

**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 AGRICOLA**

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EFFECTIVIDAD DE TECNOLOGÍAS FISIONUTRICIONALES EN EL  
RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)  
AMARILLO DURO.**

**AUTORES:**

**TEÓFILO JHOSUE NEVÁREZ LOOR**

**JAVIER ALEXÁNDER ZAMBRANO CASTRO**

**TUTOR:**


**ING. GALO A. CEDEÑO GARCIA, Mg.**

**CALCETA, MAYO DEL 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

**NEVAREZ LOOR TEOFILO JHOSUE**, con cédula de ciudadanía **1315419406** Y **ZAMBRANO CASTRO JAVIER ALEXANDER**, con cedula de ciudadanía **1350856132**, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD DE TECNOLOGIAS FISIONUTRICIONALES EN EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) AMARILLO DURO** 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, concedo 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.



---

**TEOFILO JHOSUE  
NEVAREZ LOOR  
CC: 1315419406**

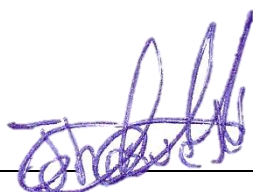


---

**JAVIER ALEXANDER  
ZAMBRANO CASTRO  
CC:1350856132**

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

**NEVAREZ LOOR TEOFILO JHOSUE**, con cédula de ciudadanía **1315419406** y **ZAMBRANO CASTRO JAVIER ALEXANDER**, con cedula de ciudadanía **1350856132**, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD DE TECNOLOGIAS FISIONUTRICIONALES EN EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) AMARILLO DURO**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.



---

**TEOFILO JHOSUE  
NEVAREZ LOOR  
CC: 1315419406**



---

**JAVIER ALEXANDER  
ZAMBRANO CASTRO  
CC:1350856132**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

**ING. CEDEÑO GARCIA GALO ALEXANDER, Mg. Sc**, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD DE TECNOLOGIAS FISIONUTRICIONALES EN EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL MAIZ (*Zea mays* L.) AMARILLO DURO**, que ha sido desarrollado por **NEVAREZ LOOR TEOFILO JHOSUE** y **ZAMBRANO CASTRO JAVIER ALEXANDER**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AGRICOLA**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**ING. GALO ALEXANDER CEDEÑO GARCIA, Mg. Sc.**

**CC: 1311956831**

**TUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD DE TECNOLOGIAS FISIONUTRICIONALES EN EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL MAIZ (*Zea mays* L.) AMARILLO DURO**, que ha sido desarrollado por **NEVAREZ LOOR TEOFILO JHOSUE** y **ZAMBRANO CASTRO JAVIER ALEXANDER**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AGRICOLA**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

ING. CONSTANTE TUBAY  
GONZALO BOLÍVAR. Mg. Sc.  
C.C: 1304579988  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

ING. MESÍAS GALLO FREDDY  
WILBERTO. Mg. Sc.  
C.C: 1202028492  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

ING. LEÓN CASTRO LEONARDO  
XAVIER. Ph.D.  
C.C: 0918676768  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

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; Al Ing. Galo Cedeño García. Mg. Sc, por su orientación experta a lo largo de este proceso y desarrollo de la tesis. A la Ing. Geoconda López Álava consejera principal por darnos su apoyo y amistad presente en todo momento y una apropiada conducción en nuestro trabajo de campo.

A nuestros padres por el apoyo incondicional que nos brindaron durante todo este proceso ya que son el pilar fundamental día a día.

A nuestros profesores por brindarnos las herramientas necesarias para nuestro crecimiento profesional e individual. Y finalmente a nuestros familiares, amigos y demás personas que nos motivaron para seguir adelante a lo largo de nuestra carrera.

Teófilo Jhosue Nevárez Loor y Javier Alexander Zambrano Castro

Autores.

## **DEDICATORIA**

Dedico mi proyecto de tesis a Dios quien ha sido mi guía y mi fortaleza a lo largo de este proceso.

A mis abuelos Sixto Nevárez y Nelly Loor por darme su apoyo incondicional durante todo mi proceso de formación académica. A mi mama Miriam Nevárez y mi hermana Gema Campozano que de una u otra forma siempre estaban para darme una mano amiga ante cualquier situación que se me presentara. A mis tías que con sus consejos y apoyo me formo como profesional y sobre todo a mi novia Geanella Abad a quien atribuyo totalmente este logro.

A mi amigo y compañero Javier Zambrano por alcanzar este logro y duro camino de formarnos como profesionales y darnos el apoyo mutuo para superar cualquier obstáculo que se nos presentaba.

A nuestro tutor Ing. Galo Alexander Cedeño García. Mg. Sc. Por su dedicación y compromiso en brindarnos sus conocimientos para la realización de este trabajo de titulación.

**TEOFILO JHOSUE NEVAREZ LOOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico con todo mi corazón a Dios que fue un pilar fundamental en mi día a día, iluminando mis pasos y mi saber cómo estudiante. A mis padres y hermanos, pues sin ellos no lo habría logrado, a quienes han crecido a mi lado siempre dándome el ejemplo de superación, fuerzas para seguir adelante en todo momento enseñándome a valorar todo lo que tengo, a todos ellos les dedico el presente trabajo porque siempre me apoyaron en la parte moral y económica para poder llegar a ser profesionales de la patria.

**JAVIER ALEXANDER ZAMBRANO CASTRO**



## CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
CONTENIDO GENERAL.....	ix
CONTENIDO DE TABLAS .....	xiii
CONTENIDO DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3. OBJETIVOS.....	4

	x
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.4. HIPÓTESIS .....	4
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1. IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA DEL MAÍZ A NIVEL GLOBAL Y NACIONAL .....	5
2.2. TAXONOMÍA .....	5
2.3. CARACTERÍSTICAS DEL MAÍZ HÍBRIDO EMBLEMA .....	6
2.4. CARACTERÍSTICAS DEL MAÍZ HÍBRIDO 601 .....	6
2.5. ECOFISIOLOGÍA Y FENOLOGÍA DEL MAÍZ .....	7
2.5.1. FASE VEGETATIVA DEL MAIZ .....	7
2.5.2. FASE REPRODUCTIVA .....	9
2.6. NUTRICIÓN Y FERTILIZACION DEL MAÍZ .....	10
2.7. PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL MAÍZ .....	12
2.8. USO DE BIOESTIMULANTES EN MAÍZ .....	15
2.9. FERTILIZACIÓN A BASE DE NITRÓGENO .....	16
2.10. FERTILIZACIÓN A BASE DE FÓSFORO .....	16
2.11. FERTILIZACIÓN A BASE DE MAGNESIO .....	17

2.12. FERTILIZACIÓN A BASE DE AZUFRE .....	17
<b>CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLOGICO.....</b>	<b>18</b>
3.1. UBICACIÓN.....	18
3.1.1. CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS .....	18
3.2. DURACIÓN.....	19
3.3. METODOS Y TECNICAS .....	19
3.3.1. MATERIAL VEGETAL.....	19
3.4. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL .....	19
3.5. TRATAMIENTOS.....	20
3.6. VARIABLES RESPUESTA .....	20
3.6.1. COMPONENTES DE CRECIMIENTO .....	20
3.6.2. COMPONENTES DE RENDIMIENTO .....	21
3.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	21
3.7.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	21
3.7.2. TRATAMIENTO DE SEMILLA.....	22
3.7.3. PROCESO DE SIEMBRA .....	22
3.7.4. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES .....	22

3.7.5. CONTROL DE MALEZA PRE-EMERGENCIA.....	23
3.7.6 CONTROL DE MALEZA POST-EMERGENCIA .....	23
3.7.7. RIEGO.....	23
3.7.8. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO POR TECNOLOGÍA DE FERTILIZACIÓN. ....	23
3.7.9. DOSIS DE FERTILIZACIÓN CON MACRONUTRIENTES .....	25
3.8. ANALISIS DE DATOS .....	25
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>26</b>
4.1 COMPROBACION LA EFECTIVIDAD DE TECNOLOGÍAS FISIONUTRICIONALES PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL MAÍZ EN LA ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA.....	26
4.2 COMPARAR LA EFECTIVIDAD DEL MANEJO FISIONUTRICIONAL VS LA FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL EN LA ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA .....	28
4.3 VALORACION ECONÓMICA DEL MANEJO INTEGRAL FISIONUTRICIONAL EN MAÍZ.....	33
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACION .....</b>	<b>36</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	36
5.2. RECOMENDACIONES.....	36
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>47</b>

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> Clasificación taxonómica del maíz	5
<b>Tabla 3.1.</b> Datos climatológicos	18
<b>Tabla 3.2.</b> Esquema ADEVA	19
<b>Tabla 3.3.</b> Manejo de Datos climatológicos e la fertilización granulada convencional	24
<b>Tabla 3.4.</b> Manejo de la fertilización líquida con fuentes hidrosolubles	24
<b>Tabla 3.5.</b> Manejo de la fertilización incorporada o enterrada con fuentes de eficiencia mejorada	24
<b>Tabla 3.6.</b> Dosis de fertilización	25
<b>Tabla 4.1.</b> Efecto de varios tratamientos de fertilización y bioestimulación en el crecimiento de dos híbridos de maíz en la época seca del 2022.	26
<b>Tabla 4.2.</b> Efecto de varios tratamientos de fertilización y bioestimulación sobre los componentes de rendimiento de dos híbridos de maíz en la época seca del 2022.	28
<b>Tabla 4.3.</b> Análisis económico de la rentabilidad de dos híbridos de maíz en función de tratamientos de fertilización y bioestimulación durante la temporada seca del 2022.	34
<b>Tabla 4.4.</b> Efecto de varios tratamientos de fertilización y bioestimulación en el crecimiento de dos híbridos de maíz en la época lluviosa del 2023.	27
<b>Tabla 4.5.</b> Efecto de varios tratamientos de fertilización y bioestimulación sobre los componentes de rendimiento de dos híbridos de maíz en la época lluviosa del 2023.	31
<b>Tabla 4.6.</b> Análisis económico de la rentabilidad de dos híbridos de maíz en función de tratamientos de fertilización y bioestimulación durante la temporada lluviosa del 2023.	34

## CONTENIDO DE FIGURAS

<b>Figura 3.1.</b> Área del Ensayo	18
<b>Figura 4.1.</b> Efecto de varios tratamientos de fertilización y bioestimulación sobre el rendimiento de maíz INIAP H-601 en la época seca del 2022.	30
<b>Figura 4.2.</b> Efecto de varios tratamientos de fertilización y bioestimulación sobre el rendimiento de maíz Emblema Ultra en la época seca del 2022.	30
<b>Figura 4.3.</b> Efecto de varios tratamientos de fertilización y bioestimulación sobre el rendimiento de maíz INIAP H-601 en la época lluviosa del 2022	32
<b>Figura 4.4.</b> Efecto de varios tratamientos de fertilización y bioestimulación sobre el rendimiento de maíz Emblema Ultra en la época lluviosa del 2023.	33

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue validar la efectividad de tecnologías de fisionutricionales para el manejo integral del maíz amarillo duro. Los tratamientos evaluados fueron T1 (FGDM + BIO): Fertilización granulada con dosis media de N ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$  + Bioestimulación, T2 (FGDA + BIO): Fertilización granulada con dosis alta de N ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ) + Bioestimulación, T3 (FHDM + BIO): Fertilización hidrosoluble con dosis media de N ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ) + Bioestimulación, T4 (FHDA + BIO): Fertilización hidrosoluble con dosis alta de N ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ) + Bioestimulación, T5 (FIDM + BIO): Fertilización incorporada con dosis media de N ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ) + Bioestimulación, T6 (FIDA + BIO): Fertilización incorporada con dosis alta de N ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ) + Bioestimulación, y T7 (FC): Fertilización convencional con  $150 \text{ kg de N ha}^{-1}$ . Los tratamientos se evaluaron en dos híbridos comerciales durante la época seca de 2022 y lluviosa 2023. Las variables registradas fueron rendimiento de grano (RG) y rentabilidad económica (RE). Los tratamientos de fertilización + bioestimulación evaluados influyeron significativamente ( $p < 0.05$ ) el RG en ambos híbridos evaluados dentro de cada temporada. Durante la época seca de 2022, los mayores RG fueron logrados por los tratamientos T2, T4 y T6 en ambos híbridos evaluados. Durante la temporada lluviosa 2023, los tratamientos con mayor RG en fueron T4, T5 y T6. Al comparar los promedios de todos los tratamientos de fertilización + bioestimulación vs el tratamiento FC (T7), se determinó que la bioestimulación puede incrementar el RG entre un 15 a 20%. Desde lo económico en terrenos planos y con riego, los tratamientos de fertilización granulada logran una RE mayor al 65%. Por el contrario, en terrenos inclinados y bajo condiciones de secano la fertilización líquida y enterrada ofrecen mejores ventajas económicas, con RE superior al 53%.

**Palabras clave:** *Maíz de secano, fertilización, bioestimulación, rendimiento, rentabilidad.*

## ABSTRACT

The objective of the research was to validate the effectiveness of physionutritional technologies for the comprehensive management of hard yellow corn. The treatments evaluated were T1 (GFMD + BIO): Granulated fertilization with medium dose of N ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$  + Biostimulation, T2 (GFHD + BIO): Granulated fertilization with high dose of N ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ) + Biostimulation, T3 (WSFMD + BIO): Water-soluble fertilization with medium dose of N ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ) + Biostimulation, T4 (WSFHD + BIO): Water-soluble fertilization with high dose of N ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ) + Biostimulation, T5 (IFMD + BIO): Incorporated fertilization with medium dose of N ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ) + Biostimulation, T6 (IFHD + BIO): Incorporated fertilization with high dose of N ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ) + Biostimulation, and T7 (CF): Conventional fertilization with  $150 \text{ kg of N ha}^{-1}$ . The treatments were evaluated in two commercial hybrids during the dry season of 2022 and the rainy season of 2023. The variables recorded were grain yield (GY) and economic profitability (EP). The fertilization + biostimulation treatments evaluated significantly influenced ( $p < 0.05$ ) the GY in both hybrids evaluated within each season. During the dry season of 2022, the highest GY were achieved by treatments T2, T4 and T6 in both hybrids evaluated. During the 2023 rainy season, the treatments with the highest GY were T4, T5 and T6. By comparing the averages of all fertilization + biostimulation treatments vs. the CF treatment (T7), it was determined that biostimulation can increase GY between 15 to 20%. From the economic point of view, on flat and irrigated land, granular fertilization treatments achieve an EP greater than 65%. On the contrary, on sloping terrain and under dryland conditions, liquid and buried fertilization offer better economic advantages, with EP greater than 53%.

**Keywords:** *Rainfed corn, fertilization, biostimulation, yield, profitability*



# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Recientes estudios predicen que la temperatura global promedio aumentará en 2 °C hasta 2100, y que la evapotranspiración terrestre global aumentó en un 10±2 % entre 2003 y 2019, por lo que se prevé que las precipitaciones disminuyan su infiltración y almacenamiento en el suelo, lo que a su vez aumentará los eventos de inundaciones, sequía y desertificación (Malhi et al., 2020; Pascolini et al., 2021).

En este contexto, existe a nivel global una seria preocupación por la producción agrícola de secano, dado que este sistema de producción representa más del 95% de las tierras cultivadas en el África subsahariana; 90% en América Latina; 75% en el Cercano Oriente y África del Norte; 65% en Asia oriental; y 60% en el sur de Asia (Wani et al., 2009; Alemaw y Simalenga, 2015; Anderson et al., 2016).

Manabí es la segunda provincia con mayor superficie maicera del país, con el 26.55% de la producción nacional. Sin embargo, presenta rendimientos bajos, con relación a otras provincias maiceras (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2020a). El bajo rendimiento nacional y provincial se relaciona con muchos factores tales como: bajo niveles de fertilidad y degradación de suelos (> 80% de suelos maiceros se queman y presentan bajos niveles de MO), el (> 85% de maíz se cultiva en secano), uso de semilla de mala calidad (50% de agricultores usan semillas mejoradas), escaso nivel tecnológico (< 11% de productores realiza análisis de suelos y eficientes planes nutricionales) problemas fitosanitarios (82 % de productores reportaron reducción de rendimiento por plagas y enfermedades) (Motato et al., 2016; MAG, 2020b y c; Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC], 2020).

Sumado a lo anterior, la variación climática, es quizás una de las principales amenazas actuales para la producción de maíz, más que todo para los sistemas de secano de Manabí, se presenta una larga temporada seca (mayo-diciembre), donde apenas se dispone del 17% de las precipitaciones anuales, dado que el 83% de las lluvias se concentran en un periodo corto de tiempo (enero-abril), lo que conlleva a

una disminución progresiva del contenido de humedad del suelo que comienza en mayo (Pérez et al., 2018 ; Zambrano et al., 2018). Sin embargo, lo más crítico, es que, en las últimas temporadas lluviosas, se han venido presentado anomalías en las precipitaciones en medio de la época lluviosa, causando periodos de estrés hídrico (Jiménez et al., 2012; Thielen et al., 2016; Pérez et al., 2018).

En este contexto, tanto el estrés hídrico causado por falta de lluvias, afecta significativamente la fertilización y la nutrición de cultivos como el maíz, debido a que la falta de humedad en la superficie del suelo no permite la solubilización eficiente de los fertilizantes granulados aplicados en banda superficial, y sufren pérdidas significativas por volatilización y lixiviación, y escorrentía cuando se vuelven a presentar las precipitaciones de forma agresiva. Estos extremos climáticos promueven la pérdida de nutrientes y la contaminación ambiental (Siman et al., 2020; Lisboa et al., 2020); Mahmud et al., 2021; Yao et al., 2021) ya que la disponibilidad de nutrientes para las plantas, está en gran medida, regulada por la cantidad de agua disponible en el suelo y, durante los episodios de sequía o estrés hídrico, los cultivos pueden verse limitados simultáneamente en agua y nutrientes (Plett et al., 2020).

Además, está bien sustentado que, durante los periodos de estrés hídrico y nutricional, se incrementa la presión de insectos – plagas vectores de virus, y de patógenos que, al encontrar una planta debilitada por una nutrición limitada, se reduce el potencial productivo del cultivo (Grimmer et al., 2012; Van Munster et al., 2017; Van Munster, 2020). En sentido, se ha demostrado que una nutrición balanceada y eficiente, así como la bioestimulación es efectiva para fortalecer la respuesta de los cultivos ante el ataque severo de plagas y patógenos (Gupta et al., 2017; Magero et al., 2018; Cabot et al., 2019).

¿Cómo la aplicación de tecnologías fisionutricionales contribuirá a incrementar el rendimiento y rentabilidad en el maíz amarillo duro?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

En Manabí, tienen un rol importante las investigaciones relaciones con el mejoramiento genético, la nutrición vegetal, la fitopatología y la entomología en el cultivo de maíz (*Zea mays* L:), donde existen factores que determinan la productividad y producción del cultivo, especialmente con lo relacionado a las modificaciones de los regímenes de lluvia, la sequía, el exceso de humedad y la redistribución geográfica de insectos plaga y enfermedades, son aspectos que generan nuevos retos en la generación y desarrollo de nuevas técnicas para la producción de maíz, debido a que se requieren tecnologías que incrementen el rendimiento y adaptabilidad a múltiples ambientes y tolerancia y/o resistencia a los diversos estreses bióticos y abióticos que afectan al cultivo. En este escenario, se busca establecer un manejo integrado fisionutricional con tecnologías climáticamente inteligentes, ya que es de vital importancia para contribuir a incrementar o estabilizar el rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz.

En este contexto, el INIAP y la academia, han venido desarrollando de forma independiente y colaborativa, un conjunto de tecnologías con potencial para mejorar el aspecto agronómico y sanitario del maíz, por lo que es pertinente evaluarlas de forma conjugadas en los principales ambientes de Manabí, con la finalidad de hacer ajustes y realizar dominios de recomendaciones, principalmente para pequeños y medianos productores.

Según a la Agenda 2030 de la ONU (Organización de las Naciones Unidas), este proyecto de investigación se vincula a la meta del objetivo 2 “Hambre cero” con el literal 2.4 siendo este “asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo” (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2018).

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Validar la efectividad de tecnologías fisio nutricionales para el manejo integral del maíz amarillo duro en la época seca y lluviosa en Manabí.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comprobar la efectividad de tecnologías fisionutricionales para el manejo integral del maíz en la época seca y lluviosa.
- Comparar la efectividad del manejo fisionutricional vs la fertilización convencional en la época seca y lluviosa.
- Valorar económicamente el manejo integral fisionutricional en maíz.

## **1.4. HIPÓTESIS**

Las tecnologías fisionutricionales incrementara el rendimiento y rentabilidad del maíz amarillo duro en la época seca.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA DEL MAÍZ A NIVEL GLOBAL Y NACIONAL

El maíz (*Zea mays* L.) es el único cereal que puede ser utilizado como alimento tanto sea para personas o animales, en cualquier etapa del desarrollo de la planta o producción (Kumar et al., 2021), además, es el cereal básico líder a nivel mundial en términos de producción cuenta con alrededor de 1,127 millones de t (Grote et al., 2021), este cereal constituye un componente importante de la dieta humana, y representan aproximadamente el 42 % de las calorías alimentarias del mundo y el 37 % de la ingesta de proteínas (Erenstein et al., 2022).

El cultivo de maíz ha llegado a alcanzar una gran importancia económica en varias zonas del Litoral y Sierra Ecuatoriana donde la producción es cada vez mayor en dicho cultivo, ya que las semillas híbridas de alto rendimiento permiten a los agricultores cosechar más, en una misma superficie. Además, la productividad de maíz se triplicó pasando de 0,42 a 1,4 millones de toneladas de maíz, siendo la producción nacional de maíz duro es de 1 699,370 t dentro de 373,587 ha sembradas generando un promedio de 4,6 t·ha<sup>-1</sup>, mientras que en la provincia de Manabí se produjeron 507,000 t con un rendimiento de 4,6 t ·ha<sup>-1</sup>, variación que fue generada por el cambio en la utilización de semilla criolla, a paquetes tecnológicos, los cuales incluyen semilla híbrida, toda esta producción se obtuvo dentro de un promedio de 270 mil hectáreas cultivadas (Guamán et al., 2020).

### 2.2. TAXONOMÍA

De acuerdo a Masaquiza (2016) señala que la clasificación taxonómica del maíz es la siguiente:

**TABLA 2.1.** CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL MAÍZ

Reino:	Vegetal
División:	Espermatofitas
Subdivisión:	Angiospermas
Clase:	Monocotiledóneas

Orden:	Poales
Familia:	Gramíneas
Genero:	Zea
Especie:	Zea mays

---

### **2.3. CARACTERÍSTICAS DEL MAÍZ HÍBRIDO EMBLEMA**

Según Moreira (2019) menciona que este material es de origen tailandés, es de la misma línea que los ADVANTA, sus características son:

- El ciclo de vida de este híbrido es 125 días.
- El EMBLEMA al encontrarse en condiciones favorables puede emitir la flor a los 54 días después de la siembra.
- Los días a la cosecha de este material puede ir desde los 120 días a los 140 días después de la siembra.
- El grano que se desarrolla en este híbrido es de tipo Semi - Cristalino con un color Anaranjado – Rojizo.
- La planta puede alcanzar un desarrollo de 260 cm de altura.
- La altura de inserción de mazorca es a los 150 cm desde el suelo.
- En la mazorca este híbrido ha llegado a tener entre 14 y 16 hileras
- Tiene una tolerancia moderadamente resistente a enfermedades foliares y moderadamente resistente a enfermedades de la mazorca.

### **2.4. CARACTERÍSTICAS DEL MAÍZ HÍBRIDO 601**

Es un híbrido convencional simple generado mediante el cruzamiento de la línea *S4 LP3a* como progenitor femenino y la línea *S6 L14* introducida del Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT). La capacidad productiva del *H-601* es mayor a la de algunos híbridos comerciales actualmente sembrados por los agricultores. El rendimiento promedio de este híbrido bajo condiciones de la ladera en varias localidades de Manabí, durante la época de las lluvias de los años 2001 y 2002, fue de 5472 kg/ha. En terrenos planos con riego,

en parcelas semi-comerciales, durante la época seca del 2002, presento un rendimiento de 7381 kg/ha (Reyes et al., 2013).

## **2.5. ECOFISIOLOGÍA Y FENOLOGÍA DEL MAÍZ**

Según lo expresado por Álvarez (2015) señala que la eco fisiología vegetal contribuye al conocimiento de los procesos que determinan el crecimiento y desarrollo de los cultivos, siendo necesaria su comprensión para incrementar de manera sostenible la producción y orientar en las prácticas culturales más adecuadas, en el caso del maíz , se sabe que la temperatura afecta la duración del ciclo del cultivo entre la siembra y la madurez fisiológica, mientras que el fotoperiodo afecta el período entre la emergencia y la floración, estos dos factores tienen una gran influencia en el ciclo ontogenético del cultivo dependiendo de la fecha de siembra.

Lo anterior indica que las fases fenológicas que transcurren a través del ciclo ontogénico del maíz nos permite conocer los componentes del rendimiento que quedan fijados en cada una de ellas y analizar los factores ambientales que controlan la duración de dichas fases; la escala fenológica más utilizada para describir el ciclo de un cultivo de maíz es la propuesta por Ritchie y Hanway, que utiliza caracteres morfológicos externos, donde se identifican dos grandes períodos: el vegetativo y el reproductivo (Álvarez, 2015).

### **2.5.1. FASE VEGETATIVA DEL MAIZ**

Según Walter et al, (2009) quienes describen la fase vegetativa corresponde a la etapa de desarrollo fenológico de las plantas, esta hace referencia al crecimiento de la misma, hasta que alcanza el estado reproductivo. A continuación, Oñate (2016) presentan las siguientes fases del cultivo de maíz:

- **VE – Emergencia**

Esta etapa ocurre cuando el coleóptilo aparece sobre la superficie del suelo, la semilla ha absorbido en al menos un 30% de agua en relación a su peso, además

de absorber oxígeno para la germinación. La radícula emerge rápidamente cerca de la punta del grano, dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura del suelo.

- **V1 – Primera hoja**

Una hoja con lígula visible (estructura que se encuentra en la base de la lámina). La punta de la primera hoja en maíz es redondeada. Desde este momento hasta floración (R1), estos estadios vegetativos son definidos por la hoja con lígula visible localizada en la parte superior de la planta.

- **V2 – Segunda hoja**

Las raíces nodales comienzan a emerger debajo del suelo, las raíces seminales comienzan a senescer.

- **V4 – Cuarta hoja**

Las raíces nodales son dominantes, ocupando mayor volumen en el suelo que las raíces seminales. Las hojas aún siguen desarrollándose en el meristemo apical.

- **V6 – Sexta hoja**

Seis hojas con lígula visible, la primera hoja con punta redondeada senesció; se debe considerar este punto al realizar el conteo de las hojas. El punto de crecimiento emerge sobre la superficie del suelo. Todas las partes de la planta han iniciado su crecimiento. En algún momento entre V6 y V10 se determina el número potencial (máximo) de hileras en la mazorca.

- **V10 – Diez hojas**

Las raíces adventicias comienzan a desarrollarse en los nudos localizados en la parte inferior de la planta y por encima del suelo. Hasta este momento, la tasa de desarrollo foliar es aproximadamente de 2 a 3 días por hoja.

- **V14 – Catorce hojas**

Es de crecimiento rápido, esta etapa ocurre aproximadamente dos semanas antes de floración. Se caracteriza por alta sensibilidad a estrés térmico e hídrico.

- **VT – Espigado**

Se define el número potencial de granos por hilera. Se están definiendo el número final de granos (número de óvulos) y el tamaño potencial de la mazorca. La última rama de la espiga es visible en el extremo de la planta. Los estigmas en el jilote pueden o no haber emergido. La planta casi ha alcanzado su altura máxima.



## 2.5.2. FASE REPRODUCTIVA

La etapa reproductiva, consta de subperiodos identificados con la letra R y un subíndice. A continuación, (Golik et al., 2018), quienes la describen de la siguiente forma:

### **R1 – Floración**

Esta etapa ocurre cuando un estigma es visible en el exterior de las hojas que cubren el maíz, los primeros estigmas serán los asociados con potencial granos en la base de maíz. Los estigmas permanecen activos hasta la polinización. El polen cae desde la oreja hasta los estigmas, fertilizando el óvulo para producir un embrión. Se determina el número potencial de granos. La planta alcanza su máxima altura. Después de la fertilización, ocurre la división celular en el embrión.

- **R2 – Ampolla**

Los estigmas se oscurecen y comienzan a secarse a partir de 12 días después de floración, los granos son blancos, similares a una ampolla y contienen un fluido claro. Los granos contienen cerca de 85 % de humedad. El embrión se desarrolla en cada grano. La división celular está completa y comienza el llenado de grano.

- **R3 – Grano lechoso**

Los estigmas se secan aproximadamente a 20 días después de floración. Los granos alcanzan su color final y contienen un fluido lechoso que puede ser extraído al presionarlos entre los dedos. Este fluido es el resultado de la acumulación de almidón.

- **R4 – Grano masoso**

El almidón acumulado en los granos adquiere una consistencia masosa, esto ocurre aproximadamente 26-30 días después de floración. Ocurre una rápida acumulación de almidón y nutrientes, los granos poseen un 70 % de humedad y comienzan a dentarse en su extremo superior. El material extraído de los granos al ser presionados es de consistencia masosa.

- **R5 – Grano dentado**

La mayoría de los granos están dentados. La humedad de los granos se ha reducido a un 55 % (38-42 días después de floración) mientras que el contenido de almidón ha aumentado.

- **R6 – Madurez Fisiológica**

Una capa negra se forma en la base del grano, impidiendo el movimiento de materia seca y nutrientes desde la planta hacia el mismo (50-60 días después de floración). Los granos alcanzan su máximo peso (30-35 % humedad) y se encuentran fisiológicamente maduros.

## **2.6. NUTRICIÓN Y FERTILIZACION DEL MAÍZ**

Según Barreiro y Velásquez (2021) el rendimiento de maíz ésta determinado principalmente por el número final de granos logrados por unidad de superficie, el cual está en función de la tasa de crecimiento del cultivo alrededor del período de floración. Por lo tanto, para alcanzar altos rendimientos, el maíz debe lograr un óptimo estado fenológico en floración. En este contexto, Reinoso (2014) menciona que la producción de granos, como el maíz, está limitada por el nitrógeno disponible en el suelo. En el cultivo de maíz en general las deficiencias de nitrógeno reducen la producción de biomasa, ya que afectan notoriamente la síntesis de proteínas imprescindibles para el crecimiento celular, lo cual se traduce en una disminución del área foliar del cultivo y por ello en una disminución de la producción de foto asimilados disponibles.

De acuerdo a Badillo (2016) se detallan a continuación los requerimientos nutricionales Del cultivo del maíz:

### **1. Nitrógeno (N)**

Esencial para el crecimiento y el desarrollo vigoroso de la planta (tallos, hojas, brotes y frutos) proporciona el color verde intenso a la hoja; e incrementa los niveles de proteínas, importante durante todo el ciclo del cultivo y se necesita 180 kilos.

### **2. Fosforo (P)**

Desempeña un papel importante en el desarrollo del sistema radicular, interviene en la formación del tejido leñoso y además en la fructificación, formación y maduración del fruto, esencial en la formación de semillas.

### **3. Potasio (K)**

Importante para el metabolismo del nitrógeno, el transporte, formación de azúcares y almidones, regula la apertura de los estomas haciéndolo importante en las relaciones hídricas, interviene en la constitución de tejidos dando así resistencia a la planta contra enfermedades.

### **4. Azufre (S)**

Importante en la metabolización del nitrógeno (N) y el fósforo (P), interviene en la formación de clorofila, necesario para la síntesis de Proteínas y vitaminas, también interviene en la formación de semillas.

### **5. Calcio (Ca)**

Requerido por todas las plantas, actúa como regulador del crecimiento, responsable en la constitución de tejidos, trabaja muy bien junto al boro (B).

### **6. Magnesio (Mg)**

Es el principal componente de la molécula de clorofila de allí el color verde de la hoja y su importancia en el proceso fotosintético, indispensable en la absorción y metabolismo del fósforo, interviene en el aprovechamiento del potasio y la acumulación de azúcares.

### **7. Boro (B)**

Micronutriente importante en la actividad de crecimiento y producción, indispensable en el pegue de fruto, útil en la división celular y la translocación de azúcar y almidón, importante en la absorción del fósforo y cloruros y actúa como regulador en la relación potasio (K) – calcio (Ca).

### **8. Cobre (Cu)**

Activador de varias enzimas, ayuda a un buen forzamiento de tejidos, necesario para la formación de clorofila. Vía foliar es la mejor forma de suministrarlo.

### **9. Hierro (Fe)**

Actúa en zonas de crecimiento, relacionado con la formación de clorofila y actúa como aportador de oxígeno, es el encargado del proceso de extracción de energía a partir de los azúcares.

### **10. Manganeseo (Mn)**

Interviene en el metabolismo del fósforo (P) y el nitrógeno (N), aumenta la disponibilidad del fósforo y calcio, desarrolla un papel directo en la fotosíntesis y ayuda a la síntesis de la clorofila, acelera la germinación y la madurez, importantísimo en la calidad de frutos.

### **11. Zinc (Zn)**

Importante en el crecimiento y producción, ayuda mucho en el tamaño de los entrenudos, fácilmente absorbido vía foliar.

## **2.7. PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL MAÍZ**

Desde el momento de la siembra, el maíz está expuesto a los ataques de numerosas insectos-plagas que atacan el cultivo, así se tiene el grupo de las palomillas que, en su estado larvario, son conocidas como gusanos cortadores, soldados, eloteros, barrenadores, etc., y son los que más daños causan, por otro lado, enfermedades del maíz se afectan mucho de las condiciones climáticas y son difíciles de predecir. Todas las enfermedades no causan pérdidas económicas y en maíz para grano las hojas que tienen más importancia son las que están de la mazorca para arriba, cualquier pérdida de área fotosintética en estas hojas reducirá el rendimiento final (Deras, 2020).

De acuerdo a Estrada (2022) en el agroecosistema maicero los principales insectos-plagas son los siguientes:

- **Gusano Cogollero**

Nombre científico: *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, es una especie del orden lepidóptero ditrisio de la familia Noctuidae.

Nombre común: gusano cogollero del maíz

Las plantas de maíz son susceptibles de ser atacadas por el cogollero durante su desarrollo vegetativo. Las larvas recién eclosionadas se alimentan del corión y luego raspan el tejido foliar. A partir del segundo o tercer estadio las larvas se alimentan del cogollo y perforan las hojas tiernas. Cuando las larvas se alimentan en el punto de crecimiento (cogollo) producen un tipo de daño característico que consiste en una fila de perforaciones, lo que se conoce como daño en ventana. Los últimos estadios larvales son muy voraces y pueden provocar la defoliación completa de la planta; estos estadios pueden cortar las plantas a nivel del suelo durante la noche.

- **Barrenador del tallo**

Nombre científico: *Diatraea saccharalis* Fabricius, es una especie del orden lepidóptero de la familia Pyralidae.

Nombre común o vulgar: barrenador del tallo del maíz

Cuando la planta es joven, las larvas recién eclosionadas se alimentan del tejido foliar. Si la planta se encuentra en estado vegetativo avanzado, las larvas se introducen entre las vainas y el tallo, provocan el desprendimiento o el secado prematuro de las hojas. Las larvas más desarrolladas perforan el tallo. El hábito barrenador produce daño fisiológico al disminuir el flujo de agua y nutrientes de la planta y a su vez produce un daño mecánico que consiste en la fractura del tallo y la caída de espigas que conlleva a pérdidas en los rendimientos del cultivo. La presencia de un orificio o entrenudo barrenado por tallo genera una disminución de

2 a 2,5 quintales por hectárea. Por otra parte, la fecha de siembra no modifica la relación daño-rendimiento, por lo que la función de daño es válida tanto para siembras tempranas como tardías.

- **Gusano de la mazorca**

Nombre científico: *Helicoverpa zea* Boddie, es una especie del orden lepidóptero de la familia Noctuidae.

Nombre común o vulgar: gusano de la mazorca.

Las hembras de *Helicoverpa zea* depositan los huevos en forma aislada preferentemente sobre los estigmas turgentes de la mazorca de maíz y las larvas recién eclosionadas migran rápidamente hacia la mazorca donde se alimentan de los estigmas internos. El resto de los estadios larvales se alimenta de los granos de la mazorca de maíz desde la punta hasta la base de la misma. El principal daño que ocasiona esta plaga es la destrucción de los granos. Las perforaciones en la mazorca y la acumulación de excrementos de las larvas, favorecen el desarrollo de microorganismos que provocan la pudrición de la mazorca.

A continuación, Ruiz (2018) presenta una breve descripción de las enfermedades del cultivo del maíz con mayor incidencia, en el cual se detalla las siguientes:

- **Manchas foliares o tizón**

Causada por hongos *Helminthosporium*, *Leptosphaeria*, *Phaeosphaeria*, *Hyalothyridium*, *Curvularia*, *Septoria*, entre otros. Además, las lesiones que producen son de un aspecto similar a quemaduras. La pérdida del área foliar disminuye la captación solar (fotosíntesis), lo que deriva en pérdida de peso de grano, llegando a producir pérdidas hasta del 30% si la infección es previa a la floración. La infección se ve favorecida a temperaturas de 20 a 30 grados y humedad relativa alta.

- **Roya del maíz**

Existen tres royas del maíz que son: roya común por *Puccinia sorghi*, roya por *Puccinia polysora* y roya tropical *Physopella zea*. Esta enfermedad está ampliamente distribuida por todo el mundo, en climas subtropicales y templados y en tierras altas donde hay bastante humedad. Produce pústulas pequeñas, tanto en el haz como en el envés de las hojas. Las pústulas son de color naranja o café claro en las etapas iniciales de la infección; más adelante la epidermis se rompe y las lesiones se vuelven negras. Es decir que la forma de las pústulas varía de circular a ovalada; son pequeñas y se las encuentra debajo de la epidermis. En el centro de la pústula la lesión es de color blanco a amarillo claro y presenta un orificio. La pústula está a veces rodeada de un borde de color negro, pero su centro continúa siendo claro. No se conoce hospedante alterno de este hongo.

- **Pudrición de la raíz**

Generada por hongos, sus afectaciones ocurren desde la siembra, durante la germinación y el desarrollo del cultivo. En pre-emergencia impide la germinación de la semilla. La pudrición post-emergente se observa en la planta por presentar un color amarillento, falta de vigor y estrangulamiento a nivel de la base del tallo, ocasionando la muerte de la misma. Las condiciones que favorecen la enfermedad son suelos pobremente drenados, con excesiva compactación y una temperatura base de 10-13 °C.

## **2.8. USO DE BIOESTIMULANTES EN MAÍZ**

El manejo de la bioestimulación no es exclusivo de cultivos hortícolas intensivos, también, en la producción de granos y forrajes puede sacarse provecho de estos productos, los cuales inciden en algún aspecto agronómico, reflejado en el rendimiento comercial. De acuerdo a su composición, estos pueden ser aplicados en la fase de desarrollo inicial, como un promotor radicular que puede usarse desde antes de la siembra, pues, está indicado para tratamiento de semilla. Cuando el cultivo se encuentre en fase V8 y VT es recomendable la aplicación de bioestimulantes que prepare a la planta para los momentos de gran demanda que se darán en fases siguientes. También existen otros formulados de esta característica, que se aplican para contribuir al llenado del fruto al llenado del grano

para obtener mejores rendimientos del cultivo (Laboratorios Industriales de Desarrollos Agronómicos [LIDA], 2019).

## **2.9. FERTILIZACIÓN A BASE DE NITRÓGENO**

El nitrógeno interviene en la calidad, rendimiento del maíz y requiere 180 kilos, por lo tanto, de este depende el contenido de proteínas del grano, cuando el vegetal carece de N, reduce el vigor, las hojas disminuyen su crecimiento y se tornan de color amarillo en las puntas, que luego se va extendiendo hacia la nervadura central, dando espacio a una especie de dibujo en modo de V; además se menciona que ante la escasez de N, la hoja en su totalidad amarillea, y gradualmente van poniéndose amarillas las hojas por encima de la primera. No obstante, cuando los daños son producidos por escasez de agua, las hojas de igual forma se tornan amarillas, pero en este caso se produce la anomalía en todas al mismo tiempo (Moreira, 2021).

Ramon (2014) indica que los rendimientos de una plantación de maíz están en función de los nutrientes disponibles en el suelo, especialmente del que se encuentra en menor cantidad y del potencial de producción de la variedad o híbrido que se siembra en una determinada zona, en una producción de 6,000 kg/ha<sup>-1</sup> de grano, el cultivo extrae del suelo 156 kg de nitrógeno, 32 kg de fósforo y de potasio. De ahí la importancia de conocer de qué cantidad de nutrientes dispone el suelo, para lo cual es necesario realizar un análisis de suelo y en base a este planificar que clase de fertilizante y las cantidades a incorporar previo a la siembra y durante el desarrollo del cultivo.

## **2.10. FERTILIZACIÓN A BASE DE FÓSFORO**

el fósforo es inmóvil en el suelo debido a sus interacciones con otros elementos, como el calcio, aluminio y hierro. Por lo tanto, la fertilización de base con fósforo es común. La dosis común de fósforo que se aplica como fertilización de base está dentro del rango del 50-100% del requerimiento total de fósforo, donde el 100% se aplica con mayor frecuencia en suelos limosos y arcillosos (Sela, 2019).



Para determinar la dosis de aplicación de fósforo, es necesario conocer el nivel del nutriente en el suelo y la extracción del cultivo de maíz. A diferencia del análisis de N, el de P se basa en la extracción de una porción del fósforo, proveniente de los minerales secundarios y compuestos, la cantidad de P extraída se interpreta como la capacidad del suelo para suministrar fósforo en el mediano plazo (Ramon, 2014).

El maíz absorbe por cada tonelada de grano producida aproximadamente 3 kg/ha<sup>1</sup> de fósforo o 7 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y como se señaló anteriormente el maíz para una producción de 12 toneladas por hectárea requiere absorber un total de 40 a 50 kg de fósforo por lo que sería recomendable aplicar alrededor de 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> con un contenido bajo en el análisis de suelo. También hay que recordar que, así como el potasio son poco móviles en el suelo por lo que su aplicación se realiza comúnmente en presiembra o al momento de la siembra (Ávila et al., 2014).

## **2.11. FERTILIZACIÓN A BASE DE MAGNESIO**

El magnesio es un elemento primordial que asegura un alto contenido de clorofila en las hojas, por lo que la capacidad de rendimiento del maíz es garantizada. Una alta capacidad de asimilación y un transporte de los asimilados mejorado son la base de una formación completa del grano y el cultivo requiere 6 kilos de magnesio (Zermello et al., 2015).

## **2.12. FERTILIZACIÓN A BASE DE AZUFRE**

El cultivo de maíz requiere 20 kilos de azufre que utilizan las plantas, en la cual proviene mayor itariamente (más del 90 %), de la mineralización de la materia orgánica. Ya solo con observar distintos estudios que han cuantificado la variación del contenido de materia orgánica en los suelos de la región pampeana, se aprecia que la misma, si bien aportará azufre, lo hará con contenido menores al que aportaba 20 o 30 años atrás, siempre hablando de iguales condiciones ambientales y de serie de suelo. (Castellanos, 2022).

## CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLOGICO

### 3.1. UBICACIÓN

El presente trabajo se realizó en la ciudad de Calceta-Manabí, en el campus de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, ubicada entre las TILDE coordenadas UTM 17 M 591209 m E 9909170 m S a una altitud de 18 m.s.n.m.



FIGURA 3.1. ÁREA DEL ENSAYO

#### 3.1.1. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

TABLA 3.1. DATOS CLIMATOLÓGICOS

Precipitación anual:	787,2
Temperatura máxima:	29,8
Temperatura mínima:	18,4
Humedad relativa:	80,9
Heliofanía:	823,7

Fuente: Estación Meteorológica ESPAM "MFL", 2010-2022.

## 3.2. DURACIÓN

El siguiente trabajo se realizó durante la época seca 2022 en los meses de agosto a diciembre y la época lluviosa 2023 en los meses de enero a mayo.

## 3.3. METODOS Y TECNICAS

### 3.3.1. MATERIAL VEGETAL

Se utilizaron los híbridos de maíz:

- INIAP H – 601
- Emblema Ultra

## 3.4. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

Con cada material de siembra, se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con siete tratamientos, tres replicas y 21 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó de parcelas de 40 m<sup>2</sup>. El distanciamiento de siembra será de 0.80 x 0.20 m entre hileras y plantas, con una densidad de 62500 plantas ha<sup>-1</sup>

**TABLA 3.2. ESQUEMA ADEVA**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Tratamientos	6
Bloques	2
Error	12
Total	20

### 3.5. TRATAMIENTOS

- **T<sub>1</sub>** (FGDM + BIO): Fertilización granulada con dosis media de N (150 kg ha<sup>-1</sup>) + Bioestimulación
- **T<sub>2</sub>** (FGDA + BIO): Fertilización granulada con dosis alta de N (200 kg ha<sup>-1</sup>) + Bioestimulación
- **T<sub>3</sub>** (FHDM + BIO): Fertilización hidrosoluble con dosis media de N (150 kg ha<sup>-1</sup>) + Bioestimulación
- **T<sub>4</sub>** (FHDA + BIO): Fertilización hidrosoluble con dosis alta de N (200 kg ha<sup>-1</sup>) + Bioestimulación
- **T<sub>5</sub>** (FIDM + BIO): Fertilización incorporada con dosis media de N (150 kg ha<sup>-1</sup>) + Bioestimulación
- **T<sub>6</sub>** (FIDA + BIO): Fertilización incorporada con dosis alta de N (200 kg ha<sup>-1</sup>) + Bioestimulación
- **T<sub>7</sub>** (FC): Fertilización convencional con 150 kg de N ha<sup>-1</sup>

### 3.6. VARIABLES RESPUESTA

#### 3.6.1. COMPONENTES DE CRECIMIENTO

**Altura de planta:** Esta variable se midió desde la base hasta la hoja bandera, el valor se registró en centímetro para ello se utilizó un metro.

**Diámetro de tallo:** De la parcela útil se escogieron 3 plantas al azar, que posteriormente se procedió a medir usando la herramienta pie de rey y se registró el dato en milímetros.

**Área foliar:** Se midió la longitud y ancho de hoja usando un metro, los datos se tomaron en centímetro (cm).

### **3.6.2. COMPONENTES DE RENDIMIENTO**

**Longitud y diámetro de mazorca:** Esta variable se estableció al momento de la cosecha y se escogió tres mazorcas de cada parcela útil, posteriormente se registró la longitud y el diámetro en centímetro, con ayuda de la herramienta pie de rey en milímetro.

**Peso de grano/mazorca:** Se determinó en la cosecha donde se apartaron tres mazorcas representativas de cada parcela útil, éstas se desgranaron y se registró el peso en gramos.

**Peso de 1000 granos:** Esta variable se estableció al escoger mazorcas representativas de cada parcela útil, luego se desgrano y se registró los datos en peso de 1,000 granos en gramos.

## **3.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

Para garantizar un trabajo de calidad y por ende obtener resultados confiables se le dio el siguiente manejo:

### **3.7.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO**

Se llevó a cabo la preparación del terreno mediante labores de corte, limpieza de malezas, luego se hizo la labor de arado del terreno, con la finalidad de oxigenarlo, y de esta manera promover un buen desarrollo radicular a la planta.

### **3.7.2. TRATAMIENTO DE SEMILLA**

Previo a la siembra, la semilla fue con insecticida a base de Semeprid (imidacloprid + thiodicarb), en dosis de 25 mL/kg de semilla, con la finalidad de proteger las plántulas durante la emergencia de insectos chupadores y cortadores.

### **3.7.3. PROCESO DE SIEMBRA**

La siembra de verano se llevó durante el mes de agosto del 2022 y la de invierno en el mes de enero del 2023, se empleó (INIAP H – 601 y Emblema) con un distanciamiento de siembra (0.80 x 0.20 m) depositando de forma manual una semilla por sitio.

### **3.7.4. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES**

- A los 10 días después de la siembra (dds), se aplicó en “drench”, una aplicación con Actara (thiametoxam), en dosis de 1 mL/L agua. Ya que es recomendado para insecto chupadores y masticadores que atacan al follaje del cultivo.
- En base a los monitoreos que se hizo cada dos días para contabilizar las poblaciones de insectos vectores (cicádelidos, pulgones, trips y crisomélidos), se realizó el control químico a base de insecticidas al encontrar el 40% de plantas afectadas dentro de los 17 días se aplicó Regent (fipronil), en dosis de 0,7 mL/L y de ser necesario repetir la aplicación, se puede utilizar entre los 25 a 30 días, Engeo (lanmbda cihalotrina + thiametoxam), en dosis de 1 mL/L.
- Finalmente, entre los 40-45 días, se colocó cebo tóxico (arena + clorpirifos), utilizando una dosis de 150 mL/40 kg de arena.

### **3.7.5. CONTROL DE MALEZA PRE-EMERGENCIA**

Para el control de maleza ante de la siembra se utilizaron mezcla de herbicida selectivo preemergente Atrazina-80 + pendimetalin en dosis de 1.5 + 3 litros ha<sup>-1</sup>, respectivamente en la época lluviosa.

### **3.7.6 CONTROL DE MALEZA POST-EMERGENCIA**

En la época seca y lluviosa para la presencia de maleza de hoja ancha o coquito, se aplicó un herbicida selectivo 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. Posteriormente al presentarse mayor presencia de gramíneas, se usó el herbicida nicosulfuron (ACCENT) en dosis de 20 a 30 g ha<sup>-1</sup>, adicionando 200 a 300 mL de un surfactante.

### **3.7.7. RIEGO**

En la época seca el requerimiento hídrico que se le proporcione a las unidades experimentales, fue a través del sistema de riego por aspersión dos veces por semana.

### **3.7.8. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO POR TECNOLOGÍA DE FERTILIZACIÓN.**

Se baso en los principales requerimientos nutricionales del cultivo de maíz en la cuales se requiere para obtener una alta productividad, siendo aplicada en diferentes fases o etapas fenológicas del cultivo, ya que se manejaron diferentes tecnologías de fertilización.

**TABLA 3.3. MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN GRANULADA CONVENCIONAL**

Actividades de fertilización	Fechas de aplicación				
	Siembra	10 días	17-18 días	25-30 días	40-45 días
		VE	V6	V10-V12	> V16
Fertilización N		20%	40%	40%	
Fertilización P		100%			
Fertilización K - Mg – S		50%	50%		
Bioestimulación radical		X	x	X	
Bioestimulación foliar			x	X	X
Semeprid (imidacloprid + thiodicarb)	X				

**TABLA 3.4. MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN LÍQUIDA CON FUENTES HIDROSOLUBLES**

Actividades de fertilización	Fechas de aplicación				
	Siembra	10 días	17-18 días	25-30 días	40-45 días
		VE	V6	V10-V12	> V16
Fertilización N		20%	40%	40%	
Fertilización P		100%			
Fertilización K - Mg – S		50%	50%		
Bioestimulación radical		X	x	X	
Bioestimulación foliar			x	X	X
Semeprid (imidacloprid + thiodicarb)	X				

**TABLA 3.5. MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN INCORPORADA O ENTERRADA CON FUENTES DE EFICIENCIA MEJORADA**

Actividades de fertilización	Fechas de aplicación				
	Siembra	10 días	17-18 días	25-30 días	40-45 días
		VE	V6	V10-V12	> V16
Fertilización N		100%			
Fertilización P		100%			
Fertilización K - Mg – S		100%			
Bioestimulación radical		X	x	X	
Bioestimulación foliar			x	X	X
Semeprid (imidacloprid + thiodicarb)	X				

**Bioestimulación radical:** se aplicó un bioestimulante a base de ácidos húmicos, fulvicos, otros ácidos orgánicos, aminoácidos y nutrientes. Además, se dio por medio de la técnica drench con bomba dosificadora.



**Bioestimulación foliar:** se colocó un coctel a base de Ácido Acetilsalicílico + Acibenzolar S Metil y micronutrientes. Esta se realizó en las mañanas (máximo hasta las 8 am) y en las tardes después de la 4:30 pm.

### 3.7.9. DOSIS DE FERTILIZACIÓN CON MACRONUTRIENTES

**TABLA 3.6.** DOSIS DE FERTILIZACIÓN

Fertilización	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	S
Dosis media N	150	30	90	25	50
Dosis alta N	200	30	90	25	50

#### Forma de fertilizar:

- La fertilización granulada convencional se llevó a cabo en banda superficial a un costado del surco o la línea de siembra
- La fertilización líquida se dio a través de la técnica en drench con ayuda de una bomba dosificadora
- La fertilización incorporada o enterrada se desarrolló con un espeque a lado de la planta

### 3.8. ANALISIS DE DATOS

Los datos obtenidos se analizaron a través del ANOVA y la separación de medias con prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 COMPROBACION LA EFECTIVIDAD DE TECNOLOGÍAS FISIONUTRICIONALES PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL MAÍZ EN LA ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA

Durante la temporada seca del 2022, la altura de planta (AP), el diámetro del tallo (DT) y el area foliar (AF) fueron influenciados significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos de fertilización y bioestimulación evaluados en ambos híbridos, donde claramente se evidenció que los tratamientos de fertilización + bioestimulación superaron estadísticamente al tratamiento de FC. Además, en ambos híbridos evaluados, se evidenció que la fertilización con dosis alta de nitrógeno (FGDA, FHDA y FIDA), tienden a lograr mayores promedios de crecimiento en AP, DT y AF, donde el tratamiento FIDA + BIO (bioestimulante) alcanza el mayor valor. Lo anterior indica que puede ser debido a que bajo condiciones de terrenos planos y con riego, la fertilización con niveles altos de nitrógeno es más eficiente para potenciar el crecimiento del maíz a ambos híbridos (**Tabla 4.1**).

**TABLA 4.1.** EFECTO DE VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN Y BIOESTIMULACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ EN LA ÉPOCA SECA DEL 2022.

Tratamientos	AP (m)	DT (mm)	AF (m <sup>2</sup> )
<b>INIAP H-601</b>			
T <sub>1</sub> : FGDM + BIO	2,42 b	26,00 b	0,84 b
T <sub>2</sub> : FGDA + BIO	2,55 c	31,00 cd	0,93 cd
T <sub>3</sub> : FHDM + BIO	2,38 b	27,33 bc	0,84 bc
T <sub>4</sub> : FHDA + BIO	2,55 c	33,00 d	0,95 d
T <sub>5</sub> : FIDM + BIO	2,44 b	27,06 bc	0,86 bc
T <sub>6</sub> : FIDA + BIO	2,57 c	32,67 d	0,95 d
T <sub>7</sub> : FC – BIO	2,24 a	20,54 a	0,73 a
p-valor ANOVA	0,0001	0,0001	0,0001
C.V. %	1,61	5,91	3,50
<b>EMBLEMA ULTRA</b>			
T <sub>1</sub> : FGDM + BIO	2,45 a	26,37 ab	1,08 ab
T <sub>2</sub> : FGDA + BIO	2,51 ab	26,74 b	1,20 ab
T <sub>3</sub> : FHDM + BIO	2,46 a	27,06 b	1,05 ab
T <sub>4</sub> : FHDA + BIO	2,49 ab	28,41 b	1,21 ab
T <sub>5</sub> : FIDM + BIO	2,58 ab	28,37 b	1,13 ab
T <sub>6</sub> : FIDA + BIO	2,64 b	29,80 b	1,24 b
T <sub>7</sub> : FC – BIO	2,43 a	22,52 a	0,84 a
p-valor ANOVA	0,0081	0,0008	0,0054
C.V. %	2,32	5,02	12,59

**FGDM** = Fertilización granulada con dosis media de N; **FGDA** = Fertilización granulada con dosis alta de N; **FHDM** = Fertilización hidrosoluble con dosis media de N; **FHGA** = Fertilización hidrosoluble con dosis alta de N; **FIDM** = Fertilización incorporada con dosis media de N; **FIDA** = Fertilización incorporada con dosis alta de N; **FC** = Fertilización convencional; **BIO** = Bioestimulación.

Durante la época lluviosa del 2023 (entre enero hasta abril), en condiciones de terrenos inclinados, las variables de crecimiento AP, DT y AF fueron influenciadas de manera significativa ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos de fertilización probados, donde se evidenció que los tratamientos de fertilización incorporados al suelo (FIDM y FIDA) y los hidrosolubles (FHDM y FHDA) tienden a presentar mayores promedios de crecimiento, en comparación con la fertilización granulada tradicional (FGDM y FGDA), independientemente de las dosis de nitrógeno probadas y los híbridos evaluados. Lo anterior sugiere que, en condiciones de terrenos inclinados, la fertilización granulada colocada en banda superficial es menos eficiente, lo cual se refleja en menores promedios de crecimiento. Así mismo, al comparar el promedio de todos los tratamientos de fertilización + bioestimulación vs el tratamiento de FC, se evidenció que la bioestimulación promueve un mayor crecimiento de las plantas en ambos híbridos evaluados (**Tabla 4.4**).

**TABLA 4.4.** EFECTO DE VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN Y BIOESTIMULACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ EN LA ÉPOCA LLUVIOSA DEL 2023.

Tratamientos	AP (m)	DT (mm)	AF (m <sup>2</sup> )
INIAP H-601			
T <sub>1</sub> : FGDM + BIO	2,43 b	22,00 ab	0,62 ab
T <sub>2</sub> : FGDA + BIO	2,47 bc	22,00 ab	0,63 ab
T <sub>3</sub> : FHDM + BIO	2,55 cd	23,34 ab	0,71 bc
T <sub>4</sub> : FHDA + BIO	2,58 cd	24,76 b	0,71 bc
T <sub>5</sub> : FIDM + BIO	2,59 cd	25,00 b	0,75 c
T <sub>6</sub> : FIDA + BIO	2,62 d	25,00 b	0,77 c
T <sub>7</sub> : FC	2,28 a	19,67 a	0,52 a
p-valor ANOVA	0,0001	0,0058	0,0001
C.V. %	1,75	6,36	6,32
EMBLEMA ULTRA			
T <sub>1</sub> : FGDM + BIO	2,60 b	25,69 b	0,75 a
T <sub>2</sub> : FGDA + BIO	2,64 bc	26,56 bc	0,76 a
T <sub>3</sub> : FHDM + BIO	2,70 bc	28,71 bc	0,81 b
T <sub>4</sub> : FHDA + BIO	2,71 bc	28,72 bc	0,83 b
T <sub>5</sub> : FIDM + BIO	2,76 bc	29,45 c	0,82 b
T <sub>6</sub> : FIDA + BIO	2,79 c	29,74 c	0,83 b
T <sub>7</sub> : FC	2,42 a	21,39 a	0,72 a
p-valor ANOVA	0,0001	0,0001	0,0001
C.V. %	2,26	4,71	2,15

**FGDM** = Fertilización granulada dosis media; **FGDA** = Fertilización granulada dosis alta; **FHDM** = Fertilización hidrosoluble dosis media; **FHGA** = Fertilización hidrosoluble dosis alta; **FIDM** = Fertilización incorporada dosis media; **FIDA** = Fertilización incorporada dosis alta; **FC** = Fertilización convencional; **BIO** = Bioestimulación.

## 4.2 COMPARAR LA EFECTIVIDAD DEL MANEJO FISIONUTRICIONAL VS LA FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL EN LA ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA

Los componentes de rendimiento como longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), peso de granos por mazorca (PGM) y peso de mil granos (PMG), fueron afectados significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos probados, donde independientemente de los híbridos evaluados, todos los tratamientos de fertilización + bioestimulación superaron significativamente al tratamiento FC sin bioestimulación, lo cual evidenció que la aplicación de bioestimulantes como complemento a la fertilización, potencia los componentes del rendimiento del cultivo.

**TABLA 4.2.** EFECTO DE VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN Y BIOESTIMULACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ EN LA ÉPOCA SECA DEL 2022.

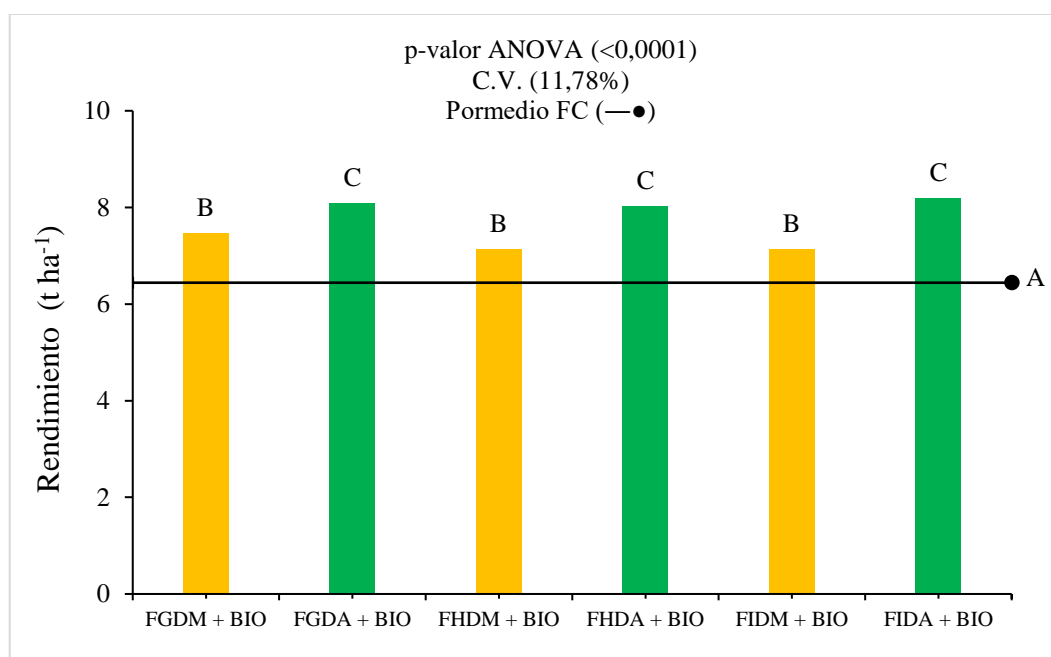
Tratamientos	LM (cm)	DM (cm)	PGM (g)	PMG (g)
<b>INIAP H-601</b>				
T <sub>1</sub> : FGDM + BIO	20,33 abc	5,17 b	269,34 b	431,35 b
T <sub>2</sub> : FGDA + BIO	22,00 bcd	5,34 bcd	283,60 c	444,18 c
T <sub>3</sub> : FHDM + BIO	19,67 ab	5,20 bc	271,37 b	432,69 b
T <sub>4</sub> : FHDA + BIO	22,65 cd	5,35 cd	286,32 c	446,28 c
T <sub>5</sub> : FIDM + BIO	20,00 abc	5,24 bcd	269,00 b	433,55 b
T <sub>6</sub> : FIDA + BIO	23,04 c	5,37 d	287,41 c	448,10 c
T <sub>7</sub> : FC	18,67 a	4,83 a	244,00 a	410,25 a
p-valor ANOVA	0,0011	0,0001	0,0001	0,0001
C.V. %	4,78	1,05	1,27	2,64
<b>EMBLEMA ULTRA</b>				
T <sub>1</sub> : FGDM + BIO	20,46 b	5,50 b	292,30 ab	459,28 ab
T <sub>2</sub> : FGDA + BIO	20,77 b	5,62 b	304,85 ab	473,14 ab
T <sub>3</sub> : FHDM + BIO	20,5 b	5,50 b	293,27 ab	458,33 ab
T <sub>4</sub> : FHDA + BIO	20,83 b	5,64 b	303,56 ab	474,42 ab
T <sub>5</sub> : FIDM + BIO	20,61 b	5,63 b	300,34 ab	494,35 b
T <sub>6</sub> : FIDA + BIO	21,29 b	5,67 b	313,57 b	502,11 b
T <sub>7</sub> : FC	18,58 a	4,97 a	243,64 a	425,00 a
p-valor ANOVA	0,0004	0,0001	0,0489	0,0040
C.V. %	2,28	1,51	7,89	3,84

**FGDM** = Fertilización granulada dosis media; **FGDA** = Fertilización granulada dosis alta; **FHDM** = Fertilización hidrosoluble dosis media; **FHGA** = Fertilización hidrosoluble dosis alta; **FIDM** = Fertilización incorporada dosis media; **FIDA** = Fertilización incorporada dosis alta; **FC** = Fertilización convencional; **BIO** = Bioestimulación.

Por otra parte en la **Tabla 4.2**, los resultados mostraron que, en ambos híbridos de maíz, la dosis mayor de nitrógeno (FGDA, FHDA y FIDA) tiende a lograr valores

promedios más elevados de LM, DM, PGM y PMG, con relación a la fertilización nitrogenada media FGDM, FHDM y FIDM. Lo anterior indica, que bajo condiciones de terrenos bajos y con riego complementario, la fertilización nitrogenada en dosis alta aumenta su eficiencia y por ende los componentes de rendimiento.

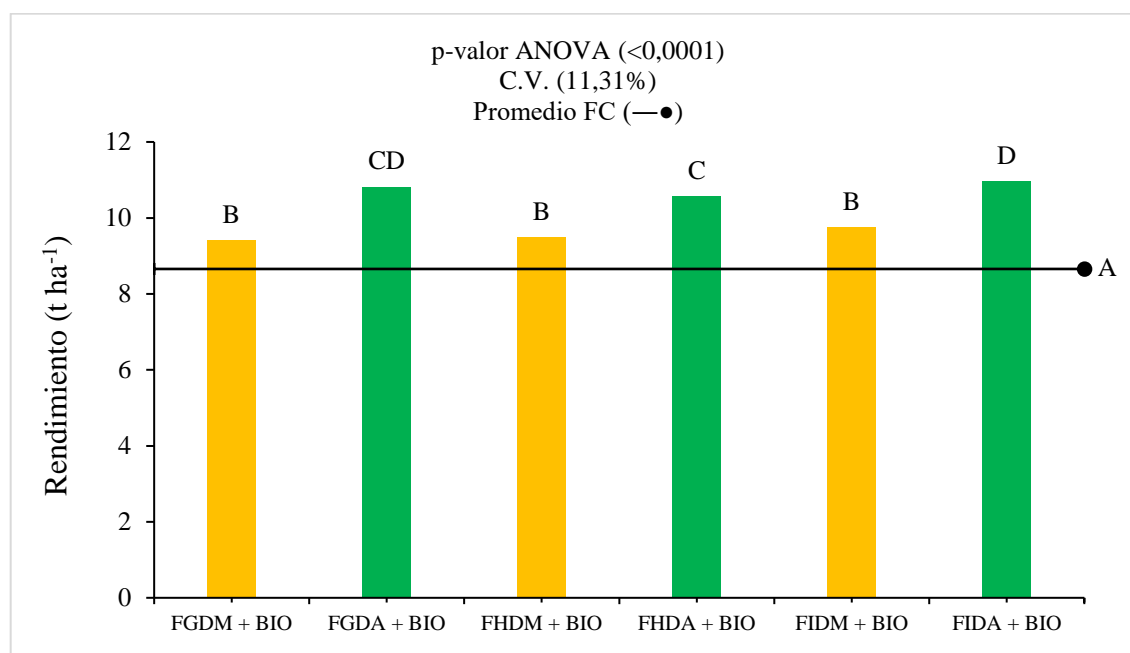
El rendimiento del híbrido INIAP H-601 fue influenciado significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos evaluados durante la temporada seca del 2022 y bajo condiciones de terrenos planos y con riego, donde los tratamientos de fertilización con dosis alta de nitrógeno (FGDA, FHDA y FIDA) superaron en promedio con un 10.51% el rendimiento de los tratamientos de fertilización de dosis media de nitrógeno (FGDM, FHDM y FIDM), y con un 20.40% al rendimiento del tratamiento FC (**Figura 4.1**). Así mismo, los tratamientos de fertilización + bioestimulación en promedio superaron al tratamiento de FC en un 16.04%, lo cual demuestra que con bioestimulación es posible potenciar el rendimiento del híbrido INIAP H-601 (**Figura 4.1**).



**FIGURA 4.1.** EFECTO DE VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN Y BIOESTIMULACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAÍZ INIAP H-601 EN LA ÉPOCA SECA DEL 2022.

Situación similar se presentó para el híbrido Emblema Ultra, donde la fertilización con dosis alta de nitrógeno (FGDA, FHDA y FIDA) en promedio superó el rendimiento de la fertilización media de nitrógeno (FGDM, FHDM y FIDM) con un

11.41%, mientras que al tratamiento de FC lo superó con el 19.67%. Por otra parte, los tratamientos de fertilización + bioestimulación en promedio superaron el rendimiento del tratamiento FC con el 14.76%, lo cual denota que la bioestimulación promueve una mejor productividad del híbrido Emblema Ultra durante la temporada seca, en terrenos planos y con riego complementario (**Figura 4.2**).



**Figura 4.2.** Efecto de varios tratamientos de fertilización y bioestimulación sobre el rendimiento de maíz Emblema Ultra en la época seca del 2022.

Los tratamientos de fertilización + bioestimulación aplicados en ambos híbridos de maíz, incrementaron significativamente ( $p < 0.05$ ) los componentes de rendimiento LM, DM, PGM y PMG, con relación al tratamiento FC durante la época lluviosa 2023, lo cual demuestra que la bioestimulación es una estrategia agronómica clave para aumentar la productividad del maíz en seco y suelos inclinados. En cuanto al tipo de fertilización, los tratamientos hidrosolubles (FHDM y FHDA) e incorporados al suelo (FIDM y FIDA) lograron los mayores promedios en todos los componentes de rendimiento analizados, lo cual indicaría que en seco y terrenos inclinados la fertilización líquida y enterrada al suelo serían más conveniente para promover mayor productividad del maíz, con relación a tratamientos de fertilización granulada en banda superficial como fueron FGDM, FGDA y FC (**Tabla 4.5**).

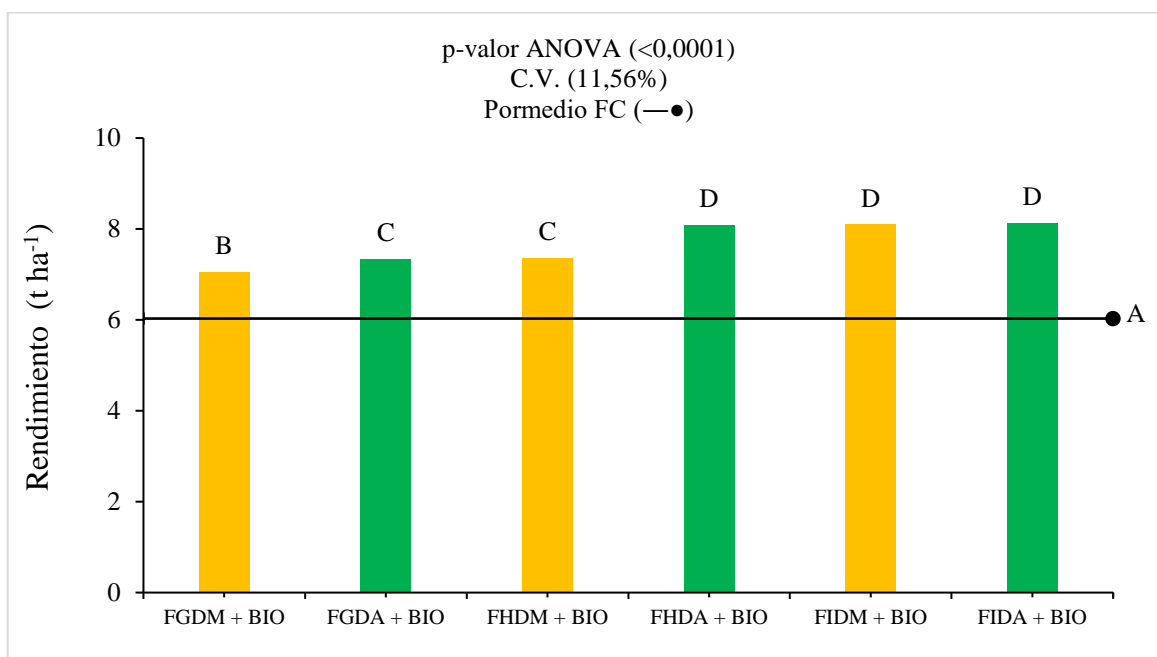
**TABLA 4.5.** EFECTO DE VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN Y BIOESTIMULACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ EN LA ÉPOCA LLUVIOSA DEL 2023.

Tratamientos	LM (cm)	DM (cm)	PGM (g)	PMG (g)
<b>INIAP H-601</b>				
T <sub>1</sub> : FGDM + BIO	18,70 ab	4,97 b	216,00 ab	422,14 ab
T <sub>2</sub> : FGDA + BIO	18,83 ab	4,98 b	224,61 bc	422,09 ab
T <sub>3</sub> : FHDM + BIO	20,14 bc	5,07 bc	219,41 ab	431,22 b
T <sub>4</sub> : FHDA + BIO	20,82 bc	5,09 c	235,28 c	445,11 c
T <sub>5</sub> : FIDM + BIO	21,53 c	5,12 c	232,74 bc	445,32 c
T <sub>6</sub> : FIDA + BIO	22,25 c	5,15 c	233,12 bc	449,44 c
T <sub>7</sub> : FC	17,98 a	4,61 a	207,33 a	414,17 a
p-valor ANOVA	0,0006	0,0001	0,0008	0,0001
C.V. %	4,47	1,68	2,69	1,03
<b>EMBLEMA ULTRA</b>				
T <sub>1</sub> : FGDM + BIO	22,51 ab	5,77 bc	260,33 b	421,11 a
T <sub>2</sub> : FGDA + BIO	22,55 ab	5,73 b	262,45 b	432,25 ab
T <sub>3</sub> : FHDM + BIO	24,52 ab	5,83 bc	277,38 c	444,82 bc
T <sub>4</sub> : FHDA + BIO	24,56 ab	5,84 bc	288,97 cd	457,64 c
T <sub>5</sub> : FIDM + BIO	25,61 c	5,90 bc	286,52 cd	450,32 bc
T <sub>6</sub> : FIDA + BIO	25,91 c	5,97 c	292,31 d	462,75 c
T <sub>7</sub> : FC	21,70 a	5,19 a	217,67 a	411,65 a
p-valor ANOVA	0,0011	0,0001	0,0001	0,0001
C.V. %	4,18	1,48	1,54	2,77

**FGDM** = Fertilización granulada dosis media; **FGDA** = Fertilización granulada dosis alta; **FHDM** = Fertilización hidrosoluble dosis media; **FHGA** = Fertilización hidrosoluble dosis alta; **FIDM** = Fertilización incorporada dosis media; **FIDA** = Fertilización incorporada dosis alta; **FC** = Fertilización convencional; **BIO** = Bioestimulación.

Durante la temporada lluviosa de 2023, los tratamientos de fertilización + bioestimulación aplicados influyeron significativamente ( $p < 0.05$ ) el rendimiento del híbrido INIAP H-601 bajo condiciones de terreno inclinado, donde la fertilización + bioestimulación incrementaron en promedio el rendimiento de grano en un 21.48% con relación al tratamiento sin bioestimulación FC. Los tratamientos de fertilización FHDA, FIDM y FIDA fueron los que lograron el mayor rendimiento con 8.09, 8.10 y 8.13 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, en comparación con los demás tratamientos evaluados (**Figura 4.3**). Lo anterior indica que bajo condiciones de secano y en terrenos inclinados la fertilización granulada no es conveniente para el maíz INIAP H-601, al ser menos eficiente que la hidrosoluble y la incorporada al suelo. Los resultados también revelan que dosis media de nitrógeno aplicado de manera

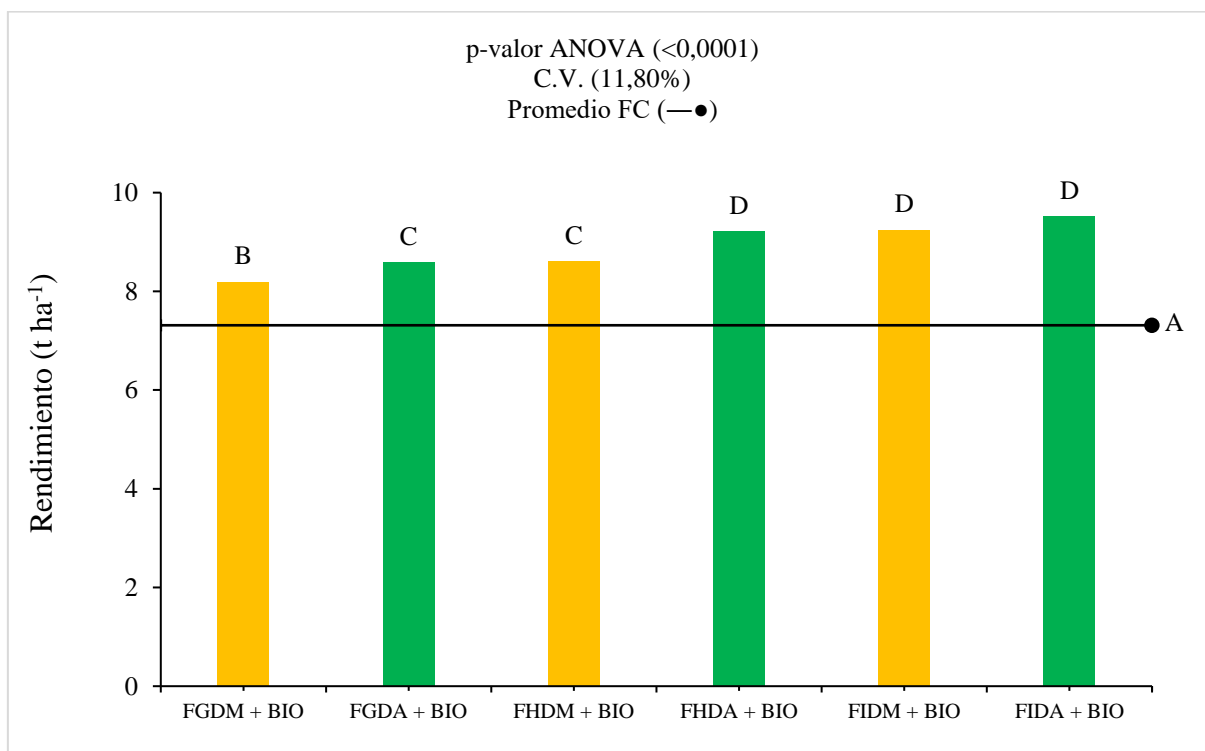
incorporada al suelo (FIDM) puede ser suficiente para el maíz INIAP H-601, dado que produjo rendimientos similares a los logrados con la dosis alta de nitrógeno de los tratamientos FHDA y FIDA.



**FIGURA 4.3.** EFECTO DE VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN Y BIOESTIMULACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAÍZ INIAP H-601 EN LA ÉPOCA LLUVIOSA DEL 2023

De manera similar ocurrió con el híbrido Emblema Ultra, donde los tratamientos de fertilización + bioestimulación influyeron significativamente ( $p < 0.05$ ) el rendimiento de grano, donde en promedio la bioestimulación superó al tratamiento FC con un 17.77%. Así mismo, los tratamientos de fertilización que más rendimiento de grano produjeron, fueron FHDA, FIDM y FIDA con 9.22, 9.24 y 9.52 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (**Figura 4.4**). Estos resultados afianzan la hipótesis de que en condiciones de seco y en terrenos de topografía inclinada de Manabí, la fertilización hidrosoluble aplicada en drench y la fertilización incorporada al suelo complementadas con bioestimulación, son la mejor alternativa para impulsar una mejor respuesta productiva del maíz. Por otra parte, los resultados evidencian que con la fertilización incorporada al suelo es suficiente una dosis media de nitrógeno para lograr rendimientos similares a los obtenidos con dosis alta de nitrógeno.





**FIGURA 4.4.** EFECTO DE VARIOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN Y BIOESTIMULACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAÍZ EMBLEMA ULTRA EN LA ÉPOCA LLUVIOSA DEL 2023.

### 4.3 VALORACION ECONÓMICA DEL MANEJO INTEGRAL FISIONUTRICIONAL EN MAÍZ

Desde el punto de vista de la relación beneficio-costos, los tratamientos con mayor rentabilidad económica durante la temporada seca y bajo condiciones de riego, fueron la FGDM + BIO en el híbrido INIAP H-601 y FGDA + BIO en el híbrido Emblema Ultra, donde se obtuvo un retorno de 0.65 y 0.86 dólares por cada dólar invertido, respectivamente. En estos tratamientos, el ingreso económico neto de la aplicación de bioestimulantes fue de 276 y 481 USD/ha en los híbridos INIAP H-601 y Emblema Ultra, en su respectivo orden (**Tabla 4.3**).

La mayor rentabilidad económica del híbrido Emblema Ultra con la mayor dosis de nitrógeno, a comparación del híbrido INIAP H-601 que logró la mayor rentabilidad con la dosis media de nitrógeno, puede explicarse por el mayor potencial productivo del primero (**Tabla 4.3**).

**TABLA 4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA RENTABILIDAD DE DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ EN FUNCIÓN DE TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN Y BIOESTIMULACIÓN DURANTE LA TEMPORADA SECA DEL 2022.**

Tratamientos	Ren (qq/ha)	PV (USD/qq)	IT = PV*Ren	CT = CF+CV	IN = IT-CT	RBC = IN/CT	IEN (IN B – IN fc)
INIAP H-601							
T <sub>1</sub> : FGDM + BIO	164,07	16,50	2707,14	1644	1063,14	0,65	<b>276</b>
T <sub>2</sub> : FGDA + BIO	177,92	16,50	2935,70	1871	1064,70	0,57	277
T <sub>3</sub> : FHDM + BIO	156,70	16,50	2585,51	1503	1082,51	0,52	255
T <sub>4</sub> : FHDA + BIO	176,33	16,50	2909,51	1932	977,51	0,51	190
T <sub>5</sub> : FIDM + BIO	156,95	16,50	2589,71	1655	934,71	0,56	147
T <sub>6</sub> : FIDA + BIO	179,87	16,50	2967,91	2086	881,91	0,42	95
T <sub>7</sub> : FC	141,72	16,50	2338,30	1551	787,30	0,51	---
EMBLEMA ULTRA							
T <sub>1</sub> : FGDM + BIO	206,96	16,50	3414,87	1912	1502,87	0,79	171
T <sub>2</sub> : FGDA + BIO	237,90	16,50	3925,39	2112	1813,39	0,86	<b>481</b>
T <sub>3</sub> : FHDM + BIO	208,87	16,50	3446,41	2027	1419,41	0,70	87
T <sub>4</sub> : FHDA + BIO	232,35	16,50	3833,72	2177	1656,72	0,76	325
T <sub>5</sub> : FIDM + BIO	214,31	16,50	3536,12	2191	1345,12	0,61	13
T <sub>6</sub> : FIDA + BIO	241,03	16,50	3977,02	2341	1636,02	0,70	304
T <sub>7</sub> : FC	190,42	16,50	3141,92	1810	1331,92	0,74	---

**Ren** = Rendimiento (qq/ha); **PV** = Precio de venta (USD/qq); **IT** = Ingresos totales (USD/ha); **CT** = Costos totales (USD/ha); **CF** = Costos fijos (USD/ha); **CV** = Costos variables (USD/ha); **IN** = Ingresos netos (USD/ha); **RBC** = Relación beneficio-costo (USD/USD); **IEN** = Ingreso económico neto (USD/ha).

Los resultados alcanzados demostraron que la fertilización + bioestimulación es una estrategia nutricional que promueve mayor crecimiento, productividad y rentabilidad del cultivo de maíz ya sea en la época seca o lluviosa. Estos resultados son semejantes a los logrados por Basurto y López (2021) y Barreiro y Velásquez (2021) quienes reportaron incrementos de rendimientos entre el 27 y 36% con la fertilización + bioestimulación en el maíz INIAP 543-QPM en las localidades de Calceta y Rocafuerte. Así mismo, estos mismos autores lograron una rentabilidad entre 300 y 400 USD/ha netas por el uso de bioestimulantes. En este contexto, se ha determinado que los bioestimulantes pueden mejorar esta eficiencia de nutrientes con dos mecanismos principales: 1) mejorando la captura de nutrientes a través de la mayor disponibilidad por raíces más grandes, y 2) mejorando la capacidad de la planta para metabolizar nutrientes y convertirlos en mayores rendimientos (Anitha, 2020; Li et al., 2022).

**TABLA 4.6.** ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA RENTABILIDAD DE DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ EN FUNCIÓN DE TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN Y BIOESTIMULACIÓN DURANTE LA TEMPORADA LLUVIOSA DEL 2023.

Tratamientos	Ren (qq/ha)	PV (USD/qq)	IT = PV*Ren	CT = CF+CV	IN = IT-CT	RBC = IN/CT	IEN (IN B – IN fc)
INIAP H-601							
T <sub>1</sub> : FGDM + BIO	155,32	16,33	2536,38	1789	747,38	0,42	109
T <sub>2</sub> : FGDA + BIO	161,48	16,33	2636,97	1817	819,97	0,45	182
T <sub>3</sub> : FHDM + BIO	162,14	16,33	2647,75	1769	878,75	0,50	240
T <sub>4</sub> : FHDA + BIO	177,98	16,33	2906,41	1940	966,41	0,50	328
T <sub>5</sub> : FIDM + BIO	178,20	16,33	2910,01	1908	1002,01	0,53	<b>364</b>
T <sub>6</sub> : FIDA + BIO	178,86	16,33	2920,78	2090	830,78	0,40	192
T <sub>7</sub> : FC	132,66	16,33	2166,34	1528	638,34	0,42	---
EMBLEMA ULTRA							
T <sub>1</sub> : FGDM + BIO	180,18	16,33	2942,34	1979	963,34	0,49	147
T <sub>2</sub> : FGDA + BIO	188,76	16,33	3082,45	2079	1003,45	0,48	187
T <sub>3</sub> : FHDM + BIO	189,42	16,33	3093,23	2028	1065,23	0,53	249
T <sub>4</sub> : FHDA + BIO	202,84	16,33	3312,38	2192	1120,38	0,51	304
T <sub>5</sub> : FIDM + BIO	203,28	16,33	3319,56	2119	1200,56	0,57	<b>384</b>
T <sub>6</sub> : FIDA + BIO	209,44	16,33	3420,16	2354	1066,16	0,45	250
T <sub>7</sub> : FC	160,82	16,33	2626,19	1810	816,19	0,45	--- em

**Ren** = Rendimiento (qq/ha); **PV** = Precio de venta (USD/qq); **IT** = Ingresos totales (USD/ha); **CT** = Costos totales (USD/ha); **CF** = Costos fijos (USD/ha); **CV** = Costos variables (USD/ha); **IN** = Ingresos netos (USD/ha); **RBC** = Relación beneficio-costos (USD/USD); **IEN** = Ingreso económico neto (USD/ha).

En cuanto al tipo de fertilización, los resultados logrados evidenciaron que la fertilización líquida con fertilizantes hidrosolubles, fue más efectiva bajo condiciones de secano y terrenos inclinados, lo cual posiblemente se deba a que cuando no llueve frecuentemente, la superficie del suelo no está a capacidad de campo, y por tanto los fertilizantes granulados no logran disolverse completamente, bajando su eficiencia, mientras que los fertilizantes diluidos aplicados en drench, logran penetrar hasta la zona de las raíces y de esta manera mejoran su eficiencia y potencian la productividad del cultivo. En este contexto los resultados son cercanos a los logrados por Trujillo y Zambrano (2022), Domínguez y Moreira (2022) y

Moreno y Vera (2022), quienes reportaron mayor rendimiento de grano y eficiencia agronómica de nitrógeno en maíz con fertilización líquida, con relación a la fertilización granulada en banda superficial, en las localidades de Portoviejo, Calceta y Rocafuerte. En este mismo contexto, Bogusz et al. (2021), concluyeron que la fertilización líquida es una técnica, que contribuye a mejorar la disponibilidad de los nutrientes, especialmente en períodos de déficit hídrico, donde la humedad del suelo no es suficiente para solubilizar los fertilizantes granulados.

De la misma forma los resultados obtenidos denotan que la fertilización incorporada al suelo también presentó una efectividad superior a la fertilización granulada convencional aplicada en banda superficial, lo cual puede ser debido a que una vez que el fertilizante queda incorporado al suelo, este tienen la oportunidad de quedar más cerca de las raíces, además de aprovechar mejor la humedad remanente dejada por las lluvias, y de esta manera aumentar su eficiencia de uso y por ende potenciar el rendimiento del cultivo. En este sentido, investigaciones realizadas por Alpandari et al. (2019) confirmaron que la fertilización incorporada al suelo fue más efectiva que la fertilización aplicada al voleo en maíz. Conclusiones similares fueron descritas por Woodley et al. (2019), quienes reportaron mayor aprovechamiento del nitrógeno en maíz, cuando el fertilizante fue incorporado e inyectado al suelo, en comparación con la aplicación al voleo, lo cual se debió a la menor pérdida de N por volatilización.

## **CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACION**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- Las tecnologías fisionutricionales basadas en técnicas de fertilización y bioestimulación fueron efectivas para el manejo integrado del cultivo de maíz en la época seca y lluviosa.
- El manejo fisionutricional basado en fertilización + bioestimulación fue más efectiva para incrementar el crecimiento y productividad del cultivo de maíz, en comparación a la fertilización convencional.
- Bajo condiciones de riego donde la humedad del suelo está garantizada es suficiente la fertilización granulada en banda superficial, mientras que bajo condiciones de secano y en terrenos inclinados, es más eficiente la fertilización hidrosoluble y la incorporada al suelo.
- Con riego complementario la dosis de 200 kg de N ha<sup>-1</sup> fue efectiva para el híbrido Emblema Ultra, mientras que en secano y laderas fue más efectiva desde lo económico la dosis de 150 kg de N ha<sup>-1</sup>. Por su parte, el híbrido INIAP H-601 logró rendimientos rentables con 150 kg de N ha<sup>-1</sup>, tanto con riego y secano.
- El manejo fisionutricional basado en fertilización + bioestimulación es económicamente rentable independientemente del material de siembra y la época del año, en comparación a la fertilización convencional.

### **5.2. RECOMENDACIONES**

- Bajo condiciones de riego utilizar dosis altas de nitrógeno (200 kg ha<sup>-1</sup>) en el híbrido Emblema Ultra, mientras que en secano y laderas son suficientes dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup> cuando se aplica el fertilizante de forma incorporado al suelo.
- Para el híbrido INIAP H-601 la dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, es suficiente para ambos sistemas de producción (riego y secano),

considerando que en terrenos inclinados y secano el fertilizante debe ser incorporado al suelo.

- La bioestimulación debe ser considerada una estrategia más del manejo integrado del cultivo de maíz, independientemente del material de siembra y la época del año.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alemaw, B., y Simalenga, T. (2015). Climate Change Impacts and Adaptation in Rainfed Farming Systems: A Modeling Framework for Scaling-Out Climate Smart Agriculture in Sub-Saharan Africa. *American Journal of Climate Change*, 4 : 313-329.
- Alpandari, H., Susila, E., y Wulandari, C. (2019). The Effects of Urea Fertilizing Techniques on Growth and Yield of Corn (*Zea mays*) in Vertisol Playen, Gunungkidul. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 4, 117–122. <https://doi.org/10.22146/ipas.32147>
- Álvarez, D. (2015). Ecofisiología del cultivo de maíz. Universidad de San Luis , INTA. [https://www.researchgate.net/publication/320805480\\_Ecofisiologia\\_del\\_cultivo\\_de\\_maiz](https://www.researchgate.net/publication/320805480_Ecofisiologia_del_cultivo_de_maiz).
- Ávila, J., Ávila, J., Martínez, D., y Rivas, F. (2014). El cultivo del maíz generalidades y sistemas de producción en el noroeste. Boletín del departamento de agricultura y ganadería. <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20MAIZ.pdf>
- Anderson, W., Johansen, C., y Siddique, K. (2016). Addressing the yield gap in rainfed crops: a review. *Agron. Sustain. Dev*, 36(18). DOI 10.1007/s13593-015-0341-1 <https://link.springer.com> › 10.1007 ·
- Anitha, K. (2020). Role of biostimulants in uptake of nutrients by plants. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(4): 563-567.
- Badillo, A. (2016). Evaluación del aporte de gallinaza fresca en el rendimiento del cultivo de maíz (*zea mais*) variedad iniap 122, en dosis diferentes, en la Parroquia Malchinguí, Cantón Pedro Moncayo, Provincia Pichincha. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja].

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10735/1/INFORME%20FINAL%20DE%20TESIS%20MAIZ%20%2012-01-2016.pdf>.

Barreiro, S y Velasquez, J. (2021). EFICACIA DE TECNOLOGÍAS DE NUTRICIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ BLANCO PARA CONSUMO EN FRESCO, EN ROCAFUERTE-MANABÍ. [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López]. Re: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1536/1/TTA20D.pdf>

Barreiro, S., y Velásquez, J. (2021). Eficacia de tecnologías de nutrición sobre el rendimiento del maíz blanco para consumo en fresco, Rocafuerte-Manabí. Tesis de Ing. Agrícola, ESPAM MFL. Calceta, Ecuador, 47 p.

Basurto, E., y López, T. (2021). Eficacia de tecnologías de nutrición sobre el rendimiento del maíz blanco para consumo en fresco, Calceta-Manabí. Tesis de Ing. Agrícola, ESPAM MFL. Calceta, Ecuador, 48 p.

Below, F. (2018). The Seven Wonders of the Corn Yield World. Department of Crop Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign. Consulted online: [http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/research/seven\\_wonders.html](http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/research/seven_wonders.html)

Bogusz, P., Rusek, P., y Brodowska, M. (2021). Suspension Fertilizers: How to Reconcile Sustainable Fertilization and Environmental. *Protection. Agriculture* 11, 1008. <https://doi.org/10.3390/agriculture11101008>

Cabot, C., Martos, S., Llugany, M., Gallego, B., Tolrà, R., y Poschenrieder, C. (2019). A Role for Zinc in Plant Defense Against Pathogens and Herbivores. *Front. Plant Sci.* 10:1171

Castellanos, J. (2022, junio 4). Fertilización Fosfórica en Maíz. Editorial Intagri. <https://www.intagri.com/articulos/cereales/fertilizacion-fosforica-en-maiz>



- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. [ARCHIVO PDF]. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)
- Deras, H. (2020). Guía técnica: el cultivo de maíz. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>
- Domínguez, M., y Moreira, B. (2022). Efectividad agronómica y económica de la fertilización líquida en maíz amarillo duro bajo condiciones de secano en el sitio El Limón del cantón Bolívar. Tesis de Ing. Agrícola, ESPAM MFL. Calceta, Ecuador, 56 p.
- Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., y Prasanna, B. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Security*, 1-25. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12571-022-01288-7>
- Estación meteorológica de la ESPAM-MFL. (2010-2022). Ubicación geográfica proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología 1/.
- Estrada, M. (2022). Principales insectos plaga del maíz (*Zea mays*, L.) en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 182-191. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>
- Golik, S., Schierenbeck, M., Dietz, J. y Fleitas, M. (2018). Maíz: Crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.02.003>.
- Grimmer, M., Foulkes, M., y Paveley, N. (2012). Foliar pathogenesis and plant water relations: a review. *Journal of Experimental Botany* 63(12): 4321–4331.
- Grote, U., Fasse, A., Nguyen, T., y Erenstein, O. (2021). Food security and the dynamics of wheat and maize value chains in Africa and Asia. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 617009. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.617009>

- Guamán, R., Desiderio, T., Villavicencio, A., Ulloa, S., y Romero, E. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Revista La Siembra*, 7(2). <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/2196/2556>.
- Gupta, N., Debnath, S., Sharma, S., Sharma, P., y Purohit, J. (2017). Role of Nutrients in Controlling the Plant Diseases in Sustainable Agriculture. Chapter 8: 217 – 262. In: V.S. Meena et al. (eds.), *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture*. DOI 10.1007/978-981-10-5343-6\_8.
- INEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2022). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. [Informe 2021]. INEC.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2020). Módulo de Información Agroambiental y Tecnificación Agropecuaria. Boletín técnico N-02-2020-MOD\_AMB\_ESPAC. Quito, Ecuador. 11 p.
- 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.
- Kugler, W. (2017). Maíz: ¿Porqué fertilizar con Azufre?. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_9\\_de\\_julio\\_maiz\\_por\\_que\\_fertilizar\\_con\\_azufre.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_9_de_julio_maiz_por_que_fertilizar_con_azufre.pdf)
- Kumar, K., Singh, J., Singh, B. R., Chandra, S., Chauhan, N., Yadav, M. K., y Kumar, P. (2021). Consumption and processing patterns of maize (*Zea mays*): A review. US Department of Agriculture, 30000, 4-7.
- Li, J., Van Gerrewey, T., y Geelen, D. (2022). A Meta-Analysis of Biostimulant Yield Effectiveness in Field Trials. *Front. Plant Sci.*, 13 – 2022. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.836702>

LIDA. (2019). Manejo de bioestimulantes en Maíz. <https://lidademexico.com/2019/08/05/bioestimulantes-en-maiz/>.

Lisboa, M., Schneider, R., Sullivan, P., y Walter, T. (2020). Drought and post-drought rain effect on stream phosphorus and other nutrient losses in the Northeastern USA. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 28. Doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100672.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) (2020a). Caracterización general del maíz. Sistema de Información Pública Agropecuaria – SIPA. Quito, Ecuador. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/maiz/caracterizacion>.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) (2020b). Boletín de Precipitación y Temperatura. Sistema de Información Pública Agropecuaria – SIPA. Quito, Ecuador. [http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/precipitacion/2020/boletin\\_agro\\_lima\\_2020.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/precipitacion/2020/boletin_agro_lima_2020.pdf).

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) (2020c). Boletín de Agroquímicos y Fertilizantes. Sistema de Información Pública Agropecuaria – SIPA. Quito, Ecuador. [http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/agroquimicos/2020/boletin\\_agro\\_quimicos\\_2020.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/agroquimicos/2020/boletin_agro_quimicos_2020.pdf)

Magero, E., Chemining'wa, G., y Kilalo, D. (2018). Effect of macro and micro nutrients on severity of maize lethal necrosis disease and maize grain yield. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology* 5(9): 1 – 11.

Mahmud, K., Panday, D., Mergoum, A., y Missaoui, A. (2021). Nitrogen Losses and Potential Mitigation Strategies for a Sustainable Agroecosystem. *Sustainability* 13, 2400. Doi.org/10.3390/su13042400.

- Malhi, G.; Kaur, M. y Kaushik, P. (2020). Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation Strategies: A Review. *Sustainability* 2021, 13, 1318. <https://doi.org/10.3390/su13031318>
- Masaquiza, J. (2016). Valoración del rendimiento de maíz (*Zea mays*) en relación con la aplicación de biodegradantes en el sector la Isla, Cantón Cumandá. [Informe final de tesis, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24084/1/tesis%20005%20Ingenier%C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Juan%20carlos%20Masaquiza%20-%20cd%20005.pdf>
- Moreira, B. (2019). Evaluación agronómica de híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en la época lluviosa en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos. [Proyecto de Investigación, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7faa87de-005e-4ce7-ad79-7803738e44c9/content>.
- Moreira, K. (2021). EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) “ILUSIÓN CPR” EN RÍO VERDE. [Tesis de Grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5687/1/UPSE-TIA-2021-0006.pdf>
- Moreno, O., y Vera, J. (2022). Efectividad agronómica y económica de la fertilización líquida en maíz amarillo duro bajo condiciones de secano, en Rocafuerte – Manabí. Tesis de Ing. Agrícola, ESPAM MFL. Calceta, Ecuador, 46 p.
- 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. *ESPAMCIENCIA* 7(2): 109-116.
- Oñate, L. (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". amarillo [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18305/1/Tesis-116%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20371.pdf>

Pascolini, M., Reager, J., Chandanpurkar, H., y Rodel, M. (2021). A 10 per cent increase in global land evapotranspiration from 2003 to 2019. *Nature*, 59(3), 543 – 547. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4601596>

Pérez, R., Cabrera, E., y Hinojosa, M. (2018). The Irrigation Regime for Crops in Manabí, Ecuador: Climatological Study. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 27(1): 5 – 12.

Pérez, R., y Domínguez, J. (2019). Irrigation Regime for Crops in Manabí, Ecuador: Proposal for Five Permanent Crops. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 28(4): 63-72.

Plett, D., Ranathunge, K., Melino, V., Kuya, N., Uga, Y., y Kronzucker, H. (2020). The intersection of nitrogen nutrition and water use in plants: new paths toward improved crop productivity. *Journal of Experimental Botany* 71(15): 4452–4468. Doi:10.1093/jxb/eraa049.

Ramon, J. (2014). Estudio comparativo de cinco niveles de nitrógeno usando dos fuentes de fertilizantes nitrogenados en maíz (*Zea mays* L.). [Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4209/1/TESIS%20%20EN%20MA%20C3%8DZ%20JHONNY%20RAMON%20ALVAREZ.pdf>

Reinoso, L. (2014). Rendimiento de maíz en el Valle Inferior del Río Negro: Evaluación de la frecuencia de riego y la fertilización nitrogenada.

- Reyes, S., Alarcón, D., Carrillo, R., Carvajal, T., Cedeño, N., y Castillo, C. (2013) INIAP H-601. Estación Experimental Portoviejo Programa del Maíz, Plegable Divulgativo N° 201 Portoviejo.
- Ruiz, M. (2018, septiembre 08). Principales enfermedades del cultivo de maíz. Blog Unisem. <https://semillastodoterreno.com/2018/09/principales-enfermedades-del-cultivo-de-maiz>.
- Sela, G. (2019, agosto 28). La fertilización de base. Blog Cropaia. <https://cropaia.com/es/blog/fertilizacion-de-base/>.
- Siman, F., Andrade, F., y Passos, R. (2020). Nitrogen Fertilizers and NH<sub>3</sub> Volatilization: Effect of Temperature and Soil Moisture. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(0). DOI: 10.1080/00103624.2020.1763384
- Thielen, D., Cevallos, J., Erazo, T., Zurita, I., Figueroa, J., Velásquez, E., Matute, N., Quintero, J., y Puche, M. (2016). Dinámica espacio-temporal de las precipitaciones durante el evento de El Niño 97/98 en la cuenca de Río Portoviejo, Manabí, costa ecuatoriana del Pacífico. *Revista de Climatología*, 16 : 35 – 50.
- Trujillo, J., y Zambrano, S. (2022). Eficiencia agronómica y económica de la fertilización líquida en maíz amarillo duro bajo seco, en Portoviejo – Manabí. Tesis de Ing. Agrícola, ESPAM MFL. Calceta, Ecuador, 36 p.
- Van Munster, M. (2020). Impact of Abiotic Stresses on Plant Virus Transmission by Aphids. A review. *Viruses*, 12(16): 1 – 12.
- Van Munster, M., Yvon, M., Vile, D., Dader, B., Fereres, A., y Blanc, D. (2017). Water deficit enhances the transmission of plant viruses by insect vectors. *PLoS ONE* 12(5): e0174398.

- Walter, L., Streck, N., Rosa, H., Alberto, C., y Oliveira, F. (2009). Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de cultivares de trigo e sua associação com a emissão de folhas. *Ciência Rural*, 39 : 2320-2326.
- Wani, S., Sreedevi, T., Rockström, J., y Ramakrishna, Y. (2009). Rainfed Agriculture – Past Trends and Future Prospects. Chapter 1, pp 1 – 35. In: © CAB International 2009. *Rainfed Agriculture: Unlocking the Potential*.
- Woodley, A., Drury, C., Yang, X., Phillips, L., Reynolds, D., Calder, W., y Oloya, T. (2019). Ammonia volatilization, nitrous oxide emissions, and corn yields as influenced by nitrogen placement and enhanced efficiency fertilizers. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 84:1327–1341. <https://doi.org/10.1002/saj2.20079>
- Yao, Y., Dai, Q., Gao, R., Gan, Y., y Yi, X. (2021). Effects of rainfall intensity on runoff and nutrient loss of gently sloping farmland in a karst area of SW China. *PLoS ONE* 16(3): e0246505. [Doi.org/10.1371/journal.pone.0246505](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246505).
- Zambrano, E., Rivadeneira, J., y Pérez, M. (2018). Linking El Niño Southern Oscillation for early drought detection in tropical climates: The Ecuadorian coast. *Science of the Total Environment* 64(3): 193–207. [Doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.160](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.160).
- Zermello, A., Cárdenas, J., Ramírez, H., Benavides, A., Cadena, M., y Campos, S. (2015). Fertilización Biológica del Cultivo de Maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(12), 2399-2408. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342015001002399&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342015001002399&script=sci_arttext).

## **ANEXOS**



**EPOCA DE SECA 2022 AGOSTO / DICIEMBRE**

**ANEXO 1: Limpieza de terreno**



## ANEXO 2: Siembra de semillas



### ANEXO 3: Distribución de tratamientos



### ANEXO 4: Evaluación de variables





**EPOCA LLUVIOSA 2023 ENERO / MAYO**

### ANEXO 1: Siembra de semillas



### ANEXO 2: Distribución de tratamientos



### ANEXO 3: Aplicación de fertilizantes



### ANEXO 4: Evaluación de variables







