



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

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EFFECTO DEL MANEJO FISIONUTRICIONAL SOBRE EL  
RENDIMIENTO DE MAZORCAS Y FORRAJERO DE LA VARIEDAD  
DE MAIZ INIAP 543-QPM**

**AUTORA:**

**RIVERA PALMA IVONE KATHERINE**

**TUTORA:**

**ING. SOFIA DEL ROCÍO VELÁSQUEZ CEDEÑO**

**CALCETA, FEBRERO DE 2023**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Rivera Palma Ivone Katherine con cédula de ciudadanía 2350585986, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DEL MANEJO FISIONUTRICIONAL SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAZORCAS Y FORRAJERO DE LA VARIEDAD DE MAIZ INIAP 543-QPM**

es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he 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 comercial de la obra con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autores sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creativos e Innovación.



---

**IVONE KATHERINE RIVERA  
PALMA**

**CC: 2350585986**

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Rivera Palma Ivone Katherine con cédula de ciudadanía 2350585986, 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: **EFFECTO DEL MANEJO FISIONUTRICIONAL SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAZORCAS Y FORRAJERO DE LA VARIEDAD DE MAIZ INIAP 543-QPM**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



---

**IVONE KATHERINE RIVERA PALMA**

**CC: 2350585986**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

**ING. SOFIA DEL ROCÍO VELÁSQUEZ CEDEÑO, MG.**, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: : **EFFECTO DEL MANEJO FISIONUTRICIONAL SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAZORCAS Y FORRAJERO DE LA VARIEDAD DE MAIZ INIAP 543-QPM**, que ha sido desarrollado por **IVONE KATHERINE RIVERA PALMA**, previo a la obtención del título de **INGENIERA 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. SOFIA DEL ROCÍO VELÁSQUEZ  
CEDEÑO, MG**

**CC: 13099382163**

**TUTORA**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DEL MANEJO FISIONUTRICIONAL SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAZORCAS Y FORRAJERO DE LA VARIEDAD DE MAIZ INIAP 543-QPM**, que ha sido desarrollada por, **Ivone Katherine Rivera Palma**, previa la obtención del título de **INGENIERA 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

Se me llenan los ojos de lágrimas, pero no de tristeza sino de alegría por cumplir este logro son muchas las palabras de agradecimiento que tenemos en este momento por todo el sacrificio, constancia y dedicación que hemos formado durante toda nuestra etapa universitaria.

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

A nuestros padres, por su sacrificio y ayuda que nos dieron la posibilidad de llegar a esta instancia tan maravillosa en nuestras vidas, por apoyarnos de diversas formas durante todo este largo camino universitario, por su amor infinito, por enseñarnos a enfrentar los obstáculos con satisfacción y que la perseverancia, fortaleza y esfuerzo son el camino para lograr los objetivos propuestos.

A nuestra tutora Al Ing. Sofia Del Roció Velásquez Cedeño, Mg quien me orientó y me proporcionó sus plenos conocimientos adquiridos que gracias a su tiempo y enseñanza pude desarrollar las capacidades y aptitudes necesarias para el desarrollo de este proyecto.

A mi guía el Ing. Galo Alexander Cedeño García quien estuvo ayudándome en todo en el camino y cada etapa de mi proyecto por todas las enseñanzas y concomimientos compartidos conmigo.

A mis compañeros y amigos que me brindaron su confianza, ayuda y por todo lo que compartimos a lo largo del camino de nuestra etapa universitaria.

A mi novio y ex compañero de tesis Adrián Alexander Moreira Cevallos, que a pesar de las adversidades que hubo en el camino siempre tuvo la fe que siguiera adelante, aunque el no pudo acompañarme en esta bonita trayectoria universitaria.

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quien supo guiarme y darme la fuerza para seguir adelante y no desvanecerme en los problemas que se me han presentaba, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy ahora. A mis padres Nery Güiterman Rivera Sandoval y mi madre Georgina del Jesús Palma Cuenca, que con sus sabias palabras me dijeron " Termina lo que empezaste que un verdadero profesional no es aquel que llega primero a la meta, si no el que la sabe llegar" ellos han sido mi apoyo fundamental en este trascurso de la vida, que, con sus consejos, amor, ayuda en los momentos difíciles, poder estar donde estoy en estos momentos y sin dejar a un lado agradecerles a mis hermanos que me apoyaron con sus pequeños consejos de apoyos.

## Tabla de contenido

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICES DE CUADROS Y GRÁFICOS.....	x
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....</b>	<b>xi</b>
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.1.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.1.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. IMPORTANCIA GLOBAL, REGIONAL Y NACIONAL.....	4
2.2 ECOFISIOLOGÍA Y PRODUCCIÓN DEL MAÍZ .....	5
2.3 DEMANDA NUTRICIONAL DEL MAÍZ .....	5
2.4 FERTILIZACIÓN DE MAÍZ PARA CONSUMO EN FRESCO .....	6
<b>CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>8</b>
3.1. LOCALIZACIÓN .....	8
3.2. MÉTODO Y TÉCNICA .....	8
3.2.1. MATERIAL VEGETAL.....	8
3.2.2. TRATAMIENTOS .....	8
Se aplicaron fertilizaciones edáficas, muriato de potasio, urea y DAP; en etapas VE, V6 y V10. ....	9

3.2.3. DISEÑO ESTADÍSTICO.....	9
3.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL.....	10
3.5. VARIABLES RESPUESTAS MORFO-AGRONÓMICAS .....	10
3.4. COMPONENTES DE RENDIMIENTO.....	11
3.5. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	12
3.5.1. PREPARACIÓN DEL SUELO .....	12
3.5.2. TRATAMIENTO DE SEMILLAS .....	12
3.5.2. CONTROL DE MALEZAS EN PRE-EMERGENCIA.....	12
3.5.3. CONTROL DE MALEZAS EN POST-EMERGENCIA .....	12
3.5.4. SIEMBRA.....	12
3.5.5. RIEGO.....	13
3.5.6. APLICACIÓN DE FERTILIZANTES .....	13
3.5.7. CONTROL FITOSANITARIO.....	13
3.5.8. COSECHA.....	13
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>14</b>
4.1. VARIABLES DE CRECIMIENTO .....	14
4.2. VARIABLES DE RENDIMIENTO .....	15
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>22</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	22
5.2. RECOMENDACIONES .....	22
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>23</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>26</b>

## ÍNDICES DE CUADROS

### CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Plan de manejo fisionutricional.....	21
<b>Cuadro 2.</b> Plan de fertilización convencional.....	21
<b>Cuadro 3.</b> Efecto del manejo fisionutricional sobre la altura de planta, diámetro de tallo y área foliar de la variedad INIAP 543 – QPM.....	26
<b>Cuadro 4.</b> Efecto del manejo fisionutricional sobre la longitud, diámetro y peso de mazorcas con brácteas de la variedad INIAP 543 – QPM.....	27
<b>Cuadro 5.</b> Efecto del manejo fisionutricional sobre la longitud, diámetro y peso de mazorcas sin brácteas de la variedad INIAP 543 – QPM.....	28
<b>Cuadro 6.</b> Efecto del manejo fisionutricional sobre la producción de mazorcas comerciales y biomasa verde de la variedad INIAP 543 – QPM.....	29
<b>Cuadro 7.</b> Rentabilidad económica de los tratamientos de manejo fisionutricional (MFN) y convencional (MC) en la variedad de maíz INIAP 543-QPM.....	31

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del manejo fisionutricional sobre el rendimiento de mazorcas y forrajero de la variedad INIAP 543-QPM. El trabajo se desarrolló durante la temporada seca del 2021, en dos localidades de la provincia de Manabí que fueron El Frutillo del cantón Rocafuerte, y Figueroa del cantón Bolívar. Los tratamientos evaluados fueron Manejo Fisionutricional (MFN), y Manejo convencional (MC). El MFN consistió en la aplicación combinada de fertilizantes minerales y bioestimulantes, mientras que el MC consistió en la aplicación únicamente de fertilizantes minerales. Las principales variables registradas fueron el rendimiento de mazorcas comerciales en almud (bultos de 150 mazorcas), rendimiento de biomasa forrajera (bolsas de ensilaje de 40 kg) y rentabilidad económica (USD ha<sup>-1</sup>). Los datos fueron analizados con prueba estadística de t de Student ( $\alpha = 0.05$ ) para observaciones pareadas. Los resultados mostraron que el MFN incrementó significativamente ( $p < 0.05$ ) la producción de mazorcas comerciales y de ensilaje en ambas localidades evaluadas, con respecto al MC. La rentabilidad económica fue del 146 y 148% para el MFN, en Rocafuerte y Bolívar, con relación al MC que alcanzó una rentabilidad económica del 133 y 118%, para ambas localidades, respectivamente. El MFN se postula como una alternativa tecnológica efectiva para incrementar la productividad y rentabilidad de la variedad de maíz INIAP 543-QPM en Manabí.

**Palabras clave:** *Zea mays, productividad, mazorcas, ensilaje, rentabilidad*

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effect of physionutritional management on the yield of cob and forage of the INIAP 543-QPM variety. The work was carried out during the dry season of 2021, in two towns in Manabí province, which were El Frutillo in Rocafuerte canton, and Figueroa in Bolívar canton. The treatments evaluated were Physionutritional Management (PM), and Conventional Management (CM). The PM consisted of the combined application of mineral fertilizers and biostimulants, while the CM consisted of the application of only mineral fertilizers. The main variables recorded were the yield of commercial cob in bushels (bundles of 150 cob), forage biomass yield (40 kg silage bags) and economic profitability (USD ha<sup>-1</sup>). The data were analyzed with the Student's t test ( $\alpha = 0.05$ ) for paired observations. The results showed that the PM increased significantly ( $p < 0.05$ ) the production of commercial cob and silage in both evaluated locations, with respect to the CM. The economic profitability was 146 and 148% for the PM, in Rocafuerte and Bolívar, in relation to the CM that reached an economic profitability of 133 and 118%, for both locations, respectively. The PM is postulated as an effective technological alternative to increase the productivity and profitability of the INIAP 543-QPM maize variety in Manabí.

**Keywords:** *Zea mays*, productivity, cob, silage, profitability

# **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

## **1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La producción de maíces blancos en estado de choclo es una alternativa social y económicamente rentable para pequeños agricultores de los valles irrigables del Litoral ecuatoriano (Alarcón et al., 2019a; Alarcón et al., 2019b). Además, los maíces para consumo en fresco con alta calidad proteica son una alternativa para mejorar la seguridad alimentaria y nutrición humana, y la calidad forrajera para alimentación animal (Swapan, 2019; Rivas et al., 2020; Ignjatovic et al., 2020).

La baja productividad es la principal problemática del cultivo de maíz, que se asocia a un inadecuado manejo del cultivo, deficiente manejo del riego y nutricional, más aún en Manabí, donde el cultivo se desarrolla principalmente en sistema de secano y laderas, donde al no contarse con sistemas de riego permanente, se afecta significativamente la productividad (Jiménez et al., 2012; Bonilla y Zingaña, 2019; INEC, 2020). Por otra parte, la larga estación seca en Manabí provoca la escasez de forraje y por ende limita la alimentación, nutrición y producción del ganado, por lo que la alimentación con ensilaje de maíz es una alternativa a esta problemática (MAG, 2018; Mendoza et al., 2019; Rivas et al., 2020).

Por otra parte, se ha determinado que los suelos de Manabí, presentan bajos contenidos de MO, N, S y varios micronutrientes, lo cual es insuficiente para sostener una producción rentable (Motato y Pincay, 2015; Motato et al., 2016, Cedeño et al., 2018); en consecuencia una limitada nutrición y una larga temporada seca incrementa la presión de insectos plaga vectores de virus, que al encontrar un cultivo debilitado, contribuyen a reducir el potencial productivo del cultivo de maíz (Grimmer et al., 2012; van Munster et al., 2017; van Munster, 2020).

La evidencia científica sugiere que es posible incrementar el rendimiento del cultivo mediante la implementación de un manejo integrado de tecnologías de nutrición basado en el comportamiento fenológico del cultivo, fertilización balanceada, uso de bioestimulantes y fitorreguladores; razón por la cual se plantea la siguiente

pregunta de investigación: ¿Será posible incrementar el rendimiento de mazorcas y forrajero de la variedad INIAP 543-QPM a través del manejo fisionutricional?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

De acuerdo a investigaciones establecidos por el Departamento de Fisiología de cultivos de la Universidad de Illinois (2018), existen siete factores que definen el rendimiento del cultivo de maíz a nivel mundial, entre los cuales el clima, la fertilización nitrogenada y el genotipo son los mayores contribuyentes con el 27, 26 y 19%, respectivamente. Las principales zonas de Manabí donde se produce maíz para consumo son los valles de los ríos Portoviejo y Carrizal, donde el clima es ideal para la producción del cultivo. Por otra parte, el instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) a través del Programa de maíz de la Estación Experimental Portoviejo, ha liberado la variedad de maíz blanco para consumo en fresco INIAP 543 – QPM. Lo anterior indica que se cuenta con clima favorable y genotipos adaptados a la zona para producir rendimientos agronómicos y económicos favorables para los productores. Sin embargo, la deficiente nutrición del cultivo, los bajos contenidos de algunos nutrientes y MO en las zonas productoras no permite al agricultor obtener cosechar rentables. Por este motivo, se espera que un manejo nutricional balanceado en función de la fenología del cultivo, permitirá potenciar el rendimiento de la variedad INIAP 543 – QPM y asegurar mayores ganancias económicas para el productor. Por lo anteriormente descrito, la investigación propuesta se justifica plenamente.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.1.1. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el efecto del manejo fisionutricional sobre el rendimiento de mazorcas y forrajero de la variedad INIAP 543-QPM.

#### **1.1.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- Cuantificar la eficacia del manejo fisionutricional sobre el rendimiento del maíz para consumo en fresco.
- Estimar las ventajas económicas del manejo fisionutricional en maíz para consumo en fresco.

### **1.4. HIPÓTESIS**

- El manejo fisionutricional es eficaz para incrementar el rendimiento de mazorcas y forrajero de la variedad INIAP 543-QPM.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. IMPORTANCIA GLOBAL, REGIONAL Y NACIONAL

El maíz (*Zea mays*) es una planta perteneciente a la familia de las gramíneas (*Poaceae*). Se cultiva a nivel mundial siendo uno de los cultivos de cereales más importantes a nivel mundial. El maíz no solo es un cultivo alimentario importante para el consumo humano, sino que también es un elemento básico de la alimentación animal dado a su participación como materia prima para la fabricación de distintos tipos de productos industriales. Los productos derivados del cultivo de maíz incluyen almidón, maltodextrinas, aceites, jarabes y otros productos de fermentación y destilación. También están siendo utilizados en la producción de biocombustibles. El maíz se cultiva en una variedad de zonas agroclimáticas. De hecho, la idoneidad del maíz para diversos ambientes no tiene comparación con ningún otro cultivo. Se cultiva de 58°N a 40°S, desde debajo del nivel del mar hasta altitudes superiores a 3000 m, y en áreas con 250 mm a más de 5000 mm de precipitación por año (Shaw, 1988; Dowswell et al., 1996) y con un ciclo de crecimiento que oscila entre 3 y 13 meses (CIMMYT, 2000).

En desarrollo el uso de maíz en los países es variable. En América Latina y África el principal uso del maíz es para la alimentación, mientras que en Asia se utiliza para alimento animal. De hecho, en muchos países es el alimento básico y un ingrediente importante en las dietas de las personas. A nivel mundial, se ha estimado que aproximadamente el 21% del grano total producido se consume como alimento. Sin embargo, las principales áreas de producción de maíz se encuentran en regiones templadas del globo. Estados Unidos, China, Brasil y México representan el 70% de la producción mundial. India tiene 5% de la superficie de maíz y aporta el 2% de la producción mundial. En los últimos años, la producción de maíz en el Ecuador estima un rendimiento por hectárea de 3.7 TM para el nivel tecnificado, lo cual representa una baja producción en comparación con los mayores productores de maíz a nivel global, como en el caso de Estados Unidos (faostat.fao.org, 2008).

## **2.2 ECOFISIOLOGÍA Y PRODUCCIÓN DEL MAÍZ**

Los sistemas vegetales, tanto en el ámbito natural como en el sector productivo, se enfrentan a una amplia gama de desafíos ambientales, que se espera que se vuelvan más intensos como resultado del cambio climático global. Las plantas se han adaptado a una increíble variedad de entornos, y los campos de la fisiología vegetal ecológica y ambiental han proporcionado una comprensión mecanicista de la supervivencia, distribución, productividad y abundancia de especies de plantas en los diversos climas de nuestro planeta. Las técnicas ecofisiológicas han avanzado mucho en la comprensión de la fotosíntesis, la respiración, las relaciones con el agua de las plantas y las respuestas de las plantas a los estreses abióticos y bióticos, desde escalas de tiempo instantáneas hasta evolutivas (Araus JL, et al., 2014).

El avance de la comprensión ecofisiológica y los enfoques para mejorar las respuestas de las plantas a las nuevas condiciones ambientales es fundamental para desarrollar herramientas de fenotipado significativas de alto rendimiento y el mantenimiento del suministro de bienes y servicios de la humanidad a medida que se intensifica el cambio climático global. Si bien es cierto, los rendimientos de maíz han ido creciendo en forma sostenida en las últimas décadas. El mejoramiento genético, y la aplicación de las nuevas tecnologías de este cultivo ha sido responsable de ese crecimiento, lo cual señala una optimización en el manejo de los cultivos de maíz. No obstante, los rendimientos medios que se alcanzan actualmente están aún distantes de los rendimientos máximos obtenibles. Estas brechas entre los rendimientos actuales y los potenciales pueden reducirse a partir de un mejor entendimiento de los procesos y mecanismos involucrados en la determinación del rendimiento del cultivo que permita construir bases sólidas sobre las cuales orientar su manejo. (Foley et al., 2011).

## **2.3 DEMANDA NUTRICIONAL DEL MAÍZ**

El primer paso para lograr un alto rendimiento es realizar un diagnóstico de la fertilidad del suelo en un laboratorio de alta calidad analítica, así como también un diagnóstico del perfil del suelo para conocer las propiedades físicas. Esto permite elaborar un buen programa de fertilización, basado en el nivel de fertilidad del suelo y en la meta de rendimiento, así como también establecer una labranza adecuada a las condiciones

del terreno. Según García (2003), se sobreentiende que, para determinar el rendimiento de maíz, sobre todo en estado de choclo, se tiene fundamentalmente que saber el número final de granos logrados por unidad de superficie, el cual está en función de la tasa de crecimiento del cultivo exclusivo a su período de floración. Debido a esta situación, para poder alcanzar altos rendimientos, el maíz debe lograr un óptimo estado fenológico en 9 floración mediante la cobertura total del suelo y alta eficiencia de conversión de radiación interceptada en biomasa. La adecuada disponibilidad de nutrientes, son sumamente importantes estar presente aproximadamente entre la 5ta y 6ta hojas denominadas desarrolladas, lo cual garantizara crecimiento vegetal mediante unas hojas grandes y vigorosas y una alta eficiencia de conversión de radiación interceptada.

## **2.4 FERTILIZACIÓN DE MAÍZ PARA CONSUMO EN FRESCO**

Vegas, (2014) sostiene que el nitrógeno es la parte más fundamental en la fertilización del maíz dado a que interviene en la elaboración de energía de la planta mediante la abundancia que ocasiona en la planta para formar clorofila. Posteriormente se formarán de mejores maneras, proteínas, vitaminas y otras fuentes de energía, necesarias para un crecimiento favorable. Además, Vegas sostiene que el sulfato de amonio fue uno de los primeros y más ampliamente utilizados fertilizantes nitrogenados para la producción de cultivos. En la actualidad, el sulfato de amonio es ampliamente usado, debido a su aporte de ambos nutrientes, nitrógeno y azufre, ambos fundamentales en procesos fisiológicos vitales para su cumplir sus funciones elementales. El sulfato de amonio posee una alta solubilidad y esto facilita su uso en distintas de aplicaciones agrícolas.

El sulfato de amonio es principalmente utilizado donde se necesita adicionar nitrógeno y azufre para satisfacer los requerimientos nutricionales de plantas en crecimiento. Debido a que contiene solo 21% de N., provee una excelente fuente de azufre que tiene numerosas funciones en las plantas, incluyendo la síntesis de proteínas.

La mayoría de las plantas son capaces de utilizar ambas formas de nitrógeno, amonio y nitrato, para su crecimiento. En suelos con altas temperaturas, los microorganismos

del suelo comenzarán rápidamente a convertir el amonio a nitrato en el proceso de nitrificación  $[\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+]$ .

Durante esta reacción microbiana, se libera acidez  $[\text{H}^+]$ , que en última instancia reducirá el pH del suelo con un uso repetido. El sulfato de amonio posee un efecto acidificante en el suelo debido al proceso de nitrificación no por la presencia de sulfato, que tiene un efecto insignificante sobre el pH. Para una cantidad equivalente de nitrógeno, el potencial de acidificación del sulfato de amonio es mayor que el del nitrato de amonio, por ejemplo, debido a que todo el nitrógeno en el sulfato de amonio se convierte en nitrato, mientras que solo la mitad del nitrógeno del nitrato de amonio se convierte en nitrato.

## CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1. LOCALIZACIÓN

La investigación se desarrolló desde junio a septiembre de 2022 en las localidades de Figueroa del cantón Bolívar y El Frutillo del Cantón Rocafuerte. En cada localidad se realizó un experimento separado con la variedad INIAP 543 – QPM.

### CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

**Cuadro 3.1.** Datos climatológicos CIIDEA

Precipitación anual	986.19 mm
Temperatura máxima	30.67 °C
Temperatura mínima	21.87 °C
Humedad relativa	82.23%
Heliofonía	1043.96 h/sol/año

*Fuente.* Datos tomados de (Esmeralda y Chila, 2021).

### 3.2. MÉTODO Y TÉCNICA

#### 3.2.1. MATERIAL VEGETAL

Se utilizó una variedad de maíz INIAP 543-QPM para consumo en fresco.

#### 3.2.2. TRATAMIENTOS

T<sub>1</sub>: Manejo fisionutricional

T<sub>2</sub>: Fertilización convencional

El tratamiento de manejo fisionutricional estuvieron conformada de enmiendas orgánicas, yaramilax, y sulfato de amonio permitidos en la agricultura orgánica (**Cuadro 1**). El tratamiento de fertilización convencional estuvo basado en el paquete tecnológico que utilizan los agricultores de la zona (**Cuadro 2**).

**Cuadro 1.** Plan de manejo fisionutricional

Fuentes	Cantidad de fertilizante (kg/ha)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	S
Yaramilla complex	200	24	22	36	3	-
Kalimag	150	-	-	33	27	33
Sulfato de Amonio	100	21	-	-	-	24
Urea	230	105	-	-	-	-
	<b>680</b>	<b>150</b>	<b>22</b>	<b>69</b>	<b>30</b>	<b>57</b>

Coctel edáfico a base de Melaza + MO líquida (Fertivin) en etapas VE, V6 y V10  
 Coctel foliar a base de micronutrientes + bioestimulantes inductor de resistencia aplicado en etapas VE, V6 y V10

Se realizaron aplicaciones de coctel foliar a bases de micronutrientes + bioestimulantes inductor de resistencia aplicado en etapas VE, V6 y V10. Y Coctel edáfico a base de Melaza + MO líquida (Fertivin) en etapas VE, V6 y V10.

**Cuadro 2.** Plan de fertilización convencional

Fuentes	Cantidad de fertilizante (kg/ha)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
DAP	47	8	22	
Muriato de potasio	115			69
Urea	308	142		
	<b>518</b>	<b>150</b>	<b>22</b>	<b>69</b>

Se aplicaron fertilizaciones edáficas, muriato de potasio, urea y DAP; en etapas VE, V6 y V10.

### 3.2.3. DISEÑO ESTADISTICO

Los datos obtenidos fueron realizados a través de la distribución de “t de Student” para muestras pareadas, donde se probarán las hipótesis nulas H<sub>0</sub>: T<sub>1</sub> = T<sub>2</sub> y alternativa H<sub>1</sub>: T<sub>1</sub> ≠ T<sub>2</sub>, a un nivel de significancia del 5% (p≤0,05). El cálculo del estadístico de t se realizará mediante la fórmula siguiente:

$$t_{cal} = \frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}}$$

Donde  $t_{cal}$  = estadístico;  $\bar{d}$  = media de las diferencias;  $S_{\bar{d}}$  = error estándar de las diferencias.

### **3.2.4. CARACTERISTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL**

En el experimento se probaron dos tratamientos, donde cada uno estuvo conformado por 10 parcelas o replicas, con un total de 20 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó por parcelas de 24 m<sup>2</sup>.

Las plantas fueron establecidas a un distanciamiento de 0.25 m entre plantas y 0.80 m entre hileras, con una densidad de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

### **3.5. VARIABLES RESPUESTAS MORFO-AGRONÓMICAS**

#### **3.5.1. ALTURA DE PLANTA (CM).**

La altura de planta se midió desde la base hasta la hoja bandera, este valor se registró en centímetros después de la floración femenina.

#### **3.5.2. DIÁMETRO DE TALLO (MM)**

Se registró después de la floración femenina en la base del tallo en mm.

#### **3.5.3. DÍAS A FLORACIÓN MASCULINA**

Corresponde al número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de plantas hayan emitido la espiga.

#### **3.5.4. DÍAS A FLORACIÓN FEMENINA**

Corresponde al número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de plantas presenten los estigmas expuestos con al menos 2 cm de largo.

#### **3.5.5. PESO SECO DE PLANTA (G)**

Se registró al momento de la madurez fisiológica cuando la planta haya alcanzado su máximo crecimiento; para esto se coloca la planta en estufa a 70°C hasta que alcance peso constante.

#### **3.5.6. ÁREA FOLIAR (M<sup>2</sup>)**

Se registró después de la floración femenina para lo cual se registró la longitud y ancho de cada hoja y se multiplica por el factor 0.75, luego se suman las áreas de cada hoja.

### **3.4. COMPONENTES DE RENDIMIENTO**

#### **3.4.1. LONGITUD DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS (CM)**

Se determinaron al momento de la cosecha, donde del centro de la parcela se tomaron cinco mazorcas comerciales al azar, a las cuales se le registró la longitud desde la base al ápice de la mazorca con la ayuda de una cinta métrica.

#### **3.4.2. DIÁMETRO DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS (CM)**

Se determinaron al momento de la cosecha, donde del centro de la parcela se tomaron cinco mazorcas comerciales al azar, a las cuales se le registró el diámetro en el tercio medio de la mazorca con la ayuda de un calibre.

#### **3.4.3. PESO DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS (G)**

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 registró el peso con ayuda de una balanza de precisión.

#### **3.4.4. NÚMERO DE MAZORCAS COMERCIALES**

Se determinó al momento de la cosecha, contabilizando las mazorcas comerciales por parcela útil y luego se extrapoló a hectárea.

#### **3.4.5. PRODUCTIVIDAD DE MAZORCAS COMERCIALES CON BRÁCTEAS (T h<sup>-1</sup>)**

Se determinó registrando el peso de todas las mazorcas del área útil y luego se extrapoló a hectárea.

### **3.4.6. PRODUCTIVIDAD DE MAZORCAS COMERCIALES SIN BRÁCTEAS (T Ha<sup>-1</sup>)**

Se determinó registrando el peso de todas las mazorcas comerciales del área útil y luego se extrapolará a hectárea.

## **3.5. MANEJO DEL EXPIREMENTO**

### **3.5.1. PREPARACIÓN DEL SUELO**

La preparación del suelo se la realizo de forma convencional ejecutándose un pase de arado de discos y dos pases de rastra, surcándose a 1,5 m. de separación entre surcos para el riego, para luego proceder delimitar las parcelas.

### **3.5.2. TRATAMIENTO DE SEMILLAS**

Las semillas se trataron con la mezcla insecticida a base de Thiametoxan en dosis de 3 cc kg<sup>-1</sup> de semillas + Thiodicar en dosis de 15 cc kg<sup>-1</sup> de semilla, esto con la finalidad de proteger las plántulas durante la emergencia de insectos chupadores y cortadores.

### **3.5.2. CONTROL DE MALEZAS EN PRE-EMERGENCIA**

Se aplicó la mezcla de los herbicidas Atrazina-80 + pendimetalin en dosis de 1.5 + 3 litros ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En caso de existir presencia de malezas al momento de la siembra, se incluirá a la mezcla anteriormente descrita 1.5 litros de glifosato.

### **3.5.3. CONTROL DE MALEZAS EN POST-EMERGENCIA**

De existir la presencia de hoja ancha o coquito, luego del tratamiento en pre-emergencia, se aplicó Bentazon + MCPA en dosis de 1.5 litros ha<sup>-1</sup> de cada uno, a partir de la segunda o tercera hoja del cultivo hasta que el maíz tenga como máximo cinco hojas. En caso de presentarse mayor presencia de malezas gramíneas, se utilizó el herbicida nicosulfuron (ACCENT) en dosis de 20 a 30 g ha<sup>-1</sup>, adicionando 200 a 300 ml de un surfactante.

### **3.5.4. SIEMBRA**

Las plantas se establecieron a un distanciamiento de 0.25 m entre plantas y 0.80 m entre hileras, con una densidad de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>; sembrando de forma tradicional con espeque en el terreno previamente humedecido.

### **3.5.5. RIEGO**

Se implementó un sistema de riego por gravedad. Además del riego de presembrado, se realizó un primer riego a los 10 días, con una frecuencia aproximada de 7 días o cuando las necesidades hídricas del cultivo lo ameriten.

### **3.5.6. APLICACIÓN DE FERTILIZANTES**

La urea se aplicó en tres fracciones y proporciones, según lo recomendado por García y Espinoza (2009) para fuentes nitrogenadas, donde la primera se realizó en etapa fenológica VE (emergencia) colocando el 20% del fertilizante, los dos restantes se aplicaron en las etapas V6 (hoja 6) y V10 (hoja 10) con el 40% de la urea en cada aplicación. El fertilizante fosfatado se aplicó en su totalidad a la emergencia del cultivo (VE). El resto de fertilizantes se aplicaron en dos fracciones y proporciones, el 50% en la etapa VE y el resto en la etapa V6.

Las aplicaciones del coctel edáfico se realizaron con Melaza (5 litros/tanque) + Fertivin (5 litros/tanque), en las etapas fenológicas VE, V6 y V10.

Las aplicaciones del coctel foliar se realizaron con inductor de resistencia (0.5 L/ha) + micronutrientes (0.5 L/ha) + Algas marinas (0.5 L/ha), en las etapas fenológicas VE, V6 y V12.

### **3.5.7. CONTROL FITOSANITARIO**

En caso de presencia de insectos – plaga y enfermedades, se realizaron controles de acuerdo a los umbrales económicos establecidos y recomendaciones emitidas por el Departamento de Protección Vegetal de la EE – Portoviejo del INIAP.

### **3.5.8. COSECHA**

La cosecha se realizó cuando las mazorcas presentaron las características ideales de colecta y comercialización.

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. VARIABLES DE CRECIMIENTO

Las variables del componente de crecimiento del maíz como altura de planta, diámetro de tallo y área foliar, fueron influenciadas significativamente ( $p<0.05$ ) por los tratamientos evaluados, donde el manejo fisionutricional (MFN) superó al tratamiento de fertilización convencional (MC) en ambas localidades evaluadas (Cuadro 3). En la localidad de Bolívar, el MFN incrementó la altura de planta, el diámetro de tallo y el área foliar en un 8.51, 8.14 y 8,79 %, con relación al MC. En la localidad de Rocafuerte, el MFN superó en altura de planta, diámetro de tallo y área foliar, al MC con un incremento del 4.88, 4,16 y 18.92%, respectivamente.

**Cuadro 3.** Efecto del manejo fisionutricional sobre la altura de planta, diámetro de tallo y área foliar de la variedad INIAP 543 – QPM.

Variables	Medias de tratamientos		$\bar{d}$	$T_{estadístico}$	Valor crítico de $t_{0.05}$	p-valor
	Con MFN	Con MC				
Localidad de Bolívar						
Altura de planta (m)	2,35	2,15	0,20	2,65	2,10	0,0266
Diámetro de tallo (mm)	24,83	22,81	2,01	2,55	2,10	0,0310
Área foliar (m <sup>2</sup> )	0,91	0,83	0,08	9,12	2,10	0,0001
Localidad de Rocafuerte						
Altura de planta (m)	2,46	2,34	0,13	4,35	2,10	0,0018
Diámetro de tallo (mm)	25,94	24,86	1,09	3,21	2,10	0,0106
Área foliar (m <sup>2</sup> )	0,74	0,60	0,13	4,44	2,10	0.0016

Estos resultados coinciden a los reportados por Nazli et al. (2015) alcanzaron mayor altura y diámetro de tallo en maíz que recibió fertilización química combinada con 500 kg ha<sup>-1</sup> de leonardita. Por otra parte, los resultados también son cercanos a los encontrados por Atta et al. (2017), quienes lograron mayor altura de planta y mayor follaje en maíz tratado con bioestimulantes en relación al control que solo recibió un manejo convencional, independientemente de los cultivares de maíz evaluados. Los resultados obtenidos también son próximos a los alcanzados por Gurmani et al. (2021), quienes concluyeron que con la aplicación los bioestimulantes a base de extracto de hojas de moringa en relación 1:40, extractos de algas al 2% y quitosano

en dosis de 100 ppm, aumentaron significativamente la altura de planta y área foliar en avena forrajera, con relación al tratamiento control. En este mismo contexto, los resultados también coinciden a los reportados por Adoko et al. (2022), quienes lograron un mayor crecimiento en altura de planta, diámetro de tallo y área foliar del maíz en tratamientos de fertilización complementados con bioestimulantes, en relación al tratamiento convencional de los agricultores.

## 4.2. VARIABLES DE RENDIMIENTO

Las variables del componente de rendimiento del maíz como longitud de mazorcas, diámetro de mazorcas y peso de mazorcas con brácteas fueron influenciadas significativamente ( $p<0.05$ ) por los tratamientos evaluados, donde el MFN superó al MC en ambas localidades estudiadas (Cuadro 4). En la localidad de Bolívar, el MFN incrementó longitud de mazorcas, diámetro de mazorcas y peso de mazorcas con brácteas en un 6,83, 4,07 y 3,41 %, en contraste al MC. Por otra parte, en la localidad de Rocafuerte, el MFN superó en longitud de mazorcas, diámetro de mazorcas y peso de mazorcas con brácteas al MC con un incremento del 9,85, 11,65 y 10,94%, respectivamente.

**Cuadro 4.** Efecto del manejo fisionutricional sobre la longitud, diámetro y peso de mazorcas con brácteas de la variedad INIAP 543 – QPM.

Variables	Medias de tratamientos		$\bar{d}$	$T_{estadístico}$	Valor crítico de $t_{0,05}$	p-valor
	Con MFN	Con MC				
Localidad de Bolívar						
Longitud de mazorca con brácteas (cm)	35,59	33,16	2,43	2,54	2,10	0,0316
Diámetro de mazorcas con brácteas (mm)	58,90	56,50	2,39	2,81	2,10	0,0205
Peso de mazorcas con brácteas (g)	389,96	376,67	13,30	0,72	2,10	0,4897
Localidad de Rocafuerte						
Longitud de mazorca con brácteas (cm)	31,99	28,84	3,15	17,81	2,10	0,0001
Diámetro de mazorcas con brácteas (mm)	23,01	20,33	2,68	19,53	2,10	0,0001
Peso de mazorcas con brácteas (g)	413,35	368,13	45,22	1,33	2,10	0,2177

Las variables del componente de rendimiento del maíz como longitud de mazorcas, diámetro de mazorcas y peso de mazorcas sin brácteas fueron influenciadas

significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos evaluados, donde el MFN superó al MC en ambas zonas de estudio (Cuadro 4). En la zona de Bolívar, el MFN incrementó longitud de mazorcas, diámetro de mazorcas y peso de mazorcas sin brácteas en un 10,35, 3,48 y 6,01 %, en comparación al MC. Mientras que, en la zona de Rocafuerte, el MFN superó en longitud de mazorcas, diámetro de mazorcas y peso de mazorcas con brácteas al MC con un incremento del 14,15, 8,67 y 9,02%, respectivamente.

**Cuadro 5.** Efecto del manejo fisionutricional sobre la longitud, diámetro y peso de mazorcas sin brácteas de la variedad INIAP 543 – QPM.

Variables	Medias de tratamientos		$\bar{d}$	$T_{estadístico}$	Valor crítico de $t_{0.05}$	p-valor
	Con MFN	Con MC				
Localidad de Bolívar						
Longitud de mazorca sin brácteas (cm)	21,93	19,66	2,27	2,85	2,10	0,0190
Diámetro de mazorcas sin brácteas (mm)	47,19	45,55	1,64	2,76	2,10	0,0933
Peso de mazorcas sin brácteas (g)	236,05	221,87	14,18	1,06	2,10	0,3170
Localidad de Rocafuerte						
Longitud de mazorca sin brácteas (cm)	23,88	20,55	3,33	6,54	2,10	0,0001
Diámetro de mazorcas sin brácteas (mm)	17,88	16,33	1,55	10,52	2,10	0,0001
Peso de mazorcas sin brácteas (g)	270,88	246,45	24,43	3,08	2,10	0,0123

Los resultados de los componentes de rendimiento en cuanto al tamaño y peso de mazorcas, coinciden a los obtenidos por Nazli et al. (2015), quienes reportaron mayor longitud y diámetro de mazorcas en maíz que recibió fertilización combinada con 500 kg ha<sup>-1</sup> de leonardita, en contraste a los demás tratamientos probados. Por otra parte, los resultados también son cercanos a los descritos por Atta et al. (2017), que reportaron mayor diámetro en mazorcas de maíz que recibió aplicación de bioestimulantes, con relación al tratamiento control. Del mismo modo, los resultados alcanzados fueron cercanos a los obtenidos por Kapela et al. (2020), quienes reportaron mayor cantidad de granos por mazorca en maíz que recibió aplicación de bioestimulantes, en comparación al control, independientemente de los años (2015, 2016 y 2017) y los cultivares (PR38N86 y P8400) evaluados. Resultados cercanos fueron confirmados por Martínez et al. (2022), quienes lograron mayor diámetro de

mazorca en maíz que recibió aplicación foliar de bioestimulantes, en contraste al tratamiento control.

El rendimiento de mazorcas comerciales fue afectado estadísticamente ( $p < 0,05$ ) por los tratamientos probados, donde el MFN superó al MC en ambas localidades evaluadas (Cuadro 5). En la localidad de Bolívar, el MFN logró un rendimiento de 284 almudes (sacos de 150 mazorcas), con incremento del 12,17%, con relación al MC que solo logra un rendimiento de 249 almudes. En la localidad de Rocafuerte, el MFN alcanzó un rendimiento comercial de 295 almudes, con un incremento 16.71%, en contraste al MC, que solo alcanzó un rendimiento de 246 almudes (Cuadro 5).

La producción de biomasa verde fue influenciada significativamente ( $p < 0,05$ ) por los tratamientos de fertilización evaluados, donde el MFN superó ampliamente al MC en ambas localidades evaluadas (Cuadro 5). En la zona de Bolívar, el MFN logró una producción de 795 bolsas de ensilaje (bolsas de 40 kg), con un incremento del 6,76% sobre el MC, que solo alcanzó una producción de 708 bolsas de ensilaje. Por su parte, en la zona de Rocafuerte, el MFN alcanzó una producción de 753 bolsas de ensilaje, con un incremento del 12.79%, con relación al MC, que solo logró una producción de ensilaje de 593 bolsas, lo cual evidencia que en la zona de Rocafuerte hubo mayor proporción de producto económico (mazorcas) con relación al producto biológico (biomasa), en comparación a la localidad de Bolívar (Cuadro 5).

Finalmente, el contenido proteico fue mayor a 4,5% en ambos tratamientos de fertilización, siendo numéricamente mayor en el MFN para ambas localidades, lo cual indica que la biomasa verde puede ser aprovechada como ensilaje para la alimentación animal.

**Cuadro 6.** Efecto del manejo fisionutricional sobre la producción de mazorcas comerciales y biomasa verde de la variedad INIAP 543 – QPM.

Variables	Medias de tratamientos		$\bar{d}$	$T_{estadístico}$	Valor crítico de $t_{0,05}$	p-valor
	Con MFN	Con MC				
Localidad de Bolívar						
Mazorcas comerciales	42525,00	37350,00	5175,00	4,12	2,10	0,0026
Biomasa verde (t ha <sup>-1</sup> )	31,80	28,30	3,50	3,56	2,10	0,0061

Contenido proteico en biomasa verde (%)	5,89	5,80	-	-	-	-
Localidad de Rocafuerte						
Mazorcas comerciales	44290,60	36891,20	7399,40	7,69	2,10	0,0001
Biomasa verde (t ha <sup>-1</sup> )	30,11	23,70	6,41	4,39	2,10	0,0017
Contenido proteico en biomasa verde (%)	5,00	4,83	-	-	-	-

En cuanto al rendimiento del maíz, los resultados son cercanos a los logrados por Nazli et al. (2014), quienes reportaron mayor rendimiento de materia seca y proteína cruda en maíz forrajero que recibió fertilización química complementada con 500 kg ha<sup>-1</sup> de leonardita, en contraste al tratamiento control. Es este mismo contexto, Nazli et al. (2015), concluyeron que la fertilización química combinada con 500 kg ha<sup>-1</sup> de leonardita produjo mayor rendimiento de forraje verde y contenido de N en las hojas, en comparación a los demás tratamientos evaluados. Además, los resultados hallados en esta investigación, también coinciden a los descritos por Atta et al. (2017), quienes reportaron un incremento del rendimiento de grano en maíz del 26% con aplicación de bioestimulante, en relación al tratamiento control. Por su parte, Moreno et al. (2017), reportaron un incremento del 10.41% de proteína cruda en maíz tratado con extractos de algas marinas, con relación al tratamiento que únicamente recibió fertilización convencional. Resultados similares fueron obtenidos por Tejada et al. (2018), quienes lograron un incremento del 14% en rendimiento de grano y 26% en contenido de proteína, en maíz tratado con bioestimulante, en comparación al tratamiento control. Además, estos mismos autores concluyeron que la aplicación foliar de bioestimulante incrementó el contenido de macro y micronutrientes en hojas de maíz, con relación al tratamiento control, donde se destaca el N que se relaciona con un mayor contenido proteico. Resultados relacionados también fueron logrados por Kapala et al. (2020), que reportaron mayor rendimiento de grano en maíz que recibió aplicación de bioestimulantes, en relación al tratamiento control. En un estudio desarrollado en avena forrajera por Gurmani et al. (2021), concluyeron que con los bioestimulantes a base de extracto de hojas de moringa en relación 1:40, extractos de algas al 2% y quitosano en dosis de 100 ppm, se lograron rendimientos de biomasa forrajera de 900, 981 y 965 g, respectivamente, y una concentración de proteína cruda de 9.43, 9.17 y 9.35%, respectivamente, con relación al tratamiento control que logro

una producción de biomasa verde y proteína cruda significativamente menor. Resultados similares también fueron reportados por Martínez et al. (2022), donde la aplicación de bioestimulantes aumentaron el rendimiento de grano en maíz de 7.9 a 11.4%, respecto al testigo. Además, estos mismos autores también lograron mayor producción de biomasa con el uso de bioestimulantes en maíz, con relación al control. En otro estudio realizado por Hernandiz et al. (2022), reportaron mayor calidad y rendimiento en maíz tratado con bioestimulantes a base de poliaminas, incluso bajo condiciones de estrés hídrico. Finalmente, Adoko et al. (2022) concluyeron que la aplicación complementaria de bioestimulantes en maíz aumenta significativamente el rendimiento del cultivo, en comparación al manejo tradicional del agricultor.

En el cuadro 6, se describe detalladamente la rentabilidad económica de los tratamientos evaluados, donde en la zona de Bolívar el MFN logró una rentabilidad del 146% con relación al MC cuya rentabilidad fue del 133%, lo cual quiere decir que por cada dólar invertido se obtiene una rentabilidad de 1.46 y 1.33 dólares, respectivamente. Situación similar se alcanzó para la localidad de Rocafuerte, el MFN logró una rentabilidad del 148%, mientras que el MC alcanzó una rentabilidad del 118%, lo cual indica que por cada dólar invertido se tiene un retorno 1.48 y 1.18 dólares, respectivamente.

**Cuadro 7.** Rentabilidad económica de los tratamientos de manejo fisionutricional (MFN) y convencional (MC) en la variedad de maíz INIAP 543-QPM.

Tratamiento	Ren <sub>1</sub> (Almud)	Ren <sub>2</sub> (Ensilaje)	PV <sub>1</sub> (Almud)	PV <sub>2</sub> (Ensilaje)	IT <sub>1</sub> = PV*R	IT <sub>2</sub> = PV*R	IT = IT <sub>1</sub> +IT <sub>2</sub>	CT = CF+CV	IN = IT-CT	RBC = IN/CT	Rentabilidad (%) = RBC*100
Localidad de Bolívar											
MFN	284	795	10	2	2840	1590	4430	1800	2630	1,46	146
MC	249	708	10	2	2490	1416	3906	1675	2231	1,33	133
Localidad de Rocafuerte											
MFN	295	753	10	2	2950	1506	4456	1800	2656	1,48	148
MC	246	593	10	2	2460	1186	3646	1675	1971	1,18	118

Ren<sub>1</sub> = Rendimiento de mazorcas (almud de 150 mazorcas/ha); Ren<sub>2</sub> = Rendimiento de bolsas de ensilaje (bolsas de 40 kg/ha); PV<sub>1</sub> = Precio de venta del almud (USD/almud); PV<sub>2</sub> = Precio de venta del ensilaje (USD/bolsa); IT<sub>1</sub> = Ingreso total por venta de mazorcas en almud (USD/ha); IT<sub>2</sub> = Ingreso total por venta ensilaje (USD/ha); IT = Ingreso total por venta de mazorcas en almud y ensilaje en bolsas (USD/ha); CT = Costos totales (USD/ha); CF = Costos fijos (USD/ha); CV = Costos que varían (USD/ha); IN = Ingresos netos en USD/ha (IT-CT); RBC = Relación beneficio-costos (IN/CT).

Los resultados económicos obtenidos demuestran que la bioestimulación como parte del MNF es efectivo para incrementar la productividad y rentabilidad del maíz para

consumo en fresco y para forraje, inclusive cuando los costos totales son más elevados con relación al MC. Sin embargo, este incremento de los costos totales es claramente compensados por el mayor rendimiento de mazorcas comerciales (almud/ha) y biomasa forrajera (bolsas de ensilaje) (Cuadro 7). Estos resultados son cercanos a los reportados por Sarov y Boevsky (2021), quienes concluyeron que en fincas donde se aplican bioestimulantes se dan incrementos de ingresos económicos máximos del 47% con relación a fincas donde no aplican bioestimulantes, aun cuando en fincas donde se aplican bioestimulantes los costos de producción se incrementan en un 9.9%.

Finalmente, el efecto positivo del uso de bioestimulantes como parte del manejo fisionutricional queda evidenciado en este trabajo, desde el punto de vista agronómico y económico. El efecto de los bioestimulantes sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos, es debido a que sus componentes bioactivos, estimulan el metabolismo vegetal, como la fotosíntesis, crecimiento de raíces, mayor potencial antioxidante, y una mayor eficiencia en el uso de agua y nutrientes, lo cual les confiere a los cultivos una mayor capacidad de tolerar el estrés biótico y abiótico (Rouphael y Colla, 2020; Malik et al., 2021; Ali et al., 2021).

En este contexto, un meta-análisis realizado por Herrmann et al. (2022), donde revisaron 186 estudios, concluyeron que el uso de bioestimulantes de forma general mejora el crecimiento de las plantas en 25%, el rendimiento de los cultivos en un 30% y mejoraron la calidad de los cultivos en términos de contenido de N y P en un 28 y 40%, respectivamente. En este mismo estudio, también se concluyó que el uso de bioestimulantes como extractos de algas marinas, aminoácidos y ácidos húmicos, tienen el potencial de aumentar el crecimiento de la biomasa en un 40–60 % y el contenido de P sobre el suelo en un 54–110 %.

En otro meta-análisis realizado por Li et al. (2022), donde se revisaron 180 estudios, los resultados generales de rendimiento de cultivos en campo abierto tras la aplicación de bioestimulantes mostraron que: (1) el beneficio de rendimiento adicional entre todas las categorías de bioestimulantes es en promedio del 17,9 % y alcanzó el potencial más alto a través del tratamiento del suelo; (2) el bioestimulante aplicado en climas áridos y cultivos de hortalizas tuvo el mayor impacto en el rendimiento de los

cultivos; y (3) los bioestimulantes fueron más eficientes en suelos con bajo contenido de materia orgánica, no neutros, salinos, con insuficiencia de nutrientes y arenosos.

# **CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES**

- El manejo fisionutricional basado en el uso combinado de fertilizantes y bioestimulantes fue eficaz para incrementar el rendimiento de mazorcas de la variedad de maíz INIAP 543-QPM, en ambas localidades evaluadas.
- El manejo fisionutricional fue efectivo para mejorar la producción forrajera de la variedad de maíz INIAP 543-QPM.
- El manejo fisionutricional es económicamente viable para la producción de mazorcas y biomasa forrajera en la variedad INIAP 543-QPM.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Los resultados logrados bajo las condiciones donde se desarrolló el experimento, permiten recomendar el manejo fisionutricional para incrementar la productividad de mazorcas, de forraje y la rentabilidad económica de la variedad INIAP 543-QPM.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, D.; Limongi, J.; Zambrano, E. y Navarrete, J. 2019a. *Desarrollo de una variedad de maíz tropical de grano blanco con calidad de proteína para consumo en fresco*. Avances en Ciencias e Ingeniería 11(17): 30 – 39.
- Alarcón, D.; Limongi, J.; Zambrano, E. 2019b. Variedad INIAP 543-QPM con calidad de proteína. Estación Experimental Portoviejo, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Plegable N° 444. Portoviejo, Ecuador.
- Ali, O., Ramsubhag, A. & Jayaraman, J. (2021). Biostimulant Properties of Seaweed Extracts in Plants: Implications towards Sustainable Crop Production. *Plants*, 10: 531. <https://doi.org/10.3390/plants10030531>
- Adoko MY, Noumavo ADP, Agbodjato NA, Amogou O, Salami HA, Ague´gue´ RM, Adjovi Ahoyo N, Adjano’houn A & Baba-Moussa L. (2022) Effect of the application or coating of PGPR-based biostimulant on the growth, yield and nutritional status of maize in Benin. *Front. Plant Sci.* 13:1064710. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1064710>
- Atta, M., Abdel-Lattif, H, & Absy, R. (2017). Influence of biostimulants supplement on maize yield and agronomic traits. *Bioscience Research*, 14(3): 604-615.
- Gurmani, Z., Khan, S., Khan, A., Farid, A., Khan, S., & Hameed, M. (2021). Optimization of Biostimulants Application for Phenology and Quality of Oats. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 64: e21200726. Vol.64: e21200726. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2021200726>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2018. *Boletín situacional del cultivo. SINAGAP, Superficie, producción y rendimiento, maíz duro seco*. Consultado en línea (noviembre 13 del 2019). Recuperado de: [http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2018/boletin\\_situacional\\_maiz\\_duro\\_2018.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2018/boletin_situacional_maiz_duro_2018.pdf)
- Jiménez, S.; Castro, L.; Yépez, J. y Wittmer, C. 2012. *Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia del Ecuador*. Avances de Investigación 66: 1 – 92.

- Bonilla, A. y Singaña, D. 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.
- Motato, N. y Pincay, J. 2015. *Calidad de los suelos y aguas para riego en áreas cacaoteras de Manabí*. La Técnica 14: 6 – 23.
- Motato, N.; Pincay, J.; Avellán, M.; Falcones, M. y Aveiga, E. 2016. *Fertilización del híbrido experimental de maíz INIAP H-603, con base en la eficiencia agronómica del nitrógeno*. ESPANCIENCIA 7(2): 109 – 116.
- Cedeño, F.; Cargua, J.; Cedeño, J.; Mendoza, J.; López, G. y Cedeño, G. 2018. *Aplicación foliar de micronutrientes y fitoreguladores como complemento de la fertilización edáfica en maíz amarillo duro*. La Técnica 19: 19 – 30.
- Swapan, T. 2019. Quality Protein Maize (QPM): A Way Forward for Food and Nutritional Security. *Genomics and Applied Biology* 10(2):10-19.
- Ignjatovic, D.; Kostadinovic, M.; Bozinovic, S.; Djordjevic, O.; Stankovic, G.; Delic, N.; Vancetovic, J. 2020. Evaluation of temperate quality protein maize (QPM) hybrids for field performance and grain quality. *Chilean Journal of Agricultural Research* 80(4):598-607.
- Rivas, M.; Mendoza, S.; Sangerman, D.; Sánchez, M.; Herrera, C.; Rojas, A. 2020. Evaluación forrajera de maíces de diversos orígenes de México en la región semiárida. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 24:93-104.
- Mendoza, J.; García, K.; Salazar, R.; Vivanco, I. 2019. La Economía de Manabí (Ecuador) entre las sequías y las inundaciones. *Revista Espacios* 40(16):1-11.
- Grimmer, M.; Foulkes, M.; Paveley, N. 2012. Foliar pathogenesis and plant water relations: a review. *Journal of Experimental Botany* 63(12): 4321–4331.
- Van Munster, M.; Yvon, M.; Vile, D.; Dader, B.; Fereres, A.; Blanc, D. 2017. Water deficit enhances the transmission of plant viruses by insect vectors. *PLoS ONE* 12(5): e0174398.
- Van Munster, M. 2020. Impact of Abiotic Stresses on Plant Virus Transmission by Aphids. A review. *Viruses* 12(16): 1 – 12.
- García, F. 2003. Fertilización de maíz en la región Pampeana. INFOFOS/PPI/PPIC Cono Sur. Acassuso Argentina.
- Vegas, A. 2014. Influencia de fuentes nitrogenadas solas y combinadas sobre el rendimiento del maíz Choclo (*Zea mays* L.). Tesis. U.N.P.2014.

Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Mueller ND, O'Connell C, Ray DK, West PC, et al. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*. 478: 337–342

Shaw, R. H., 1988. Climate requirement, pp. 609–638 in *Corn and Corn Improvement*, edited by G. F. Sprague, and J. W. Dudley. American Society of Agronomy, Madison, WI. FAOSTAT 2008, "FAO Statistics, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2012.

<http://faostat.fao.org/>

## **ANEXOS**

### ANEXO 1



1-A; Preparación de terreno para la siembra



1-B; Tratamiento de semillas de maíz  
INIAP 543-QPM

### ANEXO 2



2-A; Siembra de maíz INIAP 543-QPM



2-B; Control Fitossanitário

### **ANEXO 3**



3-A; Riego



3-B; Aplicación foliar de Bioestimulantes

### **ANEXO 4**



4-A; fase vegetativa de maíz INIAP 543-QPM 25-30 días V1-V3.



4-B; fase vegetativa de maíz INIAP 543-QPM 55-66 días V7-V10

## ANEXO 5



A-5; Aplicación Edáfica de Fertilización



B-5; Cosecha

## Anexo 6



A-B; 6 Producción

# ANEXO 7



A-B;7 Toma De Datos

