



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

**CARRERA DE AGRÍCOLA**

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

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EFFECTIVIDAD AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE LA NUTRICIÓN  
FOLIAR EN MAÍZ AMARILLO DURO DE SECANO**

**AUTORES:**

**VERA MEZA JONATHAN GABRIEL  
VERA MURILLO LIDER ANTONIO**

**TUTOR:**

**ING. JOSE J. MENDOZA VARGAS. MG.**

**CALCETA, NOVIEMBRE 2022**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

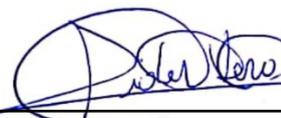
**VERA MEZA JONATHAN GABRIEL** con cédula de ciudadanía 1316543246 y **VERA MURILLO LIDER ANTONIO** con cédula de ciudadanía 1315414456, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE LA NUTRICIÓN FOLIAR EN MAÍZ AMARILLO DURO DE SECANO** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro 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.



---

JONATHAN GABRIEL VERA MESA  
CC: 1316543246



---

LIDER ANTONIO VERA MURILLO  
CC: 1315118826

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

**JONATHAN GABRIEL VERA MEZA** con cédula de ciudadanía 1316543246 y **LIDER ANTONIO VERA MURILLO** con cédula de ciudadanía 1315414456, autorizo 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 AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE LA NUTRICIÓN FOLIAR EN MAÍZ AMARILLO DURO DE SECANO**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



JONATHAN GABRIEL VERA MEZA

CC: 1316543246



LIDER ANTONIO VERA MURILLO

CC: 1315118826

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**ING. JOSÉ JAVIER MENDOZA VARGAS**, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE LA NUTRICIÓN FOLIAR EN MAÍZ AMARILLO DURO DE SECANO**, que ha sido desarrollado por **JONATHAN GABRIEL VERA MEZA** y **LIDER ANTONIO VERA MURILLO**, previo la obtención del título de Ingeniero Agrícola, 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. JOSE JAVIER MENDOZA VARGAS**

**CC: 1306650043**

**TUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE LA NUTRICIÓN FOLIAR EN MAÍZ AMARILLO DURO DE SECANO**, que ha sido desarrollado por **JONATHAN GABRIEL VERA MEZA** y **LIDER ANTONIO VERA MURILLO**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, 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 García.

**CC:** 1311956831

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Sergio Miguel Vélez Zambrano

**CC:** 1310476773

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Cristian Sergio Valdivieso López

**CC:** 1717929283

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de gran manera a todos los que forman parte de la carrera de Ingeniería Agrícola de la “Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” por brindarme la oportunidad y facilidad de formarme como persona y profesional, en una educación superior en cual he obtenido conocimientos día a día por medio del trabajo duro tanto de los docentes como de mi persona. A mis padres, Roque Ramón Vera Rendón y María Corina Meza Zambrano por el apoyo tanto emocional como económico que me brindaron, sin su apoyo incondicional no hubiese sido posible culminar mi carrera universitaria. A mis amigos y compañeros de lucha, los cuales siempre estuvieron dispuestos a ayudarme sin importar las circunstancias que presentase en mi vida estudiantil. Y, por último, pero no menos importante a la chica que me ha visto sufrir y padecer en cada semestre vivido mi novia; Karla Tamara Narváez Solorsano por su gran amor y fe puesto en mi sin importar nada.

**Jonathan Gabriel Vera Meza**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por brindarme la vida y compañía diaria, a mis queridos padres Lider Vera y Pillar Murilo que me han apollado en todo momento para seguir cumpliendo mis metas propuestas, a toda mi familia. A la carrera de Ingeniería Agrícola de la “Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, a sus docentes que nos han impartidos sus grandes conocimientos y sabidurias, a toda mi familia, a mi gran amigo y compañero de tesis Jonathan Vera y a todos mis amigos que me han brindado su apoyo en esta gran etapa estudiantil.

**Lider Antonio Vera Murillo**

## **DEDICATORIA**

Dedico en primer lugar este logro a Dios, por haberme dado la fe y la convicción de que si se trabaja duro por los sueños todo es posible, por obsequiarme lo más hermoso de este mundo que es la vida y por ponerme grandes y honestas personas que me ayudaron a pasar cada una de las pruebas por muy difíciles que. De igual manera les dedico a mis padres, Roque Ramón Vera Rendón y María Corina Meza Zambrano por haber sido el pilar más fundamental en esta dura etapa de mi vida y no haber perdido la fe y la confianza en mí, por el amor brindado que toda persona necesita para seguir adelante en cualquier meta propuesta.

**Jonathan Gabriel Vera Meza**

## DEDICATORIA

A Dios principalmente por ser quien me guía por el camino del bien y haberme dado la oportunidad de vivir y seguir viviendo protegido bajo su manto de bondad, fe y esperanza.

A mis flamantes y queridos padres Lider Vera y Lilia Murillo quienes me procrearon y me dieron la vida, sus sabios consejos su apoyo económico y sobre todo su amor infinito con el que siempre cuento para cumplir mis metas propuestas. y también a todos mis familiares que me han apoyado.

A mi amigo y compañero de tesis Jonathan Vera con el que hemos pasado momentos alegres y tristes debido al estrés de la tesis con el que iniciamos el recorrido de la Universidad y finalmente a todos mis amigos con los que me he formado y me han apoyado en este camino excelente.

**Lider Antonio Vera Murillo**

## TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	iii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
CONTENIDO DE FIGURAS Y TABLAS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	1
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS .....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEAS A DEFENDER .....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. MAÍZ AMARILLO .....	5
2.2.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA .....	5
2.3. PRODUCCIÓN DEL MAÍZ AMARILLO .....	5
2.4. FACTORES CLIMÁTICOS .....	6
2.5. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO .....	6
2.5.1. SUELO .....	6
2.5.2. PRECIPITACIONES.....	6
2.5.3. TEMPERATURA .....	7
2.5.4. RIEGO .....	7
2.6. REQUERIMIENTOS HÍDRICOS .....	7
2.7. FERTILIZACIÓN DEL MAÍZ.....	7
2.8. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL MAÍZ .....	8
2.8.1. NITRÓGENO .....	8

2.8.2. FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO .....	9
2.8.3. FERTILIZACIÓN CON POTASIO .....	9
2.9. FERTILIZACIÓN FOLIAR EN MAÍZ.....	10
2.9.1. EFECTO DE LA FALTA DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ .....	10
CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO .....	12
3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	12
3.2. TRATAMIENTOS .....	12
3.3. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL .....	12
3.4. VARIABLES RESPUESTA.....	13
3.4.1. MORFO-AGRONOMICAS .....	13
3.4.2. COMPONENTES DE RENDIMIENTO .....	13
3.4.3. EFICIENCIAS AGRONÓMICAS DE LA FERTILIZACIÓN N.....	14
3.4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE BENEFICIO NETO .....	14
3.5. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	15
3.5.1. TRATAMIENTO DE SEMILLAS.....	15
3.5.2. CONTROL DE MALEZAS EN PRE-EMERGENCIA.....	15
3.5.3. CONTROL DE MALEZAS EN POST-EMERGENCIA .....	15
3.5.4. FERTILIZACIÓN.....	15
3.6.5. FERTILIZACIÓN FOLIAR .....	16
3.6.6. CONTROL FITOSANITARIO .....	16
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	17
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	26
5.1. CONCLUSIONES .....	26
5.2. RECOMENDACIONES.....	26
BIBLIOGRAFÍAS .....	27
ANEXOS .....	33

## CONTENIDO DE FIGURAS Y TABLAS

### FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre la altura de planta de maíz. Calceta, Ecuador, 2022 .....	17
<b>Figura 2.</b> Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el diámetro de tallo del maíz. Calceta, Ecuador, 2021. ....	18
<b>Figura 3.</b> Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el área foliar del maíz. Calceta, Ecuador, 2021 .....	18
<b>Figura 4.</b> Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el peso de raíces del maíz. Calceta, Ecuador, 2021. ....	19
<b>Figura 5.</b> Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el peso de plantas del maíz. Calceta, Ecuador, 2021. ....	19
<b>Figura 6.</b> Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre la longitud de mazorca del maíz. Calceta, Ecuador, 2021. ....	20
<b>Figura 7.</b> Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el diámetro de mazorcas del maíz. Calceta, Ecuador, 2021. ....	21
<b>Figura 8.</b> Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el peso de granos mazorca del maíz. Calceta, Ecuador, 2021. ....	21
<b>Figura 9.</b> Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el peso de 1000 granos del maíz. Calceta, Ecuador, 2021. ....	22
<b>Figura 10.</b> Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento agronómico del maíz. Calceta, Ecuador, 2021. ....	22
<b>Figura 11.</b> Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento comercial del maíz. Calceta, Ecuador, 2021. ....	23
<b>Figura 12.</b> Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre la Eficiencia Agronómica Nitrogenada. Calceta, Ecuador, 2021. ....	24

### TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Esquema del Análisis de Varianza .....	12
<b>Tabla 2.</b> Plan de fertilización establecido para tratamientos de fertilización .....	16
<b>Tabla 3.</b> Beneficio económico total y neto de tres técnicas de fertilización foliar complementaria en maíz amarillo duro. ....	25

## RESUMEN

El objetivo principal de la investigación fue evaluar la efectividad agronómica y económica de la fertilización foliar complementaria en maíz amarillo duro de secano. El trabajo se desarrolló durante la temporada lluviosa del 2021, en el sitio Figueroa, Manabí, Ecuador. Los tratamientos evaluados fueron: Fertilización edáfica nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) complementada con aplicación foliar de nutrientes minerales y bioestimulantes (T1), fertilización edáfica NPK (T2) y un tratamiento control con omisión de nitrógeno (T3). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con siete replicas y 21 unidades experimentales de 24 m<sup>2</sup>. Los datos fueron analizados a través del ANOVA y la separación de medias con prueba de Tukey  $\alpha = 0.05$ . Se registró el rendimiento de grano (RG), eficiencia agronómica de N (EAN) y el beneficio económico neto de la fertilización (BEN). La fertilización foliar complementaria aumentó el RG en un 16.45 y 56.93%, con respecto a los tratamientos de fertilización edáfica NPK y control. Del mismo modo, la aplicación foliar incrementó la EAN en un 28.89%, con relación a la fertilización edáfica NPK. Finalmente, la fertilización foliar complementaria produjo el mayor BEN, con un incremento de 376 USD ha<sup>-1</sup>, con relación al tratamiento de fertilización edáfica NPK. La fertilización foliar complementaria, potenció el efecto de la fertilización edáfica NPK e incrementó el rendimiento, rentabilidad y EAN en maíz de secano.

**Palabras clave:** Zea mays, nutrición foliar, nutrientes minerales, bioestimulantes, productividad, beneficio económico

## ABSTRACT

The aim of the research was to evaluate the agronomic and economic effectiveness of complementary foliar fertilization in dry hard yellow corn. The work was carried out during the rainy season of 2021, at the Figueroa site, Manabí, Ecuador. The treatments evaluated were: Edaphic nitrogen, phosphorus and potassium (NPK) fertilization complemented with foliar application of mineral nutrients and biostimulants (T1), NPK soil fertilization (T2) and a control treatment with nitrogen omission (T3). A randomized complete block design with seven replicates and 21 experimental units of 24 m<sup>2</sup> was used. Data were analyzed through ANOVA and separation of means with Tukey's test  $\alpha = 0.05$ . Grain yield (GY), agronomic efficiency of N (AEN) and the net economic benefit of fertilization (NEB) were recorded. The complementary foliar fertilization increased the GY by 16.45 and 56.93%, with respect to the NPK and control edaphic fertilization treatments. In the same way, the foliar application increased the AEN by 28.89%, in relation to the NPK soil fertilization. Finally, the complementary foliar fertilization produced the highest NEB, with an increase of 376 USD ha<sup>-1</sup>, in relation to the NPK edaphic fertilization treatment. Complementary foliar fertilization enhanced the effect of NPK edaphic fertilization and increased yield, profitability and EAN in rainfed maize.

**Keywords:** Zea mays, foliar nutrition, mineral nutrients, biostimulants, productivity, economic benefit

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Se considera que la producción mundial de maíz alcanzará los 1177,30 millones de toneladas métricas en 2023, creciendo a una tasa compuesta anual de 2,14% para el período que abarca de 2019 a 2023. Se espera que factores como el aumento de la población, la aceleración de la economía, el aumento de la demanda de alimentación, el uso industrial y el uso creciente de almidón de maíz impulsen el mercado. Sin embargo, el crecimiento de la industria se verá desafiado por largos períodos de producción y problemas relacionados con el clima y las plagas (Research and Markets, 2020; FAO, 2020).

Para Ecuador, el maíz representa un rubro agrícola de vital importancia en términos económicos, sociales y alimentario. Sin embargo, la principal problemática del cultivo es la baja rentabilidad, con un promedio de 5.93 t ha<sup>-1</sup> en relación a otros países productores como Argentina, Brasil y EE.UU., que lo exceden ampliamente (MAG, 2018; FAO, 2019). La mayor superficie de maíz duro seco, se desarrolla en el litoral ecuatoriano, donde el 97% no tiene acceso al riego, por lo cual la mayor producción se desarrolla en sistema de secano dependiente de las lluvias (MAG, 2019).

En este sentido, según reportes oficiales en los últimos años se han venido presentado anomalías en las precipitaciones durante la época lluviosa, con periodos amplios de escasez de lluvia y afectaciones sobre la producción agrícola (MAG, 2020a). En Manabí, por lo general las precipitaciones han venido mostrando un comportamiento errático e irregular causando periodos cortos de sequía dentro de la época lluviosa, lo cual afecta la producción al no contarse con la instalación permanente de sistemas de riego, y más aún cuando la mayor área de siembra de maíz es en ladera (Jiménez *et al.*, 2012; Thielen *et al.*, 2016 Pérez *et al.*, 2018).

En relación a lo anterior, al producirse periodos cortos de sequía dentro de la época lluviosa se afecta significativamente la fertilización y la nutrición del cultivo, debido a que la falta de humedad en el suelo no permite la solubilización eficiente de los fertilizantes aplicados en banda superficial, y más aún cuando las principales fuentes utilizadas son fosfato di amónico (DAP), muriato de potasio (MOP) y urea, los cuales

no pueden solubilizarse y sufren pérdidas significativas por volatilización, lixiviación y escorrentía (IPNI, 2012; Navarro y Navarro, 2014; MAG, 2020b). Lo anteriormente descrito, limita el uso eficiente de los nutrientes, dada la importancia del agua como principal vehículo y solvente para las transformaciones, transporte y asimilación de los nutrientes para las plantas (IPNI, 2012; Subhani et al., 2012; Shiferaw, 2017; Morris et al., 2018).

Sumado a lo anterior, es bien conocido que el estrés hídrico durante las etapas vegetativas y más aún en las reproductivas, reduce significativamente el rendimiento de grano, por lo que se deben adoptar estrategias de manejo para evitar o reducir pérdidas agronómicas y económicas (Mi et al., 2018; Li et al., 2018; Sah et al., 2020). En este sentido, actuales investigaciones han demostrado la efectividad de la fertilización foliar con nutrientes orgánicos y minerales como estrategia para incrementar el rendimiento de grano en maíz y otros cultivos, incluso bajo condiciones de estrés hídrico (Zamaninejad et al., 2013; Bakhtavar et al., 2015; Da Silva et al., 2017; Van Oosten et al., 2017; Brankov et al., 2020; Stewart et al., 2020). Sin embargo, bajo condiciones del litoral ecuatoriano y especialmente en Manabí estas tecnologías no han sido validadas completamente en la producción de maíz amarillo duro cultivado en seco, lo cual es una limitante para emitir dominios de recomendaciones acertadas.

Por lo antes expuesto surge la siguiente interrogante de investigación: ¿De qué manera la fertilización foliar ayudará a mejorar el rendimiento agronómico y rentabilidad del cultivo de maíz amarillo duro de seco?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con investigaciones de largos años establecidos por el Departamento de Fisiología de cultivos de la Universidad de Illinois (2018), existen siete factores que definen el rendimiento del cultivo de maíz a nivel mundial, entre los cuales el clima, la fertilización nitrogenada y el genotipo son los mayores contribuyentes con el 27, 26 y 19%, respectivamente. En este sentido, como ya se ha revisado que en Manabí en los últimos años las lluvias han presentado un comportamiento errático con periodos de sequía en plena época lluviosa, lo cual afecta la eficiencia de los fertilizantes granulados y la nutrición del cultivo, se hace sumamente importante buscar alternativas de fertilización que permitan ser más eficiente la nutrición del cultivo aún bajo las limitantes ambientales previamente descritas. En este contexto, la efectividad de fertilización foliar con nutrientes orgánicos y minerales probadas en trabajos previos, podría potenciar el rendimiento del cultivo al estrés hídrico en fase reproductiva, y de comprobarse lo anterior, permitiría desarrollar una tecnología de fertilización eficiente, con incrementos del rendimiento del cultivo y de ingresos económicos para productores maiceros de Manabí que practican agricultura de secano. Por lo anteriormente descrito, la investigación propuesta se justifica plenamente.

Además este proyecto se alinea con lo propuesto en el documento Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ONU, 2015), en su objetivo número 12 Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles; y con la meta 12.4 De aquí a 2030, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar la efectividad agronómica y económica de la nutrición foliar en maíz amarillo duro de secano

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Cuantificar la eficacia agronómica de la nutrición foliar en maíz amarillo duro de secano
- Comparar la eficacia de la nutrición foliar vs la edáfica tradicional en el rendimiento de maíz amarillo duro de secano
- Estimar las ventajas económicas de la nutrición foliar en maíz amarillo duro de secano

## **1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEAS A DEFENDER**

La nutrición foliar es efectiva para incrementar el rendimiento y el beneficio económico del maíz amarillo duro bajo condiciones de secano

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. MAÍZ AMARILLO**

Cuando se habla del maíz amarillo, se observa que este se encuentra dentro de los principales productos agrícolas en el país, que a pesar de no representar más allá del 7% de la producción agrícola, tiene una gran importancia debido a que constituye la base de una de las principales cadenas productivas la cual contribuye significativamente a salvaguardar la seguridad alimentaria del Ecuador sirviendo de suministro de alimento a otros sectores de producción como consumo animal a través de balanceados (Baca, 2016).

Cabe decir que *Zea mays* es una planta anual, monoica, sus inflorescencias masculinas y femeninas se encuentran en la misma planta, con un tallo erguido, rígido y sólido (Molina, 2010).

#### **2.2.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA**

Según Cabrerizo, 2012, citado por Guacho, (2014) menciona la siguiente clasificación taxonómica;

Reino: Vegetal  
Subreino: Embriobionta  
División: Angiospermae  
Clase: Monocotyledoneae  
Orden: Poales  
Familia: Poaceae  
Género: *Zea*  
Especie: *Mays*  
Nombre científico: *Zea mays L.*

### **2.3. PRODUCCIÓN DEL MAÍZ AMARILLO**

En el caso del maíz amarillo, al igual que en cualquier otro producto agrícola, el principal insumo es la semilla que puede ser de reciclaje o certificada, esta última es

la más usada a pesar de su alto costo, debido a los grandes rendimientos generados, además existe un programa del gobierno implementado desde el 2011 para potencializar la producción de maíz que consiste en subsidiar la semilla certificada e incluye un paquete tecnológico de producción que abarca fertilizantes y agroquímicos necesarios para la producción, buscando que el pequeño agricultor tenga acceso a estos nuevos insumos (Chura y Tejada, 2014).

## **2.4. FACTORES CLIMÁTICOS**

Al hablar de un producto agrícola, es indispensable conocer las condiciones óptimas en las que este, alcanza su mayor rendimiento, y uno de los factores fundamentales es el clima. El maíz tiene la capacidad de adaptarse a casi cualquier clima y tipo de suelo, por esta razón presenta distintas variedades del cultivo, pero el análisis se centrará en las condiciones óptimas para la producción de maíz amarillo.

El maíz amarillo, es un cultivo de crecimiento estacional con un ciclo de 120 días, la temperatura ideal para su máximo rendimiento es de entre 22 °C a 32 °C, esto acompañado de abundante riego, principalmente en las primeras semanas. El nivel de humedad también tiene su incidencia, ya que se necesita un suelo con humedad de hasta 30%, mientras que en el ambiente es preferible un clima seco (Guía Técnica de Cultivos del INIAP5, 2008, citado por Baca, 2016).

## **2.5. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO**

### **2.5.1. SUELO**

El maíz se adapta muy bien a todos los tipos de suelo, pero en suelos de textura franca, franco-arcilloso y franco-limoso, con pH de 6,5 a 7,5 es donde se aprecia el mejor desarrollo. Requieren además suelos profundos, ricos en materia orgánica con buen drenaje (Hidalgo, 2013).

### **2.5.2. PRECIPITACIONES**

Las estimaciones de las necesidades hídricas de maíz oscilan entre 500 y 600 mm, dependiendo de la fecha de siembra, las mismas que deben estar distribuidas a lo largo del ciclo productivo, la falta de agua es el factor mas limitante en la producción de maíz en las zonas tropicales (Gobierno de estado de Veracruz, 2011, citado por Zari, 2014).

### **2.5.3. TEMPERATURA**

La temperatura optima durante el ciclo vegetativo del maíz es de 25 a 30 °C, contando con un adecuado suministro de agua la máxima velocidad de crecimiento se alcanza con temperaturas diurnas de 28 a 30° C, temperaturas inferiores a 10° C deterioran e inhiben la germinación (Fassio, 2013, citado por Zari, 2014).

### **2.5.4. RIEGO**

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día, el riego por aspersión es el más empleado en la producción de maíz (Gobierno del estado de Veracruz, 2011, citado por Zari,2014).

Por otro lado, cabe decir que las necesidades hídricas varían a lo largo del cultivo, cuando las plantas comienzan a nacer requieren de una humedad constante, en la fase de crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua necesita y se recomienda unos 10 a 15 días antes de la floración (Gobierno del estado de Veracruz, 2011, citado por Zari,2014).

## **2.6. REQUERIMIENTOS HÍDRICOS**

El maíz es una planta con unas necesidades hídricas importantes durante todo su periodo vegetativo, unos 250 mm por kg de materia seca producida o 500 a 600 mm por ciclo del cultivo, pero hay determinados momentos en los que la falta de humedad condiciona enormemente la producción (Alonso, 2005, citado por Zari, 2014).

## **2.7. FERTILIZACIÓN DEL MAÍZ**

El proceso de fertilización de maíz requiere planificación para la cual es necesario en primer lugar realizar muestreo y análisis de suelo, de esta manera se puede hacer un diagnóstico de las características físicas y nutricionales del suelo, los mismos que en conjunto con la demanda nutrientes por parte de la planta nos proporciona un estimado de las necesidades nutricionales que necesita aplicarse para el cultivo (Melgar y Torres, 2009, citado por Zari, 2014).

El maíz, es altamente demandante de nitrógeno, por lo que es uno de los principales a tener en cuenta en cualquier plan de fertilización dentro de una nutrición balanceada (Ciampitti, et al, 2007).

Por lo consiguiente para que el cultivo de maíz trabaje óptimamente, es necesario un aporte balanceado de nutrientes, y los principales nutrientes considerados esenciales para el maíz son: Nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, cobre, zinc, hierro, y manganeso (Bonilla, 2010, citado por Zari, 2014).

## **2.8. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL MAÍZ**

### **2.8.1. NITRÓGENO**

El N es el nutriente más comúnmente deficiente para la producción de maíz. Los métodos de diagnóstico para la fertilización nitrogenada pretenden predecir la probabilidad de respuesta a partir de la disponibilidad de N en suelo y/o en planta, y el requerimiento previsto para un determinado nivel de rendimiento (García, 2011, citado por Tamayo, 2014).

Se manifiesta que el maíz tiene un requerimiento por hectárea de: 140 kg de nitrógeno (30 % a la siembra y 70 % a los 25 días después de la siembra); 50 kg de fósforo, 160 kg de potasio y 20 kg de magnesio (todos 100 % a la siembra) (INIAP 2009, citado por Tamayo, 2014).

Por otro lado, el nitrógeno se aplica al suelo como monoproducto; se puede incorporar mediante mezclas físicas balanceadas por su alta solubilidad en agua; puede funcionar en abonos foliares en combinación con P y K.

La urea es la fuente más económica de nitrógeno (N), por su alta concentración tiene una variedad de usos y aplicaciones (Iquiza, 2007, citado por Tamayo, 2014).

Además, se expresa que la mayor parte de los abonos nitrogenados se producen sintéticamente a partir del nitrógeno del aire, vía síntesis de amoníaco (INPOFOS, 2004, citado por Tamayo, 2014).

La aplicación de fertilizantes nitrogenados en forma fraccionada permite una mejor utilización del nitrógeno, particularmente en suelos con texturas gruesas, sujetos a pérdidas del elemento por lavado. Además, añade que las fuentes comunes de fertilizantes nitrogenados corresponden a: la urea, el sulfato de amonio, el nitrato de amonio, los fosfatos monoamónico y diamónico (INIAP, 2009, citado por Tamayo, 2014),

### **2.8.2. FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO**

El fósforo es absorbido, mayormente, en las primeras etapas del ciclo del maíz; debe colocarse de manera que pueda ser interceptado con facilidad por las raíces, preferiblemente en forma de bandas enterradas, a un lado y por debajo de la semilla (García y Espinosa, 2009, citado por Tamayo, 2014).

También se considera que para el maíz el nivel crítico de fósforo asimilable es aquel cuando el contenido en el suelo es inferior a 20 ppm. Valores superiores a ese nivel ameritan el uso de fertilizantes, solo si se desea cubrir los requerimientos de un cultivo, si se esperan rendimientos superiores al promedio (Melgar y Torres 2006, citado por Tamayo, 2014).

Por otro lado, mencionan que a diferencia de lo que ocurre con el nitrógeno, al abordar la fertilización fosfatada en maíz hay que considerar que el funcionamiento del fósforo (P) en el sistema suelo-planta es totalmente diferente al del nitrógeno. Desde el punto de vista del manejo nutricional el principal aspecto a considerar es su baja movilidad en el suelo. Por lo consiguiente, el pH es un factor que impacta considerablemente sobre la disponibilidad de fósforo. La mayor disponibilidad ocurre con un pH entre 5,5 y 6,5 mientras que en valores fuera de este rango su concentración en la solución del suelo se reduce significativamente (Melgar y Torres 2006, citado por Tamayo, 2014).

Este es el argumento de Mestanza (2005, citado en Tamayo, 2014) anota la participación específica del fósforo en la planta: forma parte de la molécula transportadora de ATP, estando presente en todos los procesos metabólicos que involucran energía. Forma parte de la estructura de los fosfolípidos de las membranas celulares, de los ácidos nucleicos, de la mayoría de las enzimas NAD y NADP y del ácido fosfoglicérido, que es uno de los primeros compuestos de la fotosíntesis, a partir de aquí se generan los azúcares, grasas, proteínas, vitaminas y hormonas que integran las células.

### **2.8.3. FERTILIZACIÓN CON POTASIO**

El potasio en las plantas brinda resistencia en las sequías, ya que disminuye la transpiración por su efecto osmótico, regula la apertura y cierre de las estomas. Favorece e imparte a las plantas gran vigor y resistencia a las enfermedades, generando mayor resistencia a los tallos, disminuyendo el volcamiento.

Aunque no forma parte de la estructura de los componentes orgánicos en la planta, es fundamental porque cataliza procesos como la respiración, la fotosíntesis, la formación de clorofila y la regulación de los contenidos de agua en las hojas. Ayuda a la fijación simbiótica del N (Tamayo, 2014).

## **2.9. FERTILIZACIÓN FOLIAR EN MAÍZ**

Existe evidencia que la fertilización complementaria con micronutrientes y fitorreguladores, mejoran significativamente la productividad del maíz. En este sentido Motato *et al.* (2016) obtuvieron rendimientos significativamente superiores en maíz al aplicar micronutrientes y biol como complemento a la fertilización convencional en tres cantones de Manabí. Por su parte Potarzycki y Grzebisz (2009), Tahir *et al.* (2012), Kaur y Nelson (2015), Drissi *et al.* (2015) y Shahab *et al.* (2016) determinaron que la aplicación foliar de zinc y boro mejoró notablemente el rendimiento del cultivo. En este mismo contexto Smiciklas y Below (1992), Amin *et al.* (2006) y Ghodrat *et al.* (2012) demostraron que aplicaciones foliares de fitorreguladores en las dosis y etapas fenológicas adecuadas incrementaron significativamente la productividad del maíz.

Por su parte, Zamaninejad *et al.* (2013) concluyeron que, en situaciones de estrés por sequía, es mejor utilizar ácido salicílico para modificar los efectos de la sequía en el maíz en etapa de 10-12 hojas con concentración de SA de 1 Mm. Bakhtavar *et al.* (2015) determinaron que la aplicación foliar con extracto de Moringa y kinetina fue eficaz para incrementar el rendimiento del maíz. En un meta-análisis desarrollado por Da Silva *et al.* (2017), describieron que la aplicación de bioestimulantes aumentó el rendimiento del cultivo de maíz con una estimación metaanalítica general de entre 301,2 kg ha<sup>-1</sup> y 383 kg ha<sup>-1</sup>. Según resultados obtenidos por Brankov *et al.* (2020), se debe utilizar la fertilización foliar para lograr mayores rendimientos en maíz con fertilizantes que contengan N en forma de complejo de aminoácidos. Finalmente, Stewart *et al.* (2020), mencionan que la nutrición foliar con micronutrientes en maíz es económicamente rentable, siempre que haya una evidencia sólida de una deficiencia de nutrientes.

### **2.9.1. EFECTO DE LA FALTA DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ**

En resultados de investigación llevados a cabo por Mi *et al.* (2018), mostraron que el rendimiento de grano se redujo significativamente por la sequía progresiva durante la

etapa vegetativa o reproductiva, y la reducción en el rendimiento durante la fase reproductiva (41,6–46,6%) fue mayor que en la vegetativa (18,6–26,2%). La disminución en el rendimiento de grano se debió en gran parte a la disminución de granos por mazorca. Esta investigación implicó que garantizar el suministro de agua para el maíz durante la etapa reproductiva es de vital importancia para evitar la reducción de granos por mazorca y rendimiento de grano.

De acuerdo de investigaciones desarrolladas por Li et al. (2018), Los efectos del déficit hídrico en el cuajado del grano comenzaron cuando el déficit hídrico se produjo en etapa V9 y se hizo más significativo con el tiempo. El peso del grano se redujo en un 12 y un 11% cuando hubo déficit de agua durante las etapas V9-V12 y V13-T, respectivamente. Esto fue el resultado de un área foliar reducida (fuente limitada) y un haz vascular alterado en los pedúnculos de la mazorca (flujo de asimilación limitado). Los déficits hídricos antes y cerca de la etapa de floración redujeron significativamente el número de granos de mazorca; es decir, 14 y 19% menos durante V13-T y R1-R2, respectivamente, en comparación con el número de granos producidos en el tratamiento con riego normal.

Resultados similares fueron presentados por Sah et al. (2020), quienes en la etapa de floración y llenado de grano evidenciaron severos efectos negativos de la falta de agua sobre los atributos fenológicos y de rendimiento de líneas de maíz. Los resultados de estos estudios podrían orientar las prácticas de riego en el maíz de regadío o informar el manejo del tiempo de siembra en el maíz de secano, para desincronizar el déficit hídrico y las reacciones de la planta ante dichos déficits en diferentes etapas.

## CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El trabajo se realizó en la Ciudad de Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario (CIIDEA) de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López de la ciudad de Calceta del cantón Bolívar, provincia de Manabí, la misma se desarrolló durante la temporada lluviosa 2021. El experimento se ubicó geográficamente en las coordenadas 00°49'23" latitud sur y 80°11'01" latitud oeste, a una altitud de 15 msnm.

### 3.2. TRATAMIENTOS

T1: Nutrición foliar complementaria

T2: Nutrición edáfica convencional

T3: Tratamiento control

### 3.3. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres tratamientos, siete repeticiones y 21 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó de parcelas de 24 m<sup>2</sup>, donde las plantas fueron establecidas a 0.80 m entre hileras y 0.20 m entre plantas con una densidad de 62500 plantas ha<sup>-1</sup>.

A continuación, se describe el esquema del ADEVA

**Tabla 1.** Esquema del Análisis de Varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento	2
Bloques	6
Error	12
Total	20

### 3.4. VARIABLES RESPUESTA

#### 3.4.1. MORFO-AGRONOMICAS

- **Altura de planta (AP)**

Esta variable se midió desde la base hasta la hoja bandera, este valor se anoto en centímetros (cm) para ello se usó un metro y se evaluó el dato después de la floración femenina.

- **Diámetro de tallo (DT)**

Esta variable se tomo después de la floración femenina en la base del tallo, haciendo uso de la herramienta pie de rey y se registró el dato en milímetros (mm).

- **Área foliar (m<sup>2</sup>)**

Se registro después de la floración femenina, donde se contabilizó el número de hojas de tres plantas tomadas al azar, luego se midió la longitud y ancho de cada hoja y se multiplicó por el factor 0.75, luego se sumó las áreas de cada hoja.

- **Peso seco de raíces (PSR)**

Se evaluo al momento de la madurez fisiológica cuando la planta alcanzó su máximo crecimiento, se tomo el dato en gramos (g); donde se separó las raíces de la planta y se colocó en estufa a 70°C hasta que alcanzo un peso constante.

- **Peso seco de planta (PSR)**

Se regsitró al momento de la madurez fisiologico, cuando la planta alcanzo su maximo desdarrollo; se registro el dato en gramos (g), luego se llevo la planta a estufa a 70 °C hasta alcanzar el peso constante.

#### 3.4.2. COMPONENTES DE RENDIMIENTO

- **Longitud de mazorca sin brácteas (cm)**

Se realizó al momento de la cosecha para lo cual se tomaron cinco mazorcas al azar de cada unidad experimental y se registró la longitud en cm desde la base hasta el ápice de la mazorca.

- **Diámetro de mazorca sin bráctea (cm)**

Se realizó al momento de la cosecha para lo cual se evaluo cinco mazorcas al alzar de cada unidad experimental y se registró el diámetro en centímetros (cm)

- **Peso de granos/mazorca (g)**

Se tomo al momento de la cosecha, donde se evaluo cinco mazorcas al azar de cada unidad experimental.

- **Peso de 1000 granos (g)**

Se realizó al momento de la cosecha, lo cual se tomo cinco mazorcas al azar de cada unidad experimental y se registró el peso de 1000 granos.

- **Rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>)**

Se realizó el peso de los granos provenientes de la parcela útil, ajustada 13% de humedad y transformados a kg ha<sup>-1</sup>.

Para uniformizar el peso se empleó la siguiente formula:

$$PU (13\%) = \frac{Pa (100 - Ha)}{100 - Hd}$$

**Donde:**

PU = Peso uniformizado (kg)

Pa = Peso actual (kg)

Ha = Humedad actual (%)

Hd = Humedad deseada (13%)

Para expresar el rendimiento en kg ha<sup>-1</sup> se utilizó la formula siguiente:

$$Rend (kg ha^{-1}) = PU (10000 m^2) / \text{Área parcela útil (m}^2\text{)}$$

### 3.4.3. EFICIENCIAS AGRONÓMICAS DE LA FERTILIZACIÓN N

Las eficiencias agronómicas (EA) de N fue estimada con la ecuacion indicadas por el IPNI (2012).

$$EAN = \frac{\text{Rendimiento de granos con fertilización} - \text{Rendimiento de grano sin fertilización}}{\text{Dosis de N aplicado (180 kg ha}^{-1}\text{)}}$$

### 3.4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE BENEFICIO NETO

El análisis económico se realizó a través de la estimación del beneficio neto de los tratamientos propuestos. Para esto se estimó los costos que varían por tratamiento (CqV), los que estuvieron en función del costo de la fertilización, aplicaciones, costo unitario de insumos (U\$\$ kg<sup>-1</sup> o L<sup>-1</sup>) y costo de la mano de obra (jornales). En el tratamiento Testigo, el costo que varía será cero (CqV=0). Con los datos de

rendimiento de grano ( $qq\ ha^{-1}$ ) y precio unitario de venta (U\$\$  $qq^{-1}$ ) se calculó los ingresos brutos. Con base en la diferencia entre los rendimientos de cada tratamiento y el testigo se estimó con el efecto de la aplicación de fertilización. Con los datos de costos e ingresos se calculó los beneficios netos (Duicela y Ponce, 2015).

### **3.5. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

#### **3.5.1. TRATAMIENTO DE SEMILLAS**

Las semillas fueron tratadas con la mezcla insecticida a base de Thiametoxan en dosis de  $3\ cc\ kg^{-1}$  de semillas + Thiodicar en dosis de  $15\ cc\ kg^{-1}$  de semilla, esto con la finalidad de proteger las plántulas durante la emergencia de insectos chupadores y cortadores.

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

Se aplicó la mezcla de los herbicidas Atrazina-80 + pendimetalin en dosis de  $1.5 + 3$  litros  $ha^{-1}$ , respectivamente. Existió presencia de malezas al momento de la siembra, por lo que se incluyó a la mezcla anteriormente descrita  $1.5$  litros de glifosato.

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

Existió la presencia de hoja ancha o coquito, luego del tratamiento en pre-emergencia, por lo que se aplicó Bentazon + MCPA en dosis de  $1.5$  litros  $ha^{-1}$  de cada uno, a partir de la segunda o tercera hoja del cultivo hasta que el maíz tuviese como máximo cinco hojas. En las que presentaron mayor presencia de malezas gramíneas, se utilizó el herbicida nicosulfuron (ACCENT) en dosis de  $20$  a  $30\ g\ ha^{-1}$ , adicionando  $200$  a  $300$  mL de un surfactante.

#### **3.5.4. FERTILIZACIÓN**

La fertilización se realizó en base a análisis de suelo y demanda nutricional del cultivo. En este sentido, debido a información de base de datos del Ministerio de Agricultura, AGROCALIDAD e INIAP relacionados a análisis químico de suelos de la provincia de Manabí, se conoce que la mayoría de los suelos en zonas maiceras de Manabí, presentan bajos contenidos en N, medios a altos en P, K y Ca, bajos a medios en Mg y S, y bajos en Zn y B. Con este antecedente se describen en la tabla 1 el plan de fertilización.

**Tabla 2.** Plan de fertilización establecido para tratamientos de fertilización

<b>Fuentes</b>	<b>Cantidad de fertilizante (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>MgO</b>	<b>S</b>
Fosfato di amónico granular	87	16	40			
Muriato de potasio granular	133			80		
Sulfato de Mg granular	120				30	24
Sulfato de amonio granular	150	32				36
Urea	287	132				
<b>Total dosis de fertilización en kg ha<sup>-1</sup></b>		<b>180</b>	<b>40</b>	<b>80</b>	<b>30</b>	<b>60</b>

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

### 3.6.5. FERTILIZACIÓN FOLIAR

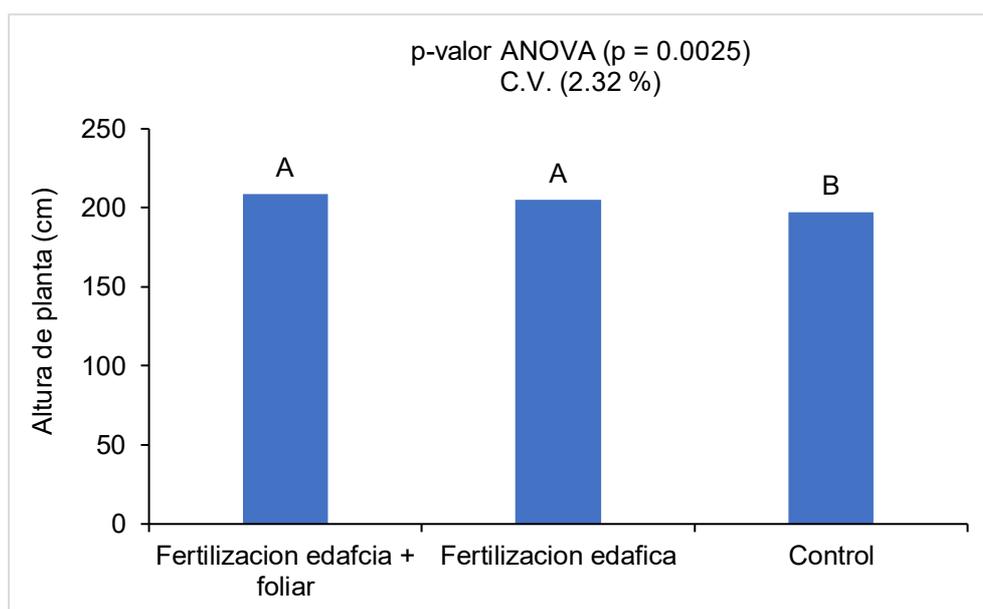
La fertilización se realizó con un coctel compuesto por Macro y micronutrientes, un producto trihormonal, un bioestimulante a base de aminoácidos y extracto de algas marinas, y ácido salicílico. Este coctel se aplicó al follaje, donde se hicieron tres aplicaciones, siendo la primera en etapa V6, la segunda en V10 y la tercera en VT.

### 3.6.6. CONTROL FITOSANITARIO

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

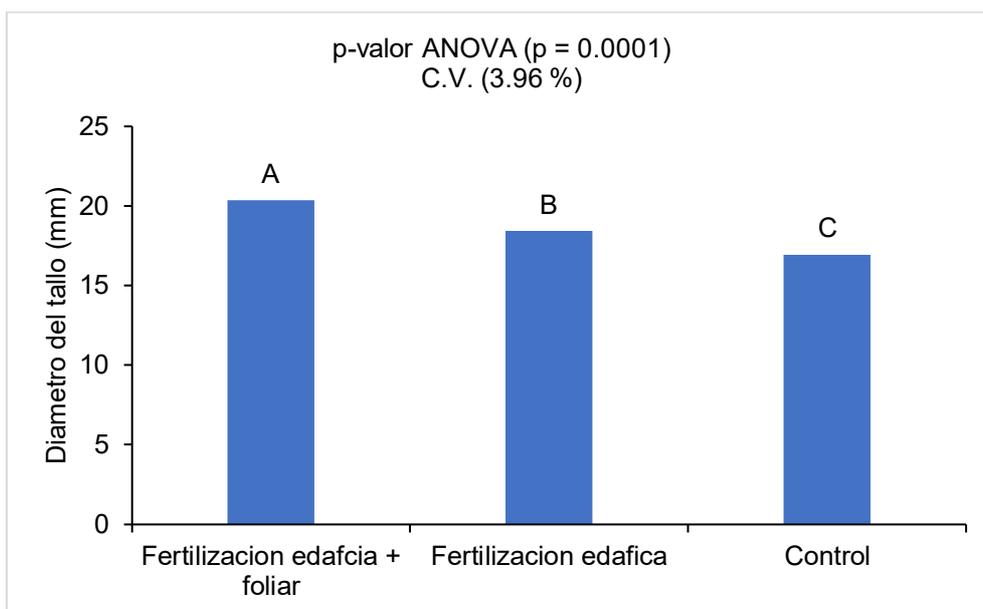
## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura de planta fue significativamente ( $p < 0.05$ ) influenciada por los tratamientos de fertilización evaluados, donde la fertilización edáfica complementada con fertilización foliar logro el mayor incremento en altura con 5.34%, en relación con el tratamiento control, dado que con respecto a la fertilización edáfica convencional la altura de planta fue estadísticamente similar (**Figura 1**).



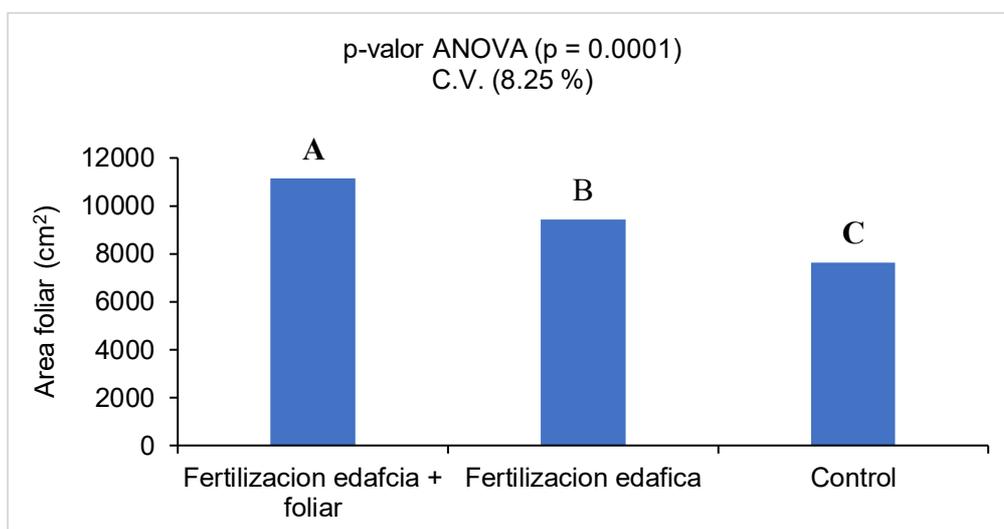
**Figura 1.** Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre la altura de planta de maíz.  
Calceta, Ecuador, 2022

Los tratamientos de fertilización afectaron significativamente ( $p < 0.05$ ) el diámetro de tallo, donde el tratamiento de fertilización foliar complementario alcanzó el mayor diámetro con un 9.53 y 16.66% de incremento, con relación al tratamiento de fertilización edáfica y control, respectivamente (**Figura 2**).



**Figura 2.** Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el diámetro de tallo del maíz.  
Calceta, Ecuador, 2021.

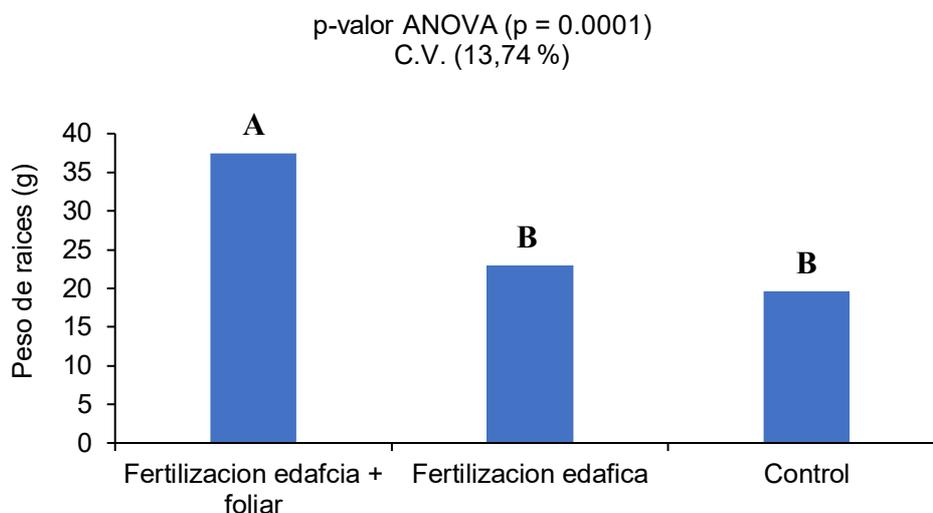
El área foliar fue influenciada significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos de fertilización evaluados, donde la fertilización edáfica complementada con fertilización foliar logro mayor área foliar con un 15.45 y 31.47% de incremento, con relación al tratamiento de fertilización edáfica y control (**Figura 3**).



**Figura 3.** Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el área foliar del maíz.  
Calceta, Ecuador, 2021

Los tratamientos de fertilización influyeron significativamente ( $p < 0.05$ ) en el peso seco de raíces. La **Figura 4** evidencia que el tratamiento de fertilización edáfica con fertilización foliar complementaria, alcanzo el mayor peso de raíces con un 38.79 y

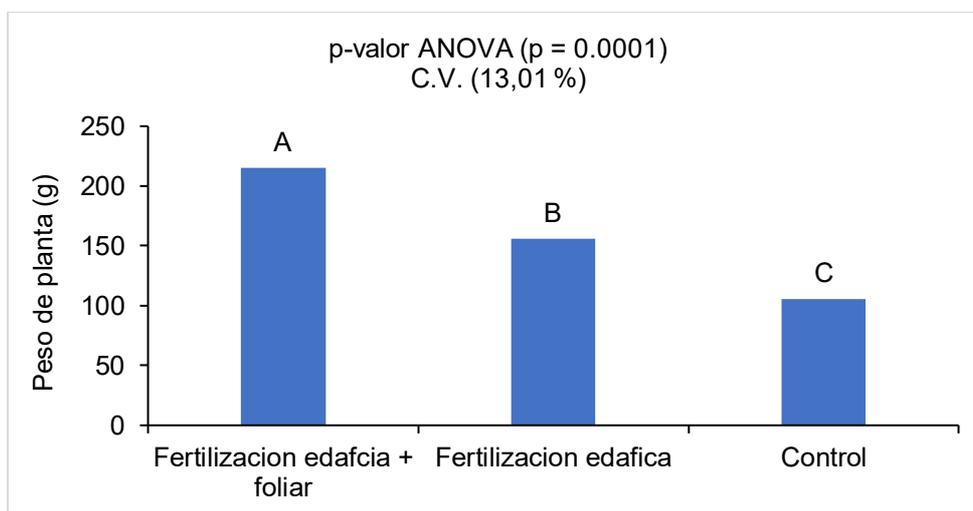
47.74% con respecto al tratamiento de fertilización edáfica y control, respectivamente.



**Figura 4.** Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el peso de raíces del maíz.

Calceta, Ecuador, 2021.

La **Figura 5**, muestra que los tratamientos de fertilización influyeron significativamente ( $p < 0.05$ ) en el peso seco de planta, donde el tratamiento de fertilización edáfica con fertilización foliar complementaria, incremento el peso seco de planta con un 27.48 y 50.89%, con relación a la fertilización edáfica y tratamiento control, respectivamente.

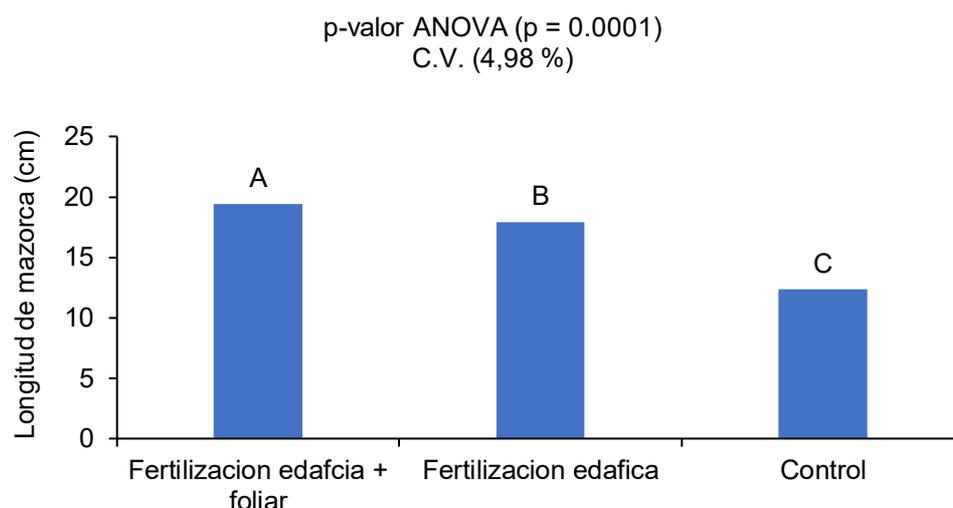


**Figura 5.** Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el peso de plantas del maíz.

Calceta, Ecuador, 2021.

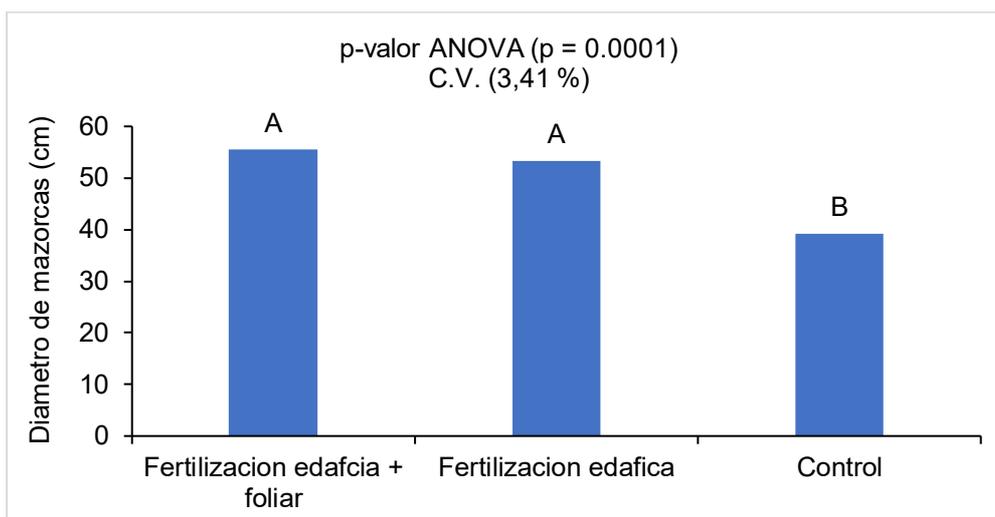
Los resultados encontrados en el crecimiento del cultivo son semejantes a los hallados por Navarrete *et al.*, (2020), quienes reportaron que la fertilización foliar complementaria incrementaron el crecimiento del cultivo de maíz en términos de mayor altura de planta, diámetro de tallo, área foliar, peso de raíces y peso seco de la planta, con relación al tratamiento de control. Del mismo modo, Vera *et al.* (2020) lograron mayor tasa de crecimiento en maíz que recibió fertilización foliar complementaria. De manera similar, Meléndez *et al.*, (2006) concluyeron que la fertilización foliar es una buena alternativa para aumentar el crecimiento del cultivo de maíz.

Los tratamientos de fertilización influyeron significativamente ( $p < 0.05$ ) en la longitud de la mazorca, donde el tratamiento de fertilización foliar complementario obtuvo la mayor longitud de mazorca con un 7.92 y 36.57% de incremento, con relación al tratamiento de fertilización edáfica y control, respectivamente (**Figura 6**).



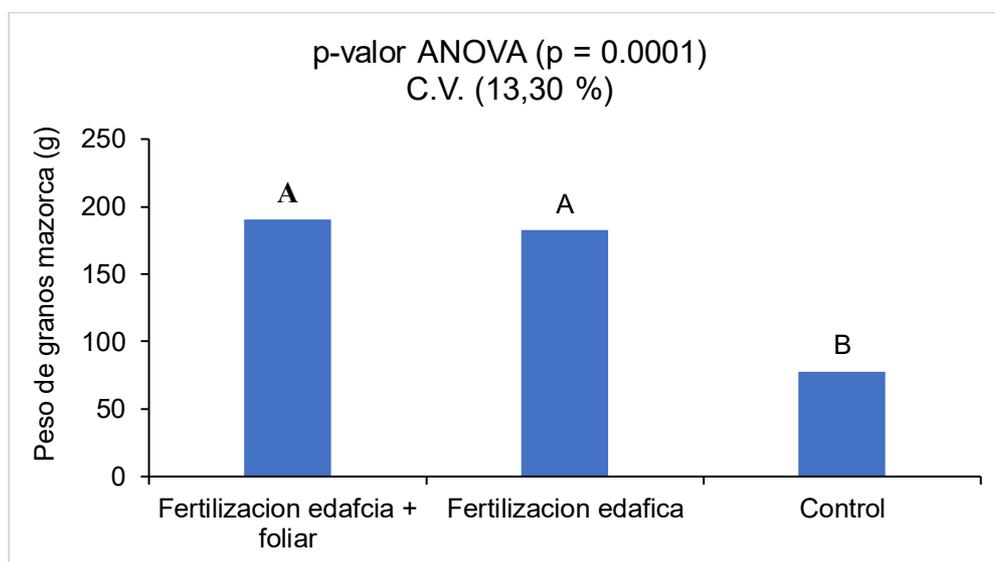
**Figura 6.** Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre la longitud de mazorca del maíz. Calceta, Ecuador, 2021.

Los tratamientos de fertilización influyeron significativamente ( $p < 0.05$ ) en el diámetro de mazorca. La **Figura 7** muestra que el tratamiento de fertilización edáfica con fertilización foliar complementaria, obtuvo el mayor diámetro de mazorca con un 29.43% en relación al tratamiento control, dado que con respecto a la fertilización edáfica convencional el diámetro de mazorca fue estadísticamente similar.



**Figura 7.** Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el diámetro de mazorcas del maíz. Calceta, Ecuador, 2021.

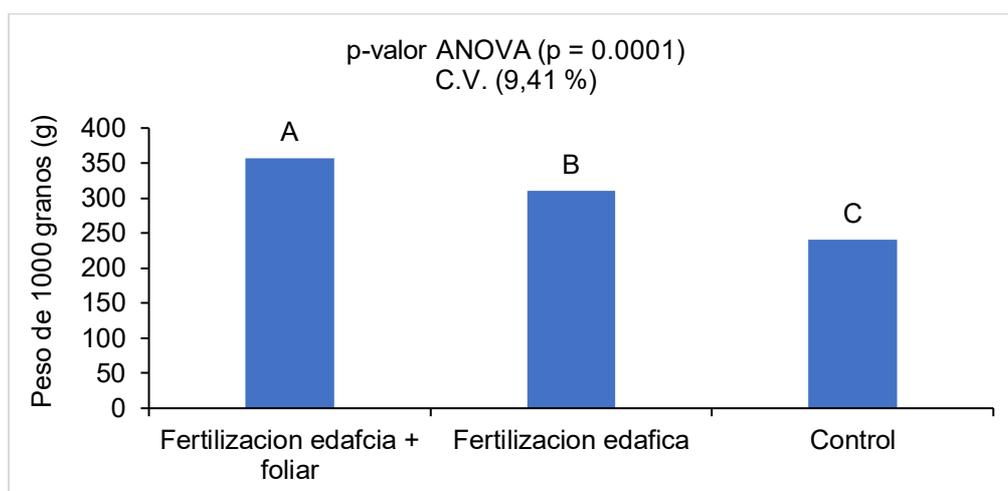
La **figura 8**, muestra que los tratamientos de fertilización influyeron significativamente ( $p < 0.05$ ) en el peso de granos de mazorca, donde los tratamientos de fertilización edáfica complementada con fertilización foliar, alcanzo un mayor incremento del peso de granos mazorca con 59.13%, en relación al tratamiento control, dado que con respecto a la fertilización edáfica convencional el peso de granos mazorca fue estadísticamente similar.



**Figura 8.** Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el peso de granos mazorca del maíz. Calceta, Ecuador, 2021.

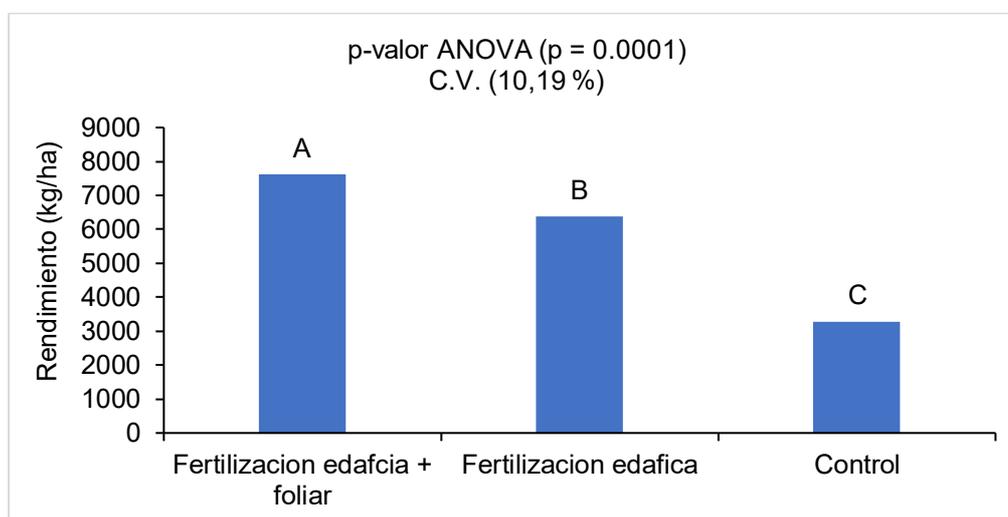
El peso de 1000 granos incidió significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos de fertilización evaluados, donde el tratamiento de fertilización edáfica con fertilización

foliar complementaria logro mayor peso en 1000 granos con un 12.99 y 32.65% con respecto a la fertilización edáfica y control (**figura 9**).

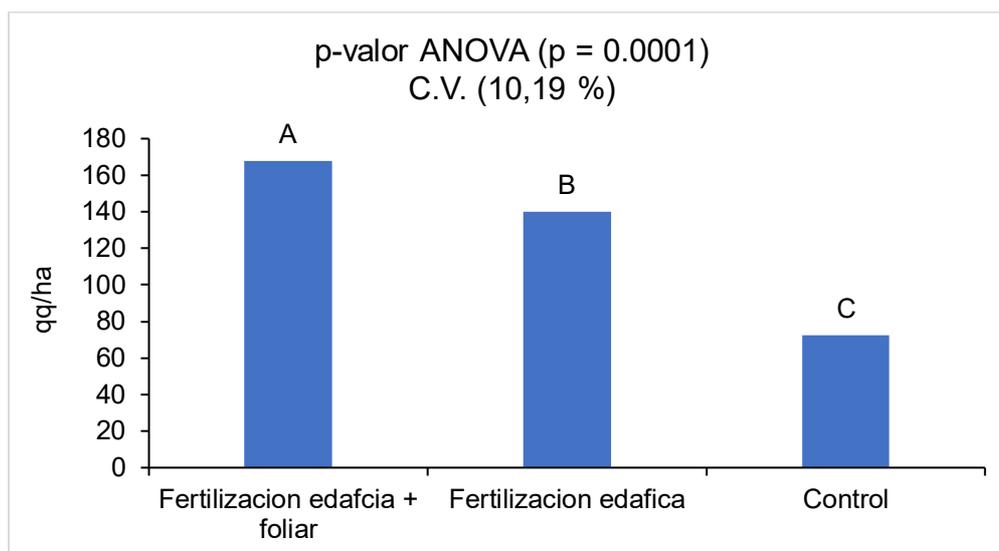


**Figura 9.** Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el peso de 1000 granos del maíz. Calceta, Ecuador, 2021.

Las **figuras 10 y 11**, muestran que los tratamientos de fertilización influyeron significativamente ( $p < 0.05$ ) en el rendimiento del cultivo, donde el tratamiento de fertilización edáfica complementada con la fertilización foliar alcanzó el mayor incremento en el rendimiento con un 16.45 y 56.93%, en relación al tratamiento de fertilización edáfica convencional y control, respectivamente.



**Figura 10.** Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento agronómico del maíz. Calceta, Ecuador, 2021.



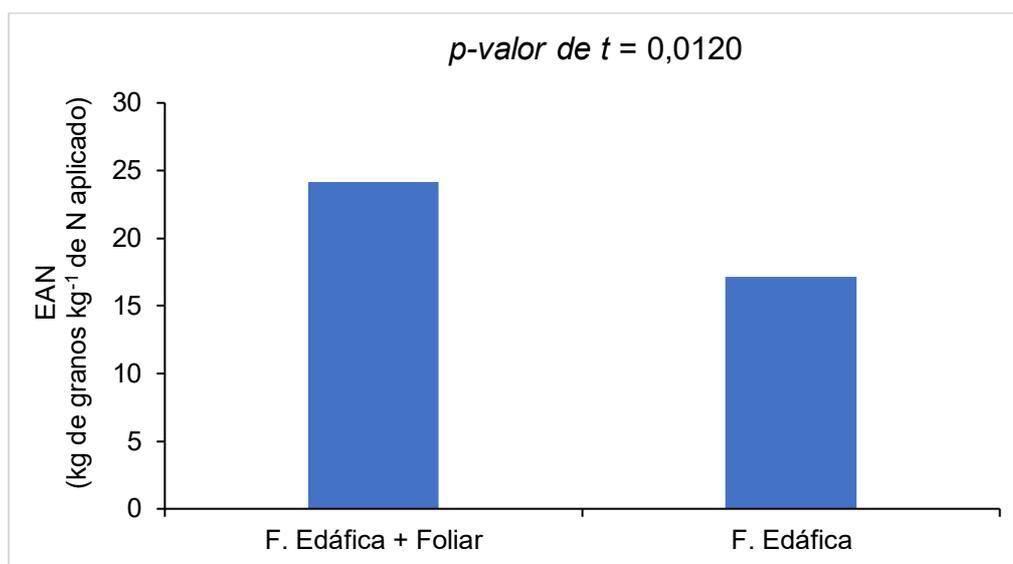
**Figura 11.** Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento comercial del maíz. Calceta, Ecuador, 2021.

Estos resultados se asemejan a los reportados por Barrios y Basso (2018), quienes concluyeron que la fertilización edáfica complementada con la fertilización foliar, lograron mayor efectividad para potenciar los componentes de rendimiento del cultivo de maíz en términos de longitud de mazorca, diámetro de mazorca, peso de granos mazorca y peso de 1000 granos en comparación al tratamiento de control. Resultados similares también fueron hallados por Potarycki y Grzebisz (2009), quienes reportaron que el maíz respondió significativamente a la fertilización foliar complementaria en cuanto al peso de granos por mazorca y longitud de mazorca donde es uno de los componentes de la estructura que determinan significativamente el rendimiento de grano.

Lo encontrado puede deberse a que la fertilización foliar complementaria mostró mejor crecimiento, rendimiento grano, debido a que esta técnica de fertilización aporta ciertos elementos esenciales, haciendo uso de la capacidad que tienen las hojas en absorber los nutrientes, en relación con la fertilización de control. En este contexto, bajo condiciones de agricultura de secano, donde la humedad superficial del suelo puede verse limitada por episodios de prolongada sequía, causando así que las plantas sufran un estrés, la fertilización foliar complementaria puede tener mayor ventaja (Trinidad y Aguilar, 2000).

La eficiencia agronómica de nitrógeno (EAN) fue influenciada significativamente por los tratamientos de fertilización evaluados, donde la fertilización edáfica complementada con nutrición foliar logró la mayor EAN, con un incremento del

28.89%, con relación a la fertilización edáfica convencional (Figura 12). Los resultados se asemejan a los reportados por Potarzycki y Grzebisz (2009), quienes alcanzaron mayores tasas de eficiencia de absorción de N en maíz complementado con nutrición foliar de Zn. Gharibi *et al.* (2016) reportaron mayor eficiencia de absorción de N en tratamientos que incluían aplicación foliar de Zn, B y Fe. Por su parte, Pooniya *et al.* (2017) mostraron mayor EAN en maíz con aplicación urea de lenta liberación recubierta con S, B y Zn.



**Figura 12.** Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre la Eficiencia Agronómica Nitrogenada. Calceta, Ecuador, 2021.

En la tabla 1, se muestra el análisis económico de beneficio neto aplicado a los tratamientos de fertilización. El tratamiento de fertilización edáfica complementada con fertilización foliar logró el mayor beneficio económico neto, con un incremento de 376 USD ha<sup>-1</sup>, con relación al tratamiento de fertilización edáfica. Del mismo modo, el mayor beneficio económico total fue alcanzado por la fertilización edáfica complementada con fertilización foliar, con un incremento de 376 y 456 USD ha<sup>-1</sup>, con relación al tratamiento de fertilización edáfica y el tratamiento control.

**Tabla 3.** Beneficio económico total y neto de tres técnicas de fertilización foliar complementaria en maíz amarillo duro.

Tratamientos de fertilización	CT	CqnV	CqV	ICqV	Ren	IRen	PUV	ling	IT	BET	BEN
F. Edáfica + Foliar	1878	760	1118	896	168	96	18	1728	3024	<b>1146</b>	<b>832</b>
F. Edáfica	1750	760	990	768	140	68	18	1224	2520	<b>770</b>	<b>456</b>
Control	982	760	222	0	72	0	18	0	1296	314	0

**CT:** Costos totales (USD ha<sup>-1</sup>), **CqnV:** Costos que no varían por la fertilización – USD ha<sup>-1</sup> (Semilla, preparación de terreno, siembra, control fitosanitario), **CqV:** Costos que varían por la fertilización – USD ha<sup>-1</sup> (Fertilizantes, aplicaciones y labor de cosecha), **ICqV:** Incremento de costos que varían por la fertilización – USD ha<sup>-1</sup> ( $ICqV = CqV_{tratamientos} - CqV_{control}$ ), **Ren:** Rendimiento (qq ha<sup>-1</sup>), **IRen:** Incremento de rendimiento de tratamientos de fertilización con relación al control ( $IRen = Ren_{tratamientos} - Ren_{control}$ ), **PUV:** Precio unitario de venta (USD Almud<sup>-1</sup>), **ling:** Incremento de ingresos con fertilización con relación al control – USD ha<sup>-1</sup> ( $ling = IRen * PUV$ ), **IT:** Ingresos totales USD ha<sup>-1</sup> ( $IT = Ren * PUV$ ), **BET:** Beneficio económico total – USD ha<sup>-1</sup> ( $BET = IT - CT$ ), **BEN:** Beneficio económico neto de la fertilización – USD ha<sup>-1</sup> ( $BEN = ling - ICqV$ ).

Los resultados de beneficio económico neto obtenidos con la fertilización foliar complementaria, se asemejan a los reportados por Wayasa *et al.* (2017), quienes mostraron mayor relación beneficio-costo con aplicaciones foliares combinadas de Zn y B en maíz, con relación a tratamientos con aplicaciones individuales de estos micronutrientes. Resultados similares fueron hallados por Pooniya *et al.* (2017), quienes reportaron mayores beneficios económicos en maíz que recibió fertilización foliar con S, Zn y B, en comparación a tratamientos controles. Así mismo, Singh *et al.* (2021), alcanzaron mayores retornos económicos cuando la fertilización nitrogenada del maíz fue complementada con aplicaciones foliares de Zn.

# **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES**

- La fertilización foliar complementaria fue efectiva para incrementar el rendimiento del maíz amarillo duro en seco, con relación a la fertilización edáfica convencional.
- La fertilización foliar complementaria mostró mayor eficiencia agronómica de nitrógeno (EAN) con relación a la fertilización edáfica convencional.
- La fertilización edáfica complementada con fertilización foliar, logró mayores beneficios económicos netos, en comparación a la fertilización edáfica convencional.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Bajo condiciones de seco, donde la humedad del suelo puede estar limitada por la ausencia o frecuencias muy amplias de lluvias, la fertilización foliar con nutrientes minerales y bioestimulantes, puede ser utilizada como estrategia para complementar la fertilización edáfica convencional.

## BIBLIOGRAFÍAS

- Álava, M. (2012). Buenas prácticas agrícolas en los cultivos de maíz (*Zea mays L.*) y maní (*Arachis hypogaea L.*), en el cantón Rocafuerte (Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López.). <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/15/1/T-ESPAM-0001.pdf>
- Amin, A.; Rashab, E. and Gharib, F. (2006). Physiological responses of maize plants (*Zea mays L.*) to foliar application of Morphactin CF125 and Indole-3 Butyric Acid. *Journal of Biological Science*. 6(3): 547 – 554.
- Aguilar, C., Salvador, J., Aguilar, I., Mejia, J., Conde, V. y Trinidad, A. 2016. Agronomic efficiency, grain yield and profitability of maize genotypes in function of nitrogen. *Terra Latinoam.* Vol.34(4). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792016000400419](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000400419)
- Baca, L. (2016). La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica Del Ecuador Facultad De Economía. Quito, Ecuador.
- Bakhtavar, M.; Afzal, I.; Basra, S.; Ahmad, A.; Noor, M. (2015). Physiological Strategies to Improve the Performance of Spring Maize (*Zea mays L.*) Planted under Early and Optimum Sowing Conditions. *PLoS ONE* 10(4): e0124441. doi: 10.1371/journal.pone.0124441.
- Barrios M. y Basso, C. 2018. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre componentes del rendimiento y calidad nutricional del grano de seis híbridos de maíz. *Biagro*. Vol. 30(1) [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612018000100004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612018000100004)
- Brankov, M.; Simić, M.; Dolijanovic, Z.; Rajkovic, M.; Mandic, V.; Dragicevic, V. (2020). The Response of Maize Lines to Foliar Fertilizing. *Agriculture* 10: 365. doi:10.3390/agriculture10090365.
- Chura, J; Tejada, J. (2014). Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. *Revista Idesia*. Vol.32 no.1, pp. 113-118.
- Ciampitti, I; Boxler, M; García, F. (2007). Nutrición de Maíz: Requerimientos y Absorción de Nutrientes. [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/2EB470FD702C566D85257984005754F1/\\$FILE/14.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/2EB470FD702C566D85257984005754F1/$FILE/14.pdf)

- Da Silva, A.; Canteri, M.; Da Silva, A.J.; Bracale, M. (2017). Meta-analysis of the application effects of a biostimulant based on extracts of yeast and amino acids on off-season corn yield. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*. 38(4):22932304.
- Drissi, S.; Houssa, A.; Bamouh, A. and Benbella, M. (2015). Response of corn silage (*Zea mays* L.) to zinc fertilization on a sandy soil under field and outdoor container conditions. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 16: 145 – 153.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2019). Dirección de estadística FAOSTAT. Consultado en línea (noviembre 22 del 2020). Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- FAO. 2020 Food Outlook - Biannual Report on Global Food Markets: June 2020. Food Outlook, 1. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9509en>
- García, G. (2018). Efecto de fertilización en drench de plántulas de *Teobroma cacao* L. grupo criollo, en vivero, Río Negro – Satipo (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Satipo, Perú.
- Gharibi, A., Hammam, G., Salwau, M., Allam, S. & El-Gedwy, M. (2016). Response of Maize Yield to Nitrogen Fertilization and Foliar Spray by Some Microelements. *J. Plant Production, Mansoura Univ.* 7(5), 455 – 463.
- Ghodrat, V.; Rousta, M.; Tadaion, M. and Karampour, A. (2012) Yield and Yield Components of Corn (*Zea mays* L.) in Response to Foliar Application with Indole Butyric Acid and Gibberellic Acid. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 12(9): 1246 – 1251
- Guacho, E (2014). Caracterización Agro-Morfológica Del Maíz (*Zea Mays* L.) De La Localidad San José De Chazo (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Hidalgo, E. (2013). Manejo Técnico Del Cultivo De Maíz Amarillo Duro En La Región San Martín. Lima, Perú: INIA.
- IPNI, (2012). 4R Plant Nutrition Manual: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition, Metric Version. (T.W. Bruulsema, P.E. Fixen, G.D. Sulewski, Eds.). *International Plant Nutrition Institute, Norcross, GA, USA*.
- 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.

- Kaur, G. and Nelson, K. (2015). Effect of Foliar Boron Fertilization of Fine Textured Soils on Corn Yields. *Agronomy* 5: 1 – 18.
- Li, Y.; Tao, H.; Zhang, B.; Huang, S.; Wang, P. (2018). Timing of Water Deficit Limits Maize Kernel Setting in Association With Changes in the Source-Flow-Sink Relationship. *Front. Plant Sci.* 9:1326. doi: 10.3389/fpls.2018.01326.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) (2018). Boletín Situacional maíz duro seco. Sistema de Información Pública Agropecuaria – SIPA. Quito, Ecuador. Consultado en línea (noviembre 21 de 2020). Disponible en: <https://fliphtml5.com/ijia/qumw/basic>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) (2019). Caracterización general del maíz. Sistema de Información Pública Agropecuaria – SIPA. Quito, Ecuador. Consultado en línea (noviembre 21 de 2020). Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/maiz/caracterizacion>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) (2020). Boletín de Precipitación y Temperatura. Sistema de Información Pública Agropecuaria – SIPA. Quito, Ecuador. Consultado en línea (noviembre 21 de 2020). Disponible en: <https://fliphtml5.com/ijia/aori/basic>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) 2020b. Boletín de Agroquímicos y Fertilizantes. Sistema de Información Pública Agropecuaria – SIPA. Quito, Ecuador. Consultado en línea (noviembre 21 de 2020). Disponible en: <https://fliphtml5.com/ijia/ksrr/basic>
- Masaquiza, J. (2016). Valoración del rendimiento de maíz (*Zea mays*) en relación con la aplicación de biodegradantes en el sector la isla, cantón Cumandá. (Tesis de pregrado, 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>
- Meléndez, L., Hernández, A. y Fernández, S. 2006. Efecto de la fertilización foliar y edáfica sobre el crecimiento de plantas de maíz sometidas a exceso de humedad en el suelo. *Bioagro*. Vol. 18(2).
- Mi, N.; Cai, F.; Zhang, Y.; Ji, R.; Zhang, S.; Wang, Y. (2018). Differential responses of maize yield to drought at vegetative and reproductive stages. *Plant Soil Environ.* 64: 260–267.

- Molina, R. (2010). Evaluación de seis híbridos de maíz amarillo duro; INIAP H-601, INIAP H 503, HZCA 315, HZCA 317, HZCA 318, AUSTRO 1, frente a dos testigos, AGRI 104 y DEKALB DK-7088. Sembrados por el agricultor local, en San Juan. Cantón Pindal- Provincia de Loja (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Cuenca, Azuay.
- Morris, T, Murrell, T.; Beegle, D. Camberato, J. Ferguson, R. Grove, J. Ketterings, Q. Kyveryga, P. Laboski, C. McGrath, J. Meisinger, J. Melkonian, J. MoebiusClune, B. Nafziger, E. Osmond, S. Sawyer, J. Scharf, P. Smith, W. Spargo, T.; van Es, H. Yang, H. (2018). Strengths and Limitations of Nitrogen Rate Recommendations for Corn and Opportunities for Improvement. *Agronomy Journal* 110(1): 1 – 37.
- Motato, N.; Pincay, J.; Avellán, M.; Falcones, M. y Aveiga, E. (2016). Fertilización del híbrido experimental de maíz INIAP H-603, con base en la eficiencia agronómica del nitrógeno. *ESPANCIENCIA* 7(2): 109 – 116.
- Navarro, G. y Navarro, S. (2014). Fertilizantes: química y acción. Editorial MundiPrensa. Madrid, España. 241 p.
- Pérez, R.; Cabrera, E.; Hinostroza, M. (2018). The Irrigation Regime for Crops in Manabí, Ecuador: Climatological Study. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 27(1): 5 – 12.
- Pooniya, V., Shivay, Y., Pal, M. & Bansal, R. (2017). Relative performance of boron, sulphur and zinc coatings onto prilled urea for increasing productivity and nitrogen use efficiency in maize. *Experimental Agriculture*. Vol 54(4), 577-591.
- Potarzycki, J. and Grzebisz, W. (2009). Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. *Plant. Soil. Environ.* 55(12): 519 – 527.
- Research and Markets, 2020. Global Corn Market Analysis, 2019-2023: Production, Consumption, Exports, Imports and Yield. Consultado en línea (noviembre 21 de 2020). <https://www.researchandmarkets.com/r/94ldlu>
- Sah, R.; Chakraborty, M.; Prasad, K.; Pandit, M.; Tudu, V.; Chakravarty, M.; Narayan, S.; Rana, M.; Moharana, D. (2020). Impact of water deficit stress in maize: Phenology and yield components. *Scientific Reports* 10:2944 | <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59689-7>.
- Shahab, Q.; Afzal, M.; Hussain, B.; Abbas, N.; Hussain, S.; Zehra, Q.; Hussain, A.; Hussain, Z.; Ali, A. and Abbas, Y. (2016). Effect of different methods of zinc

- application on maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research* 9(3): 66 – 75.
- Shiferaw, D. (2017). Water-Nutrients Interaction: Exploring the Effects of Water as a Central Role for Availability & Use Efficiency of Nutrients by Shallow Rooted Vegetable Crops - A Review. *Journal of Agriculture and Crops* 3(10): 78-93.
- Smiciklas, K. and Below, F. (1992). Role of cytokinin in enhanced productivity of maize supplied with  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$ . *Plant and Soil* 142(2): 307 – 313.
- Stewart, Z. Paparozzi, E. Wortmann, C. Jha, P. Shapiro, C. (2020). Foliar Micronutrient Application for High-Yield *Maize*. *Agronomy* 10: 1946. doi:10.3390/agronomy10121946.
- Subhani, A.; Tariq, M.; Jafar, S.; Latif, R.; Khan, M.; Sajid, M.; Shahid, M. (2012). Role of Soil Moisture in Fertilizer Use Efficiency for Rainfed. *A review. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 2(11): 1 – 9.
- Tahir, M.; Ali, A.; Khalid, F.; Naeem, M.; Fiaz, M. and Waseem, M. (2012). Effect of foliar applied boron application on growth, yield and quality of maize (*Zea mays* L.). *Pakistan journal of scientific and industrial research* 55(3): 117 – 121.
- Tamayo, L. (2014). Efecto De La Aplicación De Cinco Dosis De Fitohormona Con Dos Niveles De Fertilización En La Productividad De Maíz (Tesis de Pregrado). Universidad De Guayaquil Facultad De Ciencias Agrarias. Ecuador.
- 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.
- Trinidad, A. y Aguilar, D. 2000. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana*, vol. 17(3). pp. 247-255.
- Van Oosten, M. Pepe, O. De Pascale, S. Silletti, S. Maggio, A. (2017). The role of biostimulant and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 4:5. DOI 10.1186/s40538-017-0089-5.
- Vera, H., Cepeda, W., Cárdenas, D., Espejo, F., Ingo, G., Balon, A., Granda, J., y Delgado, J. (2020). Effect of 3 forms of fertilization on corn cultivation variety DAS 3383, La Troncal-Ecuador. *Revista colombiana de ciencia animal recia*. Vol.12(1).

- Wasaya, A., Shabir, M., Hussain, M., Ansar, M., Aziz, A., Hassan, W. & Ahmad, I. (2017). Foliar application of Zinc and Boron improved the productivity and net returns of maize grown under rainfed conditions of Pothwar plateau. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 17 (1), 33-45.
- Zamaninejad, M.; Khorasani, S.; Moeini, M.; Heidarian, A. (2013). Effect of salicylic acid on morphological characteristics, yield and yield components of Corn (*Zea mays L.*) under drought condition. *European Journal of Experimental Biology*. 3(2):153-161.
- Zari, A. (2014). Determinación de las fases fenológicas, fenométricas e índice de balance hídrico en cultivo de maíz duro (*Zea mays L.*) bajo condiciones de secano en el Cantón Pindal provincia de Loja (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.

**ANEXOS**

## Anexo 1. LABORES DE ADECUACIÓN DEL EXPERIMENTO

### 1.A. Medición del área experimental



## ANEXO 2. MANEJO DEL EXPERIMENTO

### 2.A. Fertilizantes líquidos utilizados en el experimento



## 2.B. Aplicación de la primera fertilización



## 2.C. Aplicación de la segunda fertilización foliar



## 2.D. Aplicación de la tercera fertilización foliar



## ANEXO 3. TOMA DE VARIABLES A EVALUAR

### 3.A. Toma de datos de diámetro de hojas



### 3.B. Longitud de hojas



### 3.C. Longitud de hojas

