan aplicar 150 kg ha^{-1} N (Panchi, 2021).

En Babahoyo, Provincia de los Ríos se demostró que las plantas sembradas con una densidad poblacional de 95 238 plantas ha^{-1} tuvieron mayor producción (22,59 Mg ha^{-1}) con una dosis 160 kg ha^{-1} de N; fue estadísticamente superior a una densidad poblacional de 62 500 plantas ha^{-1} (Sisalema, 2019).

En China utilizaron la variedades de maíz DengHai 618, dispuestas a 75 000 plantas ha^{-1} ; el mejor rendimiento fue de 17,6 t ha^{-1} con una aplicación de 219 kg ha^{-1} de N; cuando aplicaron 337 kg ha^{-1} de N se incrementó a 20,2 Mg ha^{-1} (Zhai *et al.*, 2022).

En Quevedo Ecuador, compararon dos híbridos de maíz (2B -710 y Trueno) obteniendo rendimientos de 9,70 y 9,38 t ha^{-1} , con densidades de 100 000 y 83 333 plantas ha^{-1} ; en ambas densidades se utilizó 210 kg N ha^{-1} (Lozano, 2011).

Con el híbrido Tigre de Monsanto, se probó altas densidades de siembra y se concluyó que 90 000 plantas ha^{-1} y 150 kg N ha^{-1} , es la más adecuada para la producción de forraje y grano con riego superficial (Guevara *et al.*, 2005).

Cervantes *et al.* (2013) demostró que al aumentar la densidad de siembra de maíz híbrido de 90 000 a 100 000 plantas ha⁻¹, el rendimiento de grano disminuyó drásticamente de 8,289 t ha⁻¹ a 2,924 t ha⁻¹ con dosis de 250 kg N ha⁻¹; evidencia que los recursos como nutrientes y luz al no ser suficientes en altas densidades de siembra generan alta competencia intraespecífica y se genera estrés en el crecimiento de las plantas que repercute en menor cantidad de foto asimilados hacia la espiga, reduciendo su rendimiento y esterilidad de granos.

Santisteban (2012), con altas densidades poblacionales (90 909 y 100 000 plantas ha⁻¹) y el híbrido “Dekalb 5005” en la zona de Pueblo viejo, cosechó 10,2 y 10,8 t ha⁻¹, determinando que el rendimiento de grano se incrementó a medida que aumentaban las densidades poblacionales.

Un estudio de la tolerancia a la densidad de siembra del maíz y los mecanismos subyacentes a la mejora del rendimiento determinó que el rendimiento aumenta al incrementar el número de plantas ha⁻¹. A 126 000 plantas ha⁻¹, se obtuvo 14,23 Mg ha⁻¹ (Quevedo *et al.*, 2015).

Cubillán (s.f) concluye que, a densidades mayores, mayor rendimiento; obtuvo 11,69 Mg ha⁻¹ a una densidad de 112 500 plantas ha⁻¹ y 14,8 Mg ha⁻¹ a 90 000 plantas ha⁻¹, respectivamente.

Ortiz (2021) evaluó en los años 2015-2016 en el campo experimental del Centro de Investigación Pecuaria de Itapúa (CIPI) en Panamá, densidades de siembra y distintas dosis de nitrógeno y concluye que el mayor rendimiento se alcanza con 64 215 plantas ha⁻¹ en interacción con una dosis de 220 kg N ha⁻¹

En el 2022, Vera y Vera comprobó que con 62 500 plantas ha⁻¹ y aplicación de fertilización edáfica (180 kg N ha⁻¹) complementada con fertilización foliar logró obtener 8 Mg ha⁻¹. Además (Medina *et al.*, 2018), argumenta que el rendimiento en el maíz es influenciado por aspectos genéticos, ambientales y su interacción con la fertilización; con 110 kg N ha⁻¹ y 70 000 plantas ha⁻¹ obtuvo un rendimiento de 13,7 Mg ha⁻¹,

Pérez *et al.* (2022) evaluaron 3 densidades de siembra: 120 000, 100 000 y 80 000 plantas ha⁻¹; obtuvo mejores resultados con la densidad más baja, en la cual se presentaron un promedio de 2 mazorcas por plantas y el mayor peso de granos; concluye que 80 000 plantas puede ser la densidad más adecuada.

En el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se estudió dosis de nitrógeno (180 y 240 kg N ha⁻¹) y densidades (60 000, 80 000 y 100 000 plantas ha⁻¹) obteniendo rendimiento promedio de grano alrededor de 12,6 Mg ha⁻¹; mostraron mayor potencial de producción de grano a mayor densidad de plantas, es decir rendimiento de 13,3 Mg ha⁻¹ con una densidad de 100 000 plantas ha⁻¹ (Ramos y Castañeda, 2010).

Pedersen y Lauer (2003) describen un rendimiento de 12 Mg ha⁻¹ de maíz con 196 kg N ha⁻¹ y 86 000 plantas ha⁻¹ dispuestas con una distancia entre surcos de 0,76 m. Además, indican que los surcos más estrechos tenían un rendimiento menor.

1.3 Sostenibilidad

La agricultura sustentable es el sistema integrado de prácticas de producción de plantas y animales con el objetivo de satisfacer la alimentación humana, mejorar la calidad del ambiente, hacer un uso eficiente de los recursos no renovables, mejorando la calidad de vida de los agricultores y la sociedad como un todo (Osorio, 2008).

Los procesos sustentables pasan por un abordaje holístico y por la necesidad de construcción colectiva de una red de interacciones, que la ciencia académica se presenta con serias limitaciones para responder a los grandes desafíos de la sociedad moderna (Hasang *et al.*, 2021).

La producción agropecuaria contribuye al desarrollo sostenible; en el aspecto social, producir alimentos a precios razonables y generar empleos; en lo ambiental, al usar de manera eficiente los recursos renovables y no renovables minimizando los de contaminación; en el aspecto económico, generando riqueza promoviendo el comercio de alimentos (Rizo *et al.*, 2017).

La agricultura sustentable implica el manejo y conservación de los recursos naturales y tecnológicos, proporciona un rendimiento constante a largo plazo (Benavides *et al.*, 2019); se basa en la manipulación del suelo, en el caso de la fertilidad se debe retornar la cantidad de nutrientes que extrae las plantas, programando una adecuada fertilización fraccionada la cual repercutirá un aprovechamiento más eficaz de los nutrientes (Villalva y Fuentes, s.f).

Para lograr el desarrollo sostenible es necesario ser competitivos dentro del mercado, considerar la relación suelo-clima, costos de producción y acceso a mercados, cuidar el cultivo

implementando buenas prácticas agrícolas. En el caso del maíz, se debe procurar la conservación de los recursos, en especial el suelo, mejorando continuamente la fertilidad incorporando al suelo los restos del cultivo anterior para obtener una descomposición uniforme de los residuos, el control natural de malezas, insectos y enfermedades, gracias a la acción de microorganismos nativos del suelo (Zambrano *et al.*, 2021).

El desarrollo sostenible, es un constante proceso de cambio, donde la explotación de los recursos naturales, la dirección de la inversión, el progreso científico tecnológico y la mutua interdependencia entre sistema natural y desarrollo debe permitir satisfacer las necesidades sociales presentes y futuras (Martínez, 2009).

La aplicación de fertilizantes considerando el balance de nutrientes constituye un pilar fundamental de la agricultura sustentable. El conocimiento de los niveles de productividad de los suelos y la utilización de mayores dosis de fertilizantes, teniendo en cuenta la residualidad de los nutrientes, permite mejorar el manejo y la eficiencia en el aprovechamiento, siendo aspectos fundamentales para lograr un mejor manejo de la fertilización que permita un óptimo aprovechamiento de los recursos naturales (Berardo, 2004).

El manejo y uso responsable de fertilizantes, el uso de nuevas tecnologías en la búsqueda de recomendaciones de dosificación y fuente de fertilizante N-P (Saynes *et al.*, 2019) en el sector agrícola, garantizan la sostenibilidad de la agricultura, maximizar la productividad de los cultivos y minimizar los impactos negativos en el medio ambiente; asegura que las futuras generaciones produzcan alimentos de manera eficiente y ambientalmente responsable (CultiVida, 2023).

La identificación de deficiencias nutricionales, fertilización balanceada y programas de fertilización, deben basarse en los resultados del análisis de suelo, el rendimiento esperado (acorde a la variedad, manejo y nivel de tecnificación), fertilizantes disponibles (N, P K, Ca y Mg), frecuencia de aplicación, área, tipo de cultivo y precios de los fertilizantes son alternativas para el manejo sostenible de la fertilización de los suelos y la nutrición vegetal (FAO, 2022).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la finca Regina ubicada en el recinto Bajada de Colonche, parroquia Colonche, a una altura aproximada de 50 msnm, con coordenadas geográficas 2°, 00',22" de Latitud Sur 80°,35', 52" de Longitud Oeste (Fig. 1), topografía con pendiente inferior a 2%.

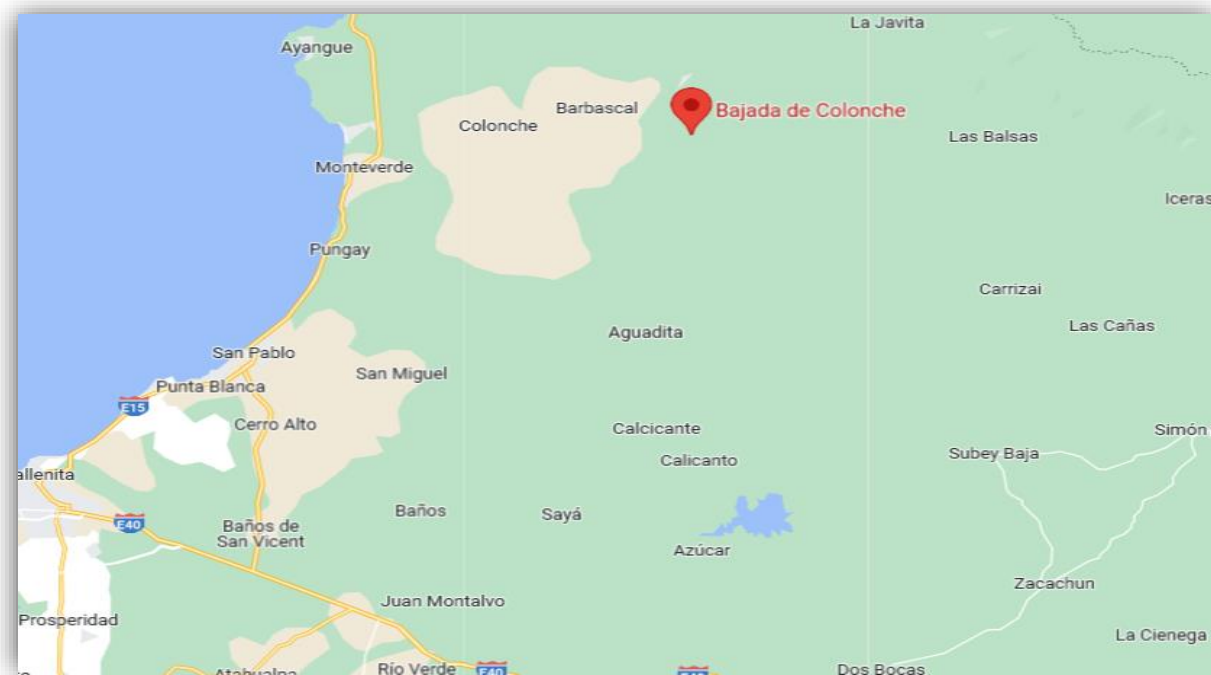


Figura 1. Ubicación del experimento (Google Maps, 2023)

El experimento se llevó a cabo desde junio a diciembre de 2023. Las condiciones climatológicas se reflejan en la Tabla 3.

Tabla 3. Climatología de la finca Regina

| Promedio | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura °C | 21 | 20 | 19 | 19 | 20 | 21 | 23 |
| Precipitación mm | 10,6 | 5,5 | 0,8 | 1,0 | 1,8 | 6,0 | 15,7 |
| Humedad % | 98 | 96 | 88 | 88 | 90 | 93 | 94 |

Fuente: (Inamhi, 2023)

El suelo donde se realizó el experimento presentó una textura franco-arcillosa con bajos niveles de materia orgánica, pH ligeramente alcalino y capacidad de intercambio catiónico (C.I.C) de 53 meq/100 g de suelo, los elementos (NH₄, Zn, Fe, Mn) se encuentran en niveles bajos, cobre en nivel medio y en niveles altos (P, K, Ca, Mg, S, B); la suma de bases 21.08, y la relación de estas se sitúan en nivel medio. El análisis de salinidad en extracto de pasta de suelos indica conductividad eléctrica (C.E.), 3.57 equivalente a un suelo ligeramente salino que puede reducir las cosechas de cultivos sensibles (Tabla 4).

Tabla 4. Características agroquímicas del suelo previo al inicio del experimento en el cultivo de maíz (*Zea mays*)

| Análisis de suelo | | | |
|---|----------------|--------------------|---------------|
| pH | 8,6 Al | | |
| *NH₄ | 6 B | | |
| *P | 76 A | | |
| K | 1543 A | | |
| *Ca | 4321 A | | |
| *Mg | 691 A | | |
| *S | 36 A | | |
| *Zn | 1.8 B | | |
| Cu | 6.4 A | | |
| *Fe | 3 B | | |
| *Mn | 3.0 B | | |
| *B | 0.92 M | | |
| Clase Textural: Franco-Arcilloso | | | |
| *M.O. (%) | 0.6 B | | |
| meq/100ml | | | |
| K | *Ca | *Mg | ∑Bases |
| 3.96 A | 21.61 A | 5.69 A | 31.25 |
| Ca/Mg | Mg/K | Ca + Mg / K | |
| 3.80 M | 1.44 B | 6.90 B | |

2.2 Material genético

Para la evaluación comparativa se utilizaron híbridos de maíz comerciales como el ADV Dorada 9735, ADV Azor y ARG 8500 T cuyas principales características agronómicas se presentan a continuación:

Advanta dorada 9735 (Moreira, 2019).

- La planta puede alcanzar un desarrollo de altura de 240 cm
- Días a cosecha: 125 a 140 días

- Uniformidad de las mazorcas con tamaños de 20 a 22 centímetros
- Número de hileras: alrededor de 16 a 18 por mazorca
- Número de granos: 38 a 42 por hileras
- El grano que se desarrolla en este híbrido es de tipo Semi - Cristalino con un color amarillo - naranja.
- Efecto bisagra que cierra la punta de la mazorca evitando el daño por las lluvias.
- Rendimiento promedio: 250 a 300 quintales ha⁻¹
- Densidad: 62 500 plantas ha⁻¹

Advanta azor (Castro y Fuentes, 2022).

- Buen potencial de rendimiento.
- Es de multipropósito: (Choclo, ensilaje o grano)
- Buen arranque del cultivo.
- Rusticidad.
- Tolerante a enfermedades.
- Buena calidad de grano.
- Tipo de grano amarillo semi cristalino
- Altura Planta 2,58 a 3,04 m
- Número de hileras: 16-18
- Granos por hilera: 38-42.
- Días a cosecha de ensilaje: 85 a 100 días.
- Días a cosecha de grano: 128 a 156 días.
- Rendimiento promedio: 220 quintales, 55 t de forraje
- Densidad: 60 000 plantas ha⁻¹.

Arg 8500 T (Argenetics, s. f.).

- Tipo de híbrido: Tropical
- Altura de planta: 191
- Altura de inserción: 85
- Emergencia a floración: 53 días

- Emergencia a madurez de cosecha: 125 días
- Tipo de espiga: Cilíndrica-cónica
- Hileras: 18-20
- Tipo y color de grano: Duro/Colorado
- Comportamiento a roya: Tolerante
- Comportamiento a *Helminthosporium*: Tolerante
- Comportamiento a MDRC: Buena Tolerancia
- Fortaleza de tallo y raíz: Excelente
- Potencial de rendimiento: Alto
- Estabilidad: Muy buena
- Densidad a cosecha: Verano 55.000 Plantas ha⁻¹.

2.3 Tipo de investigación

La presente investigación fue aplicada. En base al estado del arte existente se buscó solucionar un problema como es el bajo rendimiento de los productores de maíz en el valle del río Javita; es explicativa porque las diferentes poblaciones y dosis de nitrógeno permitirán sostener la esperanza matemática (hipótesis) de incrementar el rendimiento.

Es una investigación cuantitativa pues los datos de las variables agronómicas y de rendimiento fueron procesadas mediante métodos estadísticos matemáticos e informáticos lo que permitió cuantificar el problema de investigación. Es experimental pues se tiene control total sobre las variables independientes (poblaciones, densidades, dosis de nitrógeno, dosis de microelementos) y variables dependientes (altura de planta, longitud de la hoja, ancho de hoja, diámetro del tallo, número de hileras en la mazorca, número de granos por línea, peso de mil semillas, rendimiento por hectárea, etc.)

Según el tipo de inferencia es una investigación hipotética – deductiva: formulación de un modelo hipotético mediante una inducción a partir de los datos y deducción a partir de las consecuencias obtenidas se aceptará o rechazará una hipótesis estadística planteada (Monje, 2011).

2.4 Diseño de investigación

El diseño de experimentos verdaderos analiza causa y efecto entre variables independientes y dependientes. Se evaluaron tres híbridos comerciales, tres densidades poblacionales, tres dosis de nitrógeno y tres dosis de microelementos (Tabla 5); con tres repeticiones. Los tratamientos estuvieron dispuestos en un arreglo L9, 3⁽⁴⁾ según Taguchi (Zapata y Sarache, 2014) que comprende cuatro factores con tres niveles cada uno, todos ellos dispuestos en Diseño de Bloques Complemente al Azar. Los datos fueron procesados en el software Infostat, versión profesional para Windows y cuando hubo diferencias significativas se comparó las medias mediante el test de Tukey ($\leq 0,05$).

Tabla 5. Factores y niveles del proyecto Densidad poblacional y fertilización nitrogenada en la producción sostenible de maíz en el valle del río Javita

| Factores | Niveles en estudio | | |
|-------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Material Genético | Hibrido 1 (Advanta Dorada 9735) | Hibrido 2 (Advanta azor) | Hibrido 3 (Arg 8500) |
| Población | 90 000 plantas ha ⁻¹ | 120 000 plantas ha ⁻¹ | 150 000 plantas ha ⁻¹ |
| Nitrógeno | 200 kg ha ⁻¹ | 250 kg ha ⁻¹ | 300 kg ha ⁻¹ |
| Microelementos | Metalosato 2 L ha ⁻¹ | Metalosato 3 L ha ⁻¹ | Metalosato 4 L ha ⁻¹ |

En Ecuador se usa distancias de siembra de acuerdo a la región, generalmente alrededor de 15 a 20 kg ha⁻¹ dispuestas a distancia de 75 a 100 cm entre surco y 20 a 25 cm entre plantas. La profundidad de siembra está en función a la textura del suelo (FAO, s. f.).

Chim *et al.* (2014) probaron el efecto de diferentes distancias entre plantas (0,16, 0,32 y 0,48 m) y 0,76 m entre hileras; los mejores rendimientos se obtuvieron con distancias 0,16 m entre plantas, 11,3 t ha⁻¹; y con 0,32 m entre plantas, 6,5 t ha⁻¹, por lo que afirman que, al aumentar la densidad de plantas, se incrementa el rendimiento de grano.

El espaciamiento de semillas afecta la estructura de las plantas, intercepción de luz, eficiencia de uso de la radiación y en consecuencia, afecta la acumulación de biomasa y el rendimiento de grano además para determinar la densidad se considera factores: finalidad (silo o grano), híbrido, manejo, condiciones ambientales y la capacidad económica del agricultor (Alvarado *et al.*, 2011)

Para determinar las dosis de nitrógeno, se trabajó con los promedios de rendimientos esperados en cada nivel de fertilización nitrogenada, a partir de los criterios de (Castillo, 2015) quien menciona que para producir una tonelada de grano se requiere aproximadamente de 20 a 25 kg de N ha⁻¹. Por ello, para producir por ejemplo 10 t ha⁻¹ de grano, el cultivo de maíz debería disponer de 200 a 250 kg de N ha⁻¹.

Los requerimientos (cantidad total de nutriente absorbida por el cultivo) y la extracción en grano de los nutrientes esenciales para producir una tonelada de grano de maíz son muy diversos y se reflejan en numerosas referencias nacionales e internacionales y depende de una marcada variabilidad según ambiente y manejo del cultivo. Por ejemplo para producir 1,2 t ha⁻¹ se necesita absorber aproximadamente 264 kg ha⁻¹ de nitrógeno (García, 2008).

Para satisfacer los requerimientos del cultivo de maíz, se requiere altas cantidades de N para la formación del grano. La cantidad de N que requiere el cultivo de maíz para producir una tonelada de grano y la estructura vegetativa es de 20 a 29 kg de N ha⁻¹ (Álvarez *et al.*, 2015)

Por lo tanto los tratamientos compuestos según Taguchi (Zapata y Sarache, 2014), se observan en la Tabla 6.

Tabla 6. Tratamientos del experimento "Densidad poblacional y fertilización nitrogenada en la producción sostenible de maíz en el valle del río Javita"

| Tratamientos | Descripción | | | | Código* |
|--------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----|----------|
| T1 | Hibrido 1 (ADV Dorada 9735) | 90 000 plantas h ⁻¹ | 200 kg ha ⁻¹ | 2 L | H1D1N1d1 |
| T2 | Hibrido 1 (ADV Dorada 9735) | 120 000 plantas h ⁻¹ | 250 kg ha ⁻¹ | 3 L | H1D2N2d2 |
| T3 | Hibrido 1 (ADV Dorada 9735) | 150 000 plantas h ⁻¹ | 300 kg ha ⁻¹ | 4 L | H1D3N3d3 |
| T4 | Hibrido 2 (ADV Azor) | 90 000 plantas h ⁻¹ | 250 kg ha ⁻¹ | 4 L | H2D1N2d3 |
| T5 | Hibrido 2 (ADV Azor) | 120 000 plantas h ⁻¹ | 300 kg ha ⁻¹ | 2 L | H2D2N3d1 |
| T6 | Hibrido 2 (ADV Azor) | 150 000 plantas h ⁻¹ | 200 kg ha ⁻¹ | 3 L | H2D3N1d2 |

| | | | | | |
|-----------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----|----------|
| T7 | Hibrido 3 (ARG 8500T) | 90 000 plantas h ⁻¹ | 300 kg ha ⁻¹ | 3 L | H3D1N3d2 |
| T8 | Hibrido 3 (ARG 8500T) | 120 000 plantas h ⁻¹ | 200 kg ha ⁻¹ | 4 L | H3D2N1d3 |
| T9 | Hibrido 3 (ARG 8500T) | 150 000 plantas h ⁻¹ | 250 kg ha ⁻¹ | 2 L | H3D3N2d1 |

*H-Híbrido; D- Densidad; N-dosis Nitrógeno; d- dosis metalosato

2.5 Método de muestreo

El presente experimento tuvo como características parcelas rectangulares de 8 m x 14 m, con efecto de borde de 1 metro por ambos extremos; hubo 27 unidades de muestreo (parcelas experimentales) donde se sembró 7 líneas a un metro entre hileras y diferentes distancias entre plantas (0,13; 0,17 y 0,22 cm) dispuestas en hilera doble.

2.6 Variables experimentales

Durante el crecimiento del cultivo

Previo a medir las variables agronómicas (altura, diámetro, longitud y ancho de hoja) se procedió a identificar o etiquetar 10 plantas en las líneas centrales de cada parcela.

- **Altura de planta (m);** posteriormente de la selección de las plantas se midió la altura con un flexómetro Stanley a los 20, 40 y 60 dds.
- **Diámetro del tallo (cm);** con un calibrador vernier digital Stanley, se midió el diámetro del tallo a 50 cm del nivel del suelo. A los 20,40 y 60 dds.
- **Longitud de la hoja (m);** se midió la longitud de la hoja desde la lígula hasta la punta de la hoja con un flexómetro Stanley a los 20, 40 y 60 dds.
- **Ancho de la hoja (cm);** se midió el ancho de la hoja de la parte media de la hoja con un flexómetro Stanley. A los 20, 40 y 60 dds.

Variables de rendimiento

Se escogieron 15 mazorcas para tomar cada una de las variables relacionadas con el rendimiento

- **Longitud de la mazorca (cm);** las mazorcas fueron retiradas de la planta durante la cosecha y separadas en bolsas, posteriormente para despajar y proceder a la medición de longitud con un flexómetro Stanley.
- **Diámetro de la mazorca (cm);** se midió esta variable en la parte media de la mazorca con el calibrador vernier Stanley.
- **Número de líneas de grano mazorca⁻¹;** se contabilizó el número de hileras en cada una de las 15 mazorcas de cada unidad experimental.
- **Número de granos línea⁻¹;** Para efecto de esta variable de las mazorcas utilizadas para la anterior evaluación, se contabilizaron el número de granos por hilera en cada una de las mazorcas.
- **Grano mazorca⁻¹;** para calcular el número total de grano mazorca-1 se realizó la siguiente operación (Tamuji, s.f):

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

- **Peso de 1000 granos (g);** Por cada unidad experimental se seleccionaron al azar 1000 semillas, las cuales se pesaron en una balanza digital free home style y se expresó los resultados en gramos. Posteriormente se midió el contenido de humedad del grano para ajustar el rendimiento hasta un 14% a partir de la siguiente expresión (Sánchez, s. f.):

$$PF = PI (100 - HI) / (100 - HF)$$

Donde:

PI = peso inicial de 1000 granos (kg/ha)

PF = peso final (kg/ha)

HI = % de humedad inicial en el grano

HF = % de humedad final a la que se desea ajustar el rendimiento (14 %).

Luego se calculó el número de granos por kilo de la siguiente forma:

Granos/kg= (1 kilo expresado en g) × (1000 *granos*) / (peso de 1000 granos).

- **Rendimiento;** Se determinó después de obtener todos los datos a partir de la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = \frac{\text{plantas}}{\text{ha}} \times \frac{\text{mazorcas}}{\text{plantas}} \times \frac{\text{granos}}{\text{mazorca}} \times \frac{1}{\text{num.granos por kilo}}$$

Análisis económico

Según CIMMYT (1988), el paso inicial para realizar un análisis económico de ensayos en campo es calcular los costos que varían para cada uno de los tratamientos, que implica rendimiento, beneficio bruto, beneficio neto, dominancia y tasa de retorno marginal.

El análisis de los costos de este estudio se realizó mediante el presupuesto parcial, proporcionando información para tomar decisiones en el proceso de la investigación, basándonos en las diferentes tecnologías de la producción (Horton, 1982).

2.7 Manejo del experimento

Preparación del suelo; se realizó la preparación con arado y rastra con anticipación, a fin de dejar el terreno listo y facilitar la germinación de las semillas, luego se organizó los bloques y parcelas, para después proceder con la instalación del sistema de riego por goteo.

Siembra; Previamente, las semillas fueron curadas con el insecticida “Semeprid”, en dosis de 25 cc por cada kg de semilla, para evitar en el suelo el ataque de insectos trozadores; la siembra se realizó de forma manual con espeques, depositando la respectiva semilla de los híbridos en las parcelas a diferentes distancias entre plantas y a doble hilera.

Densidad poblacional; la distancia entre surco fue de 1 m y distancias entre plantas de 0,13 m; 0,17 m y 0,22 m a doble hilera; de esta manera se obtuvo densidades de 90 000, 120 000 y 150 000 plantas ha⁻¹.

Fertilización; se realizó en 3 etapas del cultivo; la primera en V2 (20 %), la segunda en V6 (40%) y tercera aplicación en V12 (40%).

Para determinar la dosis de fertilización se utilizó la ecuación de (Sifuentes *et al.*, 2015):

$$\text{Dosis} = \frac{\text{Demanda} - \text{Suministro}}{\text{Eficiencia}}$$

Donde: demanda, representa el requerimiento de cada nutriente (kg ha⁻¹); suministro se refiere al aporte nutrimental del suelo (de acuerdo al análisis de suelo se transforma 6 ppm a kg ha⁻¹ lo que representa 21,6 kg N ha⁻¹) y la eficiencia el grado de aprovechamiento del nutriente que

depende del sistema de riego, en este caso se consideró 80 % de acuerdo con Castellanos *et al.* (2019) que para riego por goteo recomienda 75-85%.

Se utilizó tres dosis: 200, 250 y 300 kg de N ha⁻¹, siendo la fuente de Nitrógeno el sulfato de amonio (NH₄)₂ SO₄:

- Para N₂₀₀ = 222,75 kg de (NH₄)₂ SO₄
- Para N₂₅₀ = 285,25 kg de (NH₄)₂ SO₄
- Para N₃₀₀ = 347,45 kg de (NH₄)₂ SO₄

Riego; Cintas de riego con goteros 1L h⁻¹ cada 0,20 m.

Control de malezas; Para el control de malezas, se aplicó Callisto Xtra, herbicida post-emergente al cultivo y a la maleza, compuesto de dos ingredientes activos: Mesotrione + Atrazina en dosis de 1litro ha⁻¹.

Control de plagas y enfermedades; se realizó monitoreos constantes para contrarrestar las plagas en el momento adecuado; se aplicó xentari, insecticida biológico selectivo cuyo ingrediente activo es *Bacillus thuringiensis* en dosis de 500 g ha⁻¹.

Toma de variables agronómicas; se procedió a colocar las cintas de identificación a las plantas en las líneas centrales, las cuales fueron evaluadas a los 20 dds (27 de julio, 2023), 40 dds (16 de agosto) y a los 60 dds (5 de septiembre).

Cosecha; Manual cuando las mazorcas alcanzaron la madurez fisiológica, se tomó el porcentaje de humedad a los diferentes híbridos con AgraTronix probador de humedad portátil de humedad de grano MT-16 dando como resultados para el H1(ADV Dorada) 30,2%; H2 (ADV Azor) 24,2% y H3 (ARG 8500T) 29,8%.

Toma de variables de rendimiento; se procedió a medir 15 mazorcas por cada unidad experimental, se midió longitud y diámetro, se contabilizó las hileras y granos hileras-1, luego se pesó las mazorcas con tusa, los granos sin tusa y 1000 granos.

Análisis de Taguchi; luego del análisis de datos, se realizó un análisis regular de medias de Taguchi del tratamiento 1 al 9 con la finalidad de predecir y establecer el tratamiento óptimo cumpliendo los siguientes pasos:

- **Elaboración de la tabla de respuestas.** - Se elaboró usando las medias y separando los efectos factoriales por cada factor y nivel.
- **Gráficas factoriales.** - Es la representación de los efectos individuales de cada factor usando una gráfica de barras.
- **Combinación óptima.** - La combinación óptima de los factores y niveles se deriva de la tabla de respuestas. Si se tratara de variables experimentales como: rendimiento, beneficio neto o producción de biomasa la respuesta “mayor es mejor”, es lo deseable.
- **Predicción de la máxima respuesta.** - La predicción de la respuesta máxima se estimó asumiendo que los efectos son aditivos a partir de la “media de medias”, adicionando los efectos parciales de cada nivel en estudio por factor, según la tabla de respuesta y la combinación optima definida.

La predicción se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Predicción} = \bar{Y} + \sum(A_i - \bar{Y}) + (B_j - \bar{Y}) + (C_k - \bar{Y}) + (D_z - \bar{Y})$$

Donde:

\bar{Y} = Media de factores

A_i : Media del i por nivel óptimo del factor A

B_j : Media del j por nivel óptimo nivel del factor B

C_k : Media del k por nivel óptimo nivel del factor C

D_z : Media del z por nivel óptimo del factor D

Análisis económico; Se obtuvo siguiendo la metodología del CIMMYT (presupuesto parcial), que considera los siguientes aspectos:

El presupuesto parcial constara de los promedios de rendimientos de los niveles, los costos que varían que incluyen los costos relacionados con el cambio de los niveles de cada uno de los factores

- **Análisis de dominancia;** se efectúa primero, ordenando los tratamientos de menores a mayores totales de costos que varían. Se dice entonces que un tratamiento es dominado

cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos.

- **Análisis marginal;** para calcular la tasa de retorno marginal, que es el beneficio neto marginal (es decir, el aumento en beneficios netos) dividido por el costo marginal (aumento en los costos que varían), expresada en un porcentaje. Se examinará la tasa de retorno de cambiar de un nivel a otro.
- **Tasa de retorno mínima aceptable,** la mayoría de las situaciones, la tasa de retorno mínima aceptable para el agricultor se sitúa entre el 50 y el 100%. Si la tecnología es nueva para el agricultor y además requiere que este adquiera nuevas habilidades, una tasa de retorno mínima del 50% constituye una estimación razonable para el presente ensayo.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Altura y diámetro de la planta

La valoración estadística de la variable altura de planta, indicó que hubo diferencias significativas ($\leq 0,05$) en todos los periodos evaluados. A los 60 días (Tabla 7) se observa que los híbridos que obtuvieron el mayor promedio de altura fueron: T4 (ADV Azor, 90, 250 kg N, 4L Metalosato multimineral) y T1(ADV Dorada, D90, N₂₀₀ y 2L Metalosato multimineral) con 2,35 m. Estos resultados concuerdan con lo que reportó (García, 2023) que encontró una altura de 2,59 m con una dosis de 187 kg de nitrógeno. Sánchez *et al.* (2023), estudió el efecto de la densidad y fertilización de híbridos de maíz en las cuales las plantas alcanzaron un promedio de 2,12 m.

En Brasil, aseguran que la altura de planta de maíz es influenciada por dosis creciente de Nitrógeno, es decir la altura de planta aumenta, cuando aumenta la dosis de nitrógeno (Soares, 2003); también, cuando se investigó tres densidades de siembra y diferentes niveles de fertilización nitrogenada, en la primera campaña (2015), se observó un leve aumento de la altura de planta en densidad baja (30 000 plantas ha⁻¹), mientras que en la segunda campaña (2016) la mayor altura se obtuvo con densidad de plantas intermedias (50 000 plantas ha⁻¹) (Ortiz, 2021). Esto concuerda con Yasari *et al.* (2012) quienes indicaron que altas densidades de plantas influyen significativamente en el aumento de altura de la planta y podría deberse a la competencia por luz y nutrientes, por lo consecuente la altura es influenciada por las mayores densidades.

También Jurado (2022) describe, que los genotipos de maíz, presentan distintas variaciones en el crecimiento según las localidades; si las condiciones climáticas son favorables, tienen mejor actividad fotosintética e induce un óptimo crecimiento y desarrollo.

El diámetro del tallo a los 60 días (Tabla 7) muestra diferencias significativas entre los tratamientos y sus medias varían de 2,72 a 3,27 cm, valores cercanos a lo reportado por Pérez *et al.* (2022) quien obtuvo promedios de 3,44 m con una densidad alta (120 000 plantas), mientras que, con 80 000 plantas, se alcanzó mayor diámetro (4 cm). Martínez y Pérez (2004) mencionan que el diámetro del tallo se ve afectado por las altas densidades debido a la competencia por luz provocando alargamiento del tallo y reducción del tallo; a medida que aumenta la densidad de 50 000 plantas ha⁻¹ a 126 000 plantas ha⁻¹, el diámetro de la planta de maíz fue disminuyendo.

Tabla 7. Medias de los tratamientos, de las variables altura de planta y diámetro del tallo

| Tratamientos* | Altura de planta (m) | | | Diámetro del tallo (cm) | | |
|--|----------------------|----------|---------|-------------------------|---------|----------|
| | 20 días | 40 días | 60 días | 20 días | 40 días | 60 días |
| T1: H1 D90 N ₂₀₀ 2L Metalosato | 0,33 ab | 1,25 c | 2,35 b | 1,56 ab | 2,98 a | 3,14 ab |
| T2: H1 D120 N ₂₅₀ 3L Metalosato | 0,35 ab | 1,27 bc | 2,32 c | 1,68 a | 2,75 b | 2,90 bc |
| T3: H1 D150 N ₃₀₀ 4L Metalosato | 0,33 ab | 1,33 abc | 2,32 c | 1,52 ab | 2,74 b | 3,12 ab |
| T4: H2 D90 N ₂₅₀ 4L Metalosato | 0,42 ab | 1,45 a | 2,35 a | 1,49 ab | 2,98 a | 3,27 a |
| T5: H2 D120 N ₃₀₀ 2L Metalosato | 0,37 ab | 1,45 ab | 2,26 d | 1,49 ab | 2,97 a | 3,24 a |
| T6: H2 D150 N ₂₀₀ 3L Metalosato | 0,42 a | 1,44 ab | 2,25 d | 1,74 a | 2,50 e | 2,72 c |
| T7: H3 D90 N ₃₀₀ 3L Metalosato | 0,33 ab | 1,3 abc | 2,23 e | 1,52 ab | 2,98 a | 3,26 a |
| T8: H3 D120 N ₂₀₀ 4L Metalosato | 0,32 a | 1,24 c | 2,19 g | 1,27 b | 2,70 c | 2,95 abc |
| T9: H3 D150 N ₂₅₀ 2L Metalosato | 0,32 ab | 1,27 bc | 2,23 f | 1,45 ab | 2,64 d | 3,02 abc |
| Cv | 10,16 | 4,53 | 0,08 | 9,17 | 0,36 | 3,76 |
| p (≤0,05) | 0,0101 | 0,0010 | 0,0001 | 0,0375 | 0,0001 | 0,0003 |

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

*H1- Híbrido ADV Dorada; H2 – Híbrido ADV Azor, H3- Híbrido ARG 8500T

D90, D120, D150 – 90 000, 120 000, 150 000 plantas ha⁻¹

N₂₀₀, N₂₅₀, N₃₀₀ -Dosis Nitrógeno ha⁻¹

3.2 Longitud de la hoja (m) y ancho de la hoja (m)

La longitud de la hoja a los 20 y 40 días no presentó diferencias significativas (Tabla 8). A los 60 días el tratamiento con mayor longitud varió entre 1,11 m T1 (ADV Dorada, D90, N200 y 2L Metalosato) y 0,99 m T8 (ARG 8500T, D120, N200 y 4L Metalosato). Esto concuerda con los resultados de Rahayu *et al.* (2019) quienes indican que la dosis también afectó la longitud de la hoja, donde la dosis más alta de nitrógeno aumentó la longitud. La longitud mayor de la hoja se obtuvo con 275 kg N ha⁻¹, mientras que la hoja más corta se obtuvo con la aplicación de 25 kg N ha⁻¹

El comportamiento agronómico en la variable ancho de la hoja (Tabla 8) en los tratamientos mostró diferencias significativas ($\leq 0,05$). Estos resultados concuerdan con Rahayu *et al.* (2019) quienes indican que al aumentar la dosis de nitrógeno de 25 kg N ha⁻¹ a 275 kg N ha⁻¹ aumentó el ancho de la hoja. La aplicación de nitrógeno a 275 kg N ha⁻¹ también produjo hojas más anchas en comparación con otras dosis.

Yuan *et al.* (2021) menciona que la aplicación alta de fertilizantes en la etapa de crecimiento conduce al crecimiento excesivo del maíz en las primeras etapas de crecimiento y aumenta la tasa de senescencia de las hojas en la última etapa de crecimiento.

Tabla 8. Medias de los tratamientos, de las variables longitud y ancho de hoja

| Tratamientos* | Longitud de las hojas (m) | | | Ancho de la hoja (m) | | |
|--|---------------------------|---------|----------|----------------------|----------|----------|
| | 20 días | 40 días | 60 días | 20 días | 40 días | 60 días |
| T1: H1 D90 N ₂₀₀ 2L Metalosato | 0,43 a | 0,96 a | 1,11 a | 0,04 b | 0,08 c | 0,10 c |
| T2: H1 D120 N ₂₅₀ 3L Metalosato | 0,42 a | 0,94 a | 1,07 a | 0,04 b | 0,09 bc | 0,11 bc |
| T3: H1 D150 N ₃₀₀ 4L Metalosato | 0,45 a | 0,93 a | 1,07 a | 0,05 ab | 0,10 abc | 0,11 abc |
| T4: H2 D90 N ₂₅₀ 4L Metalosato | 0,41 a | 0,97 a | 1,08 a | 0,06 a | 0,10 ab | 0,11 a |
| T5: H2 D120 N ₃₀₀ 2L Metalosato | 0,43 a | 0,96 a | 1,06 abc | 0,05 ab | 0,10 ab | 0,12 abc |
| T6: H2 D150 N ₂₀₀ 3L Metalosato | 0,47 a | 0,96 a | 1,05 abc | 0,05 ab | 0,11 a | 0,12 ab |
| T7: H3 D90 N ₃₀₀ 3L Metalosato | 0,43 a | 0,92 a | 1,04 bcd | 0,04 b | 0,10 ab | 0,13 a |
| T8: H3 D120 N ₂₀₀ 4L Metalosato | 0,46 a | 0,92 a | 0,99 d | 0,04 b | 0,10 abc | 0,11 bc |
| T9: H3 D150 N ₂₅₀ 2L Metalosato | 0,44 a | 0,91 a | 1,01 a | 0,04 ab | 0,10 abc | 0,11 bc |
| Cv | 8,93 | 2,92 | 1,97 | 10,95 | 7,61 | 5,63 |
| p ($\leq 0,05$) | 0,698 | 0,1561 | 0,0001 | 0,0078 | 0,0012 | 0,0030 |

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

*H1- Híbrido ADV Dorada; H2 – Híbrido ADV Azor, H3- Híbrido ARG 8500T
D90, D120, D150 – 90 000, 120 000, 150 000 plantas ha⁻¹
N₂₀₀, N₂₅₀, N₃₀₀ -Dosis Nitrógeno ha⁻¹

3.3 Longitud de la mazorca y diámetro de la mazorca (cm)

El análisis de varianza señala que el tratamiento T1 (ADV Dorada, D90, N₂₀₀ y 3% Metalosato) se destaca con 18,80 cm (Tabla 9). Lourente *et al.* (2007) encontraron un efecto significativo en longitud de mazorca (promedio de 18,12 cm, a una dosis de 200 kg ha⁻¹ de N) y se puede explicar en el efecto de diversos factores principalmente el lugar, el clima y la genética utilizada. También Martínez y Pérez (2004) mostraron que la longitud de mazorca es afectada por los factores densidad y dosis de nitrógeno, a medida que aumenta la densidad a 126 000 plantas ha⁻¹ la longitud va disminuyendo. Igualmente Palma (2015) encontró diferencias estadísticas en el factor niveles de fertilización.

En el diámetro de la mazorca todos los tratamientos son iguales, como lo demuestran varios autores que señalan un promedio de 4,9 cm (Cunha *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2023).

Tabla 9. Medias de los tratamientos de las variables longitud y diámetro de la mazorca

| Tratamientos* | Longitud de mazorca (cm) | Diámetro de mazorca (cm) |
|--|--------------------------|--------------------------|
| T1: H1 D90 N ₂₀₀ 2L Metalosato | 18,80 a | 4,80 a |
| T2: H1 D120 N ₂₅₀ 3L Metalosato | 18,57 a | 4,73 a |
| T3: H1 D150 N ₃₀₀ 4L Metalosato | 18,70 a | 4,77 a |
| T4: H2 D90 N ₂₅₀ 4L Metalosato | 17,50 abc | 4,87 a |
| T5: H2 D120 N ₃₀₀ 2L Metalosato | 16,3 bc | 4,87 a |
| T6: H2 D150 N ₂₀₀ 3L Metalosato | 16,17 c | 4,70 a |
| T7: H3 D90 N ₃₀₀ 3L Metalosato | 17,67 abc | 4,83 a |
| T8: H3 D120 N ₂₀₀ 4L Metalosato | 17,80 ab | 4,83 a |
| T9: H3 D150 N ₂₅₀ 2L Metalosato | 17,80 ab | 4,73 a |
| Cv | 2,95 | 1,61 |
| p (≤0,05) | 0,0002 | 0,1238 |

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

*H1- Híbrido ADV Dorada; H2 – Híbrido ADV Azor, H3- Híbrido ARG 8500T
D90, D120, D150 – 90 000, 120 000, 150 000 plantas ha⁻¹
N₂₀₀, N₂₅₀, N₃₀₀ -Dosis Nitrógeno ha⁻¹

3.4 Número de hileras mazorca⁻¹

La valoración estadística indica diferencias significativas, el T1 (ADV Dorada, D90, N₂₀₀ y 2L Metalosato) registró el mayor promedio con 16,53 hileras, Tabla 10.

Barrios y Basso (2018), mencionan que el número de hileras por mazorca fue mayor al aplicar la dosis de 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno para los híbridos DK-1596 y DK-7088 ($P \leq 0,05$) mientras que DK-6004 presentó mayor número de hileras a la dosis 200 kg·ha⁻¹ de N, es decir que seguramente depende del material genético utilizado. Determinaron que la fuente utilizada y la forma de aplicación del fertilizante nitrogenado afectan la respuesta de la planta, es decir la aplicación fraccionada permite un mejor aprovechamiento del nitrógeno por el cultivo, favoreciendo mayores diámetros de mazorca en los tratamientos fertilizados

3.5 Número de granos hilera⁻¹

En la variable número de granos, el T3 (ADV Dorada, D150, N₃₀₀ y 4L Metalosato) generó un promedio mayor de 40,30 granos, Tabla 10.

El número de granos hilera⁻¹ y el número de hilera mazorca⁻¹ constituyen factores importantes en el rendimiento del maíz y son afectados por la fertilización nitrogenada. Si existe un déficit de N en el cultivo puede resultar una disminución de la síntesis de proteínas, produciendo granos con menor contenido de materia seca y por ende menos peso, mazorcas más pequeñas con menor número de hileras de granos (Carter y Petrella, 2013).

Barrios y Basso (2018) encontraron que tanto el número de hileras y el número de granos fueron afectados positivamente por la fertilización nitrogenada, incrementándose en los tratamientos fertilizados con respecto al testigo sin nitrógeno. Santillán (2016) menciona que la disponibilidad de N incrementa el peso del grano, el número de granos por mazorca y el número de hileras por mazorca además que el déficit de nitrógeno disminuye el número de granos por mazorca y el rendimiento total. (Pérez, 2017), menciona que a medida que aumenta el suministro de nitrógeno, las proteínas sintetizadas a partir de los aminoácidos se transforman en crecimiento de las hojas, aumentando la superficie fotosintética. Se ha encontrado una correlación entre la cantidad de nitrógeno suministrado y el área foliar disponible para la fotosíntesis, este efecto se puede evidenciar por el aumento de la síntesis proteica y del protoplasma.

Tabla 10. Medias de los tratamientos, de las variables número de hileras y número de granos

| Tratamientos* | Número hileras | | Número granos | |
|--|-----------------------|-----|----------------------|-----|
| | mazorca ⁻¹ | | hilera ⁻¹ | |
| T1: H1 D90 N ₂₀₀ 2L Metalosato | 16,53 | a | 39,73 | ab |
| T2: H1 D120 N ₂₅₀ 3L Metalosato | 16,43 | ab | 39,80 | a |
| T3: H1 D150 N ₃₀₀ 4L Metalosato | 16,13 | abc | 40,30 | a |
| T4: H2 D90 N ₂₅₀ 4L Metalosato | 15,90 | abc | 38,17 | abc |
| T5: H2 D120 N ₃₀₀ 2L Metalosato | 15,67 | bcd | 36,77 | bcd |
| T6: H2 D150 N ₂₀₀ 3L Metalosato | 15 | d | 35,63 | cd |
| T7: H3 D90 N ₃₀₀ 3L Metalosato | 15,03 | d | 35,17 | cd |
| T8: H3 D120 N ₂₀₀ 4L Metalosato | 16,07 | abc | 34,87 | d |
| T9: H3 D150 N ₂₅₀ 2L Metalosato | 15,47 | cd | 35,07 | d |
| Cv | 1,87 | | 2,78 | |
| p (≤0,05) | 0,0001 | | 0,0001 | |

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

*H1- Híbrido ADV Dorada; H2 – Híbrido ADV Azor, H3- Híbrido ARG 8500T

D90, D120, D150 – 90 000, 120 000, 150 000 plantas ha⁻¹

N₂₀₀, N₂₅₀, N₃₀₀ -Dosis Nitrógeno ha⁻¹

3.6 Peso de la mazorca

El análisis de la varianza (Tabla 11) muestra que las medias poblacionales son iguales; sobresale el tratamiento T5 (ADV Azor, D120 N₃₀₀ y 2L Metalosato) con 347,10 g; este resultado concuerda con Camacho (2019) quien comprobó que la densidad de siembra no influye sobre el peso de mazorca, pero con la densidad 71 429 plantas ha⁻¹ obtuvo la mayor respuesta.

3.7 Peso de 1000 granos

En el peso de 1000 granos de maíz hay diferencias significativas entre tratamientos. Intriago y Torres (2018), encontraron que, con hileras simples no hubo diferencias en el peso cuando se incrementó la densidad; sin embargo, a doble hilera se observó que el incremento de la densidad disminuye un 8% al peso de los granos debido a que las plantas tendrían un menor índice de área foliar. Además, Lemcoff y Loomis (1994) indican que a mayor dosis de fertilización mayor sería el número de granos por mazorca. Veliz (2010) manifiesta que el propósito de fertilización es suministrar una cantidad razonable de nutrientes cuando lo demande el cultivo durante sus diferentes etapas de desarrollo, que la mayor o menor cantidad de granos y su peso es el resultado de la fotosíntesis y la respiración.

3.8 Rendimiento (Mg ha⁻¹)

En el rendimiento se pudo detectar diferencias significativas (0,05); a mayor densidad y mayor dosis de nitrógeno, mayor rendimiento (Tabla 11). Así, el T3 (Advanta dorada con una densidad

de 150 000, una dosis de 300 kg ha⁻¹ de N y 4L Metalosato) se destaca con un promedio de 21,84 Mg ha⁻¹.

Estos resultados son similares a los reportados por Zhai *et al.* (2022) quienes señalan que aumentar la densidad de siembra puede mejorar el rendimiento del maíz y se debe acrecentar la cantidad de nitrógeno aplicado antes de la floración. Con la densidad de 120 000 plantas ha⁻¹ y 378 kg de N ha⁻¹ logró 21,9 Mg ha⁻¹. Además en un cultivo de maíz sembrado a una densidad de 68 640 plantas ha⁻¹ y al ser nutrido con 220 kg de N ha⁻¹ superó en un 5% (13,82 Mg ha⁻¹) al rendimiento del tratamiento con dosis de 150 kg N ha⁻¹ con 13,19 Mg ha⁻¹ de rendimiento (Rillo y Richmond, 2004).

En 2021, Rodríguez alcanzó 10,73 Mg ha⁻¹ con 88 867 plantas ha⁻¹, superó estadísticamente al tratamiento con densidad 66 665 plantas ha⁻¹ que logró 9.57 Mg ha⁻¹, esto es una superioridad de 12.12%.

Obregón y Oviedo (2004), mencionan que el rendimiento es la consecuencia de los efectos densidad y fertilización; concluyen que el rendimiento de cualquier cultivo es el producto de un conjunto de factores, tales como el nivel nutricional del suelo y la competencia entre plantas y malezas, relacionado con el empleo de fertilizantes, aporte de humedad, densidad poblacional, y el potencial de rendimiento de la variedad. Las altas densidades incrementan el índice del área foliar antes de la fecundación, lo que aumenta el proceso de fotosíntesis, explicando el porqué del aumento en el rendimiento, de la misma manera el rendimiento en grano en el maíz se incrementa significativamente al aumentar las dosis de nitrógeno.

La eficiencia de utilización y absorción de nitrógeno de los cereales desempeñan un papel decisivo en el rendimiento. El rendimiento se correlaciona positivamente y significativamente en condiciones de alto contenido de nitrógeno, la contribución varía según la especie, el genotipo, las condiciones ambientales (Ling *et al.*, 2012).

Tabla 11. Medias de los tratamientos, de las variables peso de mazorca, peso de 1000 granos y rendimiento

| Tratamientos* | Peso de la mazorca (g) | Peso de 1000 granos (g) | Rendimiento Mg ha ⁻¹ |
|--|------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| T1: H1 D90 N ₂₀₀ 2L Metalosato | 285,73 a | 305,40 b | 12,72 e |
| T2: H1 D120 N ₂₅₀ 3L Metalosato | 267,20 a | 304,27 b | 16,84 bc |
| T3: H1 D150 N ₃₀₀ 4L Metalosato | 274,40 a | 317,73 ab | 21,84 a |
| T4: H2 D90 N ₂₅₀ 4L Metalosato | 276,27 a | 327,03 ab | 13,41 de |
| T5: H2 D120 N ₃₀₀ 2L Metalosato | 347,10 a | 344,93 a | 17,94 bc |
| T6: H2 D150 N ₂₀₀ 3L Metalosato | 314,10 a | 319,50 ab | 19,24 abc |
| T7: H3 D90 N ₃₀₀ 3L Metalosato | 258,67 a | 343,93 a | 11,67 e |
| T8: H3 D120 N ₂₀₀ 4L Metalosato | 266,57 a | 339,47 ab | 16,25 cd |
| T9: H3 D150 N ₂₅₀ 2L Metalosato | 252,77 a | 338,57 ab | 19,67 ab |
| Cv | 24,14 | 3,82 | 6,71 |
| p (≤0,05) | 0,7779 | 0,0035 | 0,0001 |

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

*H1- Híbrido ADV Dorada; H2 – Híbrido ADV Azor, H3- Híbrido ARG 8500T

D90, D120, D150 – 90 000, 120 000, 150 000 plantas ha⁻¹

N₂₀₀ ,N₂₅₀, N₃₀₀ -Dosis Nitrógeno ha⁻¹

Análisis regular Taguchi

La técnica de Taguchi permite realizar optimizaciones eficientes dentro de los niveles estudiados de los factores, con lo que se puede mejorar el rendimiento. Según el análisis regular de medias de Taguchi (Tabla 12), la combinación del factor híbrido nivel uno, nivel tres de densidad, nitrógeno en nivel tres y nivel tres de Metalosato (Híbrido ADV Dorada+150 000 plantas ha⁻¹+N₃₀₀+4L Metalosato) produce 369,31 quintales de rendimiento por hectárea.

Tabla 12. Respuesta análisis regular método Taguchi, variable rendimiento

| Niveles | híbridos (A) | Densidad (B) | Nitrógeno (C) | Metalosato (D) | Suma | Promedio |
|---------|--------------|--------------|---------------|----------------|---------|----------|
| 1 | 380,73 | 279,94 | 357,08 | 372,78 | 1390,53 | 347,63 |
| 2 | 374,71 | 377,97 | 369,74 | 353,66 | 1476,08 | 369,02 |
| 3 | 352,49 | 450,02 | 381,11 | 381,50 | 1565,12 | 391,28 |
| Suma | 1107,93 | 1107,93 | 1107,93 | 1107,93 | 4431,73 | 1107,93 |
| Media | 369,31 | 369,31 | 369,31 | 369,31 | 1477,24 | 369,31 |

En la Figura 2 se muestra los resultados de la comparación ortogonal de medias de los tratamientos en el parámetro rendimiento se observa en cada una de las barras las medias de los

niveles de cada uno de los factores logrando una **Combinación óptima**: A1B3C3D3 (Híbrido ADV Dorada+150 000 plantas ha⁻¹+N₃₀₀+4L Metalosato).

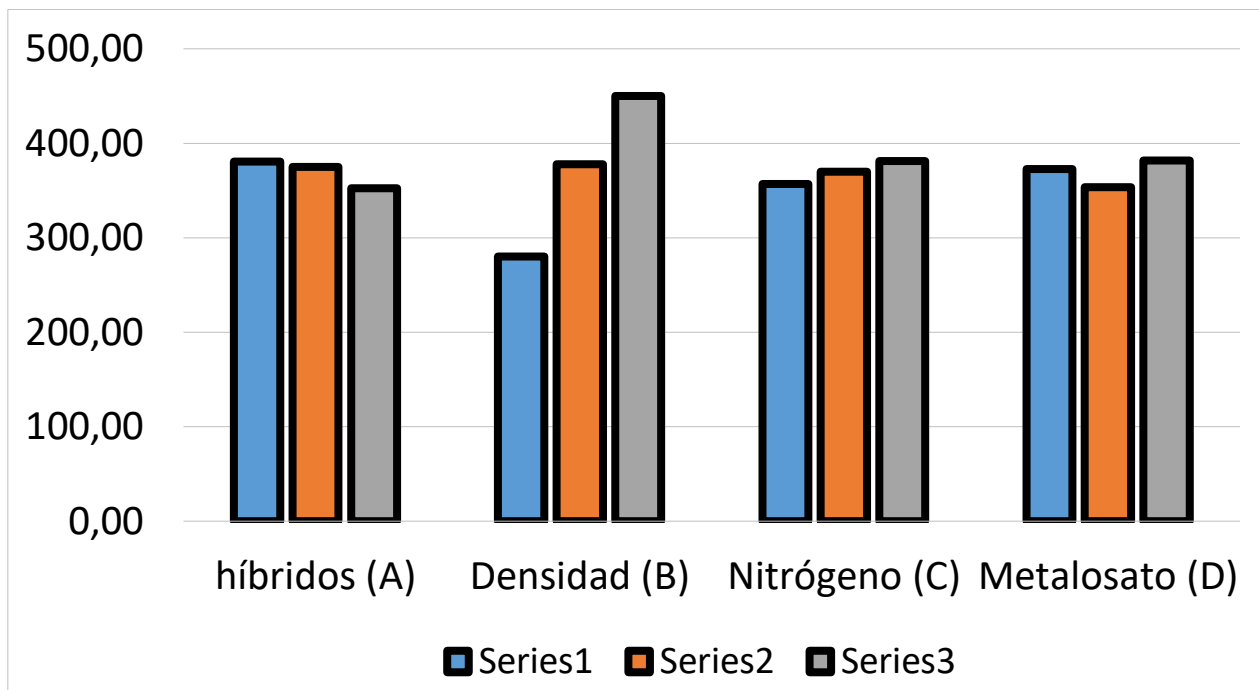


Figura 2. Relación entre factores, niveles en estudio y rendimiento.

Predicción de la respuesta óptima

$$\text{Predicción} = \bar{Y} + \Sigma(A_1 - \bar{y}) + (B_3 - \bar{Y}) + (C_3 - \bar{Y}) + (D_3 - \bar{Y})$$

$$\text{Predicción} = 369,31 + \Sigma(380,73 - 369,31) + (450,02 - 369,31) + (381,11 - 369,31) + (381,50 - 369,31)$$

$$\text{Predicción} = 369,31 + \Sigma(11,42) + (80,71) + (11,80) + (12,19)$$

$$\text{Predicción} = 369,31 + \Sigma(116,12)$$

$$\text{Predicción} = 485,43 \text{ quintales por hectárea}$$

Se deduce que, para producir 116,12 quintales adicionales, el factor híbrido aporta el 9,8%, la densidad, 69,5%, el nitrógeno, 10,16% y el Metalosato 10,49%.

Análisis económico

Para establecer el análisis económico de esta investigación, se procedió a calcular los costos que varían por hectárea (dólares) para cada uno de los tratamientos; se consideró el costo del material vegetal (tres híbridos), la densidad de siembra (cantidad de semillas), la dosis de nitrógeno (tres dosis) y la dosis de Metalosato multimineral (tres dosis), según la metodología CIMMYT, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Costos que varían de los tratamientos

| Variable | Tratamientos | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Costo semilla | 367,19 | 475,18 | 621,39 | 335,14 | 433,72 | 567,17 | 375,00 | 485,29 | 634,62 |
| Costo fertilizante | 420,57 | 525,71 | 630,86 | 525,71 | 630,86 | 420,57 | 630,86 | 420,57 | 525,71 |
| Aplicación fertilización | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| Costo Metalosato | 44,22 | 66,33 | 88,44 | 88,44 | 44,22 | 66,33 | 66,33 | 88,44 | 44,22 |
| Aplicación Metalosato | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Costo total | 936,98 | 1172,23 | 1445,69 | 1054,30 | 1213,79 | 1159,07 | 1177,19 | 1099,31 | 1309,55 |

De acuerdo al análisis del presupuesto parcial el mayor beneficio bruto y neto ocurre en el tratamiento 3 (ADV Dorada, 150, N₃₀₀ y 4L Metalosato) con \$6 553,50 y \$5 107,80 dólares respectivamente, además este tratamiento tiene el mayor costo que varía con 1445,69 dólares es decir a mayor dosis, mayor necesidad de recursos económicos, como se muestra en la Tabla 14.

En la Tabla 15 se encuentran los tratamientos del experimento, ordenados en una escala ascendente de acuerdo con los costos que varían y sus respectivos beneficios netos. Cuando los costos que varían aumentan, pero no ocurre los mismos con sus beneficios netos en relación con el tratamiento anterior entonces estos tratamientos se denominan dominados y por lo tanto descartados. Esto ocurre con T2, T7, T3 y T9; ningún agricultor preferirá estos tratamientos debido a que tienen costos que varían más altos y beneficios netos más bajos.

Tabla 14. Presupuesto parcial del experimento "Densidad poblacional y fertilización nitrogenada en la producción sostenible de Zea mays L. en el Valle del río Javita"

| Tratamientos | Rendimiento q ha-1 | Rendimiento ajustado, 10% | Precio de campo * | Beneficio bruto | Costos que varían | Beneficio neto |
|--|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|
| T1: H1 D90 N ₂₀₀ 2L Metalosato | 314,0 | 282,6 | 13,50 | 3814,84 | 936,98 | 2877,86 |
| T2: H1 D120 N ₂₅₀ 3L Metalosato | 415,8 | 374,2 | 13,50 | 5051,42 | 1172,23 | 3879,19 |
| T3: H1 D150 N ₃₀₀ 4L Metalosato | 539,4 | 485,4 | 13,50 | 6553,50 | 1445,69 | 5107,80 |
| T4: H2 D90 N ₂₅₀ 4L Metalosato | 331,1 | 298,0 | 13,50 | 4022,34 | 1054,30 | 2968,04 |
| T5: H2 D120 N ₃₀₀ 2L Metalosato | 442,9 | 398,6 | 13,50 | 5381,53 | 1213,79 | 4167,73 |
| T6: H2 D150 N ₂₀₀ 3L Metalosato | 475,0 | 427,5 | 13,50 | 5771,70 | 1159,07 | 4612,63 |
| T7: H3 D90 N ₃₀₀ 3L Metalosato | 288,1 | 259,3 | 13,50 | 3500,40 | 1177,19 | 2323,21 |
| T8: H3 D120 N ₂₀₀ 4L Metalosato | 401,2 | 361,1 | 13,50 | 4874,67 | 1099,31 | 3775,36 |
| T9: H3 D150 N ₂₅₀ 2L Metalosato | 485,7 | 437,1 | 13,50 | 5901,10 | 1309,55 | 4591,55 |

*Costo de venta de 1 saco \$15-1,75 por cosecha mecánica, desgranado y ensacado

Para aumentar los ingresos del agricultor, es importante centrarse en los beneficios netos, no en los rendimientos. En la Tabla 14 se muestra que los rendimientos obtenidos con el tratamiento 2 son mayores que los del tratamiento 8, pero el análisis de dominancia muestra que el valor del aumento de rendimiento no es suficiente para compensar el incremento de costos. Es decir que, si el agricultor no utiliza una dosis correcta de nitrógeno, le resulta mejor una densidad de siembra más baja.

Tabla 15. Análisis de dominancia

| Tratamientos | Costos que varían | Beneficios netos |
|--|-------------------|------------------|
| T1: H1 D90 N ₂₀₀ 2L Metalosato | 936,98 | 2877,86 |
| T4: H2 D90 N ₂₅₀ 4L Metalosato | 1054,30 | 2968,04 |
| T8: H3 D120 N ₂₀₀ 4L Metalosato | 1099,31 | 3775,36 |
| T6: H2 D150 N ₂₀₀ 3L Metalosato | 1159,07 | 4612,63 |
| T2: H1 D120 N ₂₅₀ 3L Metalosato | 1172,23 | 3879,19 D |
| T7: H3 D90 N ₃₀₀ 3L Metalosato | 1177,19 | 2323,21 D |
| T5: H2 D120 N ₃₀₀ 2L Metalosato | 1213,79 | 4167,73 D |
| T9: H3 D150 N ₂₅₀ 2L Metalosato | 1309,55 | 4591,55 D |
| T3: H1 D150 N ₃₀₀ 4L Metalosato | 1445,69 | 5107,80 |

D- tratamientos dominados

Para calcular la tasa de retorno marginal se estableció la relación beneficio neto marginal (aumento beneficio neto), el costo marginal (aumento de los costos que varían) de los tratamientos no dominados expresados en porcentaje. La Tabla 16 indica el cambio de tecnología del tratamiento 8 al tratamiento 4, alcanza 1 793,8 % lo que significa recuperar \$17,93 incluido el dólar invertido, el tratamiento 3 con respecto al tratamiento 6, alcanza una tasa de retorno 172,8 %; el tratamiento 4 con respecto al tratamiento 1, alcanza la menor tasa de retorno marginal de 76,9 %, al cambiar de una tecnología a otra. Sin embargo, no se descarta, porque la tasa de retorno está por encima de la tasa de retorno mínima aceptable,

Tabla 16. Análisis marginal de los tratamientos no dominados

| Tratamientos | Costos que varían | Costos marginales | Beneficios netos | Beneficios netos marginales | Tasa de retorno marginal % | Tasa de retorno mínima aceptable % |
|---|--------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---|
| T1: H1 D90 N ₂₀₀ 2L Metalosato | 936,98 | | 2877,86 | | | |
| | | 117,32 | | 90,17 | 76,9 | |
| T4: H2 D90 N ₂₅₀ 4L Metalosato | 1054,30 | | 2968,04 | | | |
| | | 45,01 | | 807,33 | 1793,8 | |
| T8: H3 D120 N ₂₀₀ 4L Metalosato | 1099,31 | | 3775,36 | | | 50% |
| | | 59,76 | | 837,27 | 1401,0 | |
| T6: H2 D150 N ₂₀₀ 3L Metalosato | 1159,07 | | 4612,63 | | | |
| | | 286,62 | | 495,17 | 172,8 | |
| T3: H1 D150 N ₃₀₀ 4L Metalosato | 1445,69 | | 5107,80 | | | |

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Las diferentes combinaciones de los factores y niveles estudiados si influyen en los parámetros de crecimiento del cultivo de maíz.

Los factores materiales genético, densidad de siembra, niveles de nitrógeno y dosis de microelementos interactuaron significativamente en el rendimiento. Se observó que en los diferentes materiales genéticos la combinación de 150 000 plantas ha⁻¹ y todos los niveles de Nitrógeno (200, 250 y 300 kg ha⁻¹) dieron mayores rendimientos.

El mayor rendimiento y el mayor beneficio neto se logró con el T3 (ADV Dorada +150 000 plantas ha⁻¹+ 300 kg ha⁻¹ N + 4L Metalosato). Dada las condiciones de Ecuador, se asume una Tasa de Retorno Mínima Aceptable del 50%, por lo tanto, el agricultor podría optar por los tratamientos 4, 8, 6 y 3.

Recomendaciones

Se recomienda continuar con investigaciones en el cultivo de maíz bajo altas densidades poblacionales y dosis de nitrógeno en la misma zona y en otras con similares características edafoclimáticas para validar estos resultados y finalmente proponer un paquete tecnológico sustentable para pequeños y medianos productores.

Contraste de hipótesis

Cómo hipótesis general se planteó: Existe diferencia en el rendimiento del maíz utilizando diferentes combinaciones de material vegetal, densidades poblacionales, dosis de nitrógeno y microelementos en el valle del río Javita. los resultados permiten aceptar la hipótesis planteada ya que el rendimiento y sus componentes fueron influenciados por los factores y niveles estudiados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, S. P., Jaramillo, R., Valverde, F., & Parra, R. (2011). *Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar*.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/455>
- Álvarez, J., Muñoz, R., Huerta, E., & Nahed, J. (2015). Balance parcial de nitrógeno en el sistema de cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con cobertura de leguminosas en Chiapas, México. *Universidad de Costa Rica*, 40(1), 29-39.
- Andrade, H., Otegui, M., Cirilo, A., & Uhart, S. (2023). *Ecofisiología y manejo del cultivo de maíz F*.
- Argenetics. (s. f.). *ARG 8500 T Innovación Genética Argentina*. Recuperado 24 de enero de 2024, de <https://argeneticssemillas.com.ar/product/arg-8500-t/>
- Barcos, A. D. (2022). *Estudio sobre el comportamiento y uso de la semilla de maíz en las principales zonas de producción de la provincia de Santa Elena* [bachelorThesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/7542>
- Barrios, M., & Basso, C. (2018). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre componentes del rendimiento y calidad nutricional del grano de seis híbridos de maíz. *Bioagro*, 30(1), 39-48.
- Benavides, R. A. H., Flores, R. V., López, J. C. G., Rimachi, Y. Q., Huaila, R. A. M., Ñaupari, J. T. R., Montes, E. S. S., & Cruz, J. Q. de la. (2019). SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA. *Puriq*, 1(2), 198-207.
- Berardo, A. (2004). MANEJO DE LA FERTILIZACION EN UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE. *Facultad de Ciencias Agrarias INTA Balcarce y Laboratorio de Suelos Fertilab*.
<https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/manejo-de-la-fertilizacion-en-una-agricultura-sustentable.pdf>
- Blanco, Y., & González, D. (2021). Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 42(3).
<https://www.redalyc.org/journal/1932/193268883008/html/>

- Caballero, M. A., Córdova, L., & López, A. de J. (2019). VALIDACIÓN EMPÍRICA DE LA TEORÍA MULTICÉNTRICA DEL ORIGEN Y DIVERSIDAD DEL MAÍZ EN MÉXICO. *Revista fitotecnica mexicana*, 42(4), 357-366.
- Camacho, G. (2019). *LOS SUSCRITOS DECLARAMOS QUE LA PRESENTE TESIS ES ORIGINAL EN SU CONTENIDO Y FORMA*: [Universidad Nacional de Piura].
<https://repositorio.unp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f0c55457-9136-454e-bec9-29d04ad3e486/content>
- Cañarte, G., Cañarte, E., Sánchez, F., & Navarrete, J. B. (2022). *Efecto de la densidad poblacional en el comportamiento agronómico productivo de la variedad de algodón "BSR-336"*. Portoviejo, EC: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 2022.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6001>
- Cartagena, Y. E., Zambrano, J. L., Parra, R., Angamarca, M. V., Maiguashca, J. A., Rivadeneira García, J. L., Velásquez, D., Condor, A., León Ruiz, J., & Ortíz Calle, R. (2021). *Evaluación del uso eficiente del agua en el cultivo de maíz (Zea mays L.) variedad INIAP 101, con diferentes niveles de fertilización*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5804>
- Carter, G., & Petrella, P. (2013). *ESTUDIO DE DISTINTAS POBLACIONES Y DOSIS DE NITRÓGENO EN MAÍZ BAJO RIEGO* [Universidad de la República].
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8653/1/3915car.pdf>
- Castellanos, J., Etchevers, J., Peña, M., García, S., Ortíz, I., Arango, A., Macías, J., & Venegas, C. (2019). *¿Cómo crece y se nutre una planta de maíz?* (2.^a ed.). Fertilab.
- Castillo, H. (2015). *Fertilización nitrogenada en maíz*.
<http://inifapcirne.gob.mx/Eventos/2015/Boletin%20Electronico%20V.1,%20No.1.pdf>
- Castillo, J. D. (2017). *Evaluación de tres dosis de nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento de dos híbridos de maíz (Zea mays L.), bajo riego por pivote central, Tisma, Masaya 2016*.
- Castro, A. D. B. (2021). *Estudio sobre el comportamiento y uso de la semilla de maíz en las principales zonas de producción de la provincia de Santa Elena*.

- Castro, D., & Fuentes, T. (2022). *Comportamiento agronómico de cuatro híbridos de maíz (Zea mays); con la aplicación de fertilizantes completos en periodo seco*. [bachelorThesis, Jipijapa- Unesum]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4144>
- Cedeño, F., Cargua, J., Cedeño, J., & Mendoza, J. (2018). *Aplicación foliar de micronutrientes y fitorreguladores como complemento de la fertilización edáfica en maíz amarillo duro*. https://www.researchgate.net/publication/332361541_Aplicacion_foliar_de_micronutrientes_y_fitorreguladores_como_complemento_de_la_fertilizacion_edafica_en_maiz_amarillo_duro
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT], Verhulst, N., François, I., Grahmann, K., Cox, R., & Govaerts, B. (2015). *Eficiencia del uso de nitrógeno y optimización de la fertilización nitrogenada*. <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/4411/56988.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cervantes, F., Covarrubias, J., Rangel, J. A., Terrón, A. D., Mendoza, M., & Preciado, R. E. (2013). Densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 101-110.
- Chim, B., Omara, P., Macnack, N., & Mullock, J. (2014). Effect of Seed Distribution and Population on Maize (Zea mays L.) Grain Yield. *International Journal of Agronomy*. <https://www.hindawi.com/journals/ija/2014/125258/>
- Cigarruista, A. E. S. (2018). *Efecto del déficit hídrico y temperatura ambiental sobre el cultivo de maíz en el Ejido de los Santos*.
- Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria [CGINA], & MAG. (2022). *Informe de rendimientos objetivos de maíz amarillo duro seco 2022*. https://fliphtml5.com/ijia/duox/Informe_de_rendimientos_objetivos_de_ma%C3%ADz_amarillo_duro_seco_2022/

- Coral, D. (2011). *Avances en el manejo eficiente de nutrientes en las principales zonas productoras de maíz en Colombia*.
- https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19420/45026_60799.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Criollo, H., & Lagos, T. (2000). Comportamiento del crecimiento del maíz (*Zea mays* L.) cultivado a diferentes distancias de siembra. *Universidad de Nariño Pasto, Colombia*.
- Cubillan, J. (s.f). *Manejo de la Densidad y Distancia entre Surcos en Maíz*.
- https://www.academia.edu/33347192/Manejo_de_la_Densidad_y_Distancia_entre_Surcos_en_Ma%C3%ADz
- Cuenca, J. (2023). *Efecto de la aplicación de nitrógeno en el cultivo de maíz (Zea mays L.) de polinización abierta en dos sistemas de labranza*. [Universidad Central del Ecuador].
- <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9a4f3573-4342-4e20-b35b-bcd055ff17b0/content>
- CultiVida. (2023). *MANEJO Y USO RESPONSABLE DE LOS FERTILIZANTES EN EL SECTOR AGRÍCOLA*.
- <https://es.linkedin.com/pulse/manejoy-uso-responsable-de-los-fertilizantes-en-el-sector-agr%C3%ADcola>
- Cunha, F. N., Silva, N. F. D., Bastos, F. J. D. C., Carvalho, J. J. D., Moura, L. M. D. F., Teixeira, M. B., Rocha, A. C. D., & Souchie, E. L. (2014). EFEITO DA *Azospirillum brasilense* NA PRODUTIVIDADE DE MILHO NO SUDOESTE GOIANO. *REVISTA BRASILEIRA DE MILHO E SORGO*, 13(3), Article 3. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n3p261-272>
- Djaman, K., Allen, S., Djaman, D. S., Koudahe, K., Irmak, S., Puppala, N., Darapuneni, M. K., & Angadi, S. V. (2022). Planting date and plant density effects on maize growth, yield and water use efficiency. *Environmental Challenges*, 6, 100417. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100417>
- Drouet, A., Pérez, T., & Cruz, O. (2021). Los sistemas de producción agrícola de las parroquias del norte de la provincia Santa Elena, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 42(4), Article 4.

ESPAC. (2022). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria Continua*.

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

[inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/PPT_%20ESPAC_%202022_04.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/PPT_%20ESPAC_%202022_04.pdf)

Espinoza, Í. F., Barrera, A. E., Sánchez, A. R., Medina, M. L., & García, A. R. (2023). Elaboración de Ensilaje de Maíz Forrajero (*Zea Mays*) y Residuos de Banano Verde (*Musa Paradisiaca*) para Ovinos Tropicales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 2817-2828.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.7921

FAO. (s. f.). *Factores de manejo*. Recuperado 25 de febrero de 2024, de

<https://www.fao.org/3/X8234S/x8234s09.htm>

FAO. (2001). *El origen y la cultura del maíz*. <https://www.fao.org/3/Y3841s/y3841s04.htm>

FAO. (2022). *Alternativas para el manejo sostenible de la fertilización de suelos y nutrición vegetal*.

<https://www.fao.org/3/cc0964es/cc0964es.pdf>

FAOSTAT. (2022). *Producción mundial de maíz duro*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

García, D. (2023). *Efecto de la fertilización orgánica y química en el crecimiento y productividad del cultivo de maíz (Zea mays L.), variedad tusilla, en el cantón Quilanga, provincia de Loja*.

[Universidad Nacional de Loja].

https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27104/1/DianaMarisol_Garc%C3%ADaGranda.pdf

García, F. (2007). *Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz*.

<http://www.maizar.org.ar/vertex.php?id=272>

García, F., Correndo, A., Reussi, N., Monzon, J., Ciampitti, I., & Salvagiotti, F. (2023). *Nutrición del cultivo* (Buenos Aires: MAIZAR). MAIZAR, Asociación Maíz y Sorgo Argentino.

https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/16291/INTA_CRBsAsSur_EEA_Balcarce_Reussi%20Calvo_Nutrici%c3%b3n_cultivo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

García, F. O. (2008). *Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz*.

[http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/D9BF96476AFF3A3F8525797D005FC570/\\$FILE/FGarcia-Maiz%202008.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/D9BF96476AFF3A3F8525797D005FC570/$FILE/FGarcia-Maiz%202008.pdf)

González, M. (2019). *Nuestra cultura alimentaria del maíz, diversidad de saberes y prácticas*.

<https://libreriasiglo.com/sociologia/65279-nuestra-cultura-alimentaria-del-maiz-diversidad-de-saberes-y-practicas.html>

Gouthami, B., & Kumar, B. A. (2022). *WATER MANAGEMENT IN MAIZE*. 7.

<https://justagriculture.in/files/newsletter/2022/march/059.pdf>

Guacho, E. F. G. (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz (zea mays l.) de la localidad san José de Chazo*.

Guevara, A., Barcenas, G., Salazar, F., González, E., & Suzán, H. (2005). Production of maize using high density sowing and subsurface drip irrigation. *Universidad Autónoma de Querétaro*, 39.

<https://www.redalyc.org/pdf/302/30239407.pdf>

Hasang, E. S., García, S. J., Carrillo-Zenteno, M. D., Durango, W. D., & Cobos, F. J. (2021).

Sustentabilidad del sistema de producción del maíz, en la provincia de Los Ríos (Ecuador), bajo la metodología multicriterio de Sarandón. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 9(1), 26-40. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2021.090100026>

Horton, D. (1982). *Análisis de Presupuesto Parcial para Investigación en Papa al Nivel de Finca*.

Hurtado, C. M. (2014). *Estudio de Alternativas de Fertilización Edáfica y Foliar, en un Híbrido*

Comercial de Maíz (Zea Mayz L), en La Zona de Balzar, Provincia del Guayas [Escuela Superior politecnica del Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/ff6efb66-c557-4e98-855c-9e7e1a686348/D-79891.pdf>

Inamhi. (2023). *Boletín de predicción climática*.

https://www.inamhi.gob.ec/pronostico/cwrf/2023/Boletin_CWRF.pdf

- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, I. I. de C. para la, MAG, S. S. (El S. (MAG), CENTA, S. S. (El S. (CENTA), COSUDE, A. S. para el D. y la, & Deras, H. (2020). *Guía técnica: El cultivo de maíz*. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>
- Intriago, D., & Torres, J. (2018). *Efecto de la densidad y arreglo de siembra en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (Zea mays L.)* [Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/25090362-c248-41d8-bd98-8c0462a6e1b5/content>
- Jiménez, A. (2023). *Los fertilizantes nitrogenados en la mejora de la productividad de la soca del arroz (Oryza sativa, L), Cantón Daule, provincia del Guayas* [Universidad de Guayaquil]. <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/59f7a05e-147c-49f7-99f0-5eb6153e0c2a/content>
- Jurado, J. (2022). *Comportamiento agronomico y rentabilidad de progenies de maíz en el cantón Ventanas, provincia Los Ríos, Ecuador*. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8643/1/UTC-PIM-%20000473.pdf>
- Jurado, P., Lara, C., & Saucedo, R. (2014). *Paquete tecnológico para la producción de maíz forrajero en chihuahua*.
- Lemcoff, J. H., & Loomis, R. S. (1994). Nitrogen and density influences on silk emergence, endosperm development, and grain yield in maize (*Zea mays L.*). *Field Crops Research*, 38(2), 63-72. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(94\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0378-4290(94)90001-9)
- León, R., Torres, A., Ardisana, E. H., Fosado, O., Veliz, F., & Pin, W. (2018). Comportamiento productivo del maíz híbrido Agri-104 en diferentes sistemas, densidades de siembra y riego localizado. *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, 9(2), Article 2.
- Léon, R., Torres, A., Ardisana, H., Fosado, O., Véliz, F., & Pin, W. (2018). *Comportamiento productivo del maíz híbrido AGRI-104 en diferentes sistemas, densidades de siembra y riego localizado*. 124-130.

- Ling, W., Liang, Y., Fan, C., & Yun, S. (2012). *Effect of nitrogen fertilization on maize yield and nitrogenefficiency of different maize varieties*.
<http://www.ecoagri.ac.cn/cn/article/doi/10.3724/SP.J.1011.2012.00529>
- Lourente, E. R. P., Ontocelli, R., Souza, L. C. F. D., Gonçalves, M. C., Marchetti, M. E., & Rodrigues, E. T. (2007). Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 29(1), 55-61.
<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v29i1.66>
- Lozano, Á. (2011). *Respuesta a la fertilización química del maíz híbrido `s – 3037` sembrado en dos densidades poblacionales, en condiciones de riego*. [Universidad Técnica de Babahoyo].
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/70/T-UTB-FACIAG-AGR-000007.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Martínez, M., & Pérez, M. (2004). *EFFECTO DE TRES DENSIDADES DE SIEMBRA Y CUATRO NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL CRECIMIENTO, DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL MAIZ (Zea mays L.) HÍBRIDO H-INTA-991, MASATEPE, MASAYA* [Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/1919/1/tnf01m385e.pdf>
- Martínez, R. (2009). *Sistemas de producción agrícola sostenible*. 22(2).
- Medina, J., Gelacio, S., Soto, J., & Hernández, M. (2018). *Rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el estado de Campeche*. 9.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342018000904306
- Mengel, K., & Kirkby, E. (2000). Nutrición y crecimiento de las plantas. En *Principios de nutrición vegetal* (4ta ed., p. 219).
https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf
- Monje, C. (2011). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA Guía didáctica*. <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>

- Morales Durán, M. E. M., Quevedo, J. N. Q., & García, R. M. G. (2022). Evaluación de Sistemas de Siembra de alta Densidad en Maíz (*Zea Mays* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), Article 2.
- Moreira, B. (2019). *ADVANTA 9735, compete en el agronegocio del maíz amarillo—Del Monte AG*. <https://delmonteag.com.ec/advanta-9735-compite-en-el-agronegocio-del-maiz-amarillo/>
- Moscoso, J. (2021). *Evaluación de fertilización mineral y orgánica en el cultivo de maíz (Zea mays), zona de Lomas de Sargentillo, Provincia del Guayas* [Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MOSCOSO%20GUTIERREZ%20JOHN%20JAIRO.pdf>
- Obregón, J. A., & Oviedo, M. (2004). Efecto de tres densidades de siembra y cuatro niveles de fertilización nitrogenada sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) variedad Tlayolly en Chichigalpa, Chinandega. *Universidad Nacional Agraria*. <https://repositorio.una.edu.ni/1938/1/tnf01o13.pdf>
- Oñate, L. A. O. (2016). *Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (Zea mays) var. Blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas del cantón Cevallos*. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18305/1/Tesis-116%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20371.pdf>
- Ortiz, A. (2021). *Respuesta a la fertilización nitrogenada en tres densidades de siembra de un híbrido precoz de maíz DK 8282 BT (Zea mays L.) en la época tardía de siembra en la zona sur de Paraguay*. <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/49748>
- Osorio, G. (2008). *Agricultura sustentable Una alternativa de alto rendimiento. 1*.
- Pacheco, F., Prado, V., Maldonado, R., & Robledo, E. (2022). Diagnóstico nutrimental del suelo y foliar en el cultivo de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(6), 1079-1090. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i6.2691>
- Paliwal, R. L., Granados, G., & Lafitte, H. R. (2010). *El maíz en los trópicos Mejoramiento y producción*.

- Palma, B. (2015). *Efecto de la fertilización con NPK sobre el rendimiento de dos híbridos experimentales de maíz (Zea mays L.)* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/10>
- Panchi, D. (2021). *Evaluación de la eficiencia de uso de nitrógeno en maíz de polinización abierta cultivado en dos sistemas de labranza* [Universidad Central del Ecuador].
<https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/aeda6d5a-2690-47a2-be3d-35871761c817/content>
- Paredes, Guevara, & Pérez. (2006). *Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas*.
<https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=101>
- Pedersen, P., & Lauer, J. G. (2003). Corn and Soybean Response to Rotation Sequence, Row Spacing, and Tillage System. *Agronomy Journal*, 95, 965-971.
<https://doi.org/10.2134/agronj2003.9650>
- Pereira, W. D. L., Ávalos, D. F. L., González, L. R. F., López, E. M., Jara, R. S., & Barrios, C. A. M. (2023). Aplicación de nitrógeno en el cultivo de maíz endiferentes estadios fenológicos. *Revista Alfa*, 7(19), Article 19. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.213>
- Pérez, E. B., Hernández, G. M., & Sánchez, E. A. P. D. Á. S. (2022). Efecto de densidades de siembra en el desarrollo fenológico-productivo del Cultivo de Maíz (Zea mays) en camas Biointensivas. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 8(15), 1876-1888.
- Pérez, F. (2017). *Nutrición mineral* (2.ª ed.). London.
<http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Plancarte, M., Durán, L., Galvez, J., Ochoa, A., & Pacheco, F. (2014). *El cultivo del maíz generalidades y sistemas de producción en el Noroeste* (Universidad de Sonora). Cultivos extensivos.
- Quevedo, M., Beltran, J., & Barragan, E. (2015). *High Density Sowing Effect on the Corn Hybrid (Zea mays L.)*. 2, 2339-4684.

- Rahayu, M., Yudono, P., Indradewa, D., & Hanudin, E. (2019). Growth responses of corn cultivars on weed and nitrogen application. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 250, 012010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/250/1/012010>
- Ramos, A. P., & Castañeda, F. G. (2010). MANEJO AGRONÓMICO PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO DE GRANO Y FORRAJE EN HÍBRIDOS TARDÍOS DE MAÍZ. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(1), 27-35.
- Rillo, S., & Richmond, P. (2004). Evaluación de tres criterios de fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz en siembra directa, en un suelo Hapludol. *INTA, Agroconsultas*.
https://aws.agroconsultasonline.com.ar/documento.html?op=d&documento_id=186
- Rizo, M., Vuelta, D. R., & Lorenzo, A. M. (2017). Agricultura, Desarrollo Sostenible, Medioambiente, Saber Campesino Y Universidad. *Ciencia en su PC*, 2, 106-120.
- Rodríguez, L. (2021). Effect of the number of plants per hit, different spacing, on the performance of two hybrids of hard yellow corn (*Zea mays* L. (Poaceae)). *Universidad Alas Peruanas*.
<http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/index>
- Sadeghi, S. M., Noorhosseini, S. A., & Damalas, C. A. (2018). Environmental sustainability of corn (*Zea mays* L.) production on the basis of nitrogen fertilizer application: The case of Lahijan, Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 95, 48-55.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.005>
- Sánchez, H., Robledo, M., Calderón, A., Zaragoza-Esparza, J., López-López, C., Zamudio-González, B., Monter-Santillán, A., Turrent-Fernández, A., Arteaga-Escamilla, I., Mora-García, K., Alonso-Sánchez, H., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Zaragoza-Esparza, J., López-López, C., Zamudio-González, B., Monter-Santillán, A., Turrent-Fernández, A., Arteaga-Escamilla, I., & Mora-García, K. (2023). Efecto de la densidad de población y la fertilización sobre la productividad del agua y rendimientos de híbridos de maíz en el Valle de México. *Terra Latinoamericana*, 41. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1577>

- Sánchez, H., Robledo, M. T., Calderón, A. E., Esparza, J. Z., & López, C. L. (2020). Productividad del agua y rendimiento de maíz bajo diferente disponibilidad de humedad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(5), 1005-1016. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2118>
- Sanchez, J. (s. f.). *Calculo de Rendimiento Maiz | PDF*. Scribd. Recuperado 17 de enero de 2024, de <https://es.scribd.com/doc/308424788/Calculo-de-Rendimiento-Maiz>
- Sangoi, L. (2001). UNDERSTANDING PLANT DENSITY EFFECTS ON MAIZE GROWTH AND DEVELOPMENT: AN IMPORTANT ISSUE TO MAXIMIZE GRAIN YIELD. *Ciência Rural*, 31, 159-168. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000100027>
- Santillan, A. (2016). *OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO Y DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE MAÍZ* [Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas].
http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/3347/Santillan_Angelos_A_MC_Produccion_Semillas_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Santintevan, C. (2012). *Evaluación agronómica y de producción de los maíces híbridos „30F35“, „30K75“ Y „Triunfo NB - 7253“ con diferentes niveles de fertilización química y densidades poblacionales*. *Baba, Los Ríos*. 2012 [Universida Técnica de Babahoyo].
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/964/T-UTB-FACIAG-AGR-000170.02.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Saynes, V., Turrent, A., & Etchevers, J. D. (2019). Agricultura Sustentable: El Papel de la Fertilización Inteligente con Nitrógeno y Fósforo en México. *Elementos para Políticas Públicas*, 3(3), Article 3.
- Sifuentes, E. (2018, abril 13). Los requerimientos hídricos del maíz. *Panorama AGROPECUARIO*.
<https://panorama-agro.com/?p=2990>
- Sifuentes Ibarra, E., Macías, J., Ruelas, J. del R., Preciado, P., Ojeda, W., Inzunza, M. A., & Samaniego, J. A. (2015). Mejoramiento del grado de uso del nitrógeno en maíz mediante técnicas parcelarias de riego por superficie. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(8), 1903-1914.

- Sisalema, K. (2019). *Efectos de población y fertilización en dos híbridos de maíz (Zea mays L.) sembrados en la zona de Babahoyo, Provincia de Los Ríos* [Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6102/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000176.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Soares, M. A. (2003). *Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura de milho (Zea mays L.)* [Mestrado em Fitotecnia, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/D.11.2003.tde-20102003-165553>
- Tamuji. (s.f). *Calculo del rendimiento de maíz mediante el método de los componentes del rendimiento y ejemplo práctico | PDF | Maíz | Vegetales*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/491257316/rendimiento-del-maiz-para-sacaba>
- Tomalá, W. A. T. (2023). *Rendimiento del maíz (Zea mays) Híbrido trueno NB 7443 bajo tres distancias de siembra en la comuna Loma Alta, Santa Elena* [Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/9749/1/UPSE-TIA-2023-0014.pdf>
- Urango, L. A. (2018). *Componentes del maíz en la nutrición humana*. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjZs62YuvGDAxWLSjABHdp7AlgQFnoECBQQAQ&url=https%3A%2F%2Frevistas.ud ea.edu.co%2Findex.php%2Fbiogenesis%2Farticle%2Fdownload%2F336229%2F20791758%2F&usq=AOvVaw0BWEpbb8goZbX-Jd2kWN7M&opi=89978449>
- Varvel, G., Schepers, J., & Francis, D. (1997). *Ability for In-Season Correction of Nitrogen Deficiency in Corn Using Chlorophyll Meters—Varvel—1997—Soil Science Society of America Journal—Wiley Online Library*. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2136/sssaj1997.03615995006100040032x>
- Veliz, P. E. M. (2010). *Evalalución del comportamiento agronómico del híbrido de maiz (Zea mays L.) DK 7088*. *Monografias.com*. <https://www.monografias.com/trabajos89/comportamiento-agronomico-hibrido-maiz/comportamiento-agronomico-hibrido-maiz2>

- Vera, J., & Vera, L. (2022). *Efectividad agronómica y económica de la nutrición foliar en maíz amarillo duro de secoano*. <https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/handle/42000/1957>
- Villalva, S., & Fuentes, J. (s.f). *Agricultura Sostenible*.
- Villaseca, M. (2001). *Efecto de la densidad y el nitrógeno sobre la productividad de dos cultivares de maíz en el Zamorano, Honduras* [Universidad Zamorano].
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/be3ccffe-888d-4bc8-b971-a3ded675e301/content>
- Yapura, S. (2021). La importancia del maíz en la producción animal—El grano de maíz. *Veterinaria Digital - Avicultura, Porcicultura, Rumiantes y Acuicultura*.
<http://https%253A%252F%252Fwww.veterinariadigital.com%252Farticulos%252Fimportancia-del-maiz-en-la-produccion-animal%252F>
- Yasari, E., Noori, M. R., & Haddadi, M. H. (2012). Comparison of Seed Corn Single Crosses SC 704 and SC 770 Response to Different Plant Densities and Nitrogen Levels. *Journal of Agricultural Science*, 4(5), Article 5. <https://doi.org/10.5539/jas.v4n5p263>
- Yuan, Z., Jun, X., Juan, Z., Guo, Z., Wan, Z., Ke, W., Peng, H., Chao, L., & Shao, L. (2021). Does nitrogen application rate affect the moisture content of corn grains? - ScienceDirect. *ScienceDirect*.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311920634013?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=84d25be259ac79a5
- Zambrano, J. L., Velásquez, J. S., Peñaherrera, D. F., Sangoquiza, C. A., Cartagena, Y. E., Villacrés, C. E., Garcés, S., Ortíz, R., León, J., Campaña, D., López, V. A., Asaquibay, C., Nieto, M., Sanmartín, G. del R., Pintado, P., Yáñez, C., & Racines, M. R. (2021). *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana*. Quito, EC: INIAP-EESC, 2021.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5796>
- Zapata, A., & Sarache, W. A. (2014). Mejoramiento de la calidad del café soluble utilizando el método Taguchi. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(1), 116-124.
<https://doi.org/10.4067/S0718-33052014000100011>

Zhai, J., Zhang, Y., Zhang, G., Xu, W., Xie, R., Ming, Wang, K., & li, S. (2022). *Nitrogen Application and Dense Planting to Obtain High Yields from Maize*. <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/6/1308>

Zhang, Cheng, Wang, Yan, P., Dai, H., Sui, P., & Chen, Y. (2019). Optimum Sowing Dates for High-Yield Maize when Grown as Sole Crop in the North China Plain. *MDPI*, 9. <https://www.mdpi.com/2073-4395/9/4/198>

ANEXOS

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación “**DENSIDAD POBLACIONAL Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE Zea mays L. EN EL VALLE DEL RIO JAVITA**”, bajo la modalidad de titulación **INFORME DE INVESTIGACIÓN**, elaborado por la maestrando **Ing. LETICIA ROXANA PINCAY TOMALÁ**, de la **MAESTRÍA EN AGROPECUARIA, COHORTE 2**, de **LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio **COMPILATIO**, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente trabajo de investigación se encuentra con 4% de la valoración permitida, por consiguiente, se procede a emitir el informe.



Atentamente,



Ing. Néstor Orrala Borbor, Ph.D

TUTOR

Anexo 1. Resultado de sistema Antiplagio Compilatio



Figura 1A. Desinfección de semillas



Figura 2A. Siembra de los diferentes tratamientos



Figura 3A. Aplicación de Metalosato multimineral



Figura 4A. Toma de variable altura de planta



Figura 5A. Cosecha manual



Figura 6A. Toma de porcentaje de humedad de grano en la cosecha



Figura 7A. Toma de variable peso de mazorca



Figura 8A. Toma de variable diámetro de mazorca



Figura 9A. Toma de variable Longitud de mazorca



Figura 10A. Peso de granos sin tusa



Figura 11A. Número de mazorcas para medir variables de rendimiento