



**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  
FERTILIZACIÓN LÍQUIDA EN MAÍZ AMARILLO DURO BAJO  
CONDICIONES DE SECANO, EN TOSAGUA - MANABÍ**

**AUTORES:**

**MARÍA ELISIA SALAVARRÍA ALVARADO  
ANDERSON MAXIMILIANO VÉLEZ BRAVO**

**TUTOR:**

**ING. JOSÉ JAVIER MENDOZA VARGAS, MG.**

**CALCETA, NOVIEMBRE DE 2022**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

**ANDERSON MAXIMILIANO VÉLEZ BRAVO**, con cédula de identidad 131698924-1 y **MARÍA ELISIA SALAVARRÍA ALVARADO**, con cédula de identidad 131138218-6 declaramos bajo juramento que el trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE LA FERTILIZACIÓN LÍQUIDA EN MAÍZ AMARILLO DURO BAJO CONDICIONES DE SECANO, EN TOSAGUA – MANABÍ** 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 académico, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autores sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



---

**MARÍA ELISIA  
SALAVARRÍA ALVARADO**  
CC: 131138218-6



---

**ANDERSON MAXIMILIANO  
VÉLEZ BRAVO**  
CC: 131698924-1

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

**SALAVARRÍA ALVARADO MARÍA ELISIA** con cédula de ciudadanía 131138218-6 y **ANDERSON MAXIMILIANO VÉLEZ BRAVO** con cédula de ciudadanía 131698924-1, 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: EFECTIVIDAD AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE LA FERTILIZACIÓN LÍQUIDA EN MAÍZ AMARILLO DURO BAJO CONDICIONES DE SECANO, EN TOSAGUA – MANABÍ, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



---

**MARÍA ELISIA**  
**SALAVARRÍA ALVARADO**  
**CC: 131138218-6**



---

**ANDERSON MAXIMILIANO**  
**VÉLEZ BRAVO**  
**CC: 131698924-1**

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

**JOSÉ JAVIER MENDOZA VARGAS** certifico haber tutelado el trabajo de integración curricular: **EFFECTIVIDAD AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE LA FERTILIZACIÓN LÍQUIDA EN MAÍZ AMARILLO DURO BAJO CONDICIONES DE SECANO, EN TOSAGUA – MANABÍ**, que ha sido desarrollado por **ANDERSON MAXIMILIANO VELEZ BRAVO** y **MARÍA ELISIA SALAVARRIA ALVARADO**, 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. JOSÉ JAVIER MENDOZA VARGAS**

**CC: 130665004-3**

**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 FERTILIZACIÓN LÍQUIDA EN MAÍZ AMARILLO DURO BAJO CONDICIONES DE SECANO, EN TOSAGUA – MANABÍ**, que ha sido desarrollado por **ANDERSON MAXIMILIANO VÉLEZ BRAVO** y **MARÍA ELISIA SALAVARRÍA ALVARADO**, 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 CEDEÑO GARCÍA. Mg. Sc**

**CC: 131195683-1**

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

-----  
**ING. CRISTIAN VALDIVIESO**

**LÓPEZ. Mg. Sc**

**CC: 171792928-3**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

-----  
**ING. SERGIO ZAMBRANO**

**VÉLEZ. Mg. Sc**

**CC: 131047677-3**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, a Dios, por su gran amor y protección en este largo camino, pero no imposible ni incansable, sobre todo darme fortaleza y voluntad para avanzar hasta culminar la carrera universitaria.

A mi madre, la Sra. Gisela Alvarado con quien soy agradecida eternamente por su gran apoyo incondicional en una etapa más sin soltar mi mano y sobre todo por estar a mi lado día a día.

Nuestro tutor el Ing. Javier Mendoza Vargas, Mg y al Ing. Galo Cedeño García por haber sido nuestra guía durante todo el proceso del trabajo de integración curricular.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López quien me dio la oportunidad de crecer como profesional y sobre todo como persona a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos día a día.

**MARÍA ELISIA SALAVARRÍA ALVARADO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecerle también a toda mi familia por darme ánimo durante este proceso.

A mis amigos de toda la vida que me acompañan desde siempre.

A mi tutor por el tiempo dedicado y los conocimientos brindados.

A mis padres por la vida y por enseñarme a vivirla, por último, pero no por eso menos importante a todos mis familiares y amigos.

**ANDERSON MAXIMILIANO VÉLEZ BRAVO**

## **DEDICATORIA**

Este gran logro es dedicado únicamente a mi mamá, quien estuvo conmigo días y noches en esta etapa no muy fácil dándome ánimos, fortaleza, seguridad, dándome esos empujoncitos que en muchos días hicieron falta, quien estaba conmigo en mis preocupaciones y emociones y sobre todo orándole a Dios para que su hija le vaya bien en sus estudios y llegara con bien a casa. Pero también están mis dos queridos hermanos que son parte de este logro, le doy gracias a Dios por ser tan bueno conmigo y rodearme de tanto amor.

**MARÍA ELISIA SALAVARRÍA ALVARADO**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a la memoria de mi abuela quien siempre estuvo ahí dedica que no deje de estudiar y un día obtenga el título universitario, también dedicado para toda mi familia en especial a mi hija que es una parte fundamental para no dejarme decaer y darme motivación para levantarme día tras día y lograr esta meta.

**ANDERSON MAXIMILIANO VÉLEZ BRAVO**

## CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
CONTENIDO GENERAL .....	x
CONTENIDO DE TABLAS .....	xii
CONTENIDO DE FIGURAS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
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 IDEA A DEFENDER .....	4
2.1 IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA DEL MAÍZ A NIVEL GLOBAL, REGIONAL Y LOCAL .....	5
2.2 FENOLOGÍA Y ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE MAÍZ .....	6
2.2.1 FENOLOGÍA.....	6
2.2.2 ECOFISIOLOGÍA.....	7
2.3 NUTRICIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ.....	9

2.3.1 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL MAÍZ .....	9
2.3.2 FERTILIZACIÓN FOLIAR .....	10
2.4 EXPERIENCIAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ DURO .....	11
3.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO .....	15
3.2 FACTORES EN ESTUDIO .....	15
3.3 DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL .....	15
3.3.1 ESQUEMA DEL ANOVA .....	16
3.4 VARIABLES RESPUESTAS .....	16
3.4.1 MORFO-AGRONÓMICAS .....	16
3.4.2 COMPONENTES DE RENDIMIENTO .....	16
3.4.3 EFICIENCIA AGRONÓMICA DE LA FERTILIZACIÓN N .....	18
3.4.5 ANÁLISIS ECONÓMICO DE BENEFICIO NETO .....	18
3.5 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO .....	18
3.5.1 TRATAMIENTO DE SEMILLAS .....	18
3.5.2 CONTROL DE MALEZAS EN PRE-EMERGENCIA .....	18
3.5.3 FERTILIZACIÓN .....	18
3.5.4 CONTROL FITOSANITARIO .....	20
4.1 VARIABLES MORFO-AGRONÓMICAS .....	21
4.2 VARIABLES COMPONENTES DE RENDIMIENTO .....	22
4.3 EFICIENCIA AGRONÓMICA SOBRE EL NITRÓGENO .....	24
4.4 BENEFICIO ECONÓMICO .....	25
5.1 CONCLUSIONES .....	27
5.2 RECOMENDACIONES .....	27
ANEXO 1. CROQUIS DE CAMPO .....	36
ANEXO 2. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO .....	37

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> Etapas vegetativas y reproductiva.....	7
<b>Tabla 3.1.</b> Esquema de ADEVA.....	16
<b>Tabla 3.2.</b> Plan de fertilización establecido para tratamientos de fertilización líquida.....	19
<b>Tabla 3.3.</b> Plan de fertilización establecido para tratamientos de fertilización granulada.....	19
<b>Tabla 4.1.</b> Efecto de tecnologías de fertilización sobre el crecimiento de maíz amarillo duro bajo condiciones de secano. Bachillero, Tosagua, 2021.....	21
<b>Tabla 4.2.</b> Efecto de tecnologías de fertilización sobre componentes de rendimiento de maíz amarillo duro bajo condiciones de secano. Bachillero, Tosagua, 2021.....	23

## CONTENIDO DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Etapas fenológicas de la fase vegetativa y reproductiva del maíz. .	6
<b>Figura 4.1.</b> Efecto de tecnologías de fertilización sobre el rendimiento de maíz amarillo duro bajo condiciones de secano. Bachillero, Tosagua, 2021.....	24
<b>Figura 4.2.</b> Efecto de tecnologías de fertilización sobre la eficiencia agronómica del nitrógeno (EAN) de maíz amarillo duro bajo condiciones de secano. Bachillero, Tosagua, 2021.....	25

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad agronómica y económica de la fertilización líquida en maíz amarillo duro bajo condiciones de secano, el sitio Monte Oscuro, Tosagua. Se probaron dos híbridos de maíz INIAP H – 601 e INIAP H – 603 y tres técnicas de fertilización (líquida en drench superficial, líquida en drench inyectada y fertilización granulada). Además, se estableció una parcela con omisión de nitrógeno, con fines de calcular la eficiencia agronómica de nitrógeno (EAN). Las variables registradas fueron número de mazorcas comerciales, EAN (kg de mazorca  $\text{kg}^{-1}$  de N aplicado) y beneficio económico neto – BEN (USD  $\text{ha}^{-1}$ ). Los datos fueron procesados a través de análisis de varianza y separación de medias con Tukey  $\alpha < 0,05$ . Los resultados indicaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) para todas las variables evaluadas. El mayor rendimiento en grano fue de 8363 para la fertilización líquida inyectada, 7636 para la fertilización líquida en drench y 6867  $\text{kg ha}^{-1}$  para la fertilización granulada convencional. La EAN fue de 25,68 - 21,64 y 17,37  $\text{kg de mazorcas kg}^{-1}$  de N aplicado, con fertilización líquida inyectada, en drench y granulada, respectivamente. Las fertilizaciones líquidas en drench e inyectada alcanzaron el mayor BEN de la fertilización, con un incremento de 422 y 269 USD  $\text{ha}^{-1}$ , con respecto a la fertilización granulada. Se concluye, que bajo condiciones de secano de zonas maiceras de Tosagua es más rentable realizar la fertilización líquida inyectada y en drench superficial.

**Palabras clave:** Zea mays, déficit hídrico, fertilización diluida, rendimiento, uso eficiente de nutrientes

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the agronomic and economic effectiveness of liquid fertilization in hard yellow maize under rainfed conditions, the MonteDark site, Tosagua. Two corn hybrids INIAP H – 601 and INIAP H – 603 and three fertilization techniques (liquid in superficial drench, liquid in injected drench and granulated fertilization) were tested. In addition, a plot with nitrogen omission was established in order to calculate the agronomic nitrogen efficiency (EAN). The variables recorded were number of commercial ears, EAN (kg of ear kg<sup>-1</sup> of N applied) and net economic benefit – BEN (USD ha<sup>-1</sup>). The data was processed through analysis of variance and separation of means with Tukey  $\alpha < 0.05$ . The results indicated significant statistical differences ( $p < 0.05$ ) for all the variables evaluated. The highest grain yield was 8,363 for injected liquid fertilization, 7,636 for drench liquid fertilization, and 6,867 kg ha<sup>-1</sup> for conventional granular fertilization. The EAN was 25.68 - 21.64 and 17.37 kg of ears kg<sup>-1</sup> of N applied, with injected liquid fertilization, in drench and granulated, respectively. The liquid fertilizations in drench and injected reached the highest BEN of the fertilization, with an increase of 422 and 269 USD ha<sup>-1</sup>, with respect to the granulated fertilization. It is concluded that under rainfed conditions in maize areas in Tosagua, it is more profitable to carry out injected liquid fertilization and superficial drench.

**KEY WORDS:** Rainy season, Drought and Nutrition.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial la producción de maíz se estima que alcanzará los 1177,30 millones de toneladas métricas en 2023, creciendo a una tasa compuesta anual de 2.14% para el periodo 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. El crecimiento de la industria se verá afectado por largos períodos de producción y problemas relacionados con el clima y las plagas (Research and Markets, 2020; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020).

Para Ecuador, el maíz representa un rubro agrícola de vital importancia en términos económicos, sociales y alimentario, la principal problemática del cultivo es el bajo rendimiento, con un promedio de 5.93 t ha<sup>-1</sup>, (Ministerio de agricultura y ganadería [MAG], 2018; FAO, 2019). Donde el 97% no tiene acceso al riego, por lo que la mayor producción se desarrolla en sistema de secano dependiente de las lluvias (MAG, 2019). En los últimos años se han reportado 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 las precipitaciones han venido mostrando un comportamiento errático e irregular de periodos cortos de sequía dentro de la época lluviosa, lo cual afecta la producción; de igual manera, al no contar con 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). Al producirse periodos cortos de sequía en la época lluviosa afecta la fertilización y nutrición del cultivo por falta de humedad en el suelo, no permite la solubilización eficiente de los fertilizantes como el fosfato di amónico (DAP), muriato de potasio (MOP) y urea, pues no se solubilizan y sufren pérdidas 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); Durante los periodos secos se incrementa la presión de insectos, plagas vectores de virus, y de patógenos que al encontrar una planta debilitada por una nutrición limitada por el estrés hídrico, reduce el potencial productivo del cultivo (Grimmer *et al.*, 2012; van Munster *et al.*, 2017; van Munster, 2020). Por esto se ha demostrado que una fertilización balanceada y eficiente 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).

Investigaciones realizadas han demostrado la efectividad de la fertilización líquida en agricultura de secano, incrementa el rendimiento del cultivo y el uso eficiente de nutrientes (Kasim *et al.*, 2011; Walsh y Christiaens, 2016; Steusloff *et al.*, 2019; Fahrurrozi *et al.*, 2019; Drazic *et al.*, 2020). Sin embargo, bajo condiciones del litoral ecuatoriano y especialmente en Manabí estas tecnologías no han sido validadas en la producción de maíz amarillo duro cultivado en secano, motivo por el cual se plantea la siguiente interrogante:

¿Puede el genotipo, la fertilización líquida y el uso de condiciones de secado mejorar la efectividad agronómica y económica del maíz duro?

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a 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; como ya se ha investigado que en Manabí en los últimos años las lluvias han presentado un comportamiento errático con periodos de sequía en plena época lluviosa y que afecta la eficiencia de los fertilizantes granulados y la nutrición del cultivo, es importante buscar alternativas de fertilización que permitan ser más eficiente la nutrición del cultivo aún bajo las limitantes ambientales previamente descritas.

Por otra parte, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) a través del Programa de maíz de la Estación Experimental Portoviejo, ha liberado en los últimos años material genético con tolerancia a estrés hídrico, es de gran ayuda bajo las limitaciones hídricas que se producen en secano. En este contexto, la efectividad de fertilización líquida probada en trabajos previos, podría potenciar el rendimiento de los genotipos ya existentes con caracteres de tolerancia al estrés hídrico, y de comprobarse lo anterior, permitirá 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.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar la efectividad agronómica y económica de la fertilización líquida en maíz amarillo duro bajo condiciones de secano, en Tosagua – Manabí.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Cuantificar la eficiencia agronómica de la fertilización líquida en dos genotipos de maíz amarillo duro bajo condiciones de secano.
- Comparar la eficacia de la fertilización líquida vs la fertilización granulada sobre el rendimiento del maíz amarillo duro bajo condiciones de secano.
- Estimar las ventajas económicas de la fertilización líquida en maíz amarillo duro bajo condiciones de secano.

## **1.4 HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEA A DEFENDER**

La fertilización líquida es eficaz para incrementar el rendimiento, la eficiencia agronómica de la fertilización y el beneficio económico del maíz amarillo duro bajo condiciones de secano.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA DEL MAÍZ A NIVEL GLOBAL, REGIONAL Y LOCAL**

Los granos que se obtienen a partir de la cosecha del cultivo de maíz, son unos de productos más cotizados como materia prima a nivel global ya que esta se utiliza como principal ingrediente o componente en la alimentación de diferentes especies animales, también es utilizado como una fuente alimenticia para los humanos del cual se puede obtener harinas para la elaboración tortillas y otros productos alimenticios (Arredondo *et al.*, 2013). De acuerdo a las estadísticas, de todo el maíz cosechado a nivel mundial, se ha reportado una producción de 791 millones de toneladas. Siendo Estados Unidos el primer país productor de maíz con 331, 175.072 toneladas, seguido por, China quien logro producir 151.948,870 toneladas y Brasil 52.112,200. Destacando que Estados Unidos y China son considerados los primeros a nivel mundial como consumidores y productores de esta gramínea (Guillín *et al.*, 2020).

De acuerdo con Farm Agro (2018), América Latina y el Caribe, logran generar más de 220 millones de toneladas de maíz, el cual es exportado al resto de países del mundo. Esto ayuda a incrementar y representar un importante valor monetario, significativo no solo para Ecuador, sino también para los demás países vecinos.

Caviedes *et al.*, (2017) menciona que en América Latina los granos de maíz se caracterizan por poseer una gran diversidad de formas, texturas y colores, además de presentar, así como un elevado consumo directo y por lo consiguiente fuente de la materia prima para la fabricación de balanceados usados en la alimentación animal. Este importante, cultivo como es el maíz se produce en tres megas ambientes contrastantes tales como la región templada que incluye a países como Argentina, Uruguay y Chile; la región tropical baja que contempla desde México a Brasil, la zona oriental de Bolivia y el Caribe; y la región tropical alta que abarca las áreas de cordillera de México, Guatemala, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia.

En Ecuador se conoce que la superficie sembrada de maíz duro de secano experimentó un crecimiento de 1%, cifra que traslapa con el decrecimiento de 2% que

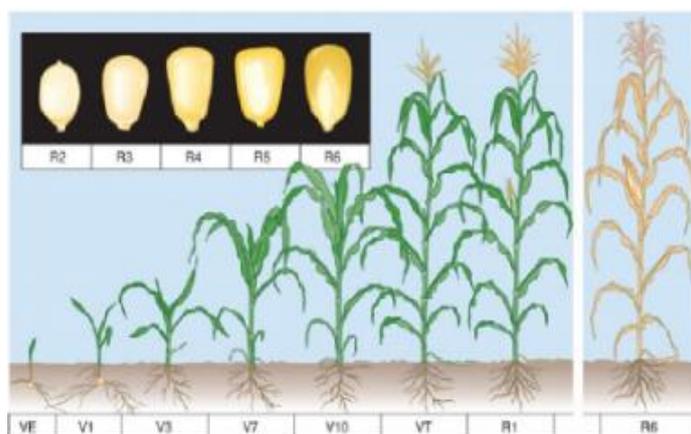
se registró similar período del año anterior. Detallando que anualmente se produce un promedio de 717.940 tm de maíz amarillo duro y 43.284 tm de maíz suave y por ende considerando que la situación económica los pequeños, medianos y grandes productores de maíz de secano a nivel nacional ha sido considerada como buena de acuerdo a un 33% de los entrevistados, mientras que el 63% menciono que son normales y tan sólo el 4% que son malas o deficientes (Banco Central del Ecuador [BCE], 2019).

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2020), en Manabí se producen 82 mil hectáreas de maíz. Denotando que esta actividad económica ha mejorado gracias a los altos rendimientos y a mejores precios. Dando relevancia económica y social generando fuentes de empleo y alimento para un número importante de personas.

## 2.2 FENOLOGÍA Y ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE MAÍZ

### 2.2.1 FENOLOGÍA

La fenología del maíz se refiere al desarrollo y crecimiento vegetativo y reproductivo en base a los diferentes cambios fisiológicos y morfológicos de la planta de maíz en relación al ambiente. El conocer el comportamiento de desarrollo de la planta facilitara diagnosticar como inciden las plagas, lo cual es necesario al momento de planificar y programar el respectivo manejo integrado de plagas (Intagri, 2012).



**Figura 2.1.** Etapas fenológicas de la fase vegetativa y reproductiva del maíz.

**Fuente:** Intagri (2012).

### 2.2.1.1 FASE VEGETATIVA

Endicott *et al.*, (2015) describen que el cultivo de maíz principalmente se caracteriza por poseer una fase vegetativa (V), la cual inicia con la presencia de cuello de su principal hoja emergida. Esta consta de tres partes que son cuerpo, vaina y cuello. Detallando que el cuerpo se denomina a la parte plana de la hoja la cual capta la energía lumínica producida por el sol, su vaina envuelve al tallo; y el cuello es la línea base donde se divide el cuerpo de la vaina esta se define por una curva. En cuanto la planta de maíz va creciendo, cada hoja va saliendo en busca de luz debido a la elongación del tallo y expansión de la misma desde semilla hasta la panoja.

### 2.2.1.2 FASE REPRODUCTIVA

Los autores anteriores finalmente comentan que la fase reproductiva del cultivo de maíz se caracteriza desde la emergencia de los granos y desarrollo de la mazorca. Las etapas reproductivas se caracterizan por la emergencia de granos en desarrollo en la mazorca, a excepción de la primera fase reproductiva (R1), que se diferencia únicamente por la emergencia de estigmas y detentado que esta etapa y la vegetativa contempla seis fases.

**Tabla 2.1.** Etapas vegetativas y reproductiva.

Etapas vegetativas		Etapas reproductivas	
VE	Emergencia	R1	Aparición de los estigmas
V1	Primera hoja	R2	Blíster
V2	Segunda hoja	R3	Grano lechoso
V3	Tercera hoja	R4	Grano pastoso
V(n)	Enésima hoja	R5	Grano dentado
VT	Aparición de las panojas	R6	Grano maduro

**Fuente:** Endicott *et al.*, (2015).

### 2.2.2 ECOFISIOLOGÍA

El cultivo de maíz pertenece al grupo de planta de metabolismo C4, que básicamente se traduce en que no presenta foto-respiración detectable, pero que en cuanto a la producción de biomasa es muy eficiente logrando superar al cultivares como la soya,

girasol y trigo. Su alta capacidad para producir biomasa y a su vez un elevado índice de cosecha, pudiéndose determinar que de la mitad de su masa o peso seco en biomasa aérea se representa en los órganos reproductivos, debido a que esta posee una elevada tasa fotosintética, debido al bajo valor energético producido por la materia seca. En cuanto a ambientes con elevada radiación solar y elevada extensión térmica el cultivo de maíz produce, a sí presente ausencia de estreses bióticos y abióticos, obteniendo excelentes potenciales de rendimiento (Martínez, 2015).

Andrade (2010), describe que un factor primordial que influye en la tasa de desarrollo de la planta maíz es el fotoperiodo, el cual responde a los días cortos de manera cuantitativa, significando que la velocidad o tasa de progreso de la floración se disminuye con el aumento de un día largo, cuando se ocurre se presenta un valor crítico (conocido como umbral fotoperiódico) el cual dura aproximadamente 12-13 horas.

#### **2.2.2.1 COMPORTAMIENTO DE LA ECOFISIOLOGÍA SOBRE LA FLORACIÓN**

El fotoperiodo juega un papel fundamental en el desarrollo de la floración ya que esta se ve afectada cuando se dan fotoperiodos largos de más de 12,5 horas. Como se conoce, el cultivo de maíz en una gramínea que presenta flores masculinas y femeninas que se separan al final de la panoja y en las mazorcas laterales. De allí la panoja se desarrolla mucho más antes que la mazorca debido a que este órgano es un competidor débil de asimilados, dando a entender que la capacidad fotosintética real del cultivo de maíz se da al momento de la floración formando carbohidratos los cuales se acumulan en los tejidos durante este período (FAO, 2012).

#### **2.2.2.2 FACTORES EDAFOCLIMÁTICAS**

- **SUELO**

El cultivo de maíz se adapta positivamente a diferentes tipos de suelo con un rango de pH entre 6 a 7 siendo donde más se adapta este cultivo. A su vez requiere suelos profundos, con buen contenido de materia orgánica, con buena capacidad de drenaje para no provocar charcos que conlleven a producir asfixia radicular (Ministerio de Agricultura de Perú [MINAGRI], 2013).

- **TEMPERATURA**

El cultivo de maíz necesita temperaturas entre 25 a 30°C para cumplir a cabalidad sus diferentes procesos fisiológicos, denotando que en aquellos lugares con climas que generalmente húmedos requiere mayor incidencia de luz solar para poder mejorar su rendimiento. La temperatura juega un papel importante en la germinación de la semilla la cual debe situarse entre los 15 a 20°C para que esta ocurra. Además, que este cultivo solo llega a soportar hasta 8°C como temperatura mínima y si sobrepasa 30°C aparecen problemas serios de mala absorción y asimilación de nutrimentos y agua, y en lo referente a la fructificación requiere temperaturas entre 20 a 32°C (InfoAgro, 2016).

- **PRECIPITACIÓN**

El autor anterior complementa describiendo que el cultivo de maíz es exigente en el consumo de agua considerando que necesita entre 450 a 900 mm durante su ciclo y necesitando 5 mm al día por lo que se recomienda usar sistemas de riego en zonas donde no se alcanza se producen precipitaciones constantes. Debido a que las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a germinar requiere menos cantidad de agua, pero aun así se mantiene una humedad constante.

## **2.3 NUTRICIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ**

La fertilización se basa en el uso de fertilizantes que se complementen de macro y microelementos, la fertilización práctica esencial para obtener altos y mejores rendimientos. Por ende, es de vital importancia que las plantas mantengan a su disposición en forma y tiempo los nutrientes necesarios para expresar su máximo potencial (Bonatti *et al.*, 2014).

### **2.3.1 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL MAÍZ**

El cultivo de maíz posee altos requerimientos nutricionales para producir y alcanzar su máximo rendimiento. Existen varias y diferentes referencias de investigaciones realizadas sobre las cantidades de nutrimentos esenciales en mayores cantidades en

cuanto a los diferentes híbridos de maíz se conoce que requieren de niveles altos de fertilización para alcanzar un buen rendimiento; ya que estos extraen del suelo aproximadamente 90 Kg N, 27 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 26 Kg K<sub>2</sub>O, 11 Kg Ca, 13 Kg Mg; 10 Kg S, por cada 100 qq de maíz en grano (Betrán, 2017).

De acuerdo con Mendoza *et al.*, (2006) el cultivo de maíz requiere elevadas cantidades de nitrógeno (N) para la formación o llenado del grano ya que su insuficiencia conlleva a una baja productividad de esta gramínea. Además, la demanda de nitrógeno aumenta a medida que la planta de maíz se desarrolla especialmente cuando esta se aproxima a la etapa de la floración, la absorción de este macroelemento se incrementa apresuradamente, en tal forma que, al emerger las flores femeninas, la planta de maíz ya ha conseguido absorber más de la mitad del total del nitrógeno extraído durante toda esta etapa.

Según Gordon *et al.*, (2016) el fósforo (P) es después del nitrógeno, es el segundo macroelemento esencial para potenciar el crecimiento de las plantas y producción de los cultivos además de su calidad a su vez es uno de los nutrientes que más limita o disminuye la producción agrícola. Aunque la cantidad de (P) en la planta de maíz es baja en comparación con el (N) y el (K) sus altas concentraciones se muestran en los tejidos jóvenes, además su principal función es ayudar al desarrollo radicular.

Manifiesta Natareno (2017) que el Potasio (K) es un macroelemento que estimula la actividad de las enzimas invertasa, peptasa y catalasa, además de originar la formación y movimiento de sacarosa o azúcares hacia los granos y también da resistencia a enfermedades. Los síntomas de deficiencias (K) se presentan en las hojas más bajas con amarillamiento y necrosis en sus márgenes, dichos síntomas aparecen después de la sexta hoja debido a que este elemento posee movilidad de dentro de la planta.

### **2.3.2 FERTILIZACIÓN FOLIAR**

Meléndez *et al.* (2006) describen que la aplicación foliar de nutrientes es una potencial ventaja exclusivamente cuando hay limitaciones de absorción nutrientes por vía edáfica debido a condiciones adversas ya sea por exceso o déficit de agua,

temperatura y deficiencia de oxígeno, por ende, la fertilización foliar permite disminuir los efectos negativos y favorece a la obtención de mejores rendimientos.

Zepeda *et al.*, (2002) mencionan que, en el cultivo de maíz, la fertilización foliar al ser usada como complemento a la aplicación de fertilizantes al suelo ha permitido mejorar el rendimiento y calidad de los granos significativamente además de describir que al aplicar una fertilización de 190 a 286 kg N ha<sup>-1</sup> entre 1 a 2 aplicaciones foliares de 72 mg L<sup>-1</sup> de Zn o de 84 mg L<sup>-1</sup> de Mn, o a su vez la combinación de ambos, permite incrementar el rendimiento de grano de maíz duro.

## 2.4 EXPERIENCIAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ DURO

Alcívar y López (2018), describen que evaluaron la efectividad de diferentes fertilizantes fosfatados como arrancadores de la productividad y rentabilidad del maíz amarillo duro en el valle del río Carrizal. Para ello probaron siete tratamientos los cuales son: (DAP), (MAP), (MESZ), 15-15-15 y 10-30-10, todos como arrancadores a lado y debajo de la semilla. Con la finalidad de acoplar la efectividad de los fertilizantes arrancadores, además se incrementó un testigo convencional MESZ colocado de manera superficial para la emergencia de las plántulas, y un testigo con omisión de fósforo (P).

Los autores anteriores terminan mencionando que obtuvieron los siguientes resultados demostrando que el fertilizante (MESZ) colocado como arrancador a lado y debajo de la semilla presentó el mejor rendimiento con 256 qq ha<sup>-1</sup>, a diferencias de los demás fertilizantes fosfatados arrancadores y en cuanto al testigo convencional con 220 qq ha<sup>-1</sup> y el testigo con omisión de Fósforo (P) con 132 qq ha<sup>-1</sup>. Y de manera igual el tratamiento de MESZ colocado como arrancador obtuvo el mayor beneficio neto con 1620 USD ha<sup>-1</sup>, debido a que reportó mayor incremento de rendimiento en relación a los demás tratamientos probados como arrancadores y tratamientos testigos.

Aguayo y Cruz (2020) describen que evaluaron la eficacia de aplicaciones combinadas de Silicio y bioestimulantes sobre el rendimiento del maíz amarillo duro. Donde probaron tres bioestimulantes los cuales se compuestos de (extracto de algas,

fitohormonas, ácido húmico) en diferentes combinaciones con diferentes dosis de silicio (5 mL. L<sup>-1</sup> (1 L. ha<sup>-1</sup>), 10 mL. L<sup>-1</sup> (2 L. ha<sup>-1</sup>), 15 mL. L<sup>-1</sup> (3 L. ha<sup>-1</sup>)) y a su vez un testigo absoluto y un testigo a base de silicio. Obteniendo resultados que determinaron que el rendimiento del maíz amarillo duro, con diferentes dosis de silicio no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Detallando el silicio como los diferentes bioestimulantes pueden ser utilizados de manera separada sin necesidad de combinarse y se obtendrán los mismos efectos sobre el rendimiento del cultivo.

Andrade y Loor (2020) mencionan que valoraron la eficiencia de varias dosis y fuentes potásicas sobre la productividad en maíz amarillo duro bajo condiciones del valle del río Carrizal. Usando como tratamientos fuentes de potasio; (Korn kali, Yaramila hydran, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y MOP), en combinación de tres niveles de potasio (100, 150 y 200 kg. ha<sup>-1</sup>) más un testigo con omisión de K. Demostrando que el rendimiento no fue influenciado significativamente ( $p > 0.05$ ) por las diferentes fuentes y dosis de K evaluadas en ninguna de las localidades donde se desarrolló el experimento. En cuanto al análisis de contraste ortogonal entre los tratamientos potásicos frente al testigo con omisión de K se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) en las dos localidades evaluadas detallando que en El Morro y El Limón la fertilización potásica aumento el rendimiento en 18.91 y 33.26, respectivamente, en relación al testigo, independientemente de las fuentes y dosis de K. La mayor EAK fue alcanzada tanto en El Morro y El Limón con la dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K, con 21 y 25 kg de granos kg<sup>-1</sup> de K aplicado. En ambos sitios, el MOP en dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup> logró el mayor beneficio económico neto con 920 y 891 USD ha<sup>-1</sup>.

Alcívar y Zambrano (2019) evaluaron el efecto de varias fuentes fosfatadas colocadas a lado de la semilla sobre el rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz. Para ello probaron los tratamientos o fertilizantes MESZ, Fertimaíz, Ecomaíz, Yaramilla complex y 10-30-10 colocados a lado de la semilla, y 10-30- 10 colocado en banda. Incluido un testigo control con omisión de P. En cuanto a los resultados obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para la variable rendimiento entre los diferentes tratamientos de fertilización fosfatada y el testigo control sin P, para ambos sitios evaluados. Pese a ello, no se halló diferencias entre los fertilizantes fosfatados evaluados, lo cual muestra que independientemente de las fuentes y de la forma de

aplicación, el (P), es un elemento primordial para aumentar el rendimiento del maíz. En lo referente a la mayor eficiencia agronómica del P se alcanzó en los fertilizantes complejos en relación a los tradicionales a base de NPK. Por último, el mayor aumento en el rendimiento y beneficio económico neto se dio por el fertilizante Fertimaíz en ambos sitios evaluados que fueron La Pitahaya y Casical del Cantón Tosagua.

Cool y Mero (2018) estudiaron el efecto de varias fuentes y dosis de nitrógeno (N) sobre el rendimiento y rentabilidad de maíz duro, en el Valle del Río Carrizal. Para ello usaron cuatro fuentes de fertilizantes nitrogenados localizadas las cuales fueron Yara Vera Amidas, Novatec 45, Urea verde y Urea común, con niveles de 100 kg ha<sup>-1</sup>, 200 kg ha<sup>-1</sup>, 300 kg ha<sup>-1</sup>, más un testigo con omisión de nitrógeno. Donde los resultados evidenciaron que con el tratamiento T9 (Urea verde 300 kg ha<sup>-1</sup>) logró obtener el mayor beneficio neto con 1939,53 USD ha<sup>-1</sup> y un incremento en el rendimiento de 111.04 qq ha<sup>-1</sup> indicando su efectividad frente a los demás tratamientos en relación al testigo con omisión de nitrógeno.

Jurado y Zambrano (2020) detallan que probaron la efectividad de aplicaciones foliares de molibdeno sobre el uso eficiente de nitrógeno y rendimiento en maíz amarillo duro, dicha investigación se desarrolló en el sitio el Palmar del cantón Junín, perteneciente a la provincia de Manabí. Para ello evaluaron cuatro tratamientos con aplicación foliar de Molibdeno (Mo), de todos ellos uno no poseía dosis de nitrógeno y tres de ellos tenían dosis de fertilización nitrogenada las cuales se describieron con 100 kg ha<sup>-1</sup>, 200 kg ha<sup>-1</sup>, 300 kg ha<sup>-1</sup>, además un testigo sin omisión de nitrógeno. Los resultados obtenidos mostraron que la fertilización nitrogenada aumentó el rendimiento del cultivo de maíz y que la mayor eficiencia agronómica de Nitrógeno se alcanzó con 100 kg de N ha<sup>-1</sup>.

Comparte con Cedeño *et al.*, (2018) que su investigación se basó en determinación del efecto de la nutrición foliar integrada con micronutrientes y fitorreguladores sobre el rendimiento del maíz amarillo duro. Para ello se probó una Fertilización edáfica con nutrición foliar completa con microelementos y fitorreguladores, Fertilización edáfica sin nutrición foliar. La aplicación foliar se realizó en base a las etapas fenológicas V6, V12 y V18. Demostrando que la nutrición foliar integrada con micronutrientes y fitorreguladores permitió obtener un rendimiento promedio de 11,27 t ha<sup>-1</sup> en relación

al tratamiento testigo (fertilización edáfica) con  $8,77 \text{ t ha}^{-1}$ , siendo un 28% de incremento productivo.

Motato *et al.*, (2016) reportaron que la aplicación de una fertilización nitrogenada en maíz amarillo duro con microelementos promueve un uso eficiente del nitrógeno (N) y rendimiento del cultivo en zonas de Manabí que producen maíz. Suárez (2013) también describe que utilizó el bioestimulante foliar Biozyme en dosis de  $2 \text{ L .ha}^{-1}$  logrando incrementar el rendimiento y beneficio neto económico del cultivo de maíz duro. Detallando al final que la aplicación de los bioestimulantes foliares debe ser complementaria a un plan de fertilización edáfica basada en un análisis químico del suelo.

## **CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO**

### **3.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO**

La investigación se desarrolló en el cantón Tosagua de la provincia de Manabí en el sitio Monte Oscuro. El área experimental se encuentra ubicado geográficamente en las coordenadas 0° 46'02.90" latitud Sur y 80° 11'43.68 latitud Oeste, a una altitud de 18 msnm, heliofanía de 1045 horas anuales y un promedio de precipitaciones de 839 mm anuales. La investigación se desarrolló durante la temporada lluviosa del 2021 y tuvo una duración de 21 semanas de ejecución, a partir del mes de enero a julio de 2021.

### **3.2 FACTORES EN ESTUDIO**

#### **Factor A (Genotipos)**

- H-601
- H-603

#### **Factor B (Fertilización líquida)**

- Fertilización líquida en drench superficial
- Fertilización líquida en drench inyectada
- Fertilización granulada

#### **Testigo**

- Parcela con omisión de nutrientes

### **3.3 DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL**

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial A x B + N con siete tratamientos, cuatro repeticiones y 28 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>.

### 3.3.1 ESQUEMA DEL ANOVA

**Tabla 3.1.** Esquema de ADEVA.

ADEVA		
Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamientos	6	
Genotipos		1
Fertilización líquida		2
Genotipo x Fertilización líquida		2
Tratamientos vs Testigo		1
Bloques	3	
Error	18	
Total	27	

## 3.4 VARIABLES RESPUESTAS

### 3.4.1 MORFO-AGRONÓMICAS

- **Altura de planta (cm):** la altura de planta se midió desde la base hasta la hoja bandera, este valor se registró en centímetros después de la floración femenina.
- **Diámetro de tallo (mm):** se registró después de la floración femenina en la base del tallo en mm.
- **Peso seco de raíces (g):** se registró al momento de la madurez fisiológica cuando la planta alcanzó su máximo crecimiento; para esto se separó las raíces de la planta y se colocaron en estufa a 70°C hasta que alcanzó un peso constante.
- **Área foliar (m<sup>2</sup>):** fue registrado después de la floración femenina para lo cual se registró la longitud y ancho de cada hoja y se multiplicó por el factor 0.75, luego se sumaron las áreas de cada hoja.

### 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 tomaron cinco mazorcas al azar de cada unidad experimental y se registró el diámetro en el centro de la mazorca.
- **Peso de granos/mazorca (g):** se realizó al momento de la cosecha para lo cual se tomaron cinco mazorcas al azar de cada unidad experimental y se registró el peso de granos de cada mazorca.
- **Peso de 1000 granos (g):** se realizó al momento de la cosecha para lo cual se tomaron 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 por 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 fórmula:

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

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 fórmula siguiente:

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

### 3.4.3 EFICIENCIA AGRONÓMICA DE LA FERTILIZACIÓN N

La eficiencia agronómica (EA) de N fue estimada con la ecuación [1,] indicada por el IPNI (2012).

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

### 3.4.5 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 estimaron los costos que varían por tratamiento (CqV), los que estarán en función del costo de la fertilización, aplicaciones, costo unitario de insumos (USD 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<sup>-1</sup>) y precio unitario de venta (USD qq<sup>-1</sup>) se calculó los ingresos brutos. Con base en la diferencia entre los rendimientos de cada tratamiento y el testigo se estimó 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 ESPECÍFICO 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<sup>-1</sup> de semillas + Thiodicar en dosis de 15 cc kg<sup>-1</sup> de semilla, esto con la finalidad de proteger las plántulas durante la emergencia de insectos chupadores y cortadores.

### 3.5.2 CONTROL DE MALEZAS EN PRE-EMERGENCIA

Se aplicó la mezcla de los herbicidas Atrazina-80 + pendimetalin en dosis de 1.5 + 3 litros ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

### 3.5.3 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 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 las tablas 3.2. y 3.3. los planes de fertilización líquida y granulada respectivamente.

**Tabla 3.2.** Plan de fertilización establecido para tratamientos de fertilización líquida.

Fuentes	Solubilidad (g/L)	Cantidad de fertilizante (kg ha <sup>-1</sup> )	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	S
MAP Solar Fosfato Monoamónico	365	66	8	40			
Nitrato de K <sub>2</sub> O ACF	360	174	22		80		
Sulfato de Mg cristalino	800	188				30	24
Sulfato de Amonio fino	900	150	31				36
Urea	1080	258	119				
<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>

**Tabla 3.3.** Plan de fertilización establecido para tratamientos de fertilización granulada.

Fuentes	Cantidad de fertilizante (kg ha <sup>-1</sup> )	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	S
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 fue aplicada 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

serán aplicadas en las etapas V6 (hoja 6) y V10 (hoja 10) con el 40% de la urea en cada aplicación. El fertilizante fosfatado fue aplicado en su totalidad a la emergencia del cultivo (VE). El resto de fertilizantes fueron aplicados en dos fracciones y proporciones, el 50% en la etapa VE y el resto en la etapa V6. En la fertilización líquida, los fertilizantes diluidos fueron colocados en drench superficial e inyectados al suelo según el respectivo tratamiento.

La fertilización líquida fue complementada con enmienda orgánica líquida (melaza) y un bioestimulante a base aminoácidos y extractos de algas, esto con la finalidad de activar microbiología del suelo e inducir tolerancia al estrés hídrico en caso se presente. La fertilización granulada fue aplicada en banda superficial. En ambos tipos de fertilización, se realizaron aplicaciones de un coctel foliar conformado de micronutrientes y bioestimulantes a base de algas marinas en las etapas V6, V10 y V18.

### **3.5.4 CONTROL FITOSANITARIO**

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

Se manipularon dos tipos de insecticidas (Voltaje y Solaris) para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). En la primera aplicación se utilizó Voltaje a los 15 días después de la siembra y en la segunda aplicación se utilizó Solaris a los 35 días después de la siembra.

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 VARIABLES MORFO-AGRONÓMICAS

El análisis de varianza reportó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) exclusivamente para el factor fertilización, lo cual demuestra que la fertilización es efectiva para el desarrollo del cultivo. Por lo consiguiente, el crecimiento del cultivo no fue influenciado significativamente ( $p > 0.05$ ) por los genotipos estudiados y la respectiva interacción entre el genotipo x fertilización (**Tabla 4.1.**).

La fertilización líquida inyectada registró el mayor incremento en altura de planta con un 0,14 y 0,26 m con relación a los tratamientos de fertilización líquida en drench superficial y la granulada. Del mismo modo, la fertilización líquida inyectada incrementó en un 0,35 y 2,01 mm el diámetro del tallo, en relación a los tratamientos de fertilización en drench y el de franja superficial. También, la mayor área foliar fue alcanzada por la fertilización líquida inyectada, con un incremento del 0,03 y 0,17 m<sup>2</sup> en comparación a la fertilización en drench y banda superficial. Posteriormente, el peso seco de raíces fue influenciado por la fertilización líquida inyectada, con un incremento del 4,96 y 8,53 g sobre la fertilización en drench y la de banda superficial. Mientras, que el genotipo que obtuvo la mayor altura de planta y área foliar fue H-603 con 2,57 m y 1,05 m<sup>2</sup>, en relación al genotipo H-601.

**Tabla 4.1.** Efecto de tecnologías de fertilización sobre el crecimiento de maíz amarillo duro bajo condiciones de secano. Bachillero, Tosagua, 2021.

Tratamientos		Altura de planta (m)	Diámetro de tallo (mm)	Área foliar (m <sup>2</sup> )	Peso seco de raíces (g)
Factor genotipo					
	H-601	2,42 a	24,88	0,94 a	38,45
	H-603	2,57 b	24,70	1,05 b	40,62
Factor fertilización					
	Líquida en drench superficial	2,49 b	25,58 a	1,03 a	39,07 b
	Líquida en drench inyectado	2,63 a	25,23 a	1,06 a	44,03 a
	Granulada en banda superficial	2,37 c	23,57 b	0,89 b	35,50 c
Interacción genotipo x fertilización					
H-601	Líquida en drench superficial	2,42	25,89	0,99	38,39
H-601	Líquida en drench inyectado	2,55	25,18	0,97	41,78

H-601	Granulada en banda superficial	2,30	23,59	0,85	34,68
H-603	Líquida en drench superficial	2,56	25,28	1,08	39,25
H-603	Líquida en drench inyectado	2,71	25,28	1,14	46,28
H-603	Granulada en banda superficial	2,43	23,56	0,92	36,33
C.V. %		3,79	3,81	5,96	6,76
p-valor ANOVA					
	Genotipo	0,0024	0,6441	0,0005	0,0655
	Fertilización	0,0002	0,0015	0,0001	0,0001
	Genotipo x fertilización	0,9196	0,7293	0,2384	0,3139

Estos resultados se asemejan a los hallados por (Díaz, 2017) quien reportó mayor crecimiento en altura de planta, diámetro de tallo y área foliar en maíz fertilizado con fuentes líquidas. Estos resultados también se asemejan a los obtenidos por Bryla y Machado (2011), quienes reportaron mayor crecimiento de plantas maíz que recibieron fertilización líquida, en relación a las fertilizadas de forma convencional.

## 4.2 VARIABLES COMPONENTES DE RENDIMIENTO

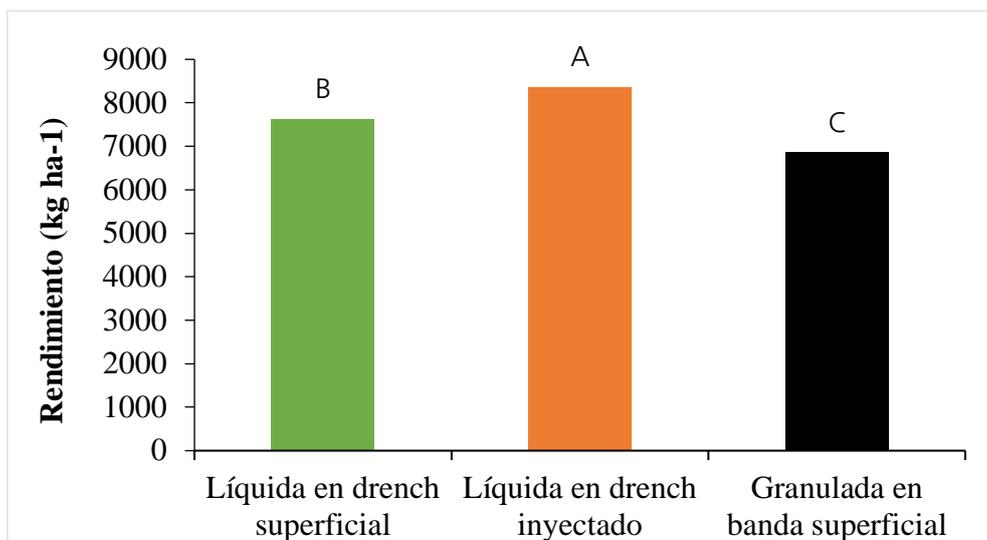
El análisis de varianza reportó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) únicamente para el factor fertilización, mientras que el factor genotipo e interacción genotipo x fertilización no fueron influenciadas significativamente ( $p > 0.05$ ) (**Tabla 4.2.**).

La fertilización líquida inyectada registró el mayor incremento en longitud de mazorca con una diferencia del 0,42 y 2,7 cm. con relación a los tratamientos de fertilización líquida en drench superficial y la granulada en banda, respectivamente. Así mismo, la fertilización líquida inyectada registró el promedio más alto, incrementó en un 0,53 y 2,51 mm el diámetro de mazorca, en relación a los tratamientos de fertilización en drench y el de banda superficial. Del mismo modo, el mayor peso de 1000 granos fue alcanzado por la fertilización líquida inyectada, con un incremento del 10,25 y 29 g en comparación a la fertilización en drench y banda superficial. El peso de granos por mazorca fue mayormente influenciado por la fertilización líquida inyectada, con un incremento del 8,89 y 31,85 g sobre la fertilización en drench y la de banda superficial (**Tabla 4.2.**).

**Tabla 4.2.** Efecto de tecnologías de fertilización sobre componentes de rendimiento de maíz amarillo duro bajo condiciones de secano. Bachillero, Tosagua, 2021.

Tratamientos		Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (mm)	Peso de 1000 granos (g)	Peso de granos por mazorca (g)
Factor genotipo					
H-601		16,73	47,61	356,50	171,58
H-603		16,35	47,16	356,83	173,74
Factor fertilización					
Líquida en drench superficial		17,16 a	47,83 a	359,50 ab	177,35 a
Líquida en drench inyectado		17,58 a	48,42 a	369,75 a	186,24 a
Granulada en banda superficial		14,88 b	45,91 b	340,75 b	154,39 b
Interacción genotipo x fertilización					
H-601	Líquida en drench superficial	17,77	48,09	358,50	177,11
H-601	Líquida en drench inyectado	17,19	48,63	370,00	183,88
H-601	Granulada en banda superficial	15,25	46,12	341,00	154,25
H-603	Líquida en drench superficial	16,55	47,58	360,50	177,58
H-603	Líquida en drench inyectado	17,98	48,21	369,50	189,10
H-603	Granulada en banda superficial	14,51	45,70	340,50	154,53
C.V. %		5,17	1,96	4,62	4,86
p-valor ANOVA					
Genotipo		0,2823	0,2546	0,9612	0,5384
Fertilización		0,0001	0,0002	0,0100	0,0001
Genotipo x fertilización		0,0808	0,9933	0,9848	0,7664

La Figura 4.1. muestra que la fertilización líquida inyectada obtuvo el mayor rendimiento con 8364 kg. mayor a la fertilización en drench con 727,97 kg. y en comparación con la fertilización granulada es con 1496,08 kg.



**Figura 4.1.** Efecto de tecnologías de fertilización sobre el rendimiento de maíz amarillo duro bajo condiciones de secano. Bachillero, Tosagua, 2021.

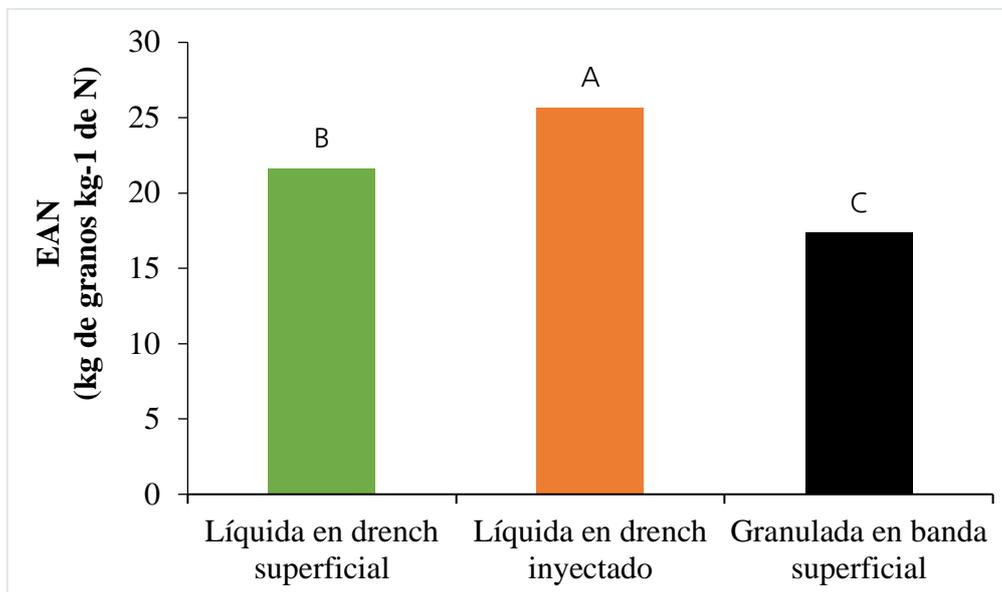
Los resultados obtenidos con fertilización líquida mostraron mayor efectividad que la fertilización granulada convencional para acrecentar los componentes de rendimiento del maíz. Por otra parte, los resultados se asemejan a los reportados por Arifin (2019), quien logró mayor rendimiento agronómico y rentabilidad económica con fertilización líquida, en asimilación con la fertilización granulada.

En el mismo contexto, Bogusz *et al.*, (2021), reportaron que la fertilización líquida mostró mayor eficacia para aumentar los mecanismos de rendimiento del cultivo en épocas de sequío, en comparación a la fertilización granulada convencional. Por otra parte, Borraco (2014), al probar fuetes de fosforo sólidas y liquidez en maíz encontró que ambas presentaron rendimientos similares.

#### 4.3 EFICIENCIA AGRONÓMICA SOBRE EL NITRÓGENO

La EAN fue influenciada significativamente ( $p < 0.05$ ) por los métodos de fertilización, mientras que el genotipo y la interacción genotipo x fertilización no influyeron ( $p > 0.05$ ) la EAN muestra que tanto la fertilización líquida en drench superficial e inyectada, lograron EAN similares entre sí, pero significativamente distintos al tratamiento de fertilización granulada en banda superficial. El mayor incremento de EAN fue

alcanzado por la fertilización líquida inyectada con el 15.73% en comparación a la fertilización en drench y en un 32.25 %, frente a la fertilización granulada (**Figura 4.2.**).



**Figura 4.2.** Efecto de tecnologías de fertilización sobre la eficiencia agronómica del nitrógeno (EAN) de maíz amarillo duro bajo condiciones de secano. Bachillero, Tosagua, 2021.

Posiblemente la fertilización líquida mostró mejor crecimiento, rendimiento y eficiencia agronómica de la fertilización nitrogenada, debido a que esta técnica de fertilización aporta nutrientes de una forma más asimilable para el sistema radical, en relación a la fertilización granulada, donde los granos deben humedecerse para solubilizarse totalmente, lo cual depende de un adecuado nivel de humedad, de lo contrario la degradación de los fertilizantes granulados será más tardía, lo cual disminuye su eficiencia. En este sentido, bajo condiciones de agricultura de secano, donde la humedad superficial del suelo puede verse limitada por frecuencias de lluvias distantes, la fertilización líquida puede tener mayor ventaja.

#### 4.4 BENEFICIO ECONÓMICO

En la tabla 3, se describe detalladamente el análisis de beneficio económico total (BET) y neto (BEN) de la fertilización en maíz para consumo en fresco. Con relación al tratamiento control, las fertilizaciones líquidas en drench, inyectada y en banda superficial incrementaron en BET en 639, 486 y 217 USD ha<sup>-1</sup>, respectivamente, lo

cual indica que la fertilización del maíz tiene ventajas económicas. Las fertilizaciones líquidas en drench e inyectada alcanzaron el mayor BEN de la fertilización, con un incremento de 422 y 269 USD ha<sup>-1</sup>, con respecto a la fertilización granulada en banda superficial, lo cual indica que bajo condiciones de secano, donde la humedad del suelo puede estar limitada por la falta de lluvias, la fertilización líquida puede ser más conveniente.

Estos resultados se acercan a los obtenidos por Arifin (2019), quien reportó que la aplicación de fertilizante NPK líquido es muy eficaz para aumentar el rendimiento del maíz en 9,10 t/ha granos secos y tiene una relación B/C de 3.55, por lo que es económicamente factible. En este mismo contexto, Drazic et al. (2020) concluyeron que la técnica de fertilización líquida puede potenciar el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de maíz. Conclusiones similares fueron halladas por Artemieva (2018), que reportó una alta eficiencia y rentabilidad de los fertilizantes organominerales líquidos en el cultivo de cebada de primavera, con un nivel de rentabilidad entre el 152 y 231%.

**Tabla 4.3.** Beneficio económico neto de la fertilización complementaria con F. líquida Inyectada, F. líquida en drench y F. granulada en maíz amarillo duro.

Tratamientos	CT	CqnV	CqV	ICqV	Ren	IRen	PUV	ling	IT	BET	BEN
F.L. inyectada	1600	700	900,00	850,00	184,00	102,00	14,6	1489	2686	<b>1086</b>	<b>639</b>
F.L. en drench	1520	700	820,00	770,00	168,00	86,00	14,6	1256	2453	<b>933</b>	<b>486</b>
F. Granulada	1540	700	840,00	790,00	151,00	69,00	14,6	1007	2205	665	217
Testigo	750	700	50,00	0	82,00	0	14,6	0	1197	0	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 qq<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 líquida se asemejan a los reportados Tyler *et al* (2019), quienes concluyeron que los mayores beneficios económicos del maíz se obtuvieron con la fertilización líquida en comparación a los tratamientos que fueron con fertilización granular.

# **CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1 CONCLUSIONES**

- El genotipo H-603 expresó un mayor incremento de los componentes de rendimiento, independientemente de los tratamientos de fertilización estudiados.
- La fertilización líquida fue más efectiva para incrementar la eficiencia agronómica de nitrógeno bajo condiciones de secano.
- En condiciones de secano, la fertilización líquida independientemente si es aplicada en drench o inyectada, fue más efectiva para incrementar el rendimiento de maíz amarillo duro, en relación a la fertilización granulada.
- La fertilización líquida alcanzó los mayores beneficios económicos netos.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Bajo sistemas de producción de secano, donde las lluvias pueden ausentarse por periodos muy prolongados, y por tanto limitar la humedad superficial del suelo, es conveniente realizar la fertilización del maíz de manera líquida, con fines de promover un mejor uso eficiente de nutrientes.
- Cuando las lluvias son normales y frecuentes, la fertilización granulada en banda superficial puede utilizarse sin ningún inconveniente para el cultivo de maíz.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, A y Cruz, G. (2020). *Efecto del silicio y bioestimulantes sobre el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L) amarillo duro*. [Trabajo grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio institucional <http://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/14>
- Alcívar, D y López, J. (2018). *Efectividad de fertilizantes arrancadores fosfatados sobre la productividad del maíz amarillo duro en el valle del río Carrizal*. [Trabajo grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio institucional <http://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/14>
- Alcívar, R y Zambrano, L. (2019). *Efecto de varias fuentes fosfatadas colocadas a lado de la semilla sobre el rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz*. [Trabajo grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio institucional <http://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/14>
- Andrade, F. (2010). *Ecofisiología y Tecnología: aumento de la productividad del maíz*. Congreso Maizar. Buenos Aires, Argentina.
- Andrade, J y Loor, G. (2020). *Eficiencia de varias dosis y fuentes potásicas en maíz amarillo duro bajo condiciones del valle del río Carrizal*. [Trabajo grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio institucional <http://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/14>
- Arifin, Z. (2019). The Effect of Liquid NPK Fertilizing on Corn Plants. *AIP Conference Proceedings*, 2120(1), 10.1063-1.5115617. <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5115617>
- Arredondo, J; Gutiérrez, H; Callejas, J y Ortega, F. (2013). Situación económica de la producción de maíz en condiciones de riego en el estado de Chihuahua. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 33(1), 504-512.
- Artemieva, K. (2018). Economic efficiency of complex application of liquid organomineral fertilizers. UDC 631.16:631.895. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201805-12>
- Barraco, M. (2014). Fertilización de maíz con fuentes sólidas y líquidas de fósforo. INTA. EEA General Villegas. 30-32.
- BCE (Banco Central del Ecuador). (2019). Reporte de coyuntura Sector Agropecuario. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catálogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201902.pdf>

- Betrán, J. (2017). Requerimientos nutricionales del maíz. <https://boletinagrario.com/f783,requerimientosnutricionales-maiz.html>
- Bogusz , P., Rusek, P., y Brodowska, M. (2021). Suspension Fertilizers: How to Reconcile Sustainable Fertilization and Environmental Protection. *Agriculture* 11(10), 1-14. file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/agriculture-11-01008.pdf
- Bogusz , P., Rusek, P., y Brodowska, M. (2021). Suspension Fertilizers: How to Reconcile Sustainable Fertilization and Environmental Protection. *Agriculture* 11(10), 1-14. file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/agriculture-11-01008.pdf
- Bonatti, R; Calvo, S; Giancola, S; Centeno, M; Lacovino, R y Jaldo, M. (2014). Análisis cualitativo de los factores que afectan a la adopción de tecnología en los cultivos de soja y maíz de la provincia de San Luis. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmpanalisis\\_cualitativo\\_adopcion\\_san\\_luis\\_inta.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmpanalisis_cualitativo_adopcion_san_luis_inta.pdf)
- Bryla, D y Machado, R. (2011). Comparative Effects of Nitrogen Fertigation and Granular Fertilizer Application on Growth and Availability of Soil Nitrogen during Establishment of Highbush Blueberry. *Ciencia de la planta frontal*. 2011; 2:46. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3355603/>
- Cabot, C.; Martos, S.; Llugany, M.; Gallego, B.; Tolrà, R.; Poschenrieder, C. (2019). A Role for Zinc in Plant Defense Against Pathogens and Herbivores. *Front. Plant Sci.* 10:1171.
- Caviedes, M; Albán, G; Zambrano, L y Yáñez, C. (2017). Memorias de la XXII Reunión Latinoamericana del Maíz 2017. *Archivos Académicos*, 1– 71.
- Cedeño, F; Cargua, J; Cedeño, J; Mendoza, J; López, G. y Cedeño, G. (2018). Aplicación foliar de micronutrientes y fitoreguladores como complemento de la fertilización edáfica en maíz amarillo duro. *La Técnica*, 19, 19 – 30.
- Cool, G y Mero, J. (2018). *Efectividad de fuentes nitrogenadas de liberación controlada sobre el rendimiento del maíz amarillo duro en el valle del río Carrizal*. [Trabajo grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio institucional <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/14>
- Díaz, H. (2017). *“influencia de tres fuentes potásicas aplicadas en dos épocas sobre el rendimiento del maíz amarillo duro (Zea mays), (Tesis de grado)*. Universidad Católica Sedes Sapientiae. VÉGUETA - HUAURA. Repositorio digital. [Diaz\\_Hermes\\_tesis\\_bachiller\\_2017.pdf](#)
- Drazic, M.; Gligorevic, K.; Pajic, M.; Zlatanovic, I.; Spalevic, V.; Sestras, P.; Skataric, G.; Dudic, B. (2020). The Influence of the Application Technique and Amount of Liquid Starter Fertilizer on Corn Yield. *Agriculture* 10(347): 1 – 13.

- Duicela, L. y Ponce, L. (2015). Uso de fungicidas sistémicos en el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) en la provincia de Manabí. *La Técnica*, 15, 6–17.
- Endicott, S; Brueland, B; Keith, R; Schon, R; Bremer, C; Farnham, D; DeBruin, J; Clausen, C; Strachan, S y Carter, P. (2015). Maíz crecimiento y desarrollo. [https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin\\_America\\_Central/Chile/IServicios/Informacion\\_tecnica/Corn\\_Growth\\_and\\_Development\\_Spanish\\_Version.pdf](https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/IServicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf)
- Fahrurrozi, F.; Mukhtamar, Z.; Setyowati, N.; Sudjatmiko, S.; Chozin, M. (2019). Comparative Effects of Soil and Foliar Applications of Tithonia-Enriched Liquid Organic Fertilizer on Yields of Sweet Corn in Closed Agriculture Production System. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 41(2), 238–245.
- 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: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2012). Fisiología del maíz tropical. <http://www.fao.org/3/x7650s05.htm>
- FAO. (2020). Food Outlook - Biannual Report on Global Food Markets: June 2020. Food Outlook, 1. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9509en>
- Farm Agro. (2018). La importancia del maíz en el Ecuador. <https://farmagro.com.ec/new/la-importancia-del-maiz-en-el-ecuador/>
- García, G. (2018). Efecto de fertilización en drench de plántulas de *Theobroma cacao* L. grupo criollo, en vivero, Rio Negro-Satipo. Universidad Nacional del Centro del Perú. 1-47.
- García, J. y Espinoza, J. 2009. Efecto del fraccionamiento del nitrógeno en la productividad y en la eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz. *Informaciones Agronómicas*, 72, 1 – 5.
- Gordon, R; Franco, J; Villareal, J y Smith, T. (2016). Manejo de la fertilización fosforada en el cultivo de maíz. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 95-108.
- Grimmer, M.; Foulkes, M.; Paveley, N. 2012. Foliar pathogenesis and plant water relations: a review. *Journal of Experimental Botany*, 63(12), 4321–4331.
- Guillín, X; Carmigniani, J; Naranjo, J y Zambrano, E. (2020). Socioeconómica de la producción de maíz en la zona norte de la provincia de Los Ríos. *Revista Journal of Business and entrepreneurial*, 4(2), 76 - 85.
- Gupta, N.; Debnath, S.; Sharma, S.; Sharma, P.; 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.

- InfoAgro. (2016). Componentes y requerimientos generales del cultivo de Maíz. <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>
- Intagri. (2012). La Fenología del Maíz y su Relación con la Incidencia de Plagas. <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/la-fenologia-del-maiz-y-su-relacion-con-la-incidencia-de-plagas#:~:text=El%20desarrollo%20fenol%C3%B3gico%20del%20ma%C3%A1z,planta%2C%20relacionados%20con%20el%20ambiente.>
- 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.
- Jurado, E y Zambrano, J. (2020). *Efecto de aplicaciones foliares de molibdeno sobre el uso eficiente de nitrógeno y rendimiento en maíz amarillo duro*. [Trabajo grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio institucional <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/14>
- 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: [http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2018/boletin\\_situacional\\_maiz\\_duro\\_2018.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2018/boletin_situacional_maiz_duro_2018.pdf)
- 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). Cosechas de maíz y semillas de arroz reactivan a Manabí y a su economía. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/sipa-estadisticas/estadisticas-productivas>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2020a). Boletín de Precipitación y Temperatura. Sistema de Información Pública Agropecuaria – SIPA. Quito, Ecuador. Consultado en línea (Noviembre 21 de 2020). Disponible en: [http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/precipitacion/2020/boletin\\_agroclima\\_2020.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/precipitacion/2020/boletin_agroclima_2020.pdf)
- 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: [http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/agroquimicos/2020/boletin\\_agroquimicos\\_2020.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/agroquimicos/2020/boletin_agroquimicos_2020.pdf)

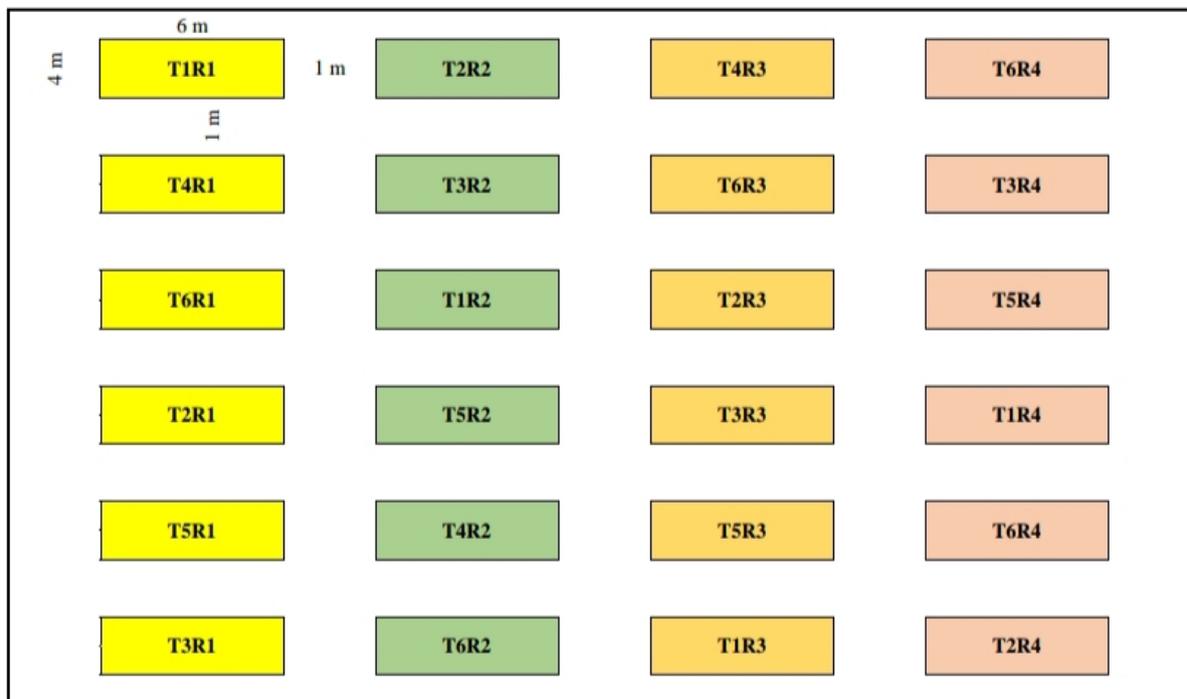
- Magero, E.; Chemining'wa, G.; Kilalo, D. (2018). Effect of macro and micro nutrients on severity of maize lethal necrosis disease and maize grain yield. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology* 5(9), 1 – 11.
- Manuwa, S., Ademosun, O., Akande, L. (2015). Effect of liquid poultry manure application rate and injection depth on growth and yield of maize (ZeamaysL.) in a sandy loam soil. *AgricEngInt: CIGR Journal Open*, 17(1), 1-9
- Martínez, D. (2015). Ecofisiología del cultivo de maíz. *Revista INTA Ediciones*, 2(1), 6-30.
- 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. *Revista Bioagro*, 18(2), 107-114.
- Mendoza, M; Mosqueda, C; Rangel, A; López, A.; Rodríguez, S; Latournerie, L y Moreno, E. (2006). Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz Normal y QPM. *Revista Agricultura Técnica de México*, 32(1), 89-99.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura de Perú). (2013). Condiciones agroclimáticas cultivo de maíz. [https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/direccion\\_informacion\\_agraria/boletines\\_tecnicos/cultivo\\_maiz.pdf](https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/direccion_informacion_agraria/boletines_tecnicos/cultivo_maiz.pdf)
- Morris, T.; Murrell, T.; Beegle, D.; Camberato, J.; Ferguson, R.; Grove, J.; Ketterings, Q.; Kyveryga, P.; Laboski, C.; McGrath, J.; Meisinger, J.; Melkonian, J.; Moebius-Clune, 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 y Aveiga, E. (2016). Fertilización del híbrido experimental de maíz Iniap H-603, con base en la eficiencia agronómica del nitrógeno. *Revista ESPAMCIENCIA*, 7(2), 109-116.
- Natareno, F. (2017). *Evaluación de tres fuentes de potasio en tres híbridos de maíz dulce (Zea mays, Poaceae) en la concentración de sólidos solubles Joyabaj, Quiché*. [Trabajo grado, Universidad Rafael Landívar]. Repositorio institucional <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2017/06/14/Natareno-Francisco.pdf>
- Navarro, G. y Navarro, S. (2014). Fertilizantes: química y acción. Editorial Mundi-Prensa. 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.

- Research and Markets. (2020). Global Corn Market Analysis, 2019-2023: Production, Consumption, Exports, Imports and Yield. Consultado en línea (noviembre 21 de 2020). Disponible en: <https://www.researchandmarkets.com/r/94ldlu>
- 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.
- Steusloff, T.; Singh, G.; Nelson, K.; Motavalli, P. (2019). Enhanced Efficiency Liquid Nitrogen Fertilizer Management for Corn Production. *International Journal of Agronomy*, 1 – 12.
- Suarez, L. (2013). *Respuesta del cultivo de maíz (Zea mays L) a la aplicación de tres bioestimulantes foliares como complemento a la fertilización edáfica, en la zona de San Gabriel, provincia del Carchi*. [Trabajo grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio institucional <http://dspace.utb.edu.ec/>
- 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.
- 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.
- Tyler, W., Singh, G., Kelly, A., y Motavalli, P. (2019). Gestión de fertilizantes de nitrógeno líquido de eficiencia mejorada para la producción de maíz. *Revista Internacional de Agronomía*. Vol. 2019 , ID de artículo 9879273 , pag 12. <https://www.hindawi.com/journals/ija/2019/9879273/>
- University of Illinois. (2018). The Seven Wonders of the Corn Yield World. Consultado en línea (Noviembre 22 de 2020). Disponible en: [http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/research/seven\\_wonders.html](http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/research/seven_wonders.html)
- 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.; Blanc, D. 2017. Water deficit enhances the transmission of plant viruses by insect vectors. *PLoS ONE*, 12(5).
- Walsh, O.; Christiaens, R. (2016). Relative Efficacy of Liquid Nitrogen Fertilizers in Dryland Spring Wheat. *International Journal of Agronomy*, 1 – 9.

Zepeda, R; Carballo, A; Alcántar, G, Hernández, A y Hernández, J. (2002). Efecto de la fertilización foliar en el rendimiento y calidad de semilla de cruza simples en maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(4), 419 – 424.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. CROQUIS DE CAMPO



## ANEXO 2. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO



**Foto 1.** Tratamiento de semillas y siembra.



**Foto 2.** Control de malezas en pre-emergencia.



**Foto 3.** Fertilización líquida en etapas VE, V6 y V10



**Foto 4.** Aplicación foliar.