



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE AGRÍCOLA

INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EFFECTIVIDAD DE LA FERTILIZACIÓN NITROAZUFRADA SOBRE
EL RENDIMIENTO DE MAZORCAS DEL MAÍZ INIAP 543-QPM EN
ÉPOCAS SECA Y LLUVIOSA**

AUTORES:

**ALAN JOSUÉ TORRES MENDOZA
RENÉ ELÍAS VARGAS VELÁSQUEZ**

TUTOR:

ING. LUIS ENRIQUE PÁRRAGA MUÑOZ, MG.

CALCETA, OCTUBRE DE 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Vargas Velásquez René Elías y Torres Mendoza Alan Josué y, con número de cédula 1314330687 y 1314772276 respectivamente, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **“EFECTIVIDAD DE LA FERTILIZACIÓN NITROAZUFRADA SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAZORCAS DEL MAÍZ INIAP 543-QPM EN ÉPOCAS SECA Y LLUVIOSA”**, es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el artículo 114 del Código orgánico de la economía social de los conocimientos, creatividad e innovación.



RENÉ VARGAS VELÁSQUEZ

CC. 1314330687



ALAN TORRES MENDOZA

CC. 1314772276

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, Vargas Velásquez René Elías y Torres Mendoza Alan Josué, con número de cédula 1314330687 y 1314772276 respectivamente, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución de Trabajo de Integración Curricular titulado: **“EFECTIVIDAD DE LA FERTILIZACIÓN NITROAZUFRADA SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAZORCAS DEL MAÍZ INIAP 543-QPM EN ÉPOCAS SECA Y LLUVIOSA”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



RENÉ VARGAS VELÁSQUEZ

CC. 1314330687



ALAN TORRES MENDOZA

CC. 1314772276

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. LUIS ENRIQUE PÁRRAGA MUÑOZ, MG., certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **“EFECTIVIDAD DE LA FERTILIZACIÓN NITROAZUFRADE SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAZORCAS DEL MAÍZ INIAP 543-QPM EN ÉPOCAS SECA Y LLUVIOSA”**, desarrollado por Alan Josué Torres Mendoza y René Elías Vargas Velásquez previo a la obtención del título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, de acuerdo con el **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

**ING. LUIS ENRIQUE
PÁRRAGA MUÑOZ MG.
CC. 1303530552
TUTOR**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos APROBADO el Trabajo de Integración Curricular titulado: "EFECTIVIDAD DE LA FERTILIZACIÓN NITROAZUFRADE SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAZORCAS DEL MAÍZ INIAP 543-QPM EN ÉPOCAS SECA Y LLUVIOSA", que ha sido desarrollada por, Alan Josué Torres Mendoza y René Elías Vargas Velásquez, previa la obtención del título de INGENIERO AGRÍCOLA, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

**ING. GALO ALEXANDER
CEDEÑO GARCÍA MG.
CC: 1311956831
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**ING. CRISTIAN SERGIO
VALDIVIESO LOPEZ MG.
CC: 1717929283
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**ING. SERGIO MIGUEL
VELEZ ZAMBRANO MG.
CC: 1310476773
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por darnos la fortaleza de espíritu para superar cada uno de los obstáculos suscitados durante nuestra formación académica y permitirnos culminarla con éxito.

De bien nacidos es ser agradecidos. Son muchas las personas a las que tenemos que agradecer su trabajo, colaboración y dedicación, sin las cuales no hubiera sido posible la elaboración y culminación de esta investigación.

A nuestros padres que son los pilares fundamentales en nuestra vida, que siempre estuvieron apoyándonos con su esfuerzo y amor durante nuestra formación tanto personal como profesional.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día.

Un trabajo de investigación es siempre fruto de ideas, proyectos y esfuerzos previos que corresponden a otras personas. En este caso nuestros más sinceros agradecimientos al Ing. Galo Cedeño García, con cuyo trabajo estaremos siempre en deuda. Gracias por su amabilidad para facilitarnos, su tiempo y sus ideas.

LOS AUTORES

DEDICATORIA I

Quiero dedicar el desarrollo de este gran proyecto, primeramente, a Dios por ser el guía en mi camino de esmero, alegrías, tristezas.

A mis padres Rene Vargas y Rocío Velásquez por todo el apoyo brindando en cada momento de mi vida, por su amor incondicional, por su motivación, por sus consejos para hoy ser una persona realizada tanto en mi vida personal, como profesional.

A mis abuelos quienes con sabiduría me guiaron por el buen camino y me dieron todo su apoyo y motivación en momentos difíciles que me han permitido tener una razón para seguir adelante.

A la Ing. Geoconda López por siempre tener tiempo para ayudarme guiarme y enseñarme hacer mejor las cosas, por su apoyo incondicional y por sus sabios consejos para hoy ser una persona responsable en mi vida profesional.

También a cada uno de mis amigos, compañeros y docentes que fueron apoyo incondicional en cada etapa de mi carrera.

René Vargas Velásquez

DEDICATORIA II

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

A mis padres Fanny Estrella Mendoza Vera y Edison Daniel Torres Bravo por todo el apoyo brindando en cada momento de mi vida, por su amor incondicional, por su motivación, por sus consejos para hoy ser una persona realizada tanto en mi vida personal, como profesional.

A mis hermanos Edison y Mauricio quienes con sabiduría me guiaron por el buen camino y me dieron todo su apoyo y motivación en momentos difíciles que me han permitido tener una razón para seguir adelante.

A la memoria de mis abuelos, porque desde el lugar donde se encuentre me dan fortaleza y me siguen dando su apoyo en cada logro de mi vida está llenándome de bendiciones.

También a cada uno de mis amigos, compañeros y docentes que fueron apoyo incondicional en cada etapa de mi carrera.

Alan Torres Mendoza

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA I	vii
DEDICATORIA II	viii
CONTENIDO DE TABLAS	xi
CONTENIDO DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4 HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO.....	5
2.2 ESTADOS VEGETATIVOS.....	5
2.3 SITUACIÓN ECONÓMICA Y PRODUCTIVA.....	6
2.4 CARACTERÍSTICAS DEL MAÍZ INIAP 543-QPM.....	7
2.5 MANEJO DE ENFERMEDADES.....	8
2.6 ÉPOCA DE SIEMBRA.....	9
2.7 DENSIDAD DE LA SIEMBRA.....	9
2.8 LA FERTILIZACIÓN BALANCEADA.....	9
2.9 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL MAIZ.....	10
2.10 USO DEL NITROGENO.....	11

2.9.1 TIPOS DE FERTILIZANTES NITROGENADOS.....	12
2.10.1 USO DEL AZUFRE	13
2.11 IMPACTO DE LAS CONDICIONES CLIMATICAS EN LOS CULTIVOS.....	14
2.12 REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL MAÍZ	15
2.12.1 RIEGO POR GOTEIO.....	16
CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO	17
3.1 UBICACIÓN.....	17
3.2 DURACIÓN DEL TRABAJO	17
3.4 MATERIAL VEGETAL.....	17
3.5 FACTORES DE ESTUDIO.....	18
3.7 DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL	19
3.8 VARIABLES REPUESTA	19
3.8.1 VARIABLES AGRONÓMICAS.....	19
3.8.2 VARIABLES DE CRECIMIENTO	19
3.9 PLAN DE FERTILIZACIÓN	20
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE VARIABLES AGRONÓMICAS Y DE CRECIMIENTO	21
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
BIBLIOGRAFÍA.....	31
ANEXOS.....	35

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Rendimientos promedios de cosecha.....	8
Tabla 2. Composición química del maíz.....	11
Tabla 3. Fertilizantes convencionales más utilizados a nivel mundial.....	12
Tabla 4. Análisis de varianza del crecimiento y componentes de rendimiento de la variedad de maíz INIAP 543-QPM, en función de niveles de fertilización nitroazufrada.....	21
Tabla 5. Efecto de tratamientos de fertilización nitro-azufrada sobre el crecimiento y componentes de rendimiento de la variedad de maíz INIAP 543-QPM.	23
Tabla 6. Análisis económico de tratamientos de fertilización nitroazufrada en maíz INIAP 543 – QPM durante la época seca del 2022.	29
Tabla 7. Análisis económico de tratamientos de fertilización nitroazufrada en maíz INIAP 543 – QPM durante la época lluviosa del 2022.	29

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Fases vegetativas del maíz.....	6
Figura 2. Diseño de un sistema de riego.....	16
Figura 3. Producción de mazorcas comerciales de la variedad INIAP 543-QPM en función de niveles de nitrógeno en época lluviosa y seca.....	24
Figura 4. Rendimiento de mazorcas de la variedad INIAP 543-QPM en función de niveles de nitrógeno en época seca y lluviosa.....	25
Figura 5. Producción de mazorcas comerciales de la variedad INIAP 543-QPM en función de niveles de azufre en época lluviosa y seca.....	26
Figura 6. Relación entre los niveles de azufre en época lluviosa y época seca, según el rendimiento de mazorcas comerciales.....	26
Figura 7. Eficiencia agronómica de nitrógeno en función de niveles crecientes de nitrógeno en época seca y lluviosa.....	27
Figura 8. Eficiencia agronómica del azufre en función de niveles crecientes de azufre en época seca y lluviosa.....	28

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad de la fertilización nitroazufrada sobre crecimiento, rendimiento y rentabilidad del maíz INIAP 543-QPM durante las épocas seca y lluviosa en el valle del río Carrizal. Se evaluaron tratamientos factoriales de niveles de nitrógeno (50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹) y azufre (30, 60 y 90 kg ha⁻¹), más un tratamiento control con omisión de N y S. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial A x B + N. Las principales variables registradas fueron rendimiento de mazorcas comerciales, eficiencia agronómica de nitrógeno (EAN) y azufre (EAS); y rentabilidad económica. Los resultados mostraron que la fertilización nitrogenada y azufrada influyeron significativamente ($p < 0,05$) el rendimiento de mazorcas comerciales, donde los mayores promedios fueron logrados por los niveles de 100 y 60 kg de nitrógeno y azufre ha⁻¹, respectivamente. Las EAN y EAS fueron inversamente proporcionales a los niveles de nitrógeno y azufre evaluados, donde los niveles de 50 y 30 kg de nitrógeno y azufre ha⁻¹, lograron los mayores promedios de EAN y EAS, en su orden respectivo. Desde el punto de vista económico, son más convenientes las dosis de 100 y 60 kg ha⁻¹ de nitrógeno y azufre para la fertilización del maíz INIAP 543 – QPM. Por encima de esas dosis la rentabilidad económica disminuye.

Palabras clave: Zea mays, Nutrición, Nitrógeno, Azufre, Productividad, Rentabilidad, Uso eficiente de nutrientes

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effectiveness of nitrosulfur fertilization on growth, yield and profitability of INIAP 543-QPM corn during the dry and rainy seasons in the Carrizal River valley. Factorial treatments of nitrogen levels (50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹) and sulfur (30, 60 and 90 kg ha⁻¹) were evaluated, plus a control treatment with omission of N and S. A design was used of complete random blocks with factorial arrangement A x B + N. The main variables recorded were yield of commercial ears, agronomic efficiency of nitrogen (EAN) and sulfur (EAS); and economic profitability. The results showed that nitrogen and sulfur fertilization significantly influenced ($p < 0.05$) the yield of commercial ears, where the highest averages were achieved by the levels of 100 and 60 kg of nitrogen and sulfur ha⁻¹, respectively. The EAN and EAS were inversely proportional to the levels of nitrogen and sulfur evaluated, where the levels of 50 and 30 kg of nitrogen and sulfur ha⁻¹ achieved the highest averages of EAN and EAS, in their respective order. From an economic point of view, doses of 100 and 60 kg ha⁻¹ of nitrogen and sulfur are more convenient for the fertilization of INIAP 543 – QPM corn. Above these doses, the economic profitability decreases.

Keywords: Zea mays, Nutrition, Nitrogen, Sulfur, Productivity, Profitability, Efficient use of nutrients

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el Ecuador, uno de los cultivos de mayor importancia es el maíz, atractivo por su ciclo corto de cosecha y su gran demanda. Durante el año 2020 se sembraron a nivel nacional 365.725 ha. La producción cosechada fue de 1.3 millones de toneladas, registrando un decrecimiento del 7% respecto al año anterior (ESPAC, 2020). En la provincia de los Ríos se concentró el 49,26% de la cosecha nacional, participando la provincia de Manabí con 104743 ha de maíz duro, equivalente al 21.5% de la producción nacional (INEC, 2020).

Como se puede observar aún la provincia de Manabí no logra aumentar sus índices de productividad. Según el MAGAP ésta provincia reporta un rendimiento promedio de 3,0 t ha⁻¹, en comparación a las provincias de Los Ríos y Guayas con rendimientos promedios de 4,87 y 4,75 t ha⁻¹ respectivamente (Sacón et al., 2018).

En este contexto, el bajo rendimiento de la producción del maíz se debe principalmente al inadecuado manejo del cultivo con respecto a tecnologías de riego, manejo fitosanitario y nutricional y material genético de calidad. En esta provincia la mayor superficie se siembra en condiciones de secano y en zonas de laderas, por lo que la producción depende del régimen de lluvias, que por lo general tienen un comportamiento errático e irregular y esto tiende a alterar los resultados esperados en las cosechas ya sea por el exceso de humedad o por la falta de la misma (Bonilla & Singaña, 2019). El cultivo de mayor superficie sembrada a nivel nacional en el 2020 fue el Maíz (duro seco) sin embargo se regó en apenas un 16,8% (61.442 ha) (INEC, 2021).

Por otro lado, investigaciones determinan que los suelos de los valles Portoviejo, Carrizal y Chone presentan bajos contenidos de algunos micronutrientes, y en todos los casos el nitrógeno y azufre están presentes en concentraciones insuficientes para mantener una producción rentable (Motato & Pincay, 2015, Jurado & Zambrano, 2020, Cedeño et al. 2018). En este sentido, en una investigación reciente desarrollada por Motato et al. (2016) se evidenció que la fertilización nitrogenada del maíz amarillo duro con micronutrientes promovió un

mayor uso eficiente del nitrógeno y rendimiento del cultivo en zonas maiceras de Manabí.

Adicionalmente, en un estudio desarrollado por Cedeño et al. (2018a) en la zona de Calceta, los resultados ponen en manifiesto que existe un mayor rendimiento de maíz amarillo duro, cuando la fertilización edáfica se complementa con aplicaciones foliares de biorreguladores y micronutrientes, en relación a la fertilización edáfica tradicional.

Cabe recalcar que el Nitrógeno es un nutriente importante en los agroecosistemas, su deficiencia produce un bajo crecimiento, desarrollo y producción de cultivos (Sosa & García, 2018). Por su parte el azufre que utilizan las siembras proviene en un 90 % de la mineralización de la materia orgánica. A través de distintas investigaciones se puede analizar que el suelo vuelve a aportar con cierta cantidad de azufre no obstante lo hará con menos proporción en comparación con años atrás, considerando las mismas condiciones ambientales y de suelo (Veintimiglia & Torrens, 2017).

Este proyecto investigativo plantea incrementar la producción de una variante nueva que es el INIAP 543-QPM, sin embargo, no existe suficiente fundamento bibliográfico que permita analizar el efecto de la aplicación de las dosis crecientes de fertilizantes nitroazufrados y de su aporte al suelo. Ante lo expuesto se origina la siguiente interrogante:

¿Será posible incrementar el rendimiento de la variedad de maíz INIAP 543-QPM con dosis óptimas de nitrógeno y azufre durante las épocas seca y lluviosa?

1.2 JUSTIFICACIÓN

El maíz INIAP 543-QPM es una variedad de maíz que se caracteriza por su alta calidad de proteína para el consumo humano poseyendo un significativo rol en la seguridad alimentaria de la población. Debido a su atractivo y a la par de la mejora

continúa en los procesos productivos, este proyecto se enfoca en descubrir nuevos métodos que puedan optimizar las cosechas y el rendimiento del suelo agrícola.

El bajo rendimiento del suelo es debido a su sobreexplotación, el cual va disminuyendo su capacidad para proveer los nutrientes que la semilla requiere. En este contexto es indispensable el uso de fertilizantes, debido a que su aplicación mejora la calidad del suelo aumentando su rendimiento. Este proyecto se centra en el uso de dos fertilizantes inorgánicos que son el nitrógeno y del azufre, las mismas que se aplicarán en dosis crecientes para observar de qué manera actúan y cómo es su comportamiento tanto en época seca (obteniendo la hidratación bajo riego) como en época lluviosa.

De esta manera el presente trabajo investigativo permitirá obtener resultados alentadores, buscando un mejor rendimiento de las cosechas e implementando nuevas prácticas de cultivo que permitan adaptarse a la época del año, incentivando al productor a aumentar sus cosechas, y consecuentemente convirtiéndose en un beneficio para el consumidor final que obtendría un producto de calidad a bajo costo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad de la fertilización nitroazufrada sobre el crecimiento, rendimiento y rentabilidad del maíz INIAP 543-QPM durante las épocas seca y lluviosa en el valle del río Carrizal.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de dosis crecientes de nitrógeno y azufre sobre el rendimiento de mazorcas de maíz INIAP 543-QPM durante las épocas seca y lluviosa
- Cuantificar la eficiencia agronómica de dosis crecientes de nitrógeno y azufre en el maíz INIAP 543-QPM durante las épocas seca y lluviosa

- Establecer las dosis óptimas agronómicas y económicas de nitrógeno y azufre en el maíz INIAP 543-QPM durante las época seca y lluviosa

1.4 HIPÓTESIS

El rendimiento de la variedad de maíz INIAP 543-QPM varía en función de las dosis de nitrógeno y azufre durante las épocas seca y lluviosa.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO

El maíz (*Zea mays*), es una especie monocotiledónea (con flor) anual, perteneciente a la familia de las poáceas. Es una planta hermafrodita lo que significa que produce flores masculinas y femeninas separadas en la misma planta; esto determina además que su polinización sea fundamentalmente cruzada. La panoja (flor masculina) produce polen, mientras que la mazorca (flor femenina) produce los óvulos que se convierten en la semilla (Novib & Oxfam, 2019).

Debido a su demanda es considerado el tercer cultivo más importante del mundo, después del trigo y del arroz, esto también a que se adapta ampliamente a las diversas condiciones ecológicas y edáficas, por ello se lo cultiva en casi todo el mundo y se constituye, en alimento básico para millones de personas, especialmente en América latina. El maíz es una de las plantas cuya producción es muy consumida a nivel país por las familias, por lo que el aumento de la productividad por área de superficie es una necesidad urgente, y se debe implementar nuevas prácticas agronómicas (Ortigoza et al., 2019).

El maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América y no hay duda que el maíz es de origen americano. El maíz surgió aproximadamente entre los años 8 000 y 600 años A.C en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México (Novib & Oxfam, 2019).

2.2 ESTADOS VEGETATIVOS

El cultivo del maíz se divide en cuatro etapas: La primera es la emergencia de la plántula es la aparición de la plántula encima de la superficie del suelo. La siguiente etapa es la emergencia de dos hojas completas; después es la etapa en que se observa la panoja sin ayuda del agricultor. Por último, es la etapa en que se observan los estigmas de ocho a diez días después de la etapa III (Oñate, 2016).

A los cinco días aproximadamente se observa la emergencia del coleóptilo, después de 12 días se observa la emergencia de la segunda hoja. Después se producirán entre 16 y 22 hojas hasta que a los 55 días se observa la última rama de la panoja, luego a los 60 días se observa la emergencia de los estigmas y se desarrolla la mazorca. El ciclo del maíz dura entre 215 y 270 días. El desarrollo vegetativo dura aproximadamente 60 días mientras que para llegar a la floración son otros 60 días (Oñate, 2016).

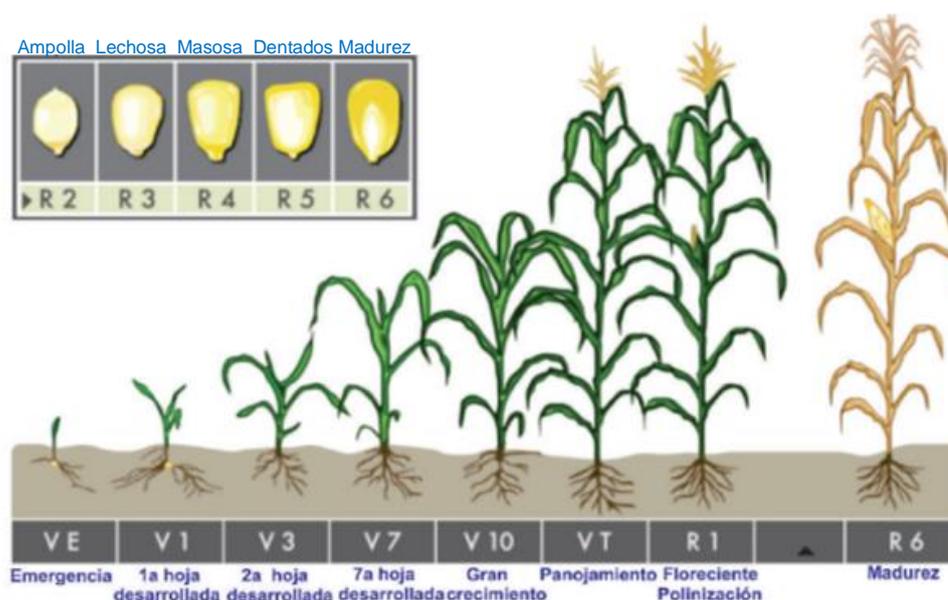


Figura 1. Fases vegetativas del maíz

Fuente: Datos tomados de (Novib & Oxfam, 2019)

2.3 SITUACIÓN ECONÓMICA Y PRODUCTIVA

El maíz se cultiva para grano o ensilado en casi 464 millones de acres (188 millones de hectáreas) en todo el mundo. En la última década, el área total de maíz aumentó más de un 20 por ciento, y la mayor parte de ese crecimiento se produjo fuera de los Estados Unidos. Solamente en los Estados Unidos se produce más del 35 por ciento del total de granos de maíz del mundo. Aunque el área total de trigo supera el de maíz, y el área de arroz es casi tan grande como el de maíz, la producción global de maíz (toneladas) supera ampliamente ambas. Por ello, la producción de

maíz desempeña un papel importante en la agricultura mundial, tanto a nivel económico como agronómico (Endicott et al., 2015).

De la misma manera en el Ecuador el maíz es un cultivo de suma importancia debido al significativo rol que cumple en seguridad alimentaria de la población. Según el Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias INIAP, el maíz amarillo duro, destinado en un 80% a la producción de alimento balanceado, se produce mayoritariamente en la región litoral y es el primer cultivo transitorio en importancia en relación con la superficie sembrada (300.000 ha).

Su producción y rendimiento ha tenido un crecimiento sostenido en los últimos 20 años, lo cual se debe al uso de semilla certificada (híbrida) y a las tecnologías de manejo que las compañías privadas, el Ministerio de Agricultura y Ganadería y el INIAP han transferido a los productores (en el 2018 se observó un rendimiento promedio de 3,6 t/ha) (Hernandez, 2019).

En la actualidad la agricultura moderna busca maximizar la producción, con dos objetivos fundamentales: lo primero es garantizar la seguridad alimentaria y desde el aspecto económico, incrementar los ingresos monetarios, utilizando prácticas no amigables como la siembra intensiva, monocultivo, mal manejo de irrigación y utilización de fertilizantes inorgánicos, mal uso del control químico de plagas, enfermedades (Vignolles, 2018).

Según el INIAP, la mayor producción se encuentra ubicada en la provincia de Los Ríos, Manabí, Guayas y el resto en la provincia de Loja. Es importante destacar que alrededor del 90% de la siembra de maíz tiene lugar en la época lluviosa.

2.4 CARACTERÍSTICAS DEL MAÍZ INIAP 543-QPM

INIAP 543-QPM es una variedad sintética de libre polinización, procedente de la población ACROSS-8363 introducida del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y desarrollada por el Programa de Maíz de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP. La cosecha de este genotipo tiene un ciclo de 75 a 80 días. Este genotipo se ha desarrollado para las principales zonas chocleras del Litoral ecuatoriano, con altitud desde el nivel del mar hasta los 1000 metros,

temperatura media de 25°C, precipitaciones entre los 500 a 1200 mm, humedad relativa entre 70 a 90% y heliofanía de 820 a 1300 horas luz (Limongi et al., 2019).

El potencial de producción en fresco de la variedad INIAP 543-QPM durante la época seca bajo riego es de 40000 choclos comerciales y en la época lluviosa 35000 choclos; el rendimiento promedio en seco oscila entre los 5 a 6 TM/ha. INIAP 543-QPM fue comparado con una variedad y un híbrido, ambos de grano blanco y de categoría comercial (ver tabla 1)

Tabla 1. Rendimientos promedios de cosecha

PROVINCIA	LOCALIDAD	2018: Riego		2019:Lluvia	
		Rendimientos /ha			
		Choclos (#)	Grano seco (TM)	Choclos (#)	Grano seco (TM)
Manabí	EEP	47104	6.3	43917	2.9
	LODANA	42500		44271	
	CALCETA	52417			
Los Ríos	EETP	42677	2.9	32760	3.0
Guayas	Balzar	46219		38427	
Santa Elena	El Azúcar	31344			

Fuente: Datos tomados de (Limongi et al., 2019)

*EEP= Estación Experimental Portoviejo

*EETP= Estación Experimental Tropical Pichilingue

2.5 MANEJO DE ENFERMEDADES

La variedad INIAP-543 presenta buena tolerancia a las principales enfermedades foliares de la zona como Tizón foliar (*Helminthosporium maydis*), Roya común (*Puccinia sorghi*) y Curvularia (*Curvularia lunata*).

Para el manejo del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* con el 30% de infestación, aplicar en rotación clorpirifos (1.5 mL/L agua) y lambda-cihalotrina (1

mL/L agua); lo cual contribuye también a reducir insectos plagas vectores de virus. Alrededor de los 40 días después de la siembra es recomendable aplicar un cebo tóxico con 25 kg de arena + 150 mL de clorpirifos, dirigido al cogollo para el control de gusano cogollero presente en esa época (Limongi et al., 2019).

2.6 ÉPOCA DE SIEMBRA

Bajo condiciones de campo adecuadas, la semilla absorbe agua y comienza el crecimiento. Las principales causas de disminución de la germinación son el daño por heladas (baja temperatura y alta humedad), la infección con organismos patógenos del suelo y las malas condiciones de almacenamiento (Novib & Oxfam, 2019). Para la variedad INIAP 543-QPM se recomienda la siembra con las primeras precipitaciones de la época lluviosa y en los primeros meses del verano en zonas con disponibilidad de riego o bajo condiciones de humedad remanente (Limongi et al., 2019).

2.7 DENSIDAD DE LA SIEMBRA

Las hileras de maíz al sembrarse deben de estar a una distancia de 80 cm y 30 cm entre plantas, colocando una semilla por sitio, o 60 cm con dos plantas por sitio, en ambas condiciones la densidad es de 41666 plantas/ha. Bajo riego otra opción es de 1.60 m x 0.40 m x 0.3 m, 1 planta por sitio (52083 plantas/ha) (Limongi et al., 2019).

INIAP 543-QPM se ha desarrollado para las principales zonas cocaleras del Litoral ecuatoriano, con altitud desde el nivel del mar hasta los 1000 metros, temperatura media de 25°C, precipitaciones entre los 500 a 1200 mm, humedad relativa entre 70 a 90% y heliofanía de 820 a 1300 horas luz (Limongi et al., 2019).

2.8 LA FERTILIZACIÓN BALANCEADA

La fertilización representa una tecnología más que debe ser integrada dentro del proceso de producción del maíz. Por ello, para que la utilización de herramienta impacte favorablemente en los resultados técnico-económicos, es fundamental que

exista un proceso de planificación y programación de la producción, dentro del cual se deberá definir un plan de fertilización. Cada lote posee características intrínsecas provenientes de la interacción compleja del tipo de suelo, antecedentes (historia agrícola, cultivos antecesores, manejo de labores, etc.) y el efecto del clima local (Melgar & Torres, 2019).

En el orden de prioridades de la nutrición nitrogenada en el suelo está primero los microorganismos y luego el cultivo. Si las dosis de nitrógeno son normales a bajas (120-150 kg/ha de urea), va a haber una “retención” de ese nitrógeno por parte de las bacterias, y el sobrante de su alimento lo recibirá el cultivo, lo que será en muchos casos insuficiente para sostener altos rendimientos; es recomendable agregar un 30% del nitrógeno total a fertilizar en el momento de la siembra de los maíces tardíos con antecesor gramínea (Verri, 2021).

Las altas dosis de fertilización química que se aplican al cultivo de maíz traen consigo una serie de problemas entre los que se destacan la contaminación de mantos freáticos, esteros y bahías; además del incremento de insectos plagas (Lopez, 2019). El uso ineficiente de los fertilizantes, traducido como suministro excesivo de elementos químicos a los suelos de cultivo, ha sido señalado a través del tiempo, como contaminante de las áreas de producción agrícola del mundo (Añez & Espinoza, 2020).

2.9 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL MAIZ

Los elementos para ser considerados esenciales deben ejercer una influencia directa en los procesos fisiológicos, activadores de enzimas o formar parte integral de un metabolito esencial. En las plantas se consideran 17 elementos esenciales entre los que destacan el N, P, K, Ca, Mg y S, los cuales cumplen funciones estructurales, constituyentes de enzimas y de transporte y regulación osmótica (Proain, 2021a).

Los granos de maíz son los órganos de almacenamiento de la planta, contienen almidones, proteínas y micronutrientes. La calidad nutricional y la integridad de los granos de maíz están influenciadas por muchos factores, incluyendo la genética, el

medio ambiente y el procesamiento del grano, los procedimientos de cocción, la nixtamalización y la fermentación (Amparo, 2018).

Tabla 2. Composición química del maíz

(g/100g)	Maíz
Humedad	11.3
Proteína (Nx6,25)	8.8
Lípidos	3.8
Carbohidratos disponibles	65
Fibra	9.8
Minerales	1.3

Fuente: Datos tomados de M. Gobbetti and M. Gänzle (eds.)

2.10 USO DEL NITROGENO

La fertilización nitrogenada es uno de los factores de impacto más importantes en el crecimiento y desarrollo de los cultivos de cereales (Ballesteros, et al, 2015). La principal fuente de nitrógeno para las plantas es la materia orgánica presente en el suelo, a partir de la descomposición de la misma, la planta obtiene nitratos y amonio para su crecimiento. Por otro lado, los fertilizantes nitrogenados sintéticos comprenden la otra fuente de nitrógeno, cuando la demanda de los cultivos supera la cantidad ofrecida por el suelo (Favere et al., 2017).

Los problemas más importantes que puede generar el nitrógeno son debidos a las pérdidas que se producen por lavado, volatilización y desnitrificación (García, et al. 2018). En términos generales, no existe un método de análisis para medir la disponibilidad de N en el suelo que pueda ser utilizado rutinariamente por los laboratorios, debido en gran parte, a las transformaciones del N en el suelo, las que son influenciadas por las condiciones ambientales. Por lo tanto, las recomendaciones sobre las necesidades de N deben basarse en las curvas de respuesta obtenidas en diferentes condiciones edafoclimáticas (Bernal, et al. 2016).

2.9.1 TIPOS DE FERTILIZANTES NITROGENADOS

El nitrógeno es el nutriente más utilizado en cultivos agrícolas en el mundo, debido a su alto nivel de complejidad en el suelo y múltiples vías de pérdidas al ambiente durante el ciclo del cultivo conlleva la mayor cantidad de investigaciones científicas bien como productos comerciales (Lucero, 2019).

Según (Boyd, 2018) la mayoría de los estos fertilizantes están hechos de amoníaco que se fija industrialmente mediante la reducción de gas nitrógeno de la atmósfera con iones de hidrógeno de la combustión de gas natural u otros combustibles para producir amoníaco. El amoníaco puede alterarse a través de procesos industriales para proporcionar una variedad de fertilizantes nitrogenados.

Una forma sencilla de clasificar a los fertilizantes nitrogenados es en orgánicos y químicos. Los fertilizantes nitrogenados orgánicos pueden ser: a) estiércoles; b) compostas (obtenidas por fermentación de diversos materiales orgánicos como estiércoles, residuos de cosecha, entre otros); c) abonos verdes (cultivos establecidos para su posterior incorporación al suelo, normalmente se tratan de leguminosas); d) Esquilmos (se refiere a los residuos de cosecha, pacas, socas y rastrojos); d) desechos agroindustriales (cachaza, vinaza, pulpa de café, etc.); e) aguas negras y sus derivados; y f) Efluentes de biodigestores (Fertilab, 2017). Los fertilizantes químicos se describen en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Fertilizantes convencionales más utilizados a nivel mundial

Fertilizante	Concentración	Formula química
Amoniaco	82%	NH ₃
UREA	46%	(NH ₂) ₂ CO
Fosfonitratos	31%	FFN
Nitrato de amonio	32%	(NH ₄ NO ₃)
Sulfato de amonio	20,5%	(NH ₄) ₂ SO ₄
Fosfato Monoamónico Fosfato Diamónico	11%-18%	MAP-DAP

Fuente: Datos tomados de (Fertilab, 2017)

En la tabla 3 se puede observar que el amoníaco anhidro es el fertilizante con mayor concentración de nitrógeno (82%), sin embargo, posee la característica de ser un gas, lo que limita su aplicación en algunas zonas y que pueden perderse grandes cantidades por volatilización durante este proceso (Fertilab, 2017).

Debido a lo expuesto la urea es el fertilizante nitrogenado más utilizado. Su tasa de hidrólisis de la urea es muy alta y ocurre en un periodo breve de tiempo. La recomendación para el manejo de N en el maíz es generalmente aplicarlo en forma parcelada. En un primer momento se debe aplicar entre el 20-30% del total de la dosis en la siembra. El resto se aplica cuando el maíz se encuentra entre las etapas de crecimiento V4-V6. De modo que las plantas lleguen bien nutridas al período de máximo crecimiento y absorción, que generalmente ocurre entre las etapas de crecimiento V8 a V14 (Gonzales, 2020).

En investigaciones realizadas la respuesta del cultivo de maíz amarillo duro a la fertilización nitrogenada con dos fuentes de insumo nitrogenado (sintético y orgánico) y con dos sistemas de siembra con riego por goteo, se observaron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de maíz grano entre los dos sistemas de siembra, resultando el sistema de siembra en surcos simples superior en 1.9 t/ha al sistema de siembra en surcos pareados. (Sotomayor Alvarez et al., 2017).

Es importante conocer que los fertilizantes no son particularmente tóxicos, pero son productos químicos concentrados. Están sujetos a apelmazamiento cuando se exponen a la humedad y deben almacenarse en un lugar seco. El contacto con la lluvia puede dar como resultado la disolución, y la escorrentía resultante estará altamente concentrada con nutrientes fertilizantes que conducirán a la contaminación del suelo y el agua (Boyd, 2018).

2.10.1 USO DEL AZUFRE

El azufre conocido también como mesonutriente, es necesario en cantidades medias entre un macronutriente y un micronutriente. El S es parte constituyente de tres aminoácidos esenciales (cistina, cisteína y metionina), los cuales intervienen en la formación de varias proteínas. Por otro lado, la formación de clorofila requiere

de la presencia de S, participa también en la formación de aceites y síntesis de vitaminas. Esto explica porque este elemento es tan importante para el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Sergio et al., 2007).

La fertilización azufrada es una práctica sumamente necesaria en gran parte de los suelos, su aplicación realizada en forma juiciosa y dentro del marco de las buenas prácticas agrícolas, permite mejorar sustancialmente el rendimiento físico, como así también el económico (Veintimiglia & Torrens, 2017).

Para que S esté disponible para el aprovechamiento del maíz, debe estar en forma de sulfato (SO_4). El azufre elemental debe ser descompuesto por los microbios que habitan en el suelo (oxidación) para transformarse en SO_4 que puede ser absorbido por las plantas. Debido a que los microbios se encargan del proceso de descomposición, los suelos cálidos y húmedos con buena aeración producen más cantidad de azufre elemental. La oxidación de azufre elemental y su transformación en SO_4 es un proceso en el que el azufre elemental está disponible para las plantas a un ritmo lento (Rizo, 2016).

Por último, el azufre es un nutriente que se relaciona muy estrechamente con el N. Por lo que a cantidades mayores de N absorbido aumentará el requerimiento de S. Se estima que la relación N:S ideal varía de 5-8 en el cultivo de maíz. Es decir, por cada 5-8 kg de N, debemos aplicar 1 kg de S (Gonzales, 2020).

2.11 IMPACTO DE LAS CONDICIONES CLIMATICAS EN LOS CULTIVOS

No hay duda de que el clima juega un papel importante en la formación de la faz de la tierra y en el tipo de actividades económicas que el hombre puede practicar (Mohammed et al., 2018). Se espera que el cambio climático (CC) resultante del aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera altere los regímenes de temperatura y precipitación en todo el mundo, y que estos cambios, acompañados por un aumento de las fluctuaciones, causarán una gran disminución en el uso del agua de los cultivos y la producción de alimentos (Castillo et al., 2020).

Por otro lado, el maíz es particularmente sensible a la falta de agua en el entorno de la floración, desde 20-30 días antes hasta 10-15 días después. En suelos con escasa profundidad, o pedregosos, la capacidad de almacenamiento se ve limitada y, cuando es posible, debe suplirse con mayor frecuencia de riegos. Lo ideal es mantener una alta disponibilidad de agua en el suelo, en términos de potencial de agua del suelo (no debe superarse 1,5 atmósferas en el periodo de la floración y algo más en el resto del ciclo). Si el potencial hídrico es mayor (en términos absolutos) comienza a mermar la producción (Agroes, 2017).

2.12 REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL MAÍZ

El cultivo de maíz, dependiendo de las condiciones climáticas, y sin considerar otros factores de producción, requiere a lo largo de su ciclo de 500-800 mm de agua bien distribuida de acuerdo con sus fases fenológicas. Las fases de floración y llenado de grano son las más críticas para obtener la máxima producción. Se mencionan que en el maíz la disponibilidad de agua en el momento oportuno, es el factor ambiental más crítico para determinar el rendimiento. El periodo con mayor exigencia de agua, es el que va desde 15 días antes de la floración hasta 30 días después. Un estrés causado por deficiencia de agua en el periodo de floración puede ser motivo de una merma del 6 al 13 % por día, en el rendimiento final (Sifuentes, 2018).

El riego rodado o por inundación tiene una eficiencia muy baja en el uso del agua, donde con “buen manejo” apenas se rebasa el 50 %, mientras que con el riego por goteo se tiene una mejor utilización del recurso alcanzando eficiencias que van del 90 al 95 %. Esto se traduce en un ahorro significativo en la cantidad de agua aplicada, además, si se extrae de pozos profundos los costos de electricidad se reducen. Mediante este sistema se pueden inyectar otros insumos (fertilizantes, herbicidas, insecticidas, etc.), donde su eficiencia de uso también se mejora considerablemente, permitiendo emplear dosis más bajas y controladas e indirectamente los impactos al medio ambiente se ven reducidos al mismo tiempo que se incrementa el rendimiento (Proain, 2021b).

Según la investigación de (Limongi et al., 2019) entre el 2018 y 2019 se iniciaron los experimentos multi-ambiente en las provincias de Manabí, Los Ríos, Guayas y Santa Elena, evaluando en 10 localidades la producción de mazorcas en fresco (choclos) y en cuatro localidades a nivel de grano. El potencial de producción en fresco de la variedad INIAP 543-QPM durante la época seca bajo riego fue de 40000 choclos comerciales y en la época lluviosa 35000 choclos; INIAP 543-QPM fue comparado con una variedad y un híbrido, ambos de grano blanco y de categoría comercial.

2.12.1 RIEGO POR GOTEO

El riego por goteo permite obtener muchos beneficios en la producción, en la calidad y en el rendimiento del maíz tanto de grano como el forrajero-biomasa. La eficiencia del sistema aumenta cuando se combina la ferti-irrigación. Dado que el maíz requiere unidades nutritivas significativas la posibilidad de fraccionar el suministro de abonos durante las fases de desarrollo (sobre todo lo de nitrógeno) a través de la ferti-irrigación, garantiza la máxima eficiencia en la cultivación (SAB, 2020).

Cerca 6.600 m de cinta
Ø16, 8mil (3 rollos de 2200
m con goteros con caudal
1 l/h)

1 rollo de 100 m de Rioflex
3", 78mm

Un filtro de discos 2" en
paralelo

67 conectores tape- con
valvulita

Accesorios a compresión
(1 manguito, un tapón).

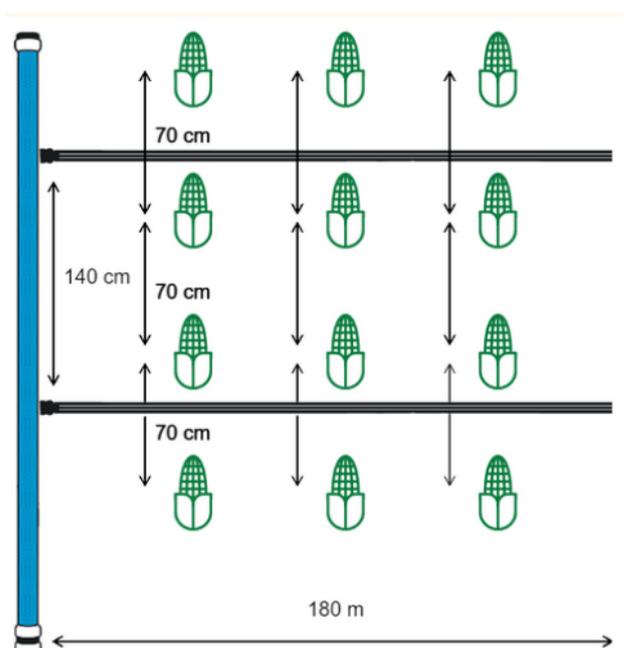


Figura 2. Diseño de un sistema de riego
Fuente: Datos tomados de (SAB, 2020)

CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 UBICACIÓN

El presente trabajo se realizó en Valle del Río Carrizal, parroquia Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí, está situada geográficamente entre las coordenadas 0°44'27,9" de Latitud Sur y 80°10'47,2" de Longitud Oeste con una elevación de 15msnm.

3.2 DURACIÓN DEL TRABAJO

El presente trabajo se desarrolló desde enero a junio de 2022.

3.3 CONDICIONES CLIMATICAS

TEMPERATURA. - El clima es tropical, la temperatura media anual en se encuentra a 25.7 °C. Hay alrededor de precipitaciones de 903 mm b.

PRECIPITACIONES. - La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 223 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 2.0 °C.

HUMEDAD. - El mes más seco es septiembre, con 5 mm. 228 mm, mientras que la caída media en marzo. El mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año,

HELIOFANIA. - Las horas de brillo solar llegan a 1.038 al año, en los meses de invierno se tiene la mayor cantidad de horas de brillos solar.

VIENTOS. - La velocidad media mensual fluctúa entre 1,4 m/s, 1,7 m/s siendo el valor medio de 1.6 m/s. La dirección predominante del viento es N.S. se tiene ráfaga entre 8 y 12 m/s.

3.4 MATERIAL VEGETAL

Se utilizó la variedad de maíz INIAP-543, desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

3.5 FACTORES DE ESTUDIO

Factor A (Niveles de N)

- 50 kg ha⁻¹
- 100 kg ha⁻¹
- 150 kg ha⁻¹
- 200 kg ha⁻¹

Factor B (Niveles de S)

- 30 kg ha⁻¹
- 60 kg ha⁻¹
- 90 kg ha⁻¹

Testigo

- Con omisión de N y S

3.6 DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos se aplicaron de la siguiente manera

T₁= 50 N - 30 S

T₂= 100 N - 30 S

T₃= 150 N - 30 S

T₄= 200 N - 30 S

T₅= 50 N - 60 S

T₆= 100 N - 60 S

T₇= 150 N - 60 S

T₈= 200 N - 60 S

T₉= 50 N - 90 S

T₁₀= 100 N - 90 S

T₁₁= 150 N - 90 S

T₁₂= 200 N - 90 S

T₁₃= Omisión de Nitrógeno y Azufre

3.7 DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial A x B + 2, con 14 tratamientos, tres repeticiones y 42 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó por parcelas de 24 m².

3.8 VARIABLES REPUESTA

3.8.1 VARIABLES AGRONÓMICAS

- **LONGITUD DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS (cm).** - Esta variable respuesta se determinó al momento de la cosecha, donde del centro de la parcela se tomaron cinco mazorcas comerciales al azar, a las cuales se le registro la longitud desde la base al ápice de la mazorca con la ayuda de una cinta métrica.
- **DIÁMETRO DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS (cm).** - Variable determinada al momento de la cosecha, donde del centro de la parcela se tomaron cinco mazorcas comerciales al azar y con la ayuda de un calibrador se registró el diámetro en el tercio medio de la mazorca.
- **PESO DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS (g).** - El peso de mazorca se ejecutó al momento de la cosecha, donde del centro de la parcela se tomó cinco mazorcas comerciales al azar, a las cuales se le registro el peso con ayuda de una balanza de precisión.
- **NUMERO DE MAZORCAS COMERCIALES.** - La cantidad de mazorcas comerciales se determinó al momento de la cosecha donde se contabilizó el número de mazorcas comerciales por parcela útil y luego se extrapoló a hectárea.
- **PRODUCTIVIDAD DE MAZORCAS COMERCIALES CON Y SIN BRÁCTEAS (t ha⁻¹).** - Se determinó registrando el peso de todas las mazorcas comerciales del área útil y luego se extrapoló a hectárea.

3.8.2 VARIABLES DE CRECIMIENTO

- **ALTURA DE PLANTA (cm).** - Se midió con una cinta métrica desde la base hasta la hoja bandera, después de la floración femenina.

- **DIÁMETRO DEL TALLO (mm).** - Se registró después de la floración femenina en la base del tallo.
- **PESO SECO DE PLANTA.** - Se registró al momento de la madurez fisiológica cuando la planta alcanzó su máximo crecimiento. Se colocó la planta en estufa a 70°C hasta que alcanzó un peso constante.
- **PESO SECO DE RAÍCES.** - Se registró al momento de la madurez fisiológica cuando la planta alcanzó su máximo crecimiento; para esto se separaron las raíces de la planta. Se colocó la planta en estufa a 70°C hasta que alcanzó un peso constante.
- **ÁREA FOLIAR.** – Su registro se realizó después de la floración femenina. Se consideró la longitud y ancho de cada hoja y se multiplicó por el factor 0.75, posteriormente se sumaron las áreas de cada hoja.

3.9 PLAN DE FERTILIZACIÓN

La fertilización se la realizó con los niveles de N (50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹) y S (30, 60 y 90 kg ha⁻¹) evaluados. Independientemente, de los niveles de fertilización de nitrógeno y azufre descritos, todos los tratamientos recibieron una fertilización básica de 30 kg de P₂O₅, 60 kg de K₂O y 25 kg de MgO. Las fuentes fertilizantes utilizadas fueron DAP (18% N y 46% P₂O₅), Muriato de potasio (60% K₂O), Sulfato de Magnesio (25% MgO y 20% S), Sulfato de Amonio (21% N y 24% S) y Urea (46% N). El fertilizante fosfatado fue aplicado 100% a la emergencia del cultivo (VE). Los fertilizantes a base de potasio, magnesio y azufre se aplicaron en dos fracciones, donde el 50% fue aplicado a la emergencia (VE) y el 50% en hoja seis (V6). La fertilización nitrogenada fue aplicada en tres fracciones, colocando el 20% a la emergencia (VE), el 40% en la hoja seis (V6) y el 40% en la hoja diez (V10).

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE VARIABLES AGRONÓMICAS Y DE CRECIMIENTO

Para la época lluviosa, se observa que los tratamientos de fertilización evaluados como la dosis de nitrógeno, la dosis de azufre y la interacción de nitrógeno x azufre no influyen significativamente ($p>0.05$) sobre las variables estudiadas. Se detectó diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$) para la comparación ortogonal entre la media de los tratamientos de fertilización vs la media de los tratamientos testigo sin N y S (Tabla 4). De manera similar ocurrió para la época seca, donde los tratamientos de fertilización nitrogenada y azufrada tampoco influyeron significativamente sobre las variables evaluadas ($p>0.05$). Sin embargo, la comparación ortogonal entre las medias de los tratamientos de fertilización vs las medias de los testigos sin N y S fue significativo ($p<0.05$) para todas las variables analizadas (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de varianza del crecimiento y componentes de rendimiento de la variedad de maíz INIAP 543-QPM, en función de niveles de fertilización nitroazufrada.

Fuente de variación	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Area foliar (m ²)	Longitud de mazorcas (cm)	Diámetro de mazorcas (cm)	Peso de mazorca (g)	Mazorcas comerciales por ha	Rendimiento de mazorcas (kg/ha)
Época lluviosa								
Dosis de N	0.4155	0.9569	0.1997	0.5603	0.4274	0.7651	0.3121	0.1667
Dosis de S	0.4838	0.9764	0.4723	0.8979	0.1067	0.9739	0.6972	0.7012
N x S	0.7395	0.8206	0.1664	0.9454	0.9579	0.9137	0.5517	0.9209
Testigos vs Tratamiento	0.0001	0.0001	0.0027	0.0001	0.0012	0.0001	0.0238	0.0001
C.V. %	7.14	10.66	14.53	6.56	8.08	16.12	39.74	17.32
Época seca								
Dosis de N	0.0861	0.1435	0.0203	0.2124	0.1741	0.5737	0.5737	0.4545
Dosis de S	0.7244	0.0132	0.9116	0.4857	0.9344	0.8187	0.8187	0.374
N x S	0.3855	0.0183	0.6161	0.1405	0.9201	0.7274	0.7273	0.7135
Testigos vs Tratamientos	0.0001	0.0001	0.0001	0.0079	0.0228	0.0013	0.0013	0.0001
C.V. %	4.37	5.88	10.39	5.88	5.89	17.77	17.77	8.02

En la tabla 5, se muestran los promedios de las variables de crecimiento y componentes de rendimiento analizadas, en función de las dosis de nitrógeno y azufre probadas vs los promedios de los tratamientos de omisión de N y S correspondientes.

Los resultados muestran que para ambas épocas (seca y lluviosa), tanto la fertilización nitrogenada y azufrada influyeron en una mayor altura de planta, diámetro de tallo, área foliar, longitud, diámetro y peso de mazorcas en comparación a los tratamientos con omisión de N y S (Tabla 5). Estos resultados evidencian una clara respuesta del maíz a la fertilización nitro-azufrada, sin embargo, el genotipo evaluado al ser una variedad de libre polinización no muestra una alta exigencia en N y S, por lo que serían suficiente las dosis menores de 50 y 30 kg ha⁻¹ de nitrógeno y azufre (Tabla 5).

En este contexto, los resultados se asemejan a los obtenidos por Barrios & Basso (2018), quienes determinaron el efecto positivo y significativo de la fertilización nitrogenada sobre los componentes de rendimiento. Resultados similares fueron hallados por Ali et al. (2013), quienes lograron mayor crecimiento de planta y tamaño de mazorcas en maíz fertilizado con nitrógeno y azufre de forma combinada, con relación a las parcelas con omisión de N y S. Así mismo, Li et al. (2019) lograron mayor acumulación de biomasa, crecimiento y componentes de rendimiento en maíz fertilizado de manera combinada con nitrógeno y azufre.

Del mismo modo, los resultados logrados se asemejan a los alcanzados por Swify et al. (2022), quienes reportaron mayor crecimiento y rendimiento en tratamientos de fertilización combinada de nitrógeno y azufre en maíz.

Tabla 5. Efecto de tratamientos de fertilización nitro-azufrada sobre el crecimiento y componentes de rendimiento de la variedad de maíz INIAP 543-QPM.

Tratamientos	Altura de planta (m)	Diámetro de tallo (mm)	Área foliar (m ²)	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Peso de mazorca (g)
Niveles de N época lluviosa						
50	2.69	22.02	0.83	20.2	44.35	188.51
100	2.61	21.86	0.77	20.67	42.50	182.98
150	2.64	21.93	0.90	20.47	43.70	195.49
200	2.76	22.39	0.86	19.96	44.43	191.16
Control	2.13	16.89	0.59	16.27	39.66	112.60
Niveles de S época lluviosa						
30	2.66	21.96	0.84	20.23	44.20	190.65
60	2.64	22.05	0.81	20.44	44.70	188.28
90	2.73	22.15	0.87	20.30	42.34	189.67
Control	1.98	17.09	0.55	17.40	36.68	115.87
Niveles de N época seca						
50	2.56	21.00	0.92	20.33	43.83	197.41
100	2.71	21.79	0.97	20.22	46.08	205.85
150	2.65	22.25	1.06	20.56	46.02	215.44
200	2.62	21.29	1.06	19.52	46.12	194.96
Control	2.00	17.76	0.67	17.76	18.11	149.55
Niveles de S época seca						
30	2.62	20.69	1.00	20.17	45.70	206.56
60	2.65	21.90	1.01	19.89	45.51	205.28
90	2.64	22.16	1.00	20.89	45.33	198.42
Control	2.23	17.51	0.70	17.51	19.22	147.22

La fertilización nitrogenada influyó de manera contundente con mayor producción de mazorcas comerciales y rendimiento de mazorcas (kg ha^{-1}), tanto en la época seca como lluviosa, con relación a los testigos con omisión de nitrógeno que presentaron menor producción de mazorcas comerciales y rendimiento de mazorcas (Figuras 3 y 4). Se puede evidenciar que al no haberse detectado diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre niveles de nitrógeno, las dosis entre 50 y 100 kg ha^{-1} , podrían ser suficientes para la producción de mazorcas comerciales y rendimiento de mazorcas de la variedad INIAP 543-QPM.

Los resultados alcanzados con la fertilización nitrogenada, son semejantes a los logrados por Barrios et al. (2019) que reportaron mayor incremento de rendimiento

en maíz con niveles crecientes de nitrógeno, en comparación al tratamiento control sin nitrógeno. Así mismo, los resultados logrados son cercanos a los descritos por Pagani et al. (2012), quienes determinaron que el rendimiento del maíz está fuertemente asociado a la fertilización nitrogenada.

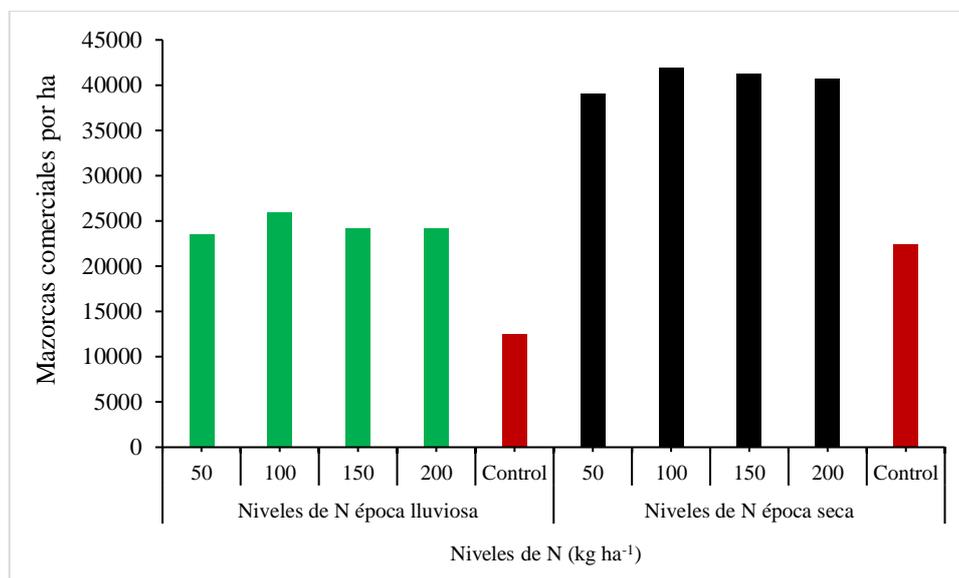


Figura 3. Producción de mazorcas comerciales de la variedad INIAP 543-QPM en función de niveles de nitrógeno en época lluviosa y seca

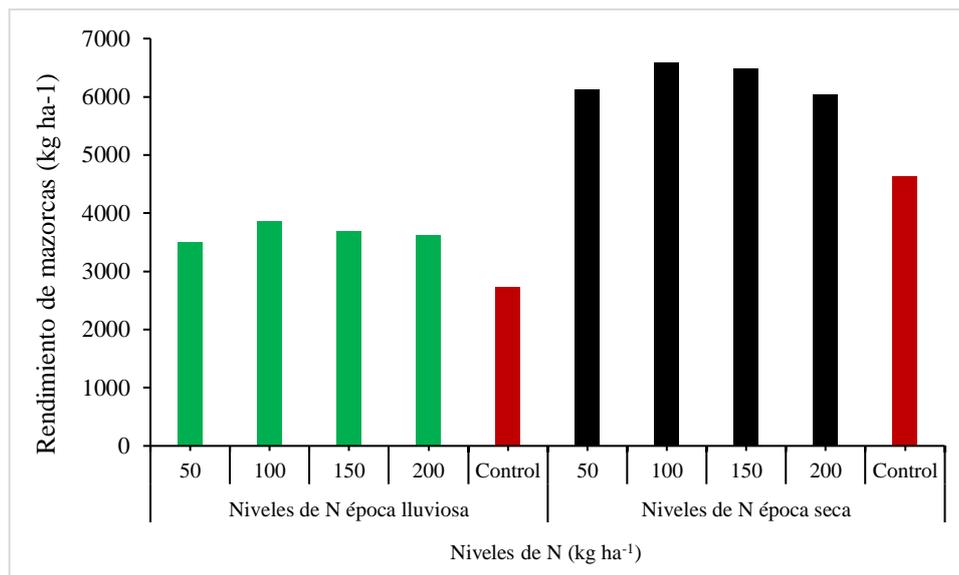


Figura 4. Rendimiento de mazorcas de la variedad INIAP 543-QPM en función de niveles de nitrógeno en época seca y lluviosa

La fertilización azufrada potenció la producción de mazorcas comerciales y el rendimiento de mazorcas (kg ha^{-1}) en ambas épocas evaluadas (seca y lluviosa), donde se evidencia que no hay diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los niveles de azufre probados, pero si se aprecia un claro efecto entre los niveles de fertilización azufrada y el tratamiento control con omisión de azufre (Figuras 5 y 6).

Estos resultados denotan que bajo las condiciones donde desarrolló el experimento, puede ser suficiente la fertilización azufrada de la variedad INIAP 543 – QPM, con dosis entre 30 y 60 kg ha^{-1} de S. Estos resultados son cercanos a los reportados por Barrios et al. (2019), quienes reportaron mejores rendimientos del maíz con 50 kg ha^{-1} de azufre. Resultados próximos fueron hallados por Kumar et al. (2022), quienes reportaron mayor crecimiento y rendimiento del maíz con dosis de 40 kg ha^{-1} de azufre.

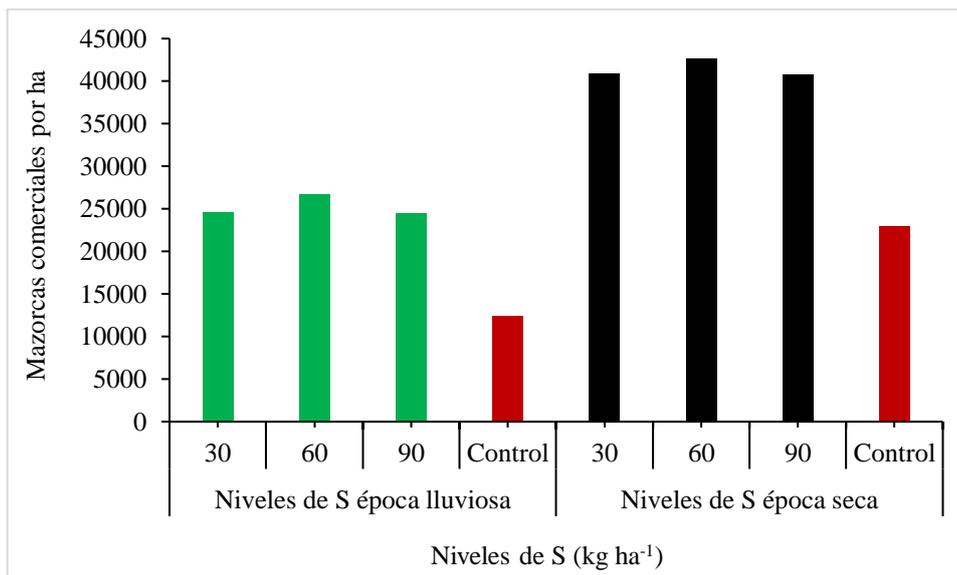


Figura 5. Producción de mazorcas comerciales de la variedad INIAP 543-QPM en función de niveles de azufre en época lluviosa y seca

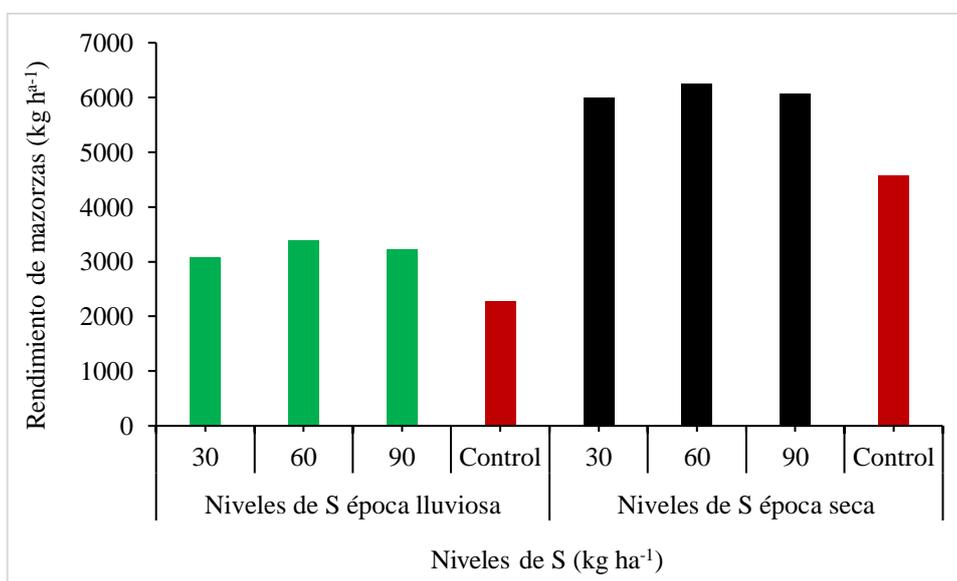


Figura 6. Relación entre los niveles de azufre en época lluviosa y época seca, según el rendimiento de mazorcas comerciales

La eficiencia agronómica de la fertilización nitrogenada (EAN) decreció con el aumento de los niveles de nitrógeno, donde el mayor rendimiento de mazorcas por cada unidad de nitrógeno aplicado se ubica entre los rangos de 50 y 100 kg de N

ha⁻¹, lo cual indica que niveles mayores de fertilización no son eficientes en la variedad INIAP 543-QPM (Figura 7).

Estos resultados coinciden a los descritos por González et al. (2016) y Motato et al. (2016) quienes reportaron mayores valores de EAN con menores niveles de fertilización nitrogenada. Al igual que para el nitrógeno, la eficiencia agronómica del azufre (EAS) mostró un comportamiento inversamente proporcional a los niveles de azufre evaluados, donde las dosis más convenientes para lograr mayor rendimiento de mazorcas por unidad de azufre aplicado, estarían entre 30 a 60 kg de S ha⁻¹, dado que, por el contrario, dosis mayores representarían un mayor costo económico e impacto ambiental (Figura 7). Los resultados hallados en cuanto al S, son cercanos a los reportado por Kovar (2021), quien logró EAS de 20, 24 y 22 g de materia seca g⁻¹ de S aplicado, en plantas de maíz fertilizadas con dosis de 22, 34 y 45 kg de S ha⁻¹. De forma similar, los resultados obtenidos comparten similitud con los reportado por Silva et al. (2020), quienes evaluaron la EAS en función a niveles y fuentes de azufre en el cultivo de maíz.

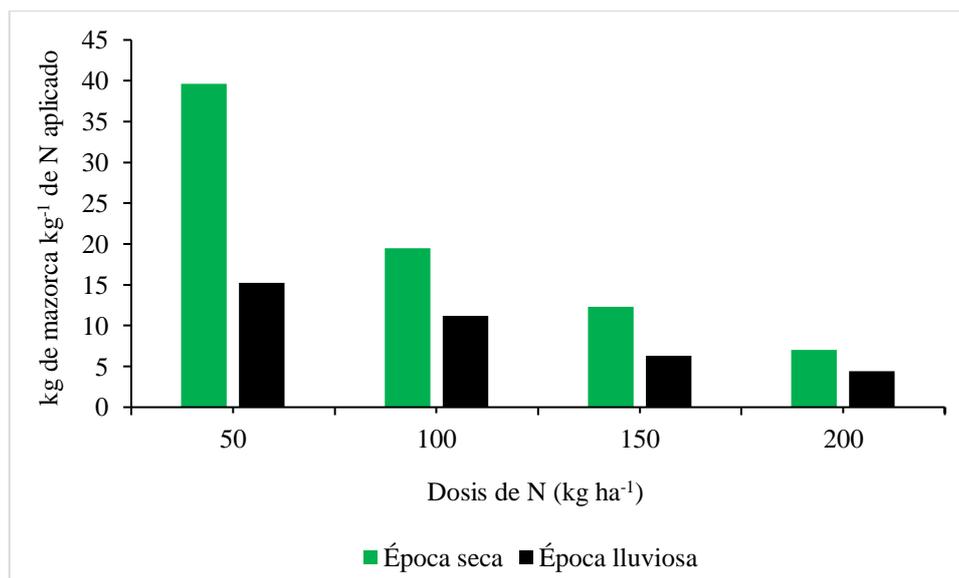


Figura 7. Eficiencia agronómica de nitrógeno en función de niveles crecientes de nitrógeno en época seca y lluviosa

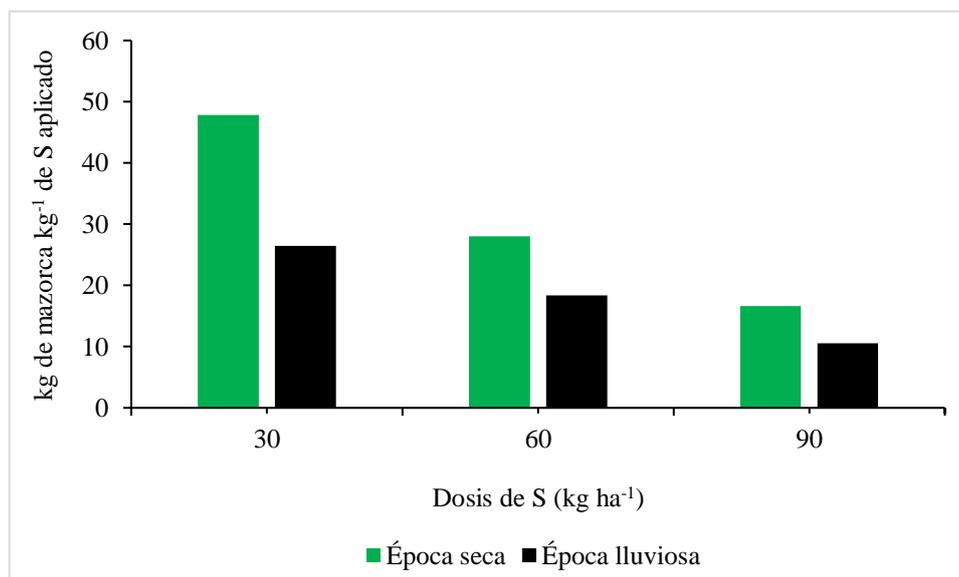


Figura 8. Eficiencia agronómica del azufre en función de niveles crecientes de azufre en época seca y lluviosa

Finalmente, los resultados logrados con fertilización nitro-azufrada, demuestran que la gestión simultánea de N y S es fundamental para aumentar la eficiencia de su uso, mejorar la productividad de los cultivos y reducir la huella ambiental (Carciochi et al., 2020). Sin embargo, hay que considerar que el genotipo y el ambiente puede alterar fuertemente la eficiencia en el uso de fertilizantes nitrogenados y azufrados, proporcionando información valiosa para clasificar los genotipos y optimizar el manejo específico de los cultivos (Arata et al., 2017).

A pesar de que el nitrógeno y el azufre son nutrientes esenciales necesarios para obtener mayores rendimientos de los cultivos y mejorar su valor nutricional, a nivel mundial se ha estimado de manera general, que, en cultivos de cereales como maíz, la eficiencia del uso de S y N es baja, con alrededor del 18 y 50% de los respectivos nutrientes aplicados son aprovechado por las plantas (Aula et al., 2019; Govindasamy et al., 2022).

Desde el punto de vista económico, los tratamientos conformados por las dosis de entre 50 a 100 kg de N ha⁻¹ y 30 a 60 kg de S ha⁻¹, lograron la mayor rentabilidad económica, con retornos superiores al 160% y 60% para las épocas seca y lluviosa, respectivamente (Tabla 6 y 7). Los resultados económicos coinciden a los descritos por Pagani et al. (2009) y Correndo et al. (2015), quienes destacan que la rentabilidad de la fertilización nitro-azufrada es variable, pero resulta favorable en

ambientes de alta productividad y escaso suministro de ambos nutrientes, y bajo un criterio de reposición y enriquecimiento.

Tabla 6. Análisis económico de tratamientos de fertilización nitroazufrada en maíz INIAP 543 – QPM durante la época seca del 2022.

Tratamientos	Ren (almud/ha)	PV (USD/almud)	IT = PV*Ren	CT = CF+CV	IN = IT-CT	RBC = IN/CT	Rentabilidad (%) = RBC*100
50 kg N + 30 kg S	396,00	10	3960,00	1474	2486,00	1,69	169
50 kg N + 60 kg S	403,00	10	4030,00	1507	2523,00	1,67	167
50 kg N + 90 kg S	396,00	10	3960,00	1540	2420,00	1,57	157
100 kg N + 30 kg S	416,00	10	4160,00	1548	2612,00	1,69	169
100 kg N + 60 kg S	422,00	10	4220,00	1573	2647,00	1,68	168
100 kg N + 90 kg S	415,00	10	4150,00	1606	2544,00	1,58	158
150 kg N + 30 kg S	411,00	10	4110,00	1612	2498,00	1,55	155
150 kg N + 60 kg S	417,00	10	4170,00	1639	2531,00	1,54	154
150 kg N + 90 kg S	411,00	10	4110,00	1672	2438,00	1,46	146
200 kg N + 30 kg S	407,00	10	4070,00	1676	2394,00	1,43	143
200 kg N + 60 kg S	414,00	10	4140,00	1705	2435,00	1,43	143
200 kg N + 90 kg S	407,00	10	4070,00	1738	2332,00	1,34	134
Testigo sin NS	226,00	10	2260,00	1386	874,00	0,63	63

Ren = rendimiento; PV = precio de venta; IT = ingresos totales; CT = costos totales; CF = costos fijos; CV = costos que varían; IN = ingresos netos; RBC = relación beneficio-costos

Tabla 7. Análisis económico de tratamientos de fertilización nitroazufrada en maíz INIAP 543 – QPM durante la época lluviosa del 2022.

Tratamientos	Ren (almud/ha)	PV (USD/almud)	IT = PV*Ren	CT = CF+CV	IN = IT-CT	RBC = IN/CT	Rentabilidad (%) = RBC*100
50 kg N + 30 kg S	239,00	10	2390,00	1474	916,00	0,62	62
50 kg N + 60 kg S	246,00	10	2460,00	1507	953,00	0,63	63
50 kg N + 90 kg S	238,00	10	2380,00	1540	840,00	0,55	55
100 kg N + 30 kg S	255,00	10	2550,00	1548	1002,00	0,65	65
100 kg N + 60 kg S	262,00	10	2620,00	1573	1047,00	0,67	67
100 kg N + 90 kg S	255,00	10	2550,00	1606	944,00	0,59	59
150 kg N + 30 kg S	243,00	10	2430,00	1612	818,00	0,51	51
150 kg N + 60 kg S	250,00	10	2500,00	1639	861,00	0,53	53
150 kg N + 90 kg S	243,00	10	2430,00	1672	758,00	0,45	45
200 kg N + 30 kg S	243,00	10	2430,00	1676	754,00	0,45	45
200 kg N + 60 kg S	250,00	10	2500,00	1705	795,00	0,47	47
200 kg N + 90 kg S	243,00	10	2430,00	1738	692,00	0,40	40
Testigo sin NS	125,00	10	1250,00	1386	-136,00	-0,10	-10

Ren = rendimiento; PV = precio de venta; IT = ingresos totales; CT = costos totales; CF = costos fijos; CV = costos que varían; IN = ingresos netos; RBC = relación beneficio-costos

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Las dosis de 50 y 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno fueron más efectivas para el crecimiento y rendimiento del maíz INIAP 543 – QPM.
- Las dosis de 30 y 60 kg ha⁻¹ de azufre mostraron mayor efectividad para potenciar el crecimiento y rendimiento del maíz INIAP 543 – QPM.
- La eficiencia agronómica del nitrógeno y azufre fue inversamente proporcional al incremento de las dosis de fertilización, por lo que las dosis menores lograron mayores eficiencias.
- Desde el punto de vista económico la fertilización nitroazufrada del maíz INIAP 543 – QPM, puede ser suficiente con dosis de 50 a 100 kg de N ha⁻¹ y de 30 a 60 kg de S ha⁻¹.

RECOMENDACIONES

- Bajo las condiciones donde se desarrolló el experimento, se recomienda fertilizar la variedad de maíz INIAP 543 – QPM con dosis de nitrógeno de entre 50 a 100 kg ha⁻¹ y con niveles de entre 30 a 60 kg ha⁻¹ de azufre.
- En un siguiente estudio se recomienda determinar la dosis óptima económica de la fertilización nitroazufrada, explorando los niveles de entre 50 a 100 kg de N ha⁻¹ y entre 30 a 60 kg de S ha⁻¹.

BIBLIOGRAFÍA

- Agroes. (2017). *Maiz clima y suelo para su cultivo*. <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-herbaceos-extensivos/maiz/264-maiz-clima-y-suelo-para-su-cultivo>
- Ali, A., Iqbal, Z., Hassan, S., Yasin, M., Khaliq, T., & Ahmad, S. (2013). EFFECT OF NITROGEN AND SULPHUR ON PHENOLOGY, GROWTH AND YIELD PARAMETERS OF MAIZE CROP. *Sci.Int. (Lahore)*,25(2),363-366.
- Amparo, L. M. (2018). Componentes del maíz en la nutrición humana. *Algunos componentes generales, particulares y singulares del maíz en Colombia y México*, 185-209.
- Añez, B., & Espinoza, W. (2020). *Fertilización química y orgánica*.
- Arata, A., Lerner, S., Tranquilli, G., Arrigoni, A., & Rondanini, D. (2017). Nitrogen x sulfur interaction on fertiliser-use efficiency in bread wheat genotypes from the Argentine Pampas. *Crop and Pasture Science* 68(3), 202-212.
- Aula, L., Dhillon, J., Omara, P., Wehmeyer, G., Freeman, K., & Raun, W. (2019). World Sulfur Use Efficiency for Cereal Crops. *Agron. Journal.*, 111:2485–2492.
- 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.
- Barrios, M., Rodríguez, G., & Álvarez, M. (2019). Effect of nitrogen-sulfur fertilization on yield and quality of three corn genotypes differing in endosperm texture. *Cienc Tecnol Agropecuaria, Mosquera (Colombia)*, 20(3):551-563.
- Bonilla, A., & Singaña, A. (2019). *La productividad agrícola más allá del rendimiento por hectárea: Análisis de los cultivos de arroz y maíz duro en Ecuador. LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida* 29(1):70-83. 14. <https://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.06>
- Boyd, C. (2018). *Propiedades de fertilizantes comerciales*. <https://www.globalseafood.org/advocate/propiedades-de-fertilizantes-comerciales/>
- Carciochi, W., Salvagiotti, F., Pagani, A., Reussi, N., Eyherabide, M., & Sainz, H. (2020). Nitrogen and sulfur interaction on nutrient use efficiencies and diagnostic tools in maize. *European Journal of Agronomy*, 116, 126045.
- Castillo, Y., Gonzalez, F., Hervis, G., Hirán, L., & Cisneros, E. (2020). *Impacto del cambio climático en el rendimiento del maíz sembrado en suelo Ferralítico Rojo compactado*. <https://www.redalyc.org/journal/5862/586262449008/html/>
- Caviedes, M., Carvajal-Larenas, F. E., & Zambrano, J. L. (2020). Tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays*. L) en el Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías, especial*(1). <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/download/2588/3111?inline=1>
- Correndo, A., Boxler, M., & García, F. (2015). Análisis económico del manejo de la fertilización con enfoque en el largo plazo. *Ciencia del Suelo*, 33(2):197-212.

- Endicott, S., Brueland, B., Keith, R., Schon, R., Bremer, C., Farnham, D., DeBruin, J., Clausen, C., Strachan, S., & Carter, P. (2015). *Maíz, crecimiento y desarrollo*. 1-20.
- ESPAC. (2020). *Boletín Técnico Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. 15.
- Favere, V., Starnone, N., & Perez, G. (2017). *Fertilización nitrogenada en maíz y lavado de nitratos*.
- Fertilab. (2017). *Fertilizantes Nitrogenados, Fuentes y Características*.
- Gonzales, H. (2020). *Requerimientos nutricionales del cultivo del maíz—AgroJornada*. <https://agrojornada.com.py/cultivo-del-maiz/>
- González, A., Figueroa, U., Preciado, P., Núñez, G., Luna, J., & Antuna, J. (2016). Uso eficiente y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero en suelos diferentes. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 7(2), 301 – 309.
- Govindasamy P, Muthusamy SK, Bagavathiannan M, Mowrer J, Jagannadham PTK, Maity A, Halli HM, G. K. S, Vadivel R, T. K. D, Raj R, Pooniya V, Babu S, Rathore SS, L. M and Tiwari G. (2023). Nitrogen use efficiency—a key to enhance crop productivity under a changing climate. *Front. Plant Sci.* 14:1121073.
- Hernandez, J. (2019). Situación del cultivo de maíz en Ecuador. *VI Congreso de semillas, Colombia*.
- INEC. (2020). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*, 49.
- INEC. (2021). *Módulo de Información Ambiental y Tecnificación Agropecuaria*.
- Kovar, J. (2021). Maize Response to Sulfur Fertilizer in Three Iowa Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(8): 905-915.
- Lafitte, H. R. (2014). *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. <https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s12.htm>
- Li, N., Yang, Y., Wang, L., Zhou, C., Jing, J., Sun, X., & Tian, J. (2019). Combined effects of nitrogen and sulfur fertilization on maize growth, physiological traits, N and S uptake, and their diagnosis. *Field Crops Research*, 242, 1075.
- Limongi, R., Alarcón, F., & Zambrano, E. (2019). Programa del Maíz. *Varietal INIAP 543-QPM con la calidad de proteína para el consumo en choclo en el litoral ecuatoriano*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5463>
- Lopez, M. (2019). Efecto de la fertilización Química-Orgánica en la incidencia de *Caliothrips phaseoli* Hood en plantas maíz (*Zea mays* L.). *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan.*, 6: 166-171.
- Lucero, L. (2019). *CATEGORIAS DE FERTILIZANTES NITROGENADOS*. 1, 105-112.
- Melgar, R., & Torres, M. (2019). *Plan de fertilización en maíz—Agritotal*. <https://www.agritotal.com/nota/plan-de-fertilizacion-en-maiz/>
- Motato, N., Pincay, J., Avellán, M., Falcones, M., & Aveiga, E. (2016). Fertilización del híbrido experimental de maíz INIAP H-603, con base en la eficiencia agronómica del nitrógeno. *ESPAMCIENCIA* 7(2): 109-116.
- Novib & Oxfam. (2019). Manual desarrollo vegetativo del maíz. *IntaNovib, & Oxfam. (2019). Manual desarrollo vegetativo del maíz. Inta, 35. http://andes.center/wp-content/uploads/2019/10/Manual-Ciclo-del-Maiz.pdf, 35.*
- Oliveros, E. (2005). *Respuesta del maíz a dosis crecientes de azufre y su relación con variables del suelo*. 29.

- Oñate, L. A. (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*. 84.
- Ortigoza, Javier, Lopez, Carlos, & Gonzalez, J. (2019). *Guía Técnica Cultivo De Maíz* (Vol. 58).
- Pagani, A., Echeverría, H., & Sainz, H. (2009). Respuesta a nitrógeno y azufre en el cultivo de maíz en diferentes ambientes de la provincia de Buenos Aires. *Ciencia del Suelo*, 27(1): 21-29.
- Pagani, A., Echeverría, H., Andrade, F., & Sainz, H. (2012). Effects of nitrogen and sulfur application on grain yield, nutrient accumulation, and harvest indexes in maize. *Journal of Plant Nutrition* 35(7):1080-1097.
- Proain. (2021a). *BASES EN LA NUTRICIÓN DE MAÍZ*. <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/bases-en-la-nutricion-de-maiz>
- Proain. (2021b). *EL CULTIVO DEL MAÍZ: ¿CUÁNTO Y CUÁNDO REGARLO?* <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/el-cultivo-del-maiz-cuanto-y-cuando-regarlo>
- Rizo, E. (2016). *¿Cómo remediar una deficiencia de azufre?* <https://www.hortalizas.com/cultivos/como-remediar-una-deficiencia-de-azufre/>
- SAB. (2020). *Riego por goteo del maíz*.
- Sacón, F., Chávez, J., Dueñas, J., Vargas, J., Álava, G., & García, G. (2018, julio 26). La Técnica: Revista de las Agrociencias. ISSN 2477-8982. *Aplicación foliar de micronutrientes y fitoreguladores como complemento de la fertilización edáfica en maíz amarillo duro*, 0(19), 19-30. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i19.723
- Sánchez, M. G. B., Yzquierdo, G. A. R., Escobar, M. G. Á., & Oliveros, L. F. C. (2019). Efecto de la fertilización nitroazufrada sobre el rendimiento y calidad de tres genotipos de maíz con diferentes texturas de endospermo. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(3), 551-563.
- Sergio, R., Veintimiglia, L., & Carta, H. (2007). *Necesidad de azufre en los cultivos*.
- Sifuentes, E. (2018). *Los requerimientos hídricos del maíz – Panorama AGROPECUARIO*. <https://panorama-agro.com/?p=2990>
- Silva, R., Moreira, A., Cardoso, L., & Duenhas, A. (2020). Agronomic efficiency of sulfur sources and interaction of sulfur with micronutrients. *Journal of Plant Nutrition*, 43(11): 1674-1680.
- Sosa, B. A., & García, Y. S. (2018). Agronomía Mesoamericana desarrollada en la Universidad de Costa Rica. *Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz fertilizado de forma orgánica y mineral*, 29(1), 207. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.27127>
- Sotomayor Alvarez, R., Chura Chuquiya, J., Calderón Mendoza, C., Sevilla Panizo, R., & Blas Sevillano, R. (2017). Fuentes y dosis de nitrógeno en la productividad del maíz amarillo duro bajo dos sistemas de siembra. *Anales Científicos*, 78(2), 232. <https://doi.org/10.21704/ac.v78i2.1061>
- Swify, S., Avizienyte, D., Mazeika, R., & Braziene, Z. (2022). Comparative Study Effect of Urea-Sulfur Fertilizers on Nitrogen Uptake and Maize Productivity. *Comparative Study Effect of Urea-Sulfur Fertilizers on Nitrogen Uptake and Maize Productivity*. *Plants*, 11, 3020.
- Tamagno, S., Borrás, L., & Greco, I. (2019). *Fertilización nitrogenada y respuesta en rendimiento y calidad en maíces dentados y flint*. 3.

- Tiwari, D., Chaturvedi, D., Singh, D., Yadav, T., & Awadhiya, P. (2022). Effect of nitrogen and sulphur levels on growth, yield and quality of maize (*Zea mays* L.). *The Pharma Innovation Journal*, 11(1): 418-422.
- Veintimiglia, L., & Torrens, L. (2017). Maíz: Por qué fertilizar con azufre. *Estacion Experimental Agropecuaria Pergamino, Argentina*.
- Verri, L. (2021). *Maíz tardío: La fertilización balanceada, un factor crucial*. <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/agricultura/maiz-tardio-la-fertilizacion-balanceada-un-factor-crucial-nid25092021/>
- Vignolles, M. (2018). *Análisis de la sustentabilidad ambiental en un establecimiento agro productivo ecológico respecto de la agricultura convencional, Buenos Aires Argentina*.

ANEXOS

ANEXO 1



1-A; Delimitación del terreno



1-B; Preparación del terreno

ANEXO 2

**2-A;** Siembra del maíz**2-B;** Pesaje del tratamiento

ANEXO 3

**3-A;** Medidas de control fitosanitario V3**3-B;** Fase vegetativa 25-30 días V1-
maíz INIAP 543-QPM

ANEXO 4

4-A; Sistema de riego por goteo

ANEXO 5

5-A; Fase vegetativa del maíz
INIAP 543-QPM, etapa R1



5-B; Cosecha

ANEXO 6

**6-A;** Toma de muestras**6-B;** Clasificación de muestras
por tratamientos

ANEXO 7

**7-AB;** Muestras en laboratorio para la toma de datos

ANEXO 8



8-ABC; Control de las muestras para la toma de datos