



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

Proyecto de Investigación  
previo a la obtención del título  
de Ingeniero Agrónomo

**Título del Proyecto de Investigación**

“Efecto de la mecanización y fertilización en la serie de suelos Pichilingue  
sobre el comportamiento agronómico de plantas de maíz híbrido INIAP H-  
554”

**Autor:**

Colling Anderson Cobeña Arguello

**Director del Proyecto de Investigación:**

Ing. Martin Ítalo Orrala Icaza

Quevedo –Ecuador

2021

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **Colling Anderson Cobeña Arguello**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente;

---

Colling Anderson Cobeña Arguello  
**Autor**

## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito **Ing. Martin Ítalo Orrala Icaza**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Colling Anderson Cobeña Arguello**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Efecto de la mecanización y fertilización en la serie de suelos Pichilingue sobre el comportamiento agronómico de plantas de maíz híbrido INIAP H-554**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente;

---

Ing. Martin Ítalo Orrala Icaza  
**Director del Proyecto de Investigación**

## REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito **Ing. Martín Ítalo Orrala Icaza**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**Efecto de la mecanización y fertilización en la serie de suelos Pichilingue sobre el comportamiento agronómico de plantas de maíz híbrido INIAP H-554**”, perteneciente al estudiante de la carrera de Agronomía **Colling Anderson Cobeña Arguello**, CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 7 %.

|                                                                                   |                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                                                                |
| Documento                                                                         | <a href="#">Proy. Inv. Colling Anderon Cobeña 09.11.2021.docx</a> (D118049211) |
| Presentado                                                                        | 2021-11-09 22:07 (-05:00)                                                      |
| Presentado por                                                                    | rgaibor@uteq.edu.ec                                                            |
| Recibido                                                                          | rgaibor.uteq@analysis.orkund.com                                               |
|                                                                                   | 7% de estas 17 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.            |

MARTIN ITALO  
ORRALA ICAZA

Firmado digitalmente por  
MARTIN ITALO ORRALA ICAZA  
Fecha: 2021.11.09 23:33:55  
-06'00'

---

Ing. Martín Ítalo Orrala Icaza  
**Director del Proyecto de Investigación**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

“Efecto de la mecanización y fertilización en la serie de suelos Pichilingue sobre el comportamiento agronómico de plantas de maíz híbrido INIAP H-554”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título  
de:

**Ingeniero Agrónomo**

Aprobado por:

---

Ing. Freddy Sabando Ávila, M.Sc.  
**Presidente del Tribunal**

---

Ing. César Bermeo Toledo, M.Sc.  
**Miembro del Tribunal**

---

Dra. Mayra Vélez Ruiz  
**Miembro del Tribunal**

Quevedo –Ecuador

2021

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, darle gracias al Dios todo poderoso, por ser el mi guía, por brindarme la sabiduría y por permitir las oportunidades que se me otorgaron durante todo el trayecto de mi carrera que fueron fundamentales para llegar a completar este logro de suma importancia en mi vida.

No alcanzaría una hoja de papel para agradecer a mis padres por todo el apoyo que me brindaron desde que comencé la carrera, por ser el motivo principal por el cual es posible este logro, por motivarme, brindarme su tiempo, confianza y por darme apoyo todos los días, y a todos mis familiares que de una u otra manera influyeron en mi desarrollo como profesional.

A mi director de tesis el ing. Ítalo Martín Orarla Icaza por estar presto a ayudar con cualquier duda en el momento que sea.

A una de las mejores personas que pude conocer durante la carrera a la que en la actualidad es mi esposa por todo el apoyo que me ha brindado.

A mi mejor amiga y futura colega Karla Campuzano por brindarme todo su apoyo no solo en la investigación también durante la formación profesional. A Daniel Hidalgo, mi compañero de trabajo y demás amigos que permitieron que esto sea posible.

Colling Anderson Cobeña Arguello

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser pilar fundamental en mí vida, al darme todos los privilegios para poder completar mi formación profesional.

A mis padres Jenny Estela Arguello Vera y José Emilio Cobeña Arguello, mis hermanos Wagner Esteven Cobeña Arguello y José Elían Cobeña Arguello, fueron quienes me motivaron a seguir día a día luchando por cumplir lo deseado guiándome siempre por el camino del bien.

A mis segundos padres Jorge Guatumillo y Zenaida López por creer en mí en todo momento. A mi querida esposa Joselyn de Jesús Guatumillo López por todo el apoyo que me pudieron brindar, ayudándome en lo que a ellos les ha sido posible.

Colling Anderson Cobeña Arguello

## RESUMEN

El manejo de la fertilización tanto edáfica como foliar, así como su aplicación de acuerdo a los cambios generados por la mecanización del suelo son factores determinantes de la producción maicera. Considerando lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la mecanización y fertilización del maíz en las propiedades físicas del suelo y rendimiento. El ensayo se realizó en el Departamento de Suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicado en el km. 5.5 de la vía Quevedo – El Empalme. Se estudiaron tres factores: Factor A: Fertilización edáfica (A1: Sin fertilización edáfica, A2: N-P-K y A3: Fertilización completa); Factor B: Labranza (B1: Sin labranza y B2: Con labranza) y Factor C: Fertilización foliar (C1: Sin fertilización foliar y C2: Con fertilización foliar). Los resultados obtenidos permitieron identificar que el comportamiento agronómico del cultivo varió en cada tratamiento para las variables diámetro del tallo y la altura de planta, sin embargo, el peso de 100 semillas y mazorcas que fueron más largas se presentaron en el T6: NPK+ SL + CFF, (51.15 g y 17.05 cm) y el diámetro de las mazorcas fue mayor en T8: NPK + CL + CFF (4.79 cm). La combinación de fertilización completa en ausencia de labranza y en ausencia de fertilización foliar permitió la obtención de un mayor nivel de rendimiento en el híbrido de maíz en estudio (3597.86 kg ha<sup>-1</sup>). El beneficio económico fue mayor al combinar la fertilización completa con ausencia de labranza y la ausencia de fertilización foliar, con un 64.05% de rentabilidad.

**Palabras claves:** acame, fertilización completa, laboreo de suelos, rendimiento.

## ABSTRACT

The management of both edaphic and foliar fertilization, as well as its application according to the changes generated by the mechanization of the soil are determining factors of corn production. Considering the above, the present research aimed to evaluate the effect of the mechanization and fertilization of corn on the physical properties of the soil and yield. The test was carried out in the Soil Department of the National Institute for Agricultural Research (INIAP), located at km. 5.5 of the Quevedo - El Empalme road. Three factors were studied: Factor A: Edaphic fertilization (A1: Without edaphic fertilization, A2: N-P-K and A3: Complete fertilization); Factor B: Tillage (B1: Without tillage and B2: With tillage) and Factor C: Foliar fertilization (C1: Without foliar fertilization and C2: With foliar fertilization). The results obtained allowed to identify that the agronomic behavior of the crop varied in each treatment for the variables stem diameter and plant height, however, the weight of 100 seeds and ears that were longer were presented in T6: NPK + SL + CFF, (51.15 g and 17.05 cm) and the diameter of the ears was greater in T8: NPK + CL + CFF (4.79 cm). The combination of complete fertilization in the absence of tillage and in the absence of foliar fertilization allowed obtaining a higher level of yield in the maize hybrid under study (3597.86 kg ha<sup>-1</sup>). The economic benefit was greater when combining complete fertilization with the absence of tillage and the absence of foliar fertilization, with a 64.05% profitability.

**Keywords:** lodging, complete fertilization, soil tillage, yield.

## TABLA DE CONTENIDOS

|                                                                                    |      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Portada .....                                                                      | i    |
| Declaración de autoría y cesión de derechos.....                                   | ii   |
| Certificación de culminación del Proyecto de Investigación .....                   | iii  |
| Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico ..... | iv   |
| Certificación de aprobación por Tribunal de Sustentación .....                     | v    |
| Agradecimientos.....                                                               | vi   |
| Dedicatoria.....                                                                   | vii  |
| Resumen .....                                                                      | viii |
| Abstract .....                                                                     | ix   |
| Tabla de contenido.....                                                            | x    |
| Índice de Tablas.....                                                              | xiv  |
| Índice de Anexos .....                                                             | xv   |
| Código Dublín .....                                                                | xvi  |
| Introducción.....                                                                  | 1    |
| CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN                                  |      |
| 1.1. Problematización .....                                                        | 3    |
| 1.1.1. Planteamiento del problema .....                                            | 3    |
| 1.1.2. Formulación del problema.....                                               | 3    |
| 1.1.3. Sistematización del problema.....                                           | 3    |
| 1.2. Objetivos .....                                                               | 4    |
| 1.2.1. Objetivo general .....                                                      | 4    |
| 1.2.2. Objetivos específicos.....                                                  | 4    |
| 1.3. Justificación.....                                                            | 5    |

## CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

|          |                                                                              |    |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.     | Marco teórico .....                                                          | 7  |
| 2.1.1.   | Generalidades del cultivo de maíz.....                                       | 7  |
| 2.1.1.1. | Taxonomía del maíz .....                                                     | 7  |
| 2.1.1.2. | Morfología.....                                                              | 8  |
| 2.1.1.3. | Etapas fenológicas del maíz .....                                            | 9  |
| 2.1.2.   | Híbridos de maíz .....                                                       | 10 |
| 2.1.2.1. | Ventajas del uso de híbridos de maíz .....                                   | 11 |
| 2.1.3.   | Manejo agronómico del cultivo de maíz .....                                  | 11 |
| 2.1.3.1. | Preparación del terreno.....                                                 | 11 |
| 2.1.3.2. | Siembra.....                                                                 | 12 |
| 2.1.3.3. | Control de malezas .....                                                     | 12 |
| 2.1.3.4. | Manejo de plagas y enfermedades.....                                         | 13 |
| 2.1.3.5. | Fertilización del cultivo de maíz .....                                      | 14 |
| 2.1.3.6. | Cosecha .....                                                                | 15 |
| 2.1.4.   | Efectos del uso de maquinaria agrícola en la compactación de los suelos..... | 15 |

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

|      |                                                 |    |
|------|-------------------------------------------------|----|
| 3.1. | Localización de la investigación .....          | 18 |
| 3.2. | Tipo de investigación .....                     | 18 |
| 3.3. | Métodos de investigación.....                   | 18 |
| 3.4. | Fuentes de recopilación de la información.....  | 19 |
| 3.5. | Factores en estudio .....                       | 19 |
| 3.6. | Tratamientos estudiados .....                   | 19 |
| 3.7. | Diseño experimental y análisis estadístico..... | 20 |
| 3.8. | Instrumentos de investigación .....             | 21 |

|          |                                              |    |
|----------|----------------------------------------------|----|
| 3.8.1.   | Material genético .....                      | 21 |
| 3.8.2.   | Manejo del ensayo .....                      | 21 |
| 3.8.2.1. | Preparación y delimitación del terreno ..... | 21 |
| 3.8.2.2. | Siembra .....                                | 22 |
| 3.8.2.3. | Control de malezas .....                     | 22 |
| 3.8.2.4. | Control de plagas y enfermedades .....       | 22 |
| 3.8.2.5. | Fertilización .....                          | 22 |
| 3.8.2.6. | Cosecha .....                                | 23 |
| 3.9.     | Variables evaluadas .....                    | 23 |
| 3.9.1.   | Altura de planta (cm) .....                  | 23 |
| 3.9.2.   | Diámetro de tallo (mm) .....                 | 23 |
| 3.9.3.   | Diámetro de la mazorca (cm) .....            | 23 |
| 3.9.4.   | Longitud de la mazorca (cm) .....            | 23 |
| 3.9.5.   | Peso de 100 semillas (g) .....               | 24 |
| 3.9.6.   | Rendimiento de grano .....                   | 24 |
| 3.9.7.   | Análisis económico .....                     | 24 |
| 3.10.    | Recursos humanos y materiales .....          | 25 |
| 3.10.1.  | Recursos humanos .....                       | 25 |
| 3.10.2.  | Recursos materiales .....                    | 25 |

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

|        |                                                                      |    |
|--------|----------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.   | Resultados .....                                                     | 27 |
| 4.1.1. | Altura de la planta .....                                            | 27 |
| 4.1.2. | Diámetro del tallo .....                                             | 28 |
| 4.1.3. | Diámetro y longitud de la mazorca .....                              | 29 |
| 4.1.4. | Peso de 100 semillas (g) y rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) ..... | 29 |

|          |                                        |    |
|----------|----------------------------------------|----|
| 4.1.5.   | Análisis económico .....               | 30 |
| 4.1.5.1. | Costo de los tratamientos .....        | 30 |
| 4.1.5.2. | Ingresos totales por tratamientos..... | 31 |
| 4.1.5.3. | Relación beneficio/costo .....         | 32 |
| 4.2.     | Discusión.....                         | 33 |

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

|      |                      |    |
|------|----------------------|----|
| 5.1. | Conclusiones .....   | 36 |
| 5.2. | Recomendaciones..... | 37 |

## CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

|      |                                  |    |
|------|----------------------------------|----|
| 6.1. | Referencias bibliográficas ..... | 39 |
|------|----------------------------------|----|

## CAPÍTULO VII. ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

|           |                                                                                                                                                   |    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1.  | Características climáticas de la zona de estudio .....                                                                                            | 18 |
| Tabla 2.  | Descripción de los tratamientos evaluados .....                                                                                                   | 20 |
| Tabla 3.  | Esquema del análisis de varianza utilizado en el ensayo .....                                                                                     | 21 |
| Tabla 4.  | Altura de plantas en el cultivo de maíz en respuesta la aplicación de fertilización edáfica, foliar y labranza.....                               | 27 |
| Tabla 5.  | Diámetro del tallo en el cultivo de maíz en respuesta la aplicación de fertilización edáfica, foliar y labranza.....                              | 28 |
| Tabla 6.  | Diámetro y longitud de la mazorca en el cultivo de maíz en respuesta la aplicación de fertilización edáfica, foliar y labranza .....              | 29 |
| Tabla 7.  | Peso de 100 semillas y rendimiento por hectárea en el cultivo de maíz en respuesta la aplicación de fertilización edáfica, foliar y labranza..... | 30 |
| Tabla 8.  | Costos de cada uno de los tratamientos en estudio .....                                                                                           | 31 |
| Tabla 9.  | Ingresos totales por cada uno de los tratamientos en estudio .....                                                                                | 32 |
| Tabla 10. | Peso de 100 semillas y rendimiento por hectárea en el cultivo de maíz en respuesta la aplicación de fertilización edáfica, foliar y labranza..... | 32 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|          |                                                                            |    |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1. | Evaluación de la altura de planta a los 15 días en el cultivo de maíz..... | 45 |
| Anexo 2. | Evaluación del diámetro del tallo a los 15 días en el cultivo de maíz..... | 45 |
| Anexo 3. | Cultivo de maíz a los 20 días después de la siembra.....                   | 46 |
| Anexo 4. | Evaluación del diámetro del tallo a los 15 días en el cultivo de maíz..... | 46 |
| Anexo 5. | Tratamiento a base de NPK.....                                             | 47 |
| Anexo 6. | Tratamiento a base de fertilización completa .....                         | 47 |
| Anexo 7. | Tratamiento a base de fertilización completa .....                         | 48 |

## CÓDIGO DUBLÍN

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Título:</b>              | Efecto de la mecanización y fertilización en la serie de suelos Pichilingue sobre el comportamiento agronómico de plantas de maíz híbrido INIAP H-554                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Autor:</b>               | Colling Anderson Cobeña Arguello                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Palabras clave:</b>      | Acame, fertilización completa, laboreo de suelos, rendimiento.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Fecha de publicación</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Editorial:</b>           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Resumen:</b>             | <p>El manejo de la fertilización tanto edáfica como foliar, así como su aplicación de acuerdo a los cambios generados por la mecanización del suelo son factores determinantes de la producción maicera. Considerando lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la mecanización y fertilización del maíz en las propiedades físicas del suelo y rendimiento. El ensayo se realizó en el Departamento de Suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicado en el km. 5.5 de la vía Quevedo – El Empalme. Se estudiaron tres factores: Factor A: Fertilización edáfica (A1: Sin fertilización edáfica, A2: N-P-K y A3: Fertilización completa); Factor B: Labranza (B1: Sin labranza y B2: Con labranza) y Factor C: Fertilización foliar (C1: Sin fertilización foliar y C2: Con fertilización foliar). Los resultados obtenidos permitieron identificar que el comportamiento agronómico del cultivo varió en cada tratamiento para las variables diámetro del tallo y la altura de planta, sin embargo, el peso de 100 semillas y mazorcas que fueron más largas se presentaron en el T6: NPK+ SL + CFF, (51.15 g y 17.05 cm) y el diámetro de las mazorcas fue mayor en T8: NPK + CL + CFF (4.79 cm). La combinación de fertilización completa en ausencia de labranza y en ausencia de fertilización foliar permitió la obtención de un mayor nivel de rendimiento en el híbrido de maíz en estudio (3597.86 kg ha<sup>-1</sup>). El beneficio económico fue mayor al combinar la fertilización completa con ausencia de labranza y la ausencia de fertilización foliar, con un 64.05% de rentabilidad.</p> |
| <b>Descripción:</b>         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Url</b>                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz es de vital importancia para la seguridad alimentaria del Ecuador con una siembra alrededor de 283.726 ha en el Litoral ecuatoriano, su producción está sometida a una serie de factores que cuando son manejados de manera adecuada, el material genético utilizado muestra todo su potencial de productividad (Hernández, 2006). Uno de esos factores es la nutrición y siempre se pensó en que era suficiente la aplicación de fertilizantes que contuvieran nitrógeno, fósforo y potasio.

Hoy es necesario pensar en una nutrición balanceada que, a más de N, provea al cultivo de todos los macro y micronutrientes que resultaren deficientes en el suelo. Lo indicado anteriormente, se enmarca en lo que se conoce como Nutrigenómica que estudia las interacciones genes por macro y micronutrientes, ayudando al diseño y mejorando alimentos o suplementos bioactivos, para llevar a cabo modificaciones en la dieta y mantener la salud de un individuo en situaciones específicas (Alarcón, 2016). El N, es el elemento nutritivo que más limita la productividad del cultivo de maíz. Este nutriente es responsable del crecimiento y reproducción de las plantas y todos los organismos vivos, siendo constituyente de las proteínas, enzimas, y de muchos procesos metabólicos intermedios involucrados en la síntesis y transferencia de energía (Cavallini, 2008), así como, de los ácidos desoxirribonucleicos estructurales del código genético.

La compactación del suelo, limita el desarrollo y crecimiento de las raíces, provoca en aquellas que logran penetrar deformaciones, estrangulaciones y otras anomalías morfológicas que alteran el sistema de conducción hacia la parte aérea de las plantas. Con base en lo anterior se puede deducir que los suelos compactados son menos productivos (Zuñiga, 2018). Existen diferentes implementos agrícolas diseñados para realizar la tarea de descompactar los suelos, entre ellos están: el subsolador, el arado de cincel y el arado de discos. El uso de este tipo de maquinaria no siempre es el adecuado. Por ejemplo, no se toma en cuenta el grado de humedad del suelo, cuando se realiza la descompactación o subsolado, dando como resultado la persistencia del problema de compactación o incluso aumentándola (Marrero, 2018). La mayoría de los cultivos requieren suelos bien preparados y si esta se lleva a cabo correctamente los costos serán rentables (Zuñiga, 2018), porque las actividades posteriores a la preparación serán más fáciles y el rendimiento será mayor.

## **CAPÍTULO I**

### **CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problematicación**

### **1.1.1. Planteamiento del problema**

La maquinaria agrícola ejerce una presión continua sobre el suelo, donde el pase del tractor es el que produce el efecto más importante en el suelo, la compactación que es una de las causas principales en los bajos niveles de producción en el cultivo de maíz, ya que los productores de esta zona manejan una agricultura mecanizada, esto ha contribuido con la degradación del suelo, siendo la capa arable la más afectada.

El uso inadecuado de la dosificación de fertilizante, es un problema por la falta de conocimiento de los agricultores de la zona. El mal uso de los fertilizantes se traduce en pérdidas económicas para el agricultor, afecta el suelo, al ecosistema, también minimiza el rendimiento del cultivo y afecta la morfología de la planta.

El mal uso de la maquinaria agrícola y el inadecuado manejo de la fertilidad de los suelos afecta directamente la producción de los cultivos tales como el maíz, sin embargo, muy poco se conoce sobre los efectos en la fisiología y morfología de este cultivo al exponerlo a diferentes procesos de mecanización y fertilidad en los suelos.

### **1.1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto de la mecanización y fertilización en la serie de suelos Pichilingue sobre el comportamiento agronómico, rendimiento y rentabilidad del maíz híbrido INIAP H-554?

### **1.1.3. Sistematización del problema**

¿Cuáles son las variaciones en el comportamiento agronómico de plantas de maíz por efecto de mecanización del suelo y fertilización?

¿Cuál es la interacción que provoca los mejores rendimientos del maíz híbrido INIAP-H554, por efecto de la mecanización y fertilización?

¿Cuál es la relación beneficio costo de los tratamientos basado en los niveles de mecanización y fertilización del cultivo del maíz?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de la mecanización y fertilización en la serie de suelos Pichilingue sobre el comportamiento agronómico, rendimiento y rentabilidad del maíz híbrido INIAP H-554.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar las variaciones en el comportamiento agronómico de plantas de maíz por efecto de mecanización del suelo y fertilización.
- Identificar la interacción que provoca los mejores rendimientos del maíz híbrido INIAP-H554, por efecto de la mecanización y fertilización.
- Realizar un análisis económico en relación beneficio costo de los tratamientos basado en los niveles de mecanización y fertilización del cultivo del maíz.

### **1.3. Justificación**

En el Ecuador existen variedades locales de maíz que no cuentan con una descripción agronómica y morfológica que ayuden al agricultor a desarrollar sistemas eficientes de producción y establecer épocas definidas para el establecimiento del cultivo que garanticen la seguridad alimentaria, sostenibilidad rural y supervivencia de las futuras generaciones.

El maíz es uno de los productos agrícolas más importantes para el Ecuador, aunque varios procesos de manejo del cultivo son conocidos, se requieren estudios adicionales sobre los efectos que ciertos procesos pueden ocurrir en el agroecosistema de maíz.

La mecanización excesiva, mal manejo del suelo genera compactación de los suelos por lo que se disminuye la capacidad de retención e infiltración del agua, dando paso a encharcamientos, sin embargo, se desconoce sobre los efectos que tiene la mecanización agrícola y la fertilización sobre el híbrido de maíz INIAP H-554.

El determinar los procesos de manejo como la mecanización y la fertilidad permitirá la optimización de los recursos disponibles por el agricultor, de esta manera verificar los efectos directos sobre la producción del híbrido de maíz INIAP H-554. Este estudio permitió validar alternativas de labranza mecanizada y así minimizar los efectos causados por el sistema de labranza, sin que esto implique disminuir los rendimientos en el cultivo de maíz. Esta intención tiene una implicación de vinculación muy fuerte con el sector agrícola del área de influencia, por lo que beneficiará a agricultores y técnicos de campo para la toma de decisiones al momento de concatenar la fertilización edáfica, foliar y la mecanización para la obtención de mayores rendimientos en el cultivo de maíz.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco teórico**

### **2.1.1. Generalidades del cultivo de maíz**

El maíz es una planta monocotiledónea, pertenece a la familia de las gramíneas. Es una gramínea anual originaria y domesticada por pueblos indígenas en Centroamérica desde hace unos diez mil años, e introducida en Europa en el siglo XVII. Actualmente, es el cereal con el mayor volumen de producción a nivel mundial (Ortas, 2008).

El maíz en el Ecuador se cultiva en todo el país excluyendo los páramos y subpáramos (por encima de los 3.000 metros de altitud), con siembras concentradas en la región sierra en las provincias de Loja, Azuay y Pichincha; y en menor proporción en Bolívar, Chimborazo, Tungurahua e Imbabura, y en la Costa en las provincias de Manabí, seguidas de Esmeraldas y Guayas (Contreras, 2017).

La superficie sembrada en el periodo 2017 según datos del Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA, 2018), fue de 262 351 hectáreas distribuidas en las provincias de Manabí, Los ríos, Loja, Guayas, Santa Elena y El Oro con una participación en la producción nacional del 36.42, 35.10, 13.36, 12.97, 1.28 y 0.86 % respectivamente provenientes de las 1 474 048 toneladas del ciclo productivo del 2017.

#### **2.1.1.1. Taxonomía del maíz**

La clasificación del maíz de acuerdo a Figueroa, (2013) es la siguiente:

|              |                  |
|--------------|------------------|
| Reino:       | Vegetal          |
| Subreino:    | Embriobionta     |
| División:    | Angiospermae     |
| Subdivisión: | Magnoliophyta    |
| Clase:       | Monocotyledoneae |
| Orden:       | Poales           |
| Familia:     | Poaceae          |
| Género:      | <i>Zea</i>       |
| Especie:     | <i>mays</i>      |

### 2.1.1.2. Morfología

Según Ortas (2008), la planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual. De acuerdo a este autor el cultivo de maíz presenta las siguientes características morfológicas:

- **Raíces:** Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (Riquero, 2019).
- **Tallo:** El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal (López, 2013)
- **Hojas:** Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (López, 2013).
- **Inflorescencia:** El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominada espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen.

En cada florecilla que compone la panícula del maíz se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina de este cultivo marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral (Zacapa, 2015).

- **El Fruto:** Es clasificado como cariósipide, fruto seco que no se cae de su soporte. Este proviene de un ovario compuesto. La cubierta del grano está fuertemente adherida al pericarpio (Ortas, 2008).

### **2.1.1.3. Etapas fenológicas del maíz**

El cultivo de maíz tiene dos etapas fenológicas, de las cuales cada una se divide en diferentes fases, las cuáles son:

#### **a) Etapa Vegetativa**

Con condiciones ambientales adecuadas, la germinación comienza cuando la semilla absorbe, aproximadamente, el 50% de su peso en agua. Los 2 primeros estados vegetativos se los identifican con letras:

VE - Emergencia - La emergencia ocurre cuando las primeras hojas, llamadas coleóptilos aparecen sobre la superficie del suelo. La radícula emerge rápidamente cerca de la punta del grano, dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura del suelo (Paredes, 2013).

VC - Primera hoja - Una hoja con lígula visible (estructura que se encuentra en la base de la lámina). La punta de la primera hoja en maíz es redondeada (Pohl, 2017).

V2 - Segunda hoja - Las raíces nodales comienzan a emerger debajo del suelo. Las raíces seminales comienzan a senescer (Córdoba, 2017).

V4 - Cuarta hoja - Las raíces nodales son dominantes, ocupando mayor volumen en el suelo que las raíces seminales. Las hojas aún siguen desarrollándose en el meristemo apical (crecimiento primario de la planta) (Córdoba, 2017).

V6 - Sexta hoja - Seis hojas con lígula visible. La primera hoja con punta redondeada senescio (Ortas, 2008).

V10 - Diez hojas - Las raíces adventicias (o de anclaje) comienzan a desarrollarse en los nudos localizados en la parte inferior de la planta y por encima del nivel del suelo (López, 2013).

V14 - Catorce hojas - Crecimiento rápido. Esta etapa ocurre aproximadamente dos semanas antes de floración (Ortas, 2008).

VT- Espigado - Se están definiendo el número final de granos y el tamaño potencial de la mazorca (Paredes, 2013).

## **b) Etapa reproductiva**

R1 - Inicio de Floración - La floración ocurre cuando un estigma es visible fuera de las hojas que cubren el jilote (“brácteas”). Los primeros estigmas en emerger son los que están asociados a granos potenciales en la base del jilote. Los estigmas permanecen activos hasta ser polinizados (Pérez, 2015).

R2 - Ampolla - Los estigmas se oscurecen y comienzan a secarse (aproximadamente 12 días después de floración). Los granos son blancos, similares a una ampolla y contienen un fluido claro (Justiniano, 2010).

R3 -Grano lechoso - Los estigmas se secan (aproximadamente 20 días después de floración). Los granos alcanzan su color Catorce hojas - Crecimiento rápido. Esta etapa ocurre aproximadamente dos semanas antes de floración (Ortas, 2008).

VT- Espigado - Se están definiendo el número final de granos y el tamaño potencial de la mazorca (Paredes, 2013).

### **2.1.2. Híbridos de maíz**

Generalmente se producen numerosos tipos de híbridos (simples, triples, compuestos) generados en los Programas de Mejoramiento Genético de maíz, para combinar diferentes caracteres de distintos genotipos similares. En cuestión para optimizar genéticamente al maíz, se debe involucrar un requerimiento explícito y diferente. Los híbridos logran un mayor rendimiento de grano debido a una fertilización completa, y a un número máximo de plantas por hectárea. Indican que los agricultores pueden lograr grandes utilidades; con una buena semilla, y aumentando la densidad de siembra, incrementarían sus cosechas, y su capacidad productiva sería mayor (Ormaza, 2012).

El híbrido INIAP H-554 se puede sembrar aprovechando las primeras lluvias de la época invernal y en verano en zonas con disponibilidad de riego o bajo condiciones de humedad

remanente. INIAP H-554, es un híbrido convencional simple, resultado del cruce entre la línea S4 L-21-3-1-1-COM-2 (progenitor femenino), obtenida por el Programa de Maíz de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) y la línea CML-172 (progenitor masculino), introducida del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Las principales características agronómicas de INIAP H-554, de grano amarillo, alto potencial productivo, tolerante a enfermedades foliares, excelentes características agronómicas y alta calidad de proteína.

#### **2.1.2.1. Ventajas del uso de híbridos de maíz**

- Comparando los híbridos de maíz con las variedades criollas y las sintéticas, podemos enumerar las siguientes ventajas.
- Máxima producción del grano. Igualdad en la floración, en la altura de planta y en la maduración.
- Se logran plantas más pequeñas, pero potencial notable para resistir el acame y la rotura a nivel de campo
- Conservan mayor sanidad de mazorca y grano; y generalmente son de mayor precocidad y de producción temprana.

#### **2.1.3. Manejo agronómico del cultivo de maíz**

##### **2.1.3.1. Preparación del terreno**

La preparación del suelo depende del sistema de producción que utiliza el productor. Influyen otros factores como precipitación, tipo de suelo y condición económica del productor. El recurso más importante es el suelo y se debe conservar. Si se tiene una apropiada preparación del suelo, tendrá control de maleza, permeabilidad, control de plagas y excelente germinación de la semilla (Blanco, 2016). El objetivo principal es certificar un buen desarrollo del cultivo para lograr un óptimo potencial productivo. Se debe presentar una adecuada temperatura, humedad y buena aireación para que la semilla pueda germinar de manera precisa.

### **2.1.3.2. Siembra**

El uso de altas densidades de población en maíz se traduce en un mejor uso del terreno (Reta, Mascorro, & Carrillo, 2000); (Subedi, Ma, & Smith , 2006), que en conjunto con un área foliar grande (Valentinuz & Tollenaar, 2006) permiten al productor aumentar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie; debido a que la radiación fotosintéticamente activa, ubicada en longitudes de onda de 400 a 700 nm (Tinico, 2008).

La densidad de plantas optima en el cultivo de maíz debe ser adecuada en función de la disponibilidad de recursos: agua y nutrientes. En maíz, la disponibilidad de recursos por planta en el periodo previo y pos floración (alrededor de 30 días) define el número de granos por planta. Condiciones de baja disponibilidad de recursos por planta han sido generadas, entre otras causas, por escasas precipitaciones, por suelos someros, y por excesiva densidad de plantas. En casos extremos de baja tasa de crecimiento por planta en período de floración se puede observar plantas estériles (López, 2015).

La densidad óptima en maíz es la menor densidad que posibilita maximizar el rendimiento en grano. La densidad óptima depende de la plasticidad vegetativa y reproductiva del cultivar que se haya utilizado para el establecimiento de la plantación (Sarlangue, 2007).

Al utilizar bajas densidad de plantas se corre el riesgo de no aprovechar adecuadamente los recursos en años con mayores precipitaciones o en sectores del lote con mayor oferta de agua. Por lo tanto, en planteos productivos de baja densidad de plantas es importante la utilización de híbridos con alta plasticidad reproductiva, ya sea por tener la capacidad de generar varias espigas por planta o por lograr espigas con mayor número de granos. Los híbridos con plasticidad reproductiva en condiciones de mayor oferta de recursos por planta incrementan su rendimiento individual y compensan el menor número de plantas, permitiendo adecuado rendimiento del cultivo (López, 2015).

### **2.1.3.3. Control de malezas**

El control de malezas es importante en la producción de maíz, y favorece la entrada de luz, nutrientes y agua al cultivo, lo cual conlleva a mejorar el rendimiento y la calidad del grano del maíz. Las malezas dificultan las labores de cosecha, y pueden favorecer la presencia de

plagas y enfermedades. En forma general, se deben controlar las malezas, cuando estos compitan con el cultivo o cuando estos tengan 4 a 6 cm de altura al momento de la siembra; y después de la siembra, cada 20 a 30 días, para que estos no reduzcan los rendimientos de la producción (Acuña, 2001).

Cuando existe mayor índice de malezas es importante conocer y llevar a cabo ciertos métodos, como es el uso de las prácticas culturales y el control químico, utilizado como herbicidas. El uso de los herbicidas se debe manipular con ciertos conocimientos técnicos para lograr una aplicación eficiente y oportuna. Se debe alternar sustancias, cambiar y combinar herbicidas, y rotar los métodos de control, para de esta manera no favorecer las resistencias de las malezas a determinados grupos químicos. No se deben aplicar dosis extremas, o irrespetar lo que indique la etiqueta del herbicida (Labrada, 2006).

En el período de efectuar el control de malezas, se debe considerar ciertas estrategias de manejo, así como también las especies de malezas que se presenten en el cultivo, el momento de su incidencia, el daño que causa y el tipo de rotación del cultivo. Las eliminaciones de las malezas se pueden controlar antes de la siembra o cuando la producción ya está determinada. Es importante indicar que, para un manejo eficiente de las malezas, es importante la rotación de los cultivos, ya que ayuda a prevenir ciertos peligros de aparición de plantas invulnerables a los herbicidas (Labrada, 2006).

#### **2.1.3.4. Manejo de plagas y enfermedades**

El maíz (*Zea mays* L.), al igual que otros cultivos explotarlos a nivel comercial es atacado por numerosos insectos plagas, los mismos que a su vez poseen sus respectivos enemigos naturales. Varios son los insectos que causan daños a este cultivo, ya sea atacando la semilla, las raíces, el tallo, las hojas y el fruto. Sin embargo, unos pocos son de importancia económica. En la actualidad, el "gusano cogollero", *Spodoptera frugiperda*; el "barrenador del tallo", *Diatraea* spp. y el "falso medidor", *Mocis latipes*, constituyen las principales plagas del cultivo de maíz (García, 2009).

Las enfermedades foliares son las más visibles en la planta de maíz por lo tanto a primera vista, son más alarmantes. Muchas enfermedades foliares avanzan desde las hojas inferiores hacia las superiores a medida que los azúcares son traslocados de las hojas a las mazorcas.

Las enfermedades foliares de importancia global que se encuentran en el maíz en la zona tropical son los tizones, las manchas y las royas de las hojas (Delgado, 2016).

#### **2.1.3.5. Fertilización del cultivo de maíz**

##### **a) Fertilización edáfica**

La fertilización edáfica se la realiza en conjunto con la siembra. Por lo general se recomienda primero realizar un análisis de suelo que permita identificar los elementos nutricionales que tiene el suelo, y en qué cantidad se puede aplicar las dosis de fertilizantes que requiere el cultivo para la obtención de una buena producción del maíz (García, 2014).

Existen tres factores que deben ser estimados al momento de elegir el mejor fertilizante:

- **Rendimiento potencial de la variedad o híbrido a utilizarse:** Debe conocerse la existencia de los híbridos o variedades que generan una alta producción, para que el rendimiento sea superior al esperado.
- **Fase nutricional del suelo:** Lo más significativo es realizar un análisis fisicoquímico del suelo para determinar qué tipo de fertilizantes se debe utilizar, ya que ayudaría a ver el nivel de nutrientes que posee el suelo y ajustar la fertilización que requiere el cultivo; y así llegar a producir de manera eficaz.
- **Períodos fenológicos del maíz:** A medida que se desarrolla el maíz, éste requerirá los diferentes nutrientes para un mejor desarrollo y optima producción.

Estos tres factores deben tomarse en cuenta ya que maximizan la producción de maíz. Los macronutrientes necesarios para el cultivo del maíz son: Fósforo (P), Potasio (K) y Nitrógeno (N).

##### **b) Fertilización foliar**

Las aplicaciones de fertilizantes foliares se usan para cubrir una inmediata necesidad de nutrición, o donde las condiciones del suelo restringen la disponibilidad de nutrientes

específicos. Productos foliares correctamente formuladas son cada vez más importantes para asegurar una nutrición balanceada para el maíz. Se pueden aplicar una vez que las plantas tengan lo suficiente de follaje, normalmente de la etapa V2 (Rodríguez, 2019). Los fosfitos son derivados del ácido fosforoso que se combinan con diferentes elementos como Ca, K, Al, Mn, Mg y Zn. Su acción está referida como fertilizante, bioestimulante, inductor de resistencia y en algunos casos, como fungicida tanto en cultivos extensivos como intensivos. Los fosfitos con el catión unido tienen influencia sobre la nutrición de las plantas, entre los cationes principales están potasio, cobre y manganeso. Por eso en algunos cultivos y en dosis adecuadas, el fosfito de potasio incrementa el rendimiento (Carmona, 2010).

#### **2.1.3.6. Cosecha**

Una cosecha de maíz oscila entre los 100 y 150 días posteriores al momento de la siembra, y es cuando la mazorca está en condiciones idóneas. El tiempo de la cosecha puede variar dependiendo del tipo de semilla que se sembró, al igual que la zona en donde se la sembró y de acuerdo a las condiciones del factor clima. La cosecha manual del cultivo de maíz se la realiza con apoyo de varios ganchos y clavijas que valen como instrumento para facilitar al agricultor en separar la mazorca y su deshoje. Luego se recogen las mazorcas para su desgrane (Baca, 2016).

La cosecha de maíz con maquinaria agrícola se encarga de arrancar la mazorca y desgranar el maíz en un solo pase, facilitando al agricultor a que ahorre tiempo y mano de obra. Hay que tener en consideración que, si no se arregla a tiempo alguna falla o avería en la máquina, este podría traer grandes consecuencias de pérdidas en la producción (Quijije, 2019). Una vez que el maíz ha alcanzado su madurez fisiológica, el rendimiento no debe ser alterado. Es preciso sacar el maíz del campo pertinentemente para así conservar la producción hasta su comercialización, sino se la realiza en su tiempo, podría deteriorarse la cantidad y calidad del grano, por lo que reduciría la utilidad del agricultor (Heck, 2016).

#### **2.1.4. Efectos del uso de maquinaria agrícola en la compactación de los suelos**

Según Quijije (2019) indican que en suelos extremadamente densos o compactados se impide el crecimiento de las raíces y de este modo se limita el consumo de agua a la planta,

lo que afecta su rendimiento. La respuesta de la raíz a la compactación puede ser compleja debido a las numerosas formas en las que ésta puede modificar las propiedades físicas del suelo. En cualquier situación de compactación, el maíz muestra una pobre capacidad de macollaje, lo que se traduce en una reducción de su capacidad para compensar una baja densidad de plantas. Por otra parte, si las plantas no llegan al umbral de crecimiento adecuado durante el período comprendido entre quince días antes y quince días después de la floración, serán estériles (Bomben, 2010).

Existen dos tipos de preparación del suelo; la convencional y labranza cero. La labranza es una operación agrícola que traza surcos profundos en la tierra, ya sea con alguna herramienta o mediante un arado. Mediante la labranza se facilita la circulación de agua para un adecuado riego, saca la mala hierba, mejora la textura del suelo, además evita el encharcamiento. Labranza cero o siembra directa: No existe la preparación del suelo con maquinaria, se siembra directamente la semilla utilizando un disco de corte que se realiza en el suelo. La técnica requiere el control de malezas antes de la siembra, así como de las fertilizaciones oportunas ya que la mineralización de los nutrientes es mucho más lenta. Se recomienda este sistema porque evita la erosión del suelo (Quijije, 2019).

Antes de empezar la siembra se debe realizar un riego para que la semilla tenga una excelente germinación y emergencia, y para que la planta logre su crecimiento, y cuando logre 6 a 7 hojas, volver a un nuevo riego (Sandal, 2014). La labranza mínima y labranza cero son similares ya que muy poco o nada se labra antes de sembrar, se puede decir que la siembra es más directa. En la labranza mínima, los cultivos pueden sembrarse de manera inmediata después de que se haya cosechado anteriormente a otro cultivo. A diferencia de la labranza convencional, que necesita de más tiempo para ser sembrado. (Quijije, 2019).

El trabajo del suelo con el uso constante de la maquinaria, el suelo cesa, se oxigena y se mezcla para facilitar el ingreso de agua, mineral y nutriente, reduciendo las plagas en la superficie. El arado acelera el proceso de degradación de la materia orgánica, pulveriza el suelo, y aumenta el riesgo de erosión (Quijije, 2019). El acceso de maquinaria sin compactar el suelo, permite que el nitrógeno abone el suelo sin que pierda mucha agua de riego por evaporación. Se pueden sembrar semillas no tan profundas y los residuos de los cultivos sembrados se pueden dejar en los surcos para que haya una estabilización (Lescano Mosquera, 2012).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización de la investigación

La presente investigación se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Experimental Tropical Pichilingue, ubicado en el km. 5.5 de la vía Quevedo – El Empalme, Sector Pichilingue, ubicado en las coordenadas geográficas 1°04'36.5" latitud Sur y 79°29'18.1" longitud Oeste, a una altitud de 80 m.s.n.m. La siembra del cultivo de maíz se realizó en el lote nuevo Pichilingue, sector Meteorología. Las características agroclimáticas del sitio experimental se presentan en la Tabla 1:

Tabla 1. Características climáticas de la zona de estudio

| Parámetros          | Características |
|---------------------|-----------------|
| Temperatura         | 26 °C           |
| Precipitación       | 1585 mm         |
| Precipitación anual | 2252.0 mm       |
| Heliofanía          | 1213 horas      |
| Humedad relativa    | 80%             |

**Fuente:** Datos tomados de la estación meteorológica INIAP Pichilingue

### 3.2. Tipo de investigación

Se llevó a cabo una investigación de tipo experimental y exploratoria, siendo experimental porque se manejaron diferentes tratamientos para cuantificar su efecto en el cultivo a través de la evaluación de variables de respuesta. También, fue de tipo exploratoria, puesto que el tema de estudio no tiene antecedentes en el área de influencia de la investigación.

### 3.3. Métodos de investigación

Durante el proceso de investigación, se hizo uso de los siguientes métodos: inductivo, deductivo y analítico. El método inductivo se aplicó en el planteamiento de las variables de respuesta, el método deductivo para identificar el efecto específico de los tratamientos en estudio sobre las variables de respuesta. Finalmente, el método analítico fue la base para el análisis e interpretación de los datos obtenidos en la evaluación de las variables la posterior generación de resultados.

### **3.4. Fuentes de recopilación de la información**

La recopilación de información para la investigación se efectuó mediante la observación directa (fuentes primarias) a través evaluación de diferentes variables de respuesta consideradas de acuerdo a los objetivos de la investigación. También se obtuvo información de fuentes secundarias constituidas por libros, boletines divulgativos, manuales técnicos, revistas, publicaciones y documentos en línea que contuvieron información relevante sobre el tema de estudio.

### **3.5. Factores en estudio**

Se tomaron en consideración tres factores de estudio: Fertilización edáfica, labranza, fertilización foliar, cuyos niveles se muestran a continuación:

#### **Factor A: Fertilización edáfica**

A1: Sin fertilización edáfica (SFE)

A2: N-P-K (F-NPK)

A3: Fertilización completa (FC)

#### **Factor B: Labranza**

B1: Sin labranza (SL)

B2: Con labranza (CL)

#### **Factor C: Fertilización foliar**

C1: Sin fertilización foliar (SFF)

C2: Con fertilización foliar (CFF)

### **3.6. Tratamientos estudiados**

Se estudiaron 12 tratamientos, conformados por las interacciones de los factores en estudio, tal como se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2. Descripción de los tratamientos evaluados

| Tratamientos | Fertilización Edáfica                  | Mecanización (labranza)  | Fertilización Foliar                  |
|--------------|----------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| T1: A1B1C1   | A1:<br>Sin fertilización edáfica (SFE) | B1:<br>Sin labranza (SL) | C1:<br>Sin fertilización foliar (SFF) |
| T2: A1B1C2   | A1:<br>Sin fertilización edáfica (SFE) | B1:<br>Sin labranza (SL) | C2:<br>Con fertilización foliar (CFF) |
| T3: A2B1C1   | A1:<br>Sin fertilización edáfica (SFE) | B2:<br>Con labranza (CL) | C1:<br>Sin fertilización foliar (SFF) |
| T4: A2B1C2   | A1:<br>Sin fertilización edáfica (SFE) | B2:<br>Con labranza (CL) | C2:<br>Con fertilización foliar (CFF) |
| T5: A3B1C1   | A2:<br>N-P-K (NPK)                     | B1:<br>Sin labranza (SL) | C1:<br>Sin fertilización foliar (SFF) |
| T6: A3B1C2   | A2:<br>N-P-K (NPK)                     | B1:<br>Sin labranza (SL) | C2:<br>Con fertilización foliar (CFF) |
| T7: A1B2C1   | A2:<br>N-P-K (NPK)                     | B2:<br>Con labranza (CL) | C1:<br>Sin fertilización foliar (SFF) |
| T8: A1B2C2   | A2:<br>N-P-K (NPK)                     | B2:<br>Con labranza (CL) | C2:<br>Con fertilización foliar (CFF) |
| T9: A2B2C1   | A3:<br>Fertilización completa (CFC)    | B1:<br>Sin labranza (SL) | C1:<br>Sin fertilización foliar (SFF) |
| 10: A2B2C2   | A3:<br>Fertilización completa (CFC)    | B1:<br>Sin labranza (SL) | C2:<br>Con fertilización foliar (CFF) |
| 11: A3B2C1   | A3:<br>Fertilización completa (CFC)    | B2:<br>Con labranza (CL) | C1:<br>Sin fertilización foliar (SFF) |
| 12: A3B2C2   | A3:<br>Fertilización completa (CFC)    | B2:<br>Con labranza (CL) | C2:<br>Con fertilización foliar (CFF) |

### 3.7. Diseño experimental y análisis estadístico

Para el diseño estadístico de la investigación, se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con parcelas subdivididas, obteniendo doce tratamientos y tres repeticiones para cada tratamiento. La información se procesó en el programa estadístico InfoStat cada

tratamiento evaluado fue sometido a las pruebas de ANOVA y pruebas de rango múltiple de Tukey con nivel de significancia del 0.05%. El esquema del análisis de varianza utilizado en el ensayo se presenta en la Tabla 3:

Tabla 3. Esquema del análisis de varianza utilizado en el ensayo

| <b>Fuentes de variación</b>      | <b>Grados de libertad</b> |
|----------------------------------|---------------------------|
| Repeticiones                     | 2                         |
| Factor A (fertilización edáfica) | 2                         |
| Factor B (mecanización)          | 1                         |
| Factor C (fertilización foliar)  | 1                         |
| Factor A* Factor B               | 2                         |
| Factor A* Factor C               | 2                         |
| Factor B* Factor C               | 1                         |
| Factor A* Factor B* Factor C     | 2                         |
| Error                            | 12                        |
| Total                            | 35                        |

### **3.8. Instrumentos de investigación**

#### **3.8.1. Material genético**

Se utilizó como material genético el híbrido de maíz INIAP H-554, obtenida en la EET Pichilingue del INIAP, ubicada en el km 5.5 de la vía Quevedo – El Empalme.

#### **3.8.2. Manejo del ensayo**

##### **3.8.2.1. Preparación y delimitación del terreno**

Primero se realizó la implementación de las unidades experimentales, para ello se procedió a dividir 9 bloques de 10x20m para luego ser subdivididos en parcelas de 5x10m. La preparación del suelo se realizó de acuerdo a los diferentes tratamientos en estudio (labranza convencional, labranza cero). Las mismas que se detallan a continuación:

**Labranza convencional:** se siguió el sistema que comúnmente emplean los agricultores de la zona, se realizó un pase de arado de disco a una profundidad de 50 cm, (el primero longitudinalmente y el segundo transversalmente).

**Labranza cero:** se procedió a la limpieza del terreno manualmente y luego se delimitaron las parcelas.

### **3.8.2.2. Siembra**

La siembra se efectuó de forma manual utilizando espeque de madera y depositando una semilla por sitio, con distanciamiento de 0.80m entre hileras y 0.20 m entre plantas, dando una población de 62 500 plantas ha<sup>-1</sup>.

### **3.8.2.3. Control de malezas**

El control de malezas se realizó en etapa de pre-emergencia y post-emergencia. Para el control químico se aplicó en preemergencia una mezcla de; 1.5 kg de atrazina + 1,5 L de pendimetalin ha<sup>-1</sup>; posteriormente alrededor de los 45 días, se aplicó con pantalla 1,5 L de glufosinato de amonio.

### **3.8.2.4. Control de plagas y enfermedades**

Se realizará la aplicación preventiva para evitar el ataque de plagas del maíz de acuerdo a las recomendaciones técnicas.

### **3.8.2.5. Fertilización**

Se realizaron aplicaciones de fertilizantes edáficos N, P, K. Las dosis utilizadas estuvieron basadas en los pequeños productores; 101 kg ha<sup>-1</sup> de N, 23 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 30 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O). La fertilización completa, se hará bajo recomendación técnica (180 kg ha<sup>-1</sup> N: 46 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 63 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O: 34 kg ha<sup>-1</sup> de MgO: 44 kg ha<sup>-1</sup> de SO<sub>4</sub>: 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de B: 4,0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn: 2,5 kg ha<sup>-1</sup> de Mn: 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de Cu).

La fertilización del ensayo, en los tratamientos que corresponda se realizaron aplicando el 100% del P, K, S y Mg a la siembra; el nitrógeno fraccionado en tres aplicaciones 15, 25 y 40 días después de la siembra. La fertilización foliar se efectuará a los 25 y 40 días después de la siembra utilizando fosfito de potasio. La fertilización foliar se realizó utilizando fosfito de potasio en dosis de 1.5 L ha<sup>-1</sup>, tratando de completar las necesidades de potasio, elemento que la planta necesita en mayor proporción.

#### **3.8.2.6. Cosecha**

La fertilización del ensayo, en los tratamientos que así corresponda se realizara aplicando el 100% del P, K, S y Mg a la siembra; el nitrógeno fraccionado en tres aplicaciones 15, 25 y 40 días después de la siembra. La fertilización foliar se efectuará a los 25 y 40 días después de la siembra utilizando fosfito de potasio.

### **3.9. Variables evaluadas**

#### **3.9.1. Altura de planta (cm)**

Se determinó la altura de planta de 10 plantas al azar con competencia completa en cada parcela, se midió desde la base del cuello de la planta hasta el punto de inserción de la hoja bandera utilizando una cinta métrica. La frecuencia de medición fue 15, 30, 45 y 60 días posteriores a la siembra.

#### **3.9.2. Diámetro de tallo (mm)**

Se determinó el diámetro de 10 plantas al azar dentro del área útil de cada una de las subparcelas. El diámetro fue registrado en el primer entrenudo de la planta desde el suelo utilizando un calibrador digital tipo vernier. La frecuencia de medición fue 15 días posteriores a la siembra.

#### **3.9.3. Diámetro de la mazorca (cm)**

Después de cosechadas las mazorcas, se midió el diámetro de 10 mazorcas por cada tratamiento. Para la evaluación se consideró la parte media de la mazorca. Las medidas fueron tomadas utilizando un calibrador tipo vernier.

#### **3.9.4. Longitud de la mazorca (cm)**

Se midió la longitud de 10 mazorcas por cada tratamiento. Para la evaluación se consideró la distancia desde la base de la mazorca hasta la punta. Las medidas fueron tomadas utilizando una regla graduada en centímetros

### 3.9.5. Peso de 100 semillas (g)

Se consideró de cada parcela 10 mazorcas al azar por cada tratamiento. Las mazorcas fueron desgranadas y se pesaron 100 semillas por mazorca. Las medidas fueron tomadas utilizando una balanza analítica.

### 3.9.6. Rendimiento de grano

El rendimiento por hectárea de grano se obtuvo siguiendo la metodología utilizada por Cedeño *et al.* (2018), considerando el rendimiento de cada subparcela (regla de tres simple) determinando el peso de los granos ajustado al 13% de humedad empleando la siguiente fórmula:

$$R = \frac{P_c (100 - H_a)}{100 - H_d}$$

Dónde:

R: Rendimiento

P<sub>c</sub>: Peso de campo

H<sub>a</sub>: Humedad actual

H<sub>d</sub>: Humedad deseada (13%)

### 3.9.7. Análisis económico

El análisis económico se realizó de acuerdo a los referido por Aguilera (2017), en base al rendimiento y los costos de cada uno de los tratamientos, se determinó la relación beneficio/costo, aplicando la siguiente fórmula:

$$R (B/C) = IB / CTP$$

Dónde:

R (B/C): Relación beneficio – costo

IB: Ingreso Bruto

CTP: Costo Total de producción

### **3.10. Recursos humanos y materiales**

#### **3.10.1. Recursos humanos**

- Estudiante responsable del Proyecto de Investigación
- Docente director del Proyecto de Investigación

#### **3.10.2. Recursos materiales**

- |                             |                       |
|-----------------------------|-----------------------|
| • Balanza digital           | • Flexómetro          |
| • Baldes plásticos          | • Hojas de papel bond |
| • Aspersora de mochila CP-3 | • Impresora           |
| • Calibrador digital        | • Machetes            |
| • Cinta métrica             | • Memoria USB         |
| • Cintas de riego           | • Pala                |
| • Computador                | • Piola               |
| • Cuaderno de campo         | • Plástico            |
| • Espeque                   |                       |

#### **3.10.3. Material Vegetal**

- Semillas certificadas INIAP H-554.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Resultados

### 4.1.1. Altura de la planta

De acuerdo a los resultados obtenidos para la variable altura de planta (Tabla 4) fue posible encontrar diferencias significativas entre los tratamientos para cada una de las frecuencias de evaluaciones realizada. Durante los primeros 15 días la mayor altura fue encontrada en el tratamiento 10 (CFC-SL-CFF) con promedio de altura de 27,40 cm, mientras que, la menor altura de planta fue para el tratamiento 4 (SFE-CL-CFF) con 17.06 cm. A los 30 días fue posible identificar que la mayor altura de la planta lo obtuvo el tratamiento 9 (CFC-SL-SFF) con 93.30 cm, y la menor altura obtenida fue para el tratamiento 4 (SIN-CON-CON) con 47 cm. A los 45 días, se verificó que la mayor altura de la planta la obtuvo el tratamiento 10 (CFC-SL-CFF) con 199.40 cm y la menor altura fue el tratamiento 2 (SFE-SL-CFF) con 99.00 cm. Para la última evaluación realizada a los 60 días posteriores a la siembra se observó que la altura de las plantas de maíz fue mayor en el tratamiento 7 (NPK-CL-SFF) con 313.40 cm y la menor altura fue para el tratamiento 1 (SFE-SL-SFF) con 222.9 cm. El coeficiente de variación para cada evaluación fue diferente y varió entre el 11.21% y el 25.89%.

Tabla 4. Altura de plantas en el cultivo de maíz en respuesta la aplicación de fertilización edáfica, foliar y labranza

| Trat.                               | Fert. Edáfica | Mec. | Fert. Foliar | Altura de plantas (cm) |    |        |    |        |    |         |    |
|-------------------------------------|---------------|------|--------------|------------------------|----|--------|----|--------|----|---------|----|
|                                     |               |      |              | 15 DDS                 |    | 30 DDS |    | 45 DDS |    | 60 DDS  |    |
| T1                                  | SFE           | SL   | SFF          | 20.14                  | cd | 49.33  | c  | 108.7  | cd | 222.9   | d  |
| T2                                  | SFE           | SL   | CFF          | 18.31                  | d  | 48.44  | c  | 99     | d  | 241.2   | cd |
| T3                                  | SFE           | CL   | SFF          | 18.41                  | d  | 49.67  | c  | 111.6  | cd | 248.9   | cd |
| T4                                  | SFE           | CL   | CFF          | 17.06                  | d  | 47     | c  | 101.1  | d  | 259.8   | c  |
| T5                                  | NPK           | SL   | SFF          | 22.83                  | bc | *92.30 | a  | 191    | b  | 278.8   | bc |
| T6                                  | NPK           | SL   | CFF          | 21.27                  | cd | 85.3   | ab | 197.5  | ab | 278.9   | bc |
| T7                                  | NPK           | CL   | SFF          | 19.52                  | cd | 70.5   | b  | 169    | c  | *313.40 | a  |
| T8                                  | NPK           | CL   | CFF          | 19.6                   | cd | 74.5   | b  | 185.7  | bc | 312.7   | a  |
| T9                                  | CFC           | SL   | SFF          | 26.58                  | ab | *93.20 | a  | 195.9  | ab | 290.1   | bc |
| T10                                 | CFC           | SL   | CFF          | *27.40                 | a  | 90.33  | ab | *199.4 | a  | 310     | ab |
| T11                                 | CFC           | CL   | SFF          | 20.00                  | cd | 69.89  | bc | 172.6  | c  | 307     | b  |
| T12                                 | CFC           | CL   | CFF          | 19.65                  | cd | 68.2   | bc | 181.7  | bc | 309.5   | ab |
| <b>Coeficiente de variación (%)</b> |               |      |              | 15.31                  |    | 25.67  |    | 25.89  |    | 11.21   |    |

Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ )

### 4.1.2. Diámetro del tallo

Los resultados de la evaluación de esta variable (Tabla 5), muestran que en cada una de las evaluaciones se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, con coeficiente de variación de 15.31, 25.67, 25.89 y 14.46% a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra, respectivamente. Cuando el cultivo alcanzó los 15 días de edad, el mayor diámetro del tallo se registró en T10: CFC + SL + CFF, con un promedio de 15.26 mm, mientras que el menor diámetro se obtuvo en T4: SFE + CL + CFF, con un promedio de 9.68 mm. Para los 30 días de edad del cultivo, el mayor diámetro correspondió a T5: NPK + SL + SFF, con un promedio de 25.09 mm, mientras que el menor diámetro se presentó en T2: SFE + SL + CFF, con 16.60 mm. Posteriormente cuando el cultivo alcanza los 45 días de edad, el mayor diámetro del tallo se registró en T10: CFC + SL + CFF, con un promedio de 25.17 mm, y las plantas con menor diámetro del tallo se obtuvieron en T1: SFE + SL + SFF, con un promedio de 16.76 mm. Finalmente, para la última evaluación, realizada a los 60 días de edad del cultivo, en T10: CFC + SL + CFF, con un promedio de 25.89 mm de diámetro del tallo, mientras que el menor diámetro del tallo, correspondió al tratamiento a T1: SFE + SL + SFF.

Tabla 5. Diámetro del tallo en el cultivo de maíz en respuesta la aplicación de fertilización edáfica, foliar y labranza

| Trat.                               | Fert. Edáfica | Mec. | Fert. Foliar | Diámetro del tallo (mm) |    |        |    |        |    |        |    |
|-------------------------------------|---------------|------|--------------|-------------------------|----|--------|----|--------|----|--------|----|
|                                     |               |      |              | 15 DDS                  |    | 30 DDS |    | 45 DDS |    | 60 DDS |    |
| T1                                  | SFE           | SL   | SFF          | 10.51                   | c  | 16.67  | d  | 16.76  | d  | 16.84  | d  |
| T2                                  | SFE           | SL   | CFF          | 10.59                   | c  | 16.60  | d  | 16.71  | d  | 16.97  | d  |
| T3                                  | SFE           | CL   | SFF          | 10.49                   | cd | 16.96  | d  | 18.19  | cd | 18.93  | d  |
| T4                                  | SFE           | CL   | CFF          | 9.68                    | d  | 17.45  | d  | 17.90  | cd | 18.01  | cd |
| T5                                  | NPK           | SL   | SFF          | 11.59                   | b  | *25.09 | a  | 25.15  | b  | 25.78  | b  |
| T6                                  | NPK           | SL   | CFF          | 11.16                   | bc | 24.01  | b  | 24.90  | bc | 25.13  | a  |
| T7                                  | NPK           | CL   | SFF          | 10.79                   | c  | 22.41  | c  | 22.58  | c  | 23.69  | ab |
| T8                                  | NPK           | CL   | CFF          | 10.56                   | c  | 22.95  | c  | 23.43  | b  | 23.71  | b  |
| T9                                  | CFC           | SL   | SFF          | 14.28                   | ab | 24.06  | b  | 24.83  | bc | 24.95  | bc |
| T10                                 | CFC           | SL   | CFF          | *15.26                  | a  | 24.37  | ab | *25.17 | a  | *25.89 | a  |
| T11                                 | CFC           | CL   | SFF          | 10.79                   | c  | 21.69  | cd | 22.78  | ab | 12.95  | cd |
| T12                                 | CFC           | CL   | CFF          | 11.27                   | bc | 23.01  | bc | *23.24 | a  | 23.61  | c  |
| <b>Coeficiente de variación (%)</b> |               |      |              | 15.31                   |    | 25.67  |    | 25.89  |    | 14.46  |    |

Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ )

### 4.1.3. Diámetro y longitud de la mazorca

De acuerdo a los resultados obtenidos para las variables diámetro y longitud de la mazorca (Tabla 6) fue posible encontrar diferencias significativas entre los tratamientos para cada una de ellas. Para el diámetro de la mazorca, en T8: NPK + CL + CFF se registró el mayor promedio, con un valor de 4.79 cm, mientras que el menor valor correspondió a T2: SFE + SL + CFF, con un promedio de 4.04 cm. El coeficiente de variación para este parámetro fue de 4.55%. En lo correspondiente a la longitud de la mazorca, las mazorcas de mayor longitud se obtuvieron en T6: NPK + SL + CFF, con un promedio de 17.05 cm, mientras que el menor promedio correspondió a T2: SFE + SL + CFF, con 13.32 cm. Para el esta variable el coeficiente de variación fue de 9.33 %.

Tabla 6. Diámetro y longitud de la mazorca en el cultivo de maíz en respuesta la aplicación de fertilización edáfica, foliar y labranza

| Trat.                               | Fert. Edáfica | Mec. | Fert. Foliar | Diámetro de la mazorca (cm) | Longitud de la mazorca (cm) |
|-------------------------------------|---------------|------|--------------|-----------------------------|-----------------------------|
| T1                                  | SFE           | SL   | SFF          | 4.05 c                      | 13.53 d                     |
| T2                                  | SFE           | SL   | CFF          | 4.04 c                      | 13.32 d                     |
| T3                                  | SFE           | CL   | SFF          | 4.09 c                      | 13.78 d                     |
| T4                                  | SFE           | CL   | CFF          | 4.45 bc                     | 14.65 cd                    |
| T5                                  | NPK           | SL   | SFF          | *4.70 a                     | 16.45 bc                    |
| T6                                  | NPK           | SL   | CFF          | 4.63 ab                     | *17.05 a                    |
| T7                                  | NPK           | CL   | SFF          | 4.60 ab                     | 16.88 b                     |
| T8                                  | NPK           | CL   | CFF          | *4.79 a                     | 16.97 ab                    |
| T9                                  | CFC           | SL   | SFF          | 4.55 b                      | 16.80 b                     |
| T10                                 | CFC           | SL   | CFF          | *4.73 a                     | 16.57 bc                    |
| T11                                 | CFC           | CL   | SFF          | *4.74 a                     | 16.77 bc                    |
| T12                                 | CFC           | CL   | CFF          | 4.55 b                      | 15.82 c                     |
| <b>Coeficiente de variación (%)</b> |               |      |              | 6.17                        | 9.33                        |

Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ )

### 4.1.4. Peso de 100 semillas (g) y rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)

Según los obtenidos para las variables diámetro y longitud de la mazorca (Tabla 7) fue posible encontrar diferencias significativas entre los tratamientos para ambas variables. Para

el peso de 100 semillas, en T6: NPK + SL + CFF se registró el mayor promedio, con un valor de 51.15 g, mientras que el menor valor correspondió a T2: SFE + SL + CFF, con un promedio de 39.95 g. El coeficiente de variación para este parámetro fue de 9.33%.

Para en rendimiento por hectárea, el mayor promedio se obtuvo en T9: CFC + SL + SFF, con 3597.86 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el menor promedio correspondió a T1: SFE + SL+ SFF, con 868.55 kg ha<sup>-1</sup>. Para el esta variable el coeficiente de variación fue de 40.46 %.

Tabla 7. Peso de 100 semillas y rendimiento por hectárea en el cultivo de maíz en respuesta la aplicación de fertilización edáfica, foliar y labranza

| Trat.                               | Fert. Edáfica | Mec. | Fert. Foliar | Peso de 100 semillas (g) | Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|---------------|------|--------------|--------------------------|------------------------------------|
| T1                                  | SFE           | SL   | SFF          | 40.60 d                  | 868.55 e                           |
| T2                                  | SFE           | SL   | CFF          | 39.95 e                  | 1207.45 de                         |
| T3                                  | SFE           | CL   | SFF          | 41.35 cd                 | 1232.61 de                         |
| T4                                  | SFE           | CL   | CFF          | 43.95 cd                 | 1428.70 d                          |
| T5                                  | NPK           | SL   | SFF          | 49.35 bc                 | 3083.65 c                          |
| T6                                  | NPK           | SL   | CFF          | *51.15 a                 | 2772.38 cd                         |
| T7                                  | NPK           | CL   | SFF          | 50.65 ab                 | 3245.05 b                          |
| T8                                  | NPK           | CL   | CFF          | 50.90 ab                 | 2811.63 cd                         |
| T9                                  | CFC           | SL   | SFF          | 50.40 ab                 | *3597.86 a                         |
| T10                                 | CFC           | SL   | CFF          | 49.70 bc                 | 3108.81 bc                         |
| T11                                 | CFC           | CL   | SFF          | 50.30 b                  | 3167.99 bc                         |
| T12                                 | CFC           | CL   | CFF          | 47.45 c                  | 3575.16 ab                         |
| <b>Coeficiente de variación (%)</b> |               |      |              | 9.33                     | 40.46                              |

Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p≥0.05)

#### 4.1.5. Análisis económico

##### 4.1.5.1. Costo de los tratamientos

A continuación, se presentarán todos los elementos que se utilizaron e los tratamientos del presente proyecto, según lo reflejado en la tabla 8:

Tabla 8. Costos de cada uno de los tratamientos en estudio

| <b>Rubros</b>         | <b>T1</b>    | <b>T2</b>    | <b>T3</b>    | <b>T4</b>    | <b>T5</b>    | <b>T6</b>    |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Alquiler de terreno   | 250.00       | 250.00       | 250.00       | 250.00       | 250.00       | 250.00       |
| Iniap H-554           | 80.0         | 80.0         | 80.0         | 80.0         | 80.0         | 80.0         |
| Arado                 |              |              | 100.0        | 100.0        |              |              |
| Atrazina              | 14.80        | 14.80        | 14.80        | 14.80        | 14.80        | 14.80        |
| Pendimethalin         | 18.0         | 18.0         | 18.0         | 18.0         | 18.0         | 18.0         |
| Glufosinato De Amonio | 22.5         | 22.5         | 22.5         | 22.5         | 22.5         | 22.5         |
| King                  | 14.0         | 14.0         | 14.0         | 14.0         | 14.0         | 14.0         |
| Urea                  |              |              |              |              |              |              |
| Muriato De Potasio    |              |              |              |              | 23.0         | 23.0         |
| Abono Foliar          |              | 18.0         |              | 18.0         |              | 18.0         |
| Cosecha + Transporte  | 152.0        | 152.0        | 152.0        | 152.0        | 152.0        | 152.0        |
| Jornales de trabajo   | 120.0        | 120.0        | 120.0        | 120.0        | 120.0        | 120.0        |
| <b>Total</b>          | <b>671.3</b> | <b>689.3</b> | <b>771.3</b> | <b>789.3</b> | <b>694.3</b> | <b>712.3</b> |
| <b>Rubros</b>         | <b>T7</b>    | <b>T8</b>    | <b>T9</b>    | <b>T10</b>   | <b>T11</b>   | <b>T12</b>   |
| Alquiler de terreno   | 250.00       | 250.00       | 250.00       | 250.00       | 250.00       | 250.00       |
| Iniap H-554           | 80.0         | 80.0         | 80.0         | 80.0         | 80.0         | 80.0         |
| Arado                 | 100.0        | 100.0        |              |              | 100.0        | 100.0        |
| Atrazina              | 14.80        | 14.80        | 14.80        | 14.80        | 14.80        | 14.80        |
| Pendimethalin         | 18.0         | 18.0         | 18.0         | 18.0         | 18.0         | 18.0         |
| Glufosinato De Amonio | 22.5         | 22.5         | 22.5         | 22.5         | 22.5         | 22.5         |
| King                  | 14.0         | 14.0         | 14.0         | 14.0         | 14.0         | 14.0         |
| Urea                  |              |              | 7.5          | 7.5          | 7.5          | 7.5          |
| Muriato De Potasio    | 23.0         | 23.0         | 23.0         | 23.0         | 23.0         | 23.0         |
| Abono Foliar          |              | 18.0         |              | 18.0         |              | 18.0         |
| Cosecha + Transporte  | 152.0        | 152.0        | 152.0        | 152.0        | 152.0        | 152.0        |
| Jornales de trabajo   | 120.0        | 120.0        | 120.0        | 120.0        | 120.0        | 120.0        |
| <b>Total</b>          | <b>794.3</b> | <b>812.3</b> | <b>701.8</b> | <b>719.8</b> | <b>801.8</b> | <b>819.8</b> |

#### 4.1.5.2. Ingresos totales por tratamientos

Para determinar de forma correcta los ingresos totales por cada uno de los tratamientos, se tomó como referencia el precio oficial (2021) de quintal de maíz \$ 14.60 (45.36 kg), en su correcta etapa de cosecha, granos amarillos con un 13% de humedad y 1% de impureza, de acuerdo al Acuerdo Ministerial 017 celebrado el 7 de febrero de presente. Se logró establecer a partir de los datos expuestos anteriormente, los ingresos generados por cada uno de los tratamientos aplicados a la investigación, según se muestra en la Tabla 9, de entre todos los mejores y/o rentables en términos de producción fueron los tratamientos 9 (CFC + SL + SFF) y 12 (CFC + CL + CFF) con valores de \$ 1151.32 y \$ 1144.05 dólares respectivamente y la opción con el ingreso más bajo fue el tratamiento 1 (SFE + SL + SFF) con \$ 277.94 dólares generado de su producción

Tabla 9. Ingresos totales por cada uno de los tratamientos en estudio

| Trat. | Fert.<br>Edáfica | Mec. | Fert.<br>Foliar | Rendimiento<br>(kg/ha) | Ingresos totales<br>(\$) |
|-------|------------------|------|-----------------|------------------------|--------------------------|
| T1    | SFE              | SL   | SFF             | 868.55                 | 277.94                   |
| T2    | SFE              | SL   | CFF             | 1207.45                | 386.38                   |
| T3    | SFE              | CL   | SFF             | 1232.61                | 394.44                   |
| T4    | SFE              | CL   | CFF             | 1428.70                | 457.18                   |
| T5    | NPK              | SL   | SFF             | 3083.65                | 986.77                   |
| T6    | NPK              | SL   | CFF             | 2772.38                | 887.16                   |
| T7    | NPK              | CL   | SFF             | 3245.05                | 1038.42                  |
| T8    | NPK              | CL   | CFF             | 2811.63                | 899.72                   |
| T9    | CFC              | SL   | SFF             | 3597.86                | 1151.32                  |
| T10   | CFC              | SL   | CFF             | 3108.81                | 994.82                   |
| T11   | CFC              | CL   | SFF             | 3167.99                | 1013.76                  |
| T12   | CFC              | CL   | CFF             | 3575.16                | 1144.05                  |

#### 4.1.5.3. Relación beneficio/costo

Para concluir con el análisis económico del efecto de la mecanización y fertilización en la serie de suelos Pichilingue sobre el comportamiento agronómico de plantas de maíz híbrido INIAP H-554, considerando las variables de los tratamientos, de acuerdo a lo contrastado en la Tabla 10, se puede apreciar una ventaja considerable de los tratamientos 9 (CMPL-SIN-SIN) y 5 (NPK-SIN-SIN), de 1.64 y 1.42, respectivamente en relación a B/C, evidenciando a T1 con la puntuación más baja de entre todos los tratamientos con 0.41.

Tabla 10. Indicadores económicos de la producción de maíz en respuesta a la aplicación de fertilización edáfica, foliar y labranza

| Trat. | Fert.<br>Edáfica | Mec. | Fert.<br>Foliar | Ingresos<br>totales<br>(\$) | Costos<br>totales<br>(\$) | Ingresos<br>netos<br>(\$) | Relación<br>B/C | Rentabilidad<br>(%) |
|-------|------------------|------|-----------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|---------------------|
| T1    | SFE              | SL   | SFF             | 277.94                      | 671.30                    | -393.36                   | 0.41            | -58.60              |
| T2    | SFE              | SL   | CFF             | 386.38                      | 689.30                    | -302.92                   | 0.56            | -43.95              |
| T3    | SFE              | CL   | SFF             | 394.44                      | 771.30                    | -376.86                   | 0.51            | -48.86              |
| T4    | SFE              | CL   | CFF             | 457.18                      | 789.30                    | -332.12                   | 0.58            | -42.08              |
| T5    | NPK              | SL   | SFF             | 986.77                      | 694.30                    | 292.47                    | 1.42            | 42.12               |
| T6    | NPK              | SL   | CFF             | 887.16                      | 712.30                    | 174.86                    | 1.25            | 24.55               |
| T7    | NPK              | CL   | SFF             | 1038.42                     | 794.30                    | 244.12                    | 1.31            | 30.73               |
| T8    | NPK              | CL   | CFF             | 899.72                      | 812.30                    | 87.42                     | 1.11            | 10.76               |
| T9    | CFC              | SL   | SFF             | 1151.32                     | 701.80                    | 449.52                    | 1.64            | 64.05               |
| T10   | CFC              | SL   | CFF             | 994.82                      | 719.80                    | 275.02                    | 1.38            | 38.21               |
| T11   | CFC              | CL   | SFF             | 1013.76                     | 801.80                    | 211.96                    | 1.26            | 26.44               |
| T12   | CFC              | CL   | CFF             | 1144.05                     | 819.80                    | 324.25                    | 1.40            | 39.55               |

## 4.2. Discusión

Las prácticas de campo que implican el uso de la mecanización en las plantaciones de interés económico pueden resultar en una compactación del suelo que altera las propiedades físicas del suelo y crea problemas de densidades. En el presente estudio fue posible identificar que la aplicación de labranza en el cultivo de maíz, aporta a la disminución tanto de la altura como del diámetro del tallo, mostrando restricción del desarrollo de las plantas de maíz, sin embargo, esto se puede atribuir a una labranza muy intensa (Acevedo & Martínez, 2014), lo que se traduce en un menor desarrollo de las plantas debido a que pierde su anclaje por lo que no puede asimilar correctamente los nutrientes (Demuner, Cadena, Campos, Zermeno, & Pérez, 2012). Por otra parte, se pudo apreciar que la adición de la fertilización completa aumenta notablemente el desarrollo de las plantas de maíz, que, en combinación con la fertilización foliar, promueven un mayor desarrollo tanto en términos de crecimiento como en engrose del tallo. Esto es un factor importante, puesto que plantas con una buena arquitectura (Volverás-Mambuscay, Amézquita-Collazos, & Campo-Quesada, 2016)., y con un tallo de un grosor adecuado que les permita sobrevivir a vientos fuertes, ayudando de esta manera al sostenimiento de las plantas (López, 2016).

El análisis de las dimensiones de la mazorca mostró que éstas aumentan al eliminarse la fertilización foliar, lo que se puede atribuir a una baja tasa de asimilación del cultivo en lo que respecta al fosforo de potasio (Baca, 2016), ya que este fertilizante foliar solo aporta dos elementos, a lo que Basantes (2012) acota que una fertilización de microelementos y balanceada al aplicarse de forma foliar permite obtener frutos o mazorcas de mayor calibre. Esto adquiere relevancia al observarse que la fertilización edáfica completa, por contener más elementos que pueden ser aprovechados por el cultivo para su nutrición (Sandal, 2014). En lo que respecta a la labranza, la aplicación de esta promovió el desarrollo de las mazorcas, lo que se puede atribuir a que la labranza en el grado que se aplicó en el presente estudio, no afectó negativamente al desarrollo de las mazorcas (Vera, 2018).

El tipo y la tasa de degradación edáfica están determinados por el uso y manejo que se le impone al suelo, por lo que resulta determinante identificar los procesos degradantes actuales o potenciales y las propiedades que son afectadas, entre las que se encuentran las físicas, que se consideran una función del clima, el material parental, la vegetación, la topografía y el tiempo (McVay, 2006), factores a los que se debe incluir la acción del hombre o factor

antrópico. La degradación de las propiedades físicas de los suelos influye de forma directa, obstaculizando el crecimiento de las raíces de las plantas e indirectamente reduciendo el contenido de oxígeno con la consiguiente alteración y modificación de la flora microbiana (Jeon et al., 2005; Upendra *et al.*, 2006). También la distribución del sistema radical se afecta por las propiedades físicas del suelo, entre las que se destacan la densidad de volumen y porosidad (Weon-Tai, 2006).

Con lo expresado anteriormente, es posible identificar la importancia en la aplicación de la labranza racional en el suelo, únicamente cuando es necesario modificar las características del suelo sin comprometer la sostenibilidad del mismo, puesto que labrar no es sinónimo de productividad. A esto se acota lo evidenciado por Díaz, Ruiz, & Cabrera (2009), quienes observaron en su estudio que la similitud inicial en la densidad aparente se atribuyó a que el sitio experimental permaneció por más de 15 años sin perturbar (araduras, pastoreo, quemas), pues no incidió ninguno de estos agentes exógenos en un período relativamente largo de tiempo y, al parecer, en el suelo ocurrieron procesos que tendieron a alcanzar de forma progresiva su estado natural.

El cultivo mecanizado continuo disminuye sustancialmente la tasa de infiltración. La compactación del suelo es más severa en los puntos de inflexión del tractor a lo largo del borde de la parcela (Pimenta, y otros, 2019). Se ha demostrado que la erosión por labranza es tan degradante como la erosión hídrica, ya que aumenta la susceptibilidad del suelo al romper agregados de una forma más uniforme aumentando la erodabilidad, inclusive con lluvias de baja intensidad. Al evaluarse la respuesta agronómica del cultivo de maíz, se pudo identificar que un mayor grado de labranza afecta al volcamiento de las plantas, generando más acame, lo que consecuentemente da origen a mermas del rendimiento. Este efecto fue observado por Olguín *et al.* (2017), quienes identificaron que, al incrementar la intensidad de la labranza, se produce mayor grado de acame en plantas de maíz, condicionando los componentes del rendimiento de las mismas. En concordancia con esto, se puede puntualizar con lo evidenciado en el análisis económico de manera que al aplicarse la labranza los costos se incrementaron, pero no justificó la inversión, de manera que al labrar la ganancia disminuyó (Upendra *et al.*, , 2006).

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

- El comportamiento agronómico del cultivo varió en cada tratamiento para las variables diámetro del tallo y la altura de planta, sin embargo, el peso de 100 semillas y mazorcas que fueron más largas se presentaron en el T6: NPK+ SL + CFF, (51.15 g y 17.05 cm) y el diámetro de las mazorcas fue mayor en T8: NPK + CL + CFF (4.79 cm).
- La combinación de fertilización completa en ausencia de labranza y en ausencia de fertilización foliar permitió la obtención de un mayor nivel de rendimiento en el híbrido de maíz en estudio (3597.86 kg ha<sup>-1</sup>).
- El beneficio económico fue mayor al combinar la fertilización completa con ausencia de labranza y la ausencia de fertilización foliar, con un 64.05% de rentabilidad.

## **5.2. Recomendaciones**

- Replicar el presente estudio con otro material genético y otra época seca, de manera que se puedan identificar diferencias en la respuesta del cultivo y los beneficios económicos de los tratamientos estudiados.
- Continuar con la presente investigación en el área de estudio a fin de identificar cambios en los resultados a mediano y largo plazo.
- Comparar diferentes grados de labranza de suelo y su efecto en los cambios estructurales del suelo.

## **CAPÍTULO VI**

### **BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. Referencias bibliográficas

- Acevedo, E., & Martínez, E. (2014). Sistema de labranza y productividad de los suelos. Serie Ciencias Agronómicas: 13-27.
- Acuña, R. A., & Castro Hernández, O. A. (2001). Efecto de diferentes arreglos topológicos de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre la dinámica de las malezas, el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos y uso equivalente de la tierra (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).
- Aguilera, A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. Cofin Habana 11(2): 322-343.
- Alarcón, N. E. (2016). Fertilización del híbrido experimental de maíz INIAP H-603, con base en la eficiencia agronómica del nitrógeno. Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103.
- Baca, L. (2016). La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito-Ecuador. 84 p.
- Blanco, C. (2016). Evaluación tecnológica explotativa del motocultor Dongfeng DF 151L en preparación de suelo para sembrar maíz. La Técnica: Revista de las Agrociencias. ISSN 2477-8982, 47-64.
- Bomben, M. A. (2010). Evaluación económica y financiera de un proyecto de inversión para el reemplazo de un sistema de labranza convencional por el de siembra directa, Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Económicas Y Jurídicas, Universidad Nacional de la Pampa.
- Cavallini, L. (2008). Fitopatología: un enfoque agroecológico. Editorial Universidad de Costa Rica.
- Cedeño, F., Cargua, J., Cedeño, J., Mendoza, J., López, G., & Cedeño, G. (2018). Aplicación foliar de micronutrientes y fitorreguladores como complemento de la fertilización edáfica en maíz amarillo duro. La Técnica: Revista de las Agrociencias (19): 19-30.
- Contreras, J. (Agosto de 2017). Análisis De La Produccion Y Comercialización Del Maíz En La Provincia De Los Ríos Durante El Periodo (2012-2016), 67 p. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23217/1/monografia%20del%20maiz%20JMCG.pdf>
- Córdoba, Valdez, S, Pigurina Valdez, J, Stirling Caorsi, G y Urioste Vidal, F. (2017). Efecto del nitrógeno sobre la producción de verdeos invernales puros y mezclas con

- leguminosas, Tesis de grado, Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Agronomía.
- Delgado, L. S. (2016). Identificación del agente causal y control químico de la mancha foliar en maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) a nivel in vitro en el distrito de Santa Ana-La Convención-Cusco
- Demuner, G., Cadena, M., Campos, S., Zermeno, A., & Pérez, F. (2012). Efectos de tres sistemas de labranza y mejoradores de suelo en la disponibilidad de humedad y volumen de exploración de raíces. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 3(4): 719-727.
- Díaz, G., Ruiz, M., & Cabrera, J. (2009). Modificaciones a las propiedades físicas del suelo por la acción de diferentes prácticas productivas para cultivar arroz (*Oryza sativa L.*). *Cultivos Tropicales* 30(3): 40-46.
- Figueroa Cárdenas, J., Narváez González, E., Mauricio Sánchez, A, Taba, Suketoshi, Gaytán Martínez, M, Véles Medina, J., Rincón Sánchez, F, y Aragón Cuevas, F. (2013). Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos raciales de maíces nativos (criollos) de México. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(Supl. 3-a), 305-314. Recuperado en 23 de febrero de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S018773802013000500007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018773802013000500007&lng=es&tlng=es).
- Garcia, G., & Tarango, S. (2009). Manejo biorracional del gusano cogollero en el maíz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Delicias-México. 61 p.
- Heck, M. I. (2016). Caracterización agro morfológica y de calidad nutricional de poblaciones locales de maíz de la provincia de Misiones, Argentina (Doctoral dissertation, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires).
- Hernández, L. (2006). La agricultura urbana y caracterización de sus sistemas productivos y sociales, como vía para la seguridad alimentaria en nuestras ciudades. *Cultivos Tropicales*, 27(2), 13-25. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas Cuba
- <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/fijacion-biologica-nitrogeno-leguminosas.pdf>
- Jeon, W., Park, C., Cho, Y., Park, K., Yun, E., Kang, U., . . . Choe, Z. (2004). Root growth characteristics of rice grown under long-term fertilization of chemical fertilizer and compost in paddy. *Korea Journal Crop Science* 48(6): 484-489.
- Labrada, R. C. (2006). Manual, Manejo de malezas para países en desarrollo Food & Agriculture Org, Naciones Unidas, ISSN 1014-1227, Italia Roma.

- Lescano, D. C., & Horacio Medardo, C. A. (2012). Estudio de la eficiencia de nitrógeno en dos sistemas de rotación, en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en la granja Laguacoto II, cantón Guaranda, provincia Bolívar (Bachelor's thesis, Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agronómica).
- López, M. (2016). Determinación de la confiabilidad de los métodos de ollas isobáricas y centrífuga para la determinación de capacidad de campo y punto de marchitez permanente. Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador. 79 p.
- Lopez, M., & Arriaga, E. (2015). Rendimientos de maíz según híbrido y densidad de siembra. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Argentina. Obtenido de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/rendimientos-maiz-segun-hibrido-t31956.htm>
- López, P. D. (2013). Creación del banco de germoplasma de maíz de la UDEA. Proyecto de investigación, carrera profesional de ciencias agrarias, facultad de ciencias e ingeniería, Universidad para el desarrollo andino.
- Marrero, J. A. (2018). Aperos de labranza ecocompatibles para un desarrollo local sostenible. Ojeando la Agenda, (54), 4.
- McVay, K., Budde, J., Fabrizzi, K., Mikha, M., & Rice, C. (2006). Management effects on soil physical properties in long-term tillage studies in Kansas. Soil Science Society of America Journal 70: 434-438.
- Moreno B., A.M.; Narro L., L.A.; Vanegas A., H.; Molina G. C.E.; Ospina R. J.G.; Agudelo, M. (2014). Respuesta del maíz a la fertilización química en la zona cafetera central de Colombia. Cenicafé 59(1)75-80.2008.
- Olguín, J., Guevara, R., Carranza, J., Scopel, E., Barreto, O., Mancilla, O., & Talavera, A. (2017). Producción y rendimiento de maíz en cuatro tipos de labranza bajo condiciones de temporal. Idesia (Arica) 35(1): 51-61.
- Ormaza, M. (2012). Costos de producción y rentabilidad de híbridos de maíz nacionales y extranjeros bajo diferentes sistemas de manejo en Los Ríos y Guayas. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Economía Agrícola, U.T.E.Q.
- Ortas, L. (2008). Cultivo del maíz: Aspectos generales de la competición del pádel y sus demandas fisiológicas. AGON: International Journal of Sport Sciences, 3(2), 60-67.
- Paredes, M. C. (2013). Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en:

- Pérez, L. C. (2015). Evaluación de la respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays*) a tres programas de fertilización química; diagnóstico y servicios realizados en la Aldea Lo de Silva, Palencia, Guatemala, CA (Doctoral dissertation, Universidad de San C.
- Pimenta, R., Bergamin, A., Santos, L., Costa, M., Cazetta, J., Prates, A., & Damacena, E. (2019). Cambios en las propiedades físicas de un Inceptisol amazónico inducidos por el tráfico de tractores. *Chilean journal of agricultural research* 79(1): 103-113.
- Pohl R. W., Clark L. G., & Dávila A.P. (2017). Claves taxonómicas para los géneros de Gramineae. *Actualidades Biológicas*, 14(53), 75-88. Recuperado a partir de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/330198>
- Quijije, M. K. (2019). Análisis económico del rendimiento de los híbridos de maíz INHIAP H-551 y trueno nb 7443 mediante sistemas de labranza convencional y mínima y su impacto ambiental en el cantón Mocache. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agrarias, carrera de Ingeniería en Administración de Empresas Agropecuaria, Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Riquero, C. W. (2019). Control biológico del nemátodo lesionador *Pratylenchus penetrans* en el cultivo de maíz (*Zea mays*) (Bachelor's thesis, BABAHOYO; UTB, 2019).
- Rodríguez, U. A. (2018). Efecto de la aplicación de fosfito potásico en cinco periodos de crecimiento del cultivo de maíz *Zea mays* L (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).
- Sánchez, F., Marín, H., & Mejía, E. (2008). Impacts and plan of environmental management of the conventional tillage. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 3(1): 36–40.
- Sandal, M. (2014). Comportamiento agronómico de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Pueblo Viejo provincia de Los Ríos. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 93 p.
- Sarlangue, T., Andrade, F., Calviño, P., & Purcell, L. (2007). Why do maize hybrids respond differently to variations in plant density? *Agron. Journal.*, 984-991.
- SIPA. (2018). Sistema de Informacion Publica Agropecuaria. Obtenido de [sipa.agricultura.gob.ec](http://sipa.agricultura.gob.ec): <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/maiz>
- Tinico, A., Ramirez, F., Villareal, F., & Ruiz, C. (2008). Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura Técnica en México*, 271-278.
- Upendra, M., Sainju, U., Lenssen, A., Caesar-Tonthat, T., & Waddell, J. (2006). Tillage and crop rotation effects on dryland soil and residue carbon and nitrogen. *Soil Science Society of America Journal* 70: 668-678.

- Vera, J. (2018). Efecto de la fertilización orgánica y algas marinas en el rendimiento del maíz dulce (*Zea mays* L.), en la zona de Babahoyo”. Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo-Ecuador. 55 p.
- Volverás-Mambuscay, B., Amézquita-Collazos, É., & Campo-Quesada, J. (2016). Indicadores de calidad física del suelo de la zona cerealera andina del departamento de Nariño, Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, Mosquera (Colombia) 17(3): 361-377.
- Weon-Tai, J. (2006). Rice root distribution and rice-based cropping systems for sustainable soil–rhizosphere management. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. Bangkok, Thailand. 20 p.
- Zacapa, D. (2015). Evaluación de la línea de productos Bayer para el cultivo de maíz (*Zea maíz*) En el municipio de la fragua, departamento. Facultad de Agronomía área integrada subárea de ejercicio profesional supervisado de agronomía epsa.
- Zuiga, J. (2018). Efecto de la mecanización con diferentes implementos agrícolas sobre la descompactación en suelos dedicados al cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*). Tesis de grado, Escuela de agronomía, facultad de ciencias agroalimentarias, Universidad de Costa Rica.

## **CAPÍTULO VII**

### **ANEXOS**



Anexo 1. Evaluación de la altura de planta a los 15 días en el cultivo de maíz



Anexo 2. Evaluación del diámetro del tallo a los 15 días en el cultivo de maíz



Anexo 3. Cultivo de maíz a los 20 días después de la siembra



Anexo 4. Evaluación del diámetro del tallo a los 15 días en el cultivo de maíz



Anexo 5. Tratamiento a base de NPK



Anexo 6. Tratamiento a base de fertilización completa



Anexo 7. Tratamiento a base de fertilización completa