



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS**  
**CARRERA AGROPECUARIA**

Trabajo de Integración Curricular previa  
la obtención del Grado Académico de  
Ingeniera Agropecuaria.

**Proyecto de Investigación:**

“IMPORTANCIA DE LOS NUTRIENTES PRIMARIOS EN EL DESARROLLO DE  
PLÁNTULAS DE BANANO CULTIVAR WILLIAMS A NIVEL DE VIVERO”

**Autora:**

Jeniffer Libany Loor Ortiz

**Director de Proyecto de Investigación:**

Ing. Rommel Arturo Ramos Remache M.Sc.

**Mocache – Los Ríos – Ecuador**

**2023**



## DECLARACIÓN DE AUDITORIA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Jeniffer Libany Loor Ortiz**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y la normatividad institucionalidad vigente.

---

Jeniffer Libany Loor Ortiz

C.I. 0941188898



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

El suscrito, **Ing. Rommel Arturo Ramos Remache, M.Sc.** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Jeniffer Libany Loor Ortiz**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Importancia de los nutrientes primarios en el desarrollo de plántulas de banano cultivar Williams a nivel de vivero**”, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

**Ing. Rommel Arturo Ramos Remache, M.Sc.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

El suscrito **Ing. Rommel Arturo Ramos Remache, M.Sc.** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado **“Importancia de los nutrientes primarios en el desarrollo de plántulas de banano cultivar Williams a nivel de vivero”**, perteneciente a la estudiante de la carrera de Ingeniería Agropecuaria **Jeniffer Libany Loor Ortiz** CERTIFICA: el cumplimiento de 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 8%

**URKUND**

**Documento** [Importancia de los nutrientes primarios en el desarrollo de plántulas de banano cultivar williams a nivel de vivero.docx](#) (D167591136)

**Presentado** 2023-05-19 23:36 (-05:00)

**Presentado por** rramos@uteq.edu.ec

**Recibido** rramos.uteq@analysis.urkund.com

**Mensaje** Importancia de los nutrientes primarios en el desarrollo de plántulas de banano cultivar williams a [Mostrar el mensaje completo](#)

8% de estas 29 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

| + | Categoría            | Enlace/nombre de archivo                      | - |
|---|----------------------|-----------------------------------------------|---|
| + | >                    | UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / D... |   |
| + |                      | UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / D... |   |
| - | Fuentes alternativas |                                               |   |
| + |                      | UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / D... |   |
| + |                      | UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / D... |   |
| + |                      | UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / D... |   |
| + |                      | UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / D... |   |

[Abrir sesión](#)



Ing. Rommel Arturo Ramos Remache, M.Sc.  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS**  
**CARRERA AGROPECUARIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

“Importancia de los nutrientes primarios en el desarrollo de plántulas de banano cultivar Williams a nivel de vivero”.

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Francisco Espinosa Carrillo, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Gregorio Vásquez Montúfar, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Milena Acosta Farias, M.Sc.

MOCACHE – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios por permitirme vivir y por guiarme a lo largo de mi vida y mi carrera universitaria. Su protección constante y la fortaleza que me ha brindado han sido fundamentales para superar los momentos de debilidad y seguir adelante.

Agradezco profundamente a mis padres por el invaluable apoyo que me han brindado a lo largo de todos estos años de estudio, el cual ha sido fundamental en mi trayectoria académica.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en especial a la Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, y a su destacado grupo de docentes. A través de sus valiosas enseñanzas, me han permitido formarme como profesional en el campo de la Ingeniería Agropecuaria.

Quiero extender mi agradecimiento al director de esta investigación, el Ing. Rommel Ramos Remache M.Sc., por compartir su vasto conocimiento y experiencia. Gracias a su guía y apoyo, este proyecto de investigación ha culminado con gran éxito.

Por último, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mis amigos y compañeros universitarios, en especial a Leonidas y Evelyn, por el inmenso apoyo que me han brindado a lo largo de estos años de estudio. Su compañía, aliento y colaboración han sido vitales en mi camino académico.

¡Muchas gracias!

*Jeniffer Loor*

## DEDICATORIA

Con gran cariño y amor dedico esta tesis a mi madre que desde el cielo a de sentirse orgullosa por este logro, tu fuiste mi apoyo y motivación a lo largo de este camino, es por ello que se la dedico con todo mi corazón y gratitud.

*Jeniffer Loo*

## RESUMEN

El banano es una de la fruta de mayor importancia en muchos países debido a la rentabilidad económica que genera. Las plantaciones bananeras demandan gran absorción de nutrientes minerales disponibles en el suelo, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación consistió en definir la importancia de los nutrientes primarios (NPK) en el desarrollo de plántulas de banano cultivar Williams a nivel de vivero. El estudio se lo realizó en el Campus Universitario “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7 de la vía Quevedo – El Empalme, Provincia de Los Ríos. Para tal ensayo se utilizó un diseño completamente al azar conformado por cinco tratamientos y cuatro observaciones: T1 sin fertilizante, T2 con fertilizante completo NPK, T3 con fertilizante PK, T4 con fertilizante NK y T5 con fertilizante, adicionando 6 g/planta del fertilizante edáfico en cada tratamiento, evaluando la altura, diámetro, biomasa fresca y seca, número de hojas de las plántulas de banano. Se observó que, con la adición de nitrógeno, potasio (NK) se alcanza a obtener mayor altura y diámetro de planta con 27.63 y 2.69 cm/planta, respectivamente. Mientras que, con la adición de nitrógeno, fósforo, potasio (NPK) las plántulas de banano necesitan menos días para emitir una hoja 7.48 días/hojas, respectivamente. Por lo tanto, los nutrientes primarios son importantes en la multiplicación de plántulas a nivel de vivero, logrando obtener plantas de banano de la variedad Williams con la altura y diámetro requeridos para el establecimiento en el campo.

**Palabras claves:** biomasa, correlación, emisión de hojas, adición edáfica

## ABSTRACT

Banana is one of the most important fruits in many countries due to the economic profitability it generates. Banana plantations demand great absorption of mineral nutrients available in the soil, especially nitrogen, phosphorus and potassium. Therefore, the objective of this research was to define the importance of primary nutrients (NPK) in the development of banana seedlings cultivar Williams at the nursery level. The study was carried out at the "La María" University Campus, of the Quevedo State Technical University, located at km 7 of the Quevedo - El Empalme road, Province of Los Ríos. For this trial, a completely randomized design consisting of five treatments and four observations was used: T1 without fertilizer, T2 with complete NPK fertilizer, T3 with PK fertilizer, T4 with NK fertilizer and T5 with NP fertilizer, adding 6 g/plant of edaphic fertilizer in each treatment, evaluating the height, diameter, fresh and dry biomass, number of leaves of banana seedlings. It was observed that, with the addition of nitrogen, potassium (NK) it is possible to obtain a greater height and diameter of the plant with 27.63 and 2.69 cm/plant, respectively. While, with the addition of nitrogen, phosphorous, potassium (NPK) banana seedlings need fewer days to emit a leaf 7.48 days/leaves, respectively. Therefore, the primary nutrients are important in the multiplication of seedlings at the nursery level, managing to obtain banana plants of the Williams variety with the height and diameter required for establishment in the field.

**Keywords:** biomass, correlation, leaf emission, edaphic addition



## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                                                         |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| PORTADA.....                                                                                            | i    |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....                                                       | ii   |
| CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....                                         | iii  |
| CERTIFICACIÓN DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE<br>COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO ..... | iv   |
| CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....                                          | v    |
| AGRADECIMIENTO .....                                                                                    | vi   |
| DEDICATORIA .....                                                                                       | vii  |
| RESUMEN .....                                                                                           | viii |
| ABSTRACT .....                                                                                          | ix   |
| TABLA DE CONTENIDO .....                                                                                | x    |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                                                                   | xiv  |
| ÍNDICE DE ANEXOS .....                                                                                  | xv   |
| CÓDIGO DUBLÍN .....                                                                                     | xvi  |
| Introducción.....                                                                                       | 1    |
| CAPITULO I.....                                                                                         | 3    |
| CONTEXTUALIZACION DE LA INVESTIGACIÓN .....                                                             | 3    |
| 1.1. Problema de investigación.....                                                                     | 4    |
| 1.1.1. Planteamiento del problema.....                                                                  | 4    |
| 1.1.2. Formulación del problema .....                                                                   | 5    |
| 1.1.3. Sistematización del problema .....                                                               | 5    |
| 1.2. Objetivos.....                                                                                     | 5    |
| 1.2.1. Objetivo General.....                                                                            | 5    |
| 1.2.2. Objetivos Específicos .....                                                                      | 5    |
| 1.3. Justificación.....                                                                                 | 6    |
| CAPÍTULO II.....                                                                                        | 7    |
| FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....                                                        | 7    |
| 2.1 Marco conceptual .....                                                                              | 8    |
| 2.1.1. Nutrientes .....                                                                                 | 8    |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.2. Nitrógeno (N) .....                                   | 8  |
| 2.1.3. Fósforo (P) .....                                     | 8  |
| 2.1.4. Potasio (K) .....                                     | 9  |
| 2.1.5. Altura de la planta .....                             | 9  |
| 2.1.6. Diámetro del pseudotallo .....                        | 10 |
| 2.1.7. Número de hojas .....                                 | 10 |
| 2.1.8. Biomasa aérea .....                                   | 10 |
| 2.1.9. Biomasa radicular .....                               | 10 |
| 2.2. Marco referencial .....                                 | 11 |
| 2.2.1. El banano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) .....           | 11 |
| 2.2.2. Origen .....                                          | 11 |
| 2.2.3. Clasificación taxonómica .....                        | 11 |
| 2.2.4. Clasificación morfológica .....                       | 12 |
| 2.2.4.1. Sistema radicular. ....                             | 12 |
| 2.2.4.2. Pseudotallo. ....                                   | 12 |
| 2.2.4.3. Hojas. ....                                         | 12 |
| 2.2.4.4. Fruto. ....                                         | 13 |
| 2.2.5. Cultivar Williams .....                               | 13 |
| 2.2.6. Fertilización del banano .....                        | 14 |
| 2.2.7. Fertilización nitrogenada .....                       | 14 |
| 2.2.8. Deficiencia de nitrógeno en la planta de banano ..... | 15 |
| 2.2.9. Fertilización fosforada .....                         | 15 |
| 2.2.10. Deficiencia de fósforo en la planta de banano .....  | 16 |
| 2.2.11. Fertilización potásica .....                         | 16 |
| 2.2.12. Deficiencia de potasio en la planta de banano .....  | 17 |
| 2.2.13. Establecimiento de un vivero de banano .....         | 17 |
| 2.2.14. Utilización de sustrato para el vivero .....         | 17 |
| 2.2.15. Peso del corno para la siembra en vivero .....       | 18 |

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.16. Siembra de los cormos en las fundas plásticas .....     | 18 |
| 2.2.17. Riego de las plántulas en el vivero .....               | 18 |
| 2.2.18. Fertilización de las plántulas en el vivero .....       | 19 |
| 2.2.19. Control de maleza dentro del vivero .....               | 19 |
| 2.2.20. Manejo de plagas y enfermedades dentro del vivero ..... | 19 |
| CAPÍTULO III .....                                              | 20 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....                           | 20 |
| 3.1. Localización.....                                          | 21 |
| 3.1.1. Condiciones agroclimáticas.....                          | 21 |
| 3.2. Tipo de investigación .....                                | 21 |
| 3.3. Métodos de la investigación .....                          | 22 |
| 3.3.1. Método de la observación.....                            | 22 |
| 3.3.2. Método comparativo.....                                  | 22 |
| 3.3.3. Método analítico .....                                   | 22 |
| 3.4. Fuentes de recopilación de información.....                | 22 |
| 3.4.1. Fuentes primarias.....                                   | 22 |
| 3.4.2. Fuentes secundarias .....                                | 23 |
| 3.5. Diseño de la investigación.....                            | 23 |
| 3.6. Instrumentos de la investigación .....                     | 24 |
| 3.6.1. Variables evaluadas .....                                | 24 |
| 3.6.1.1. Altura de las plantas (cm).....                        | 24 |
| 3.6.1.2. Diámetro del pseudotallo (cm). .....                   | 24 |
| 3.6.1.3. Número de hojas.....                                   | 24 |
| 3.6.1.4. Biomasa fresca y seca (g). .....                       | 24 |
| 3.6.1.5. Índice filocrónico.....                                | 25 |
| 3.7. Manejo del experimento .....                               | 25 |
| 3.7.1. Aplicación de nutrientes primarios.....                  | 25 |
| 3.7.2. Características de los cormos .....                      | 25 |
| 3.7.3. Tratamientos de los cormos.....                          | 25 |

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 3.7.4. Sustrato .....                                  | 26 |
| 3.7.5. Control de malezas .....                        | 26 |
| 3.7.6. Riego a las plantas .....                       | 26 |
| 3.7.7. Fertilización .....                             | 26 |
| 3.8. Tratamientos de datos .....                       | 26 |
| 3.9. Recursos humanos y materiales .....               | 27 |
| 3.9.1. Recursos humanos .....                          | 27 |
| 3.9.2. Materiales y equipos .....                      | 27 |
| 3.9.2.1. Materiales de oficina. ....                   | 27 |
| 3.9.2.2. Materiales de campo y laboratorio. ....       | 27 |
| CAPÍTULO IV .....                                      | 28 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                           | 28 |
| 4.1. Altura y diámetro de las plantas de banano .....  | 29 |
| 4.2. Biomasa fresca de las plántulas de banano .....   | 31 |
| 4.3. Biomasa seca de las plántulas de banano .....     | 32 |
| 4.4. Número de hojas e índice filocrónico .....        | 34 |
| 4.5. Correlaciones entre las variables evaluadas ..... | 36 |
| CAPITULO V .....                                       | 38 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                   | 38 |
| 5.1. Conclusiones .....                                | 39 |
| 5.2. Recomendaciones .....                             | 40 |
| CAPITULO VI .....                                      | 41 |
| BIBLIOGRAFÍA .....                                     | 41 |
| 5.1. Bibliografía .....                                | 42 |
| CAPÍTULO VII .....                                     | 51 |
| ANEXOS .....                                           | 51 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|                |                                                                                                                                                                                                    |    |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1</b> | Clasificación taxonómica del cultivo de banano.....                                                                                                                                                | 11 |
| <b>Tabla 2</b> | Características agroclimáticas de la zona de estudio.....                                                                                                                                          | 21 |
| <b>Tabla 3</b> | Tratamientos evaluados mediante la aplicación de fertilizante edáfico.....                                                                                                                         | 23 |
| <b>Tabla 4</b> | Modelo de un diseño completamente al azar utilizado en el ensayo.....                                                                                                                              | 23 |
| <b>Tabla 5</b> | Altura y diámetro de las plantas de banano (cultivar Williams) producidas a nivel de vivero bajo el efecto de la adición edáfica de elementos primarios (NPK).....                                 | 29 |
| <b>Tabla 6</b> | Biomasa fresca de las raíces, pseudotallo y hojas de las plantas de banano (cultivar Williams) producidas a nivel de vivero bajo el efecto de la adición edáfica de elementos primarios (NPK)..... | 31 |
| <b>Tabla 7</b> | Biomasa seca de las raíces, pseudotallo y hojas de las plantas de banano (cultivar Williams) producidas a nivel de vivero bajo el efecto de la adición edáfica de elementos primarios (NPK).....   | 33 |
| <b>Tabla 8</b> | Número de hojas e índice filocrónico de las plantas de banano (cultivar Williams) producidas a nivel de vivero bajo el efecto de la adición edáfica de elementos primarios (NPK).....              | 34 |
| <b>Tabla 9</b> | Matriz de correlación entre las variables evaluadas en plantas de banano (cultivar Williams) producidas a nivel de vivero bajo el efecto de la adición edáfica de elementos primarios (NPK).....   | 37 |



## ÍNDICE DE ANEXOS

|                |                                             |    |
|----------------|---------------------------------------------|----|
| <b>Anexo 1</b> | Tablas del análisis de varianza.....        | 52 |
| <b>Anexo 2</b> | Fotografías del manejo del experimento..... | 56 |

## CÓDIGO DUBLÍN

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |                  |                 |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|-----------------|
| Título:               | Importancia de los nutrientes primarios en el desarrollo de plántulas de banano cultivar Williams a nivel de vivero                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |             |                  |                 |
| Autora:               | Jeniffer Libany Loor Ortiz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |                  |                 |
| Palabras claves:      | Biomasa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Correlación | Emisión de hojas | Adición edáfica |
| Fecha de publicación: |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |                  |                 |
| Editorial:            | Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2023                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             |                  |                 |
| Resumen:              | <p>Las plantaciones bananeras demandan gran absorción de nutrientes minerales disponibles en el suelo, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación consistió en definir la importancia de los nutrientes primarios (NPK) en el desarrollo de plántulas de banano cultivar Williams a nivel de vivero. El estudio se lo realizó en el Campus Universitario "La María", de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7 de la vía Quevedo – El Empalme, Provincia de Los Ríos. Para tal ensayo se utilizó un diseño completamente al azar conformado por cinco tratamientos y cuatro observaciones: T1 sin fertilizante, T2 con fertilizante completo NPK, T3 con fertilizante PK, T4 con fertilizante NK y T5 con fertilizante NP, adicionando 6 g/planta del fertilizante, evaluando la altura, diámetro, biomasa fresca y seca, número de hojas de las plántulas de banano. Se observó que, con la adición de nitrógeno, potasio (NK) se alcanza a obtener mayor altura y diámetro de planta con 27.63 y 2.69 cm/planta, respectivamente. Mientras que, con la adición de nitrógeno, fósforo, potasio (NPK) las plántulas de banano necesitan menos días para emitir una hoja 7.48 días/hojas, respectivamente. Por lo tanto, los nutrientes primarios son importantes en la multiplicación de plántulas a nivel de vivero, logrando obtener plantas de banano de la variedad Williams con la altura y diámetro requeridos para el establecimiento en el campo.</p> |             |                  |                 |
| Abstract:             | <p>Banana plantations demand great absorption of mineral nutrients available in the soil, especially nitrogen, phosphorus and potassium. Therefore, the objective of this research was to define the importance of primary nutrients (NPK) in the development of banana seedlings cultivar Williams at the nursery level. The study was carried out at the "La María" University Campus, of the Quevedo State Technical University, located at km 7 of the Quevedo - El Empalme road, Province of Los Ríos. For this trial, a completely randomized design consisting of five treatments and four observations was used: T1 without fertilizer, T2 with complete NPK fertilizer, T3 with PK fertilizer, T4 with NK fertilizer and T5 with NP fertilizer, adding 6 g/plant of fertilizer, evaluating the height, diameter, fresh and dry biomass, number of leaves of banana seedlings. It was observed that, with the addition of nitrogen, potassium (NK) it is possible to obtain a greater height and diameter of the plant with 27.63 and 2.69 cm/plant, respectively. While, with the addition of nitrogen, phosphorous, potassium (NPK) banana seedlings need fewer days to emit a leaf 7.48 days/leaves, respectively. Therefore, the primary nutrients are important in the multiplication of seedlings at the nursery level, managing to obtain banana plants of the Williams variety with the height and diameter required for establishment in the field.</p>                                                              |             |                  |                 |
| Descripción:          | 74 hojas: dimensiones 29 x 21 cm + CD-ROM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |             |                  |                 |
| Url:                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |                  |                 |

## Introducción

El banano es una fruta de gran importancia económica para muchos países, ya que contribuye significativamente a la rentabilidad de aquellos dedicados a su cultivo. En Ecuador, aproximadamente el 12% de la población trabaja en la producción y comercialización del banano (1). Este cultivo, perteneciente a las musáceas, tiene una gran relevancia en nuestro país, ya que se exporta a varios países del mundo, generando divisas y siendo reconocido por su calidad y valor nutricional (2).

Las plantaciones bananeras se caracterizan por su alta demanda de nutrientes minerales presentes en el suelo, como el potasio (K), que requiere en mayor cantidad que el nitrógeno (N) y el fósforo (P) para lograr un crecimiento óptimo y un rendimiento productivo adecuado (3). Es importante tener en cuenta que una aplicación inadecuada de fertilizantes puede aumentar el riesgo de infestación de nematodos en los cultivos de banano, debido a que a menudo los agricultores aplican fertilizantes de manera empírica (4).

Durante la etapa vegetativa, que es de particular interés en la programación de la fertilización de las musáceas, se produce la formación de raíces, el crecimiento del pseudotallo, los hijuelos y el desarrollo de las hojas. En esta fase, los nutrientes más necesarios y potencialmente limitantes para el cultivo son el nitrógeno y el potasio (5). El uso adecuado de fertilizantes contribuye al aumento del rendimiento de los cultivos y mejora la rentabilidad de los sistemas productivos. Además, la aplicación de fertilizantes debe adaptarse a las necesidades de la planta durante su etapa vegetativa (6).

La mejor manera de evaluar la respuesta del cultivo de banano en la etapa de vivero a la aplicación de fertilizantes es mediante la eficiencia del uso de los nutrientes necesarios para el desarrollo de las raíces y el pseudotallo. También es importante tener en cuenta las condiciones del suelo en la ubicación de la plantación de banano, ya que la disponibilidad de nutrientes y los rendimientos del cultivo pueden variar espacialmente, lo que afecta considerablemente la eficiencia del nutriente.

El objetivo de esta investigación es determinar la importancia de los nutrientes primarios en el desarrollo de plántulas de banano de la variedad Williams en el vivero. La fertilización contribuye al crecimiento tanto de las raíces como de la parte aérea de la planta durante su etapa vegetativa, lo que se espera que resulte en un rendimiento productivo deseado para los productores de banano. Por lo tanto, esta investigación busca determinar los requerimientos de nitrógeno, fósforo y potasio necesarios para las plántulas jóvenes durante su permanencia en el vivero, con el objetivo de lograr una vigorosidad y precocidad excelentes para su posterior trasplante en el campo.

**CAPITULO I**  
**CONTEXTUALIZACION DE LA INVESTIGACIÓN**



## **1.1. Problema de investigación**

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

El cultivo de banano es de gran importancia económica para Ecuador, pero requiere una alta cantidad de nutrientes primarios para lograr un crecimiento y rendimiento productivo óptimos. La falta de uno de estos nutrientes afectará las etapas posteriores, retrasando el desarrollo vegetativo de la planta y afectando la productividad por hectárea. Es crucial proporcionar nutrientes desde las primeras semanas del cultivo de musáceas para alcanzar rendimientos de producción óptimos.

La nutrición de las plántulas de banano en el vivero es de suma importancia, ya que la incorporación de nitrógeno, fósforo y potasio contribuye a una alta eficiencia en la producción de biomasa en un corto período de tiempo. Por lo tanto, la fertilización temprana en el vivero juega un papel crucial al mejorar las características morfológicas de las plantas, promoviendo un mejor sistema radicular y un desarrollo del pseudotallo de mayor calidad en términos de vigor y precocidad.

En muchos casos, los agricultores dedicados a la producción de banano no tienen un programa adecuado de fertilización que les permita suministrar la cantidad de nutrientes necesarios a su cultivo durante las primeras semanas después de la siembra, de acuerdo con los requerimientos de las plantas. A través de la producción de plantas de banano de la variedad Williams en el vivero, será posible determinar la importancia de los elementos primarios y cuál de los tres nutrientes es requerido en mayor o menor demanda por esta variedad de musáceas en su fase vegetativa.

### **Diagnóstico**

En un vivero, se determinó la importancia de suministrar los elementos primarios a las plantas de banano en su etapa juvenil. Además, esto permitió que los productores conocieran la cantidad necesaria de nitrógeno, fósforo y potasio que se debe aplicar o que el cultivo requiere en su etapa inicial, lo cual también reduciría los costos de compra de fertilizantes.

## **Pronóstico**

A través de la presente investigación, se ha definido la importancia de los nutrientes primarios en el desarrollo de plántulas de banano de la variedad Williams a nivel de vivero. Esto beneficia a los agricultores bananeros al proporcionarles información que les permite realizar aplicaciones adecuadas de los nutrientes requeridos por las plantas durante su etapa vegetativa.

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

¿Cuál es la importancia de los nutrientes primarios (N, P, K) en el desarrollo de plántulas de banano variedad Williams a nivel de vivero?

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

¿Qué altura y diámetro tendrán las plántulas de banano que crecen bajo el efecto de los elementos primarios a nivel de vivero?

¿Cuál será la cantidad de biomasa aérea y radical que se produce en plántulas de banano que crecen bajo el efecto de los elementos primarios a nivel de vivero?

¿Cuál será el número de hojas y el índice filocrónico en plántulas de banano que crecen bajo el efecto de los elementos primarios a nivel de vivero?

## **1.2. Objetivos**

### ***1.2.1. Objetivo General***

Definir la importancia de los nutrientes primarios (N, P, K) en el desarrollo de plántulas de banano cultivar Williams a nivel de vivero.

### ***1.2.2. Objetivos Específicos***

- Determinar la altura y diámetro de plántulas de banano que crecen bajo el efecto de los elementos primarios a nivel de vivero.

- Conocer la cantidad de biomasa aérea y radical que se produce en plántulas de banano que crecen bajo el efecto de los elementos primarios a nivel de vivero.
- Establecer el número de hojas y el índice filocrónico en plántulas de banano que crecen bajo el efecto de los elementos primarios a nivel de vivero.

### **1.3. Justificación**

Es de vital importancia proporcionar los nutrientes primarios a las plantas para lograr los mejores rendimientos productivos por hectárea en el cultivo de banano. La nutrición de las plantas no solo depende de los nutrientes presentes en el suelo, sino también de los aportes que se realicen a través de la aplicación de elementos esenciales en dosis adecuadas según las necesidades del cultivo. La deficiencia de nutrientes como el nitrógeno, fósforo o potasio puede debilitar la resistencia de la planta a plagas y generar un sistema radicular frágil.

Los resultados de esta investigación han definido la importancia de los nutrientes primarios en el desarrollo de plántulas de banano de la variedad Williams en el vivero. Estos hallazgos proporcionan alternativas al agricultor bananero, permitiéndole realizar combinaciones adecuadas de los nutrientes primarios según los requerimientos de las plántulas durante las primeras semanas de desarrollo antes de ser trasplantadas al campo. El cultivo de banano es de rápido crecimiento y presenta limitaciones en su sistema radicular, por lo tanto, asegurar la disponibilidad de nutrientes en cantidades adecuadas permitirá obtener plantas con un sistema radicular saludable y una biomasa aérea robusta

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**



## **2.1 Marco conceptual**

### **2.1.1. Nutrientes**

Las plantas requieren 16 elementos químicos para su desarrollo normal, los cuales se dividen en dos grupos: minerales y no minerales. Los nutrientes primarios, secundarios y micronutrientes forman parte del grupo de minerales. Los cultivos tienen una mayor demanda de macronutrientes que de micronutrientes para un desarrollo vegetativo adecuado, aunque estos últimos son esenciales para suplementar los requerimientos nutricionales de la planta (7).

### **2.1.2. Nitrógeno (N)**

El nitrógeno es uno de los principales nutrientes primarios que se absorben a través de las raíces del banano en forma de ion nitrato ( $\text{NO}_3$ ). Este elemento es esencial para la división celular, el crecimiento y el proceso de respiración de la planta. Además, promueve el desarrollo vegetativo de las hojas y el pseudotallo, lo que le otorga al cultivo su característico color verde (8).

Para el cultivo de banano, los requerimientos de nitrógeno son considerados altos, estimándose alrededor de 200 kg/ha al año. El nitrógeno es fundamental para la síntesis de proteínas y vitaminas, la formación de clorofila y el crecimiento de la planta. El contenido necesario de nitrógeno para un desarrollo óptimo se sitúa entre el 2% y 3% de la materia seca total, mientras que para la materia seca foliar del banano se estima entre el 2.5% y 3% de nitrógeno (9).

### **2.1.3. Fósforo (P)**

El fósforo es un nutriente indispensable en la agricultura que no puede ser reemplazado por otros elementos ni obtenido de la atmósfera para la producción agrícola. Es necesario suministrar fósforo de manera adecuada para lograr un buen desarrollo y rendimiento productivo. La concentración de fósforo total en los cultivos agrícolas varía entre 0.1% y 0.5%, y una vez que es absorbido por las raíces, puede acumularse en la raíz o trasladarse hacia las partes superiores de la planta (10).



Aunque el cultivo de banano requiere cantidades relativamente bajas de fósforo debido a que extrae pequeñas cantidades de este nutriente del suelo, no se debe omitir su incorporación en los programas de fertilización (11). El fósforo es especialmente importante en la etapa de establecimiento de las plantaciones, conocida como "plantilla", y su incorporación es crucial para la transferencia de nutrientes de la planta madre a la planta hija. Las dosis de fósforo necesarias dependen del tipo de suelo. Por ejemplo, en suelos calcáreos y arcillosos, se requieren entre 75 y 150 kg de P/ha para lograr un rendimiento óptimo(12).

#### ***2.1.4. Potasio (K)***

El potasio es un tercer nutriente de vital importancia para el crecimiento vegetativo. Actúa como regulador de la presión osmótica y es indispensable para el funcionamiento metabólico de las plantas, incluyendo procesos como la fotosíntesis, la síntesis de carbohidratos y proteínas. Un suministro adecuado de potasio es fundamental para lograr el máximo rendimiento y calidad en la producción de frutas. En suelos con alto contenido de arcilla, puede producirse la inmovilización del potasio, quedando atrapado en forma de minerales durante largos períodos (13).

La función principal del potasio es transportar y acumular azúcares dentro de la planta. Además, contribuye al aumento del peso mediante el almacenamiento de biomasa en los frutos. El potasio es absorbido por las plantas en forma de ion potásico (3). Las plantas que crecen en condiciones de deficiencia de potasio reducen su eficacia en la fotosíntesis y se vuelven más susceptibles a enfermedades, además de presentar una menor resistencia a la sequía. Por el contrario, aquellas plantas que reciben cantidades adecuadas de fertilizantes potásicos muestran una mayor resistencia y salud (14).

#### ***2.1.5. Altura de la planta***

En el vivero, se deben tomar medidas de las plantas a los 30 y 60 días respectivamente, utilizando un flexómetro. La medición se realiza desde la base del pseudotallo hasta la bifurcación en forma de "V" generada entre la última hoja completamente expandida y la hoja en forma de cilindro recién emitida, conocida como hoja candela. Esta última es débil y tiene una apariencia lactescente. La medida de la altura de la planta puede expresarse en milímetros o centímetro (15).

#### ***2.1.6. Diámetro del pseudotallo***

Para medir el diámetro del pseudotallo, se recomienda utilizar un pie de rey. La medida debe comenzar a cinco centímetros por encima de la base del pseudotallo. Estas mediciones se pueden realizar a los 30 y 60 días después de que las plántulas hayan sido colocadas en la etapa de vivero (15).

#### ***2.1.7. Número de hojas***

Para contar el número de hojas de cada planta en el vivero, se recomienda hacerlo a los 60 días. Se deben contar únicamente las hojas verdaderas, tomando como referencia aquellas que estén completamente expandidas y que incluyan el peciolo, la vaina, la nervadura central y el limbo. Es importante evitar contar las hojas enrolladas, también conocidas como hojas candela (15).

#### ***2.1.8. Biomasa aérea***

La estimación de la biomasa en las plantaciones es un tema relevante en relación al problema del calentamiento global, ya que determina la cantidad específica de carbono. Se puede medir por dos alternativas. El primer método cortando la planta y pesando la biomasa. El segundo método es una estimación indirecta que utiliza ecuaciones y modelos matemáticos basados en el análisis de regresión entre variables obtenidas durante una investigación (16).

#### ***2.1.9. Biomasa radicular***

El contenido de materia de una planta nos permite determinar el promedio de biomasa seca de una determinada muestra expresada ( $\text{g/m}^2$ ). Para evaluarlo, se deben tomar muestras de las raíces en estado fresco. Además, este parámetro es útil para estimar la fijación de carbono en una plantación. Las raíces son consideradas las estructuras más importantes de la planta, ya que desempeñan diversas funciones, tanto en términos de soporte estructural como en la absorción de nutrientes del suelo. (17).

## 2.2. Marco referencial

### 2.2.1. El banano (*Musa paradisiaca*)

El banano es una planta herbácea perteneciente a la familia de las musáceas. Su característica principal es su pseudotallo aéreo, que se reproduce a partir de los cormos y da lugar a varios brotes laterales llamados hijuelos. Las hojas del banano se distribuyen de manera helicoidal, creando una base foliar que envuelve el tallo donde se forma el pseudotallo. Este pseudotallo cumple la función de soportar la planta y actúa como almacén de almidón y agua. Tras la formación de la inflorescencia, el racimo de banano puede ser cosechado entre 90 y 120 días. Esta fruta se caracteriza por su buen sabor y valor nutritivo (18).

### 2.2.2. Origen

El banano se considera originario de Asia y posteriormente fue introducido en el continente americano a través de migraciones de personas provenientes de Asia. Desde entonces, el banano y otras variedades de la familia de las musáceas crecían de forma natural y silvestre en las regiones tropicales húmedas de América, abarcando gran parte de Centroamérica y Sudamérica. Se estima que existen alrededor de 1000 variedades de musáceas en todo el mundo, que se dividen en 50 grupos (19).

### 2.2.3. Clasificación taxonómica

**Tabla 1**  
*Clasificación taxonómica del cultivo de banano*

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Reino             | <i>Plantae</i>            |
| División          | <i>Magnoliophyta</i>      |
| Clase             | <i>Liliopsida</i>         |
| Orden             | <i>Zingiberales</i>       |
| Familia           | <i>Musácea</i>            |
| Genero            | <i>Musa</i>               |
| Especie           | <i>Paradisiaca</i>        |
| Nombre científico | <i>Musa paradisiaca</i> L |

FUENTE: (20)



#### **2.2.4. Clasificación morfológica**

##### **2.2.4.1. Sistema radicular.**

El sistema radicular de las musáceas se caracteriza por ser fasciculado y fibroso, con subdivisiones en raíces primarias, secundarias y terciarias. Las raíces principales se extienden horizontalmente sobre el suelo, alcanzando una longitud de aproximadamente cinco metros, mientras que las raíces más pequeñas pueden penetrar hasta 1,5 metros de profundidad en el suelo (21).

La raíz es el órgano fundamental para las plantas de banano, ya que no solo proporciona soporte, sino que también les permite absorber agua y nutrientes del suelo. Por lo tanto, una adecuada nutrición mineral es crucial para el desarrollo del racimo y el crecimiento del sistema radicular. Además, las raíces del banano requieren un suelo poroso y profundo, con buena aireación y fertilidad natural para un crecimiento óptimo (22).

##### **2.2.4.2. Pseudotallo.**

El pseudotallo está compuesto por vainas foliares que forman la parte aérea de la planta. El tallo verdadero crece a partir del cormo y termina con la inflorescencia. La estructura y el tamaño del pseudotallo varían según la variedad cultivada (21). Durante la temporada de verano, el pseudotallo es el principal reservorio de agua y nutrientes, lo que permite el crecimiento de los hijuelos una vez que la planta madre ha sido cortada (23).

La fertilización edáfica se realiza alrededor del pseudotallo y es absorbida por las raíces, lo que promueve el crecimiento y desarrollo de la planta. Los nutrientes almacenados en el pseudotallo contribuyen a un mejor llenado de la fruta. Durante la etapa inicial del desarrollo del cultivo, se produce una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes por parte de la planta, lo que se traduce en un aumento en el número de manos y un mayor diámetro del pseudotallo (24).

##### **2.2.4.3. Hojas.**

Las hojas del banano son lisas, tiernas, con ápice trunco y base circular. Cada planta tiene alrededor de 5 a 15 hojas funcionales, considerándose que un mínimo de 10 hojas indica que

está madura; sin embargo, estas hojas sobreviven por un período de tiempo no mayor a dos meses. Las hojas emergen enrolladas en el interior del pseudotallo, desplegándose en forma de espiral. Son de gran tamaño, de color verde y pueden medir de 2 a 4 metros de largo y 1,5 metros de ancho (25).

Cuando la planta experimenta estrés o se encuentra en suelos con escasas reservas de nutrientes, los tejidos presentan fácilmente la falta nutricional, donde la planta no adsorber de manera correcta. Por lo tanto, si se desea abordar estas deficiencias, se recurre a la fertilización foliar, que consiste en la aplicación de soluciones de nutrientes sobre el tejido foliar de las hojas. Esta aplicación foliar no compite con la fertilización tradicional del suelo, sino que la complementa y contribuye a alcanzar los mejores niveles de producción en los cultivos (26).

#### **2.2.4.4. Fruto.**

El fruto del banano carece de semillas y presenta una textura suave y delicada. En su etapa inicial, la corteza del fruto tiene bordes filosos, pero luego se va engrosando, adquiriendo una forma esférica y aumentando los niveles de azúcar y almidón. El período de cosecha del fruto se sitúa entre la semana 10 y 13 después de la aparición de la inflorescencia, momento en el cual ha alcanzado una nutrición óptima y los grados brix necesarios para su exportación (24).

Los requerimientos de nutrientes de un cultivo están determinados por la producción de biomasa y la acumulación total de nutrientes en los tejidos de la planta. El banano demanda altas cantidades de nutrientes para mantener una buena producción, siendo el nitrógeno y el potasio dos elementos de gran importancia para este cultivo. La aplicación de nutrientes durante las primeras etapas de desarrollo vegetativo es crucial para un crecimiento óptimo del racimo, por lo que es fundamental que los nutrientes estén disponibles al momento de la siembra de la planta (27).

#### **2.2.5. Cultivar Williams**

El cultivar Williams es conocido por su alta productividad y la excelente calidad de sus frutos. Esta variedad se caracteriza por ser una planta semi-enana con un pseudotallo vigoroso y un amplio sistema radicular, lo que la hace más resistente al acame causado por



fuertes vientos (28). En la actualidad, su cultivo se ha incrementado debido a sus cualidades agronómicas y su capacidad para adaptarse a diferentes regiones del mundo, así como a la creciente demanda para la exportación. Además, su tamaño más pequeño permite una mayor densidad poblacional, reduciendo la competencia por nutrientes, espacio, energía solar y agua (29).

#### ***2.2.6. Fertilización del banano***

La fertilización es fundamental para el cultivo del banano, ya que proporciona los nutrientes necesarios para la correcta nutrición de las plantas. Aunque algunos nutrientes pueden provenir del suelo y de los residuos de cosechas anteriores, es necesario aplicar fertilizantes en cantidades adecuadas para lograr cosechas productivas. Los nutrientes que el banano absorbe en mayor cantidad son el nitrógeno y el potasio, que son esenciales para alcanzar un rendimiento óptimo (11).

Es recomendable realizar un análisis de suelo para determinar los niveles ideales de nutrientes prioritarios y así lograr los rendimientos deseados de manera eficiente y rentable. Conocer la fertilidad del suelo y establecer los niveles adecuados de elementos esenciales es crucial para la rentabilidad económica del cultivo de interés (30).

#### ***2.2.7. Fertilización nitrogenada***

La aplicación de nitrógeno en el momento adecuado permite un mejor desarrollo vegetativo del cultivo, promoviendo un aumento en la altura de las plantas, un mejor contorno del pseudotallo y una mayor área foliar. Además, mejora los rendimientos productivos al incrementar el número y peso de los racimos. Sin embargo, en las plantaciones de producción, existen plantas en diferentes etapas fenológicas, lo que dificulta la aplicación de fertilizantes de acuerdo con el desarrollo de cada planta (31).

El nitrógeno es considerado uno de los nutrientes más importantes para la nutrición del cultivo de banano (22). La planta requiere grandes cantidades de este elemento, ya que desempeña un papel fundamental en su desarrollo y crecimiento, participando en los procesos de elongación y división celular. Para la fertilización nitrogenada, se pueden utilizar diferentes formas de fertilizantes comerciales, como la urea ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ), el nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ), el nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) y el nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) (32).

### ***2.2.8. Deficiencia de nitrógeno en la planta de banano***

La deficiencia de nitrógeno en el cultivo de banano se manifiesta inicialmente con clorosis en las hojas más viejas y luego se extiende a otras partes de la planta. Esto provoca una reducción en la longitud del pseudotallo, acortando la altura de la planta y disminuyendo el peso del racimo. Además, se prolonga el ciclo vegetativo y se retrasa la emisión de hijuelos. En las zonas tropicales, donde las temperaturas y la precipitación son elevadas, se produce una pérdida significativa de nitrógeno en el suelo. Por lo tanto, es crucial realizar aplicaciones continuas y en bajas cantidades para asegurar un suministro adecuado y estable que promueva un desarrollo óptimo de la planta (9).

La fertilización del banano se realiza directamente en el suelo, lo cual presenta una desventaja debido a la pérdida de nutrientes y minerales por lixiviación y volatilización. Esta pérdida de nutrientes dificulta la dosificación adecuada de fertilizantes, lo que resulta en producciones bajas debido a la deficiencia o falta de nutrientes. Esto afecta el crecimiento de los hijuelos de la planta, resultando en racimos defectuosos y períodos de producción más prolongados (33).

### ***2.2.9. Fertilización fosforada***

El fósforo es un nutriente crucial para el crecimiento de la planta, especialmente para el desarrollo de las raíces (34). La planta de banano absorbe el fósforo del suelo en forma de fosfato y fosfito, y la mayor absorción ocurre durante los primeros cinco meses de crecimiento vegetativo (9). Aunque el cultivo de banano no requiere grandes cantidades de fósforo, en suelos con bajos niveles de este nutriente se pueden manifestar síntomas de deficiencia, por lo que es importante su aplicación para mantener un desarrollo activo de la planta (11).

El fósforo es un componente de baja movilidad en el suelo, y las raíces solo pueden absorber el que está en su cercanía. Cuando se incorporan fertilizantes al suelo, el fósforo se vuelve soluble y disponible, pero rápidamente se fija y deja de estar disponible para las plantas. Debido a esta baja movilidad, el fósforo tiende a acumularse en la capa superior del suelo, donde puede perderse principalmente a través de la escorrentía superficial y la erosión. Por lo tanto, es importante realizar una fraccionación adecuada de este nutriente para aumentar su eficiencia (10).

### ***2.2.10. Deficiencia de fósforo en la planta de banano***

La deficiencia de fósforo en la planta de banano se manifiesta mediante la aparición de necrosis marginal en las hojas adultas, que adoptan una forma similar a una sierra. Esto provoca un retraso en el crecimiento tanto de la planta madre como de los hijos. En muchos casos, las hojas muestran una coloración verde intensa (8). La presencia de necrosis en las hojas acelera el proceso de senescencia en la planta y reduce el tamaño de las hojas, así como la emisión foliar (11).

### ***2.2.11. Fertilización potásica***

El potasio desempeña un papel crucial en la nutrición del banano, ya que participa en la síntesis de almidón y proteínas. El nitrato de potasio es el fertilizante más utilizado en las plantaciones de banano, ya que contribuye a aumentar la resistencia al frío y promueve el llenado máximo de los frutos. Además, el potasio regula la absorción de CO<sub>2</sub> y agua durante el proceso de fotosíntesis y tiene un efecto beneficioso en la respuesta de la planta al estrés ambiental (13).

A pesar de que el suelo pueda tener niveles considerados altos de potasio, la alta tasa de extracción de potasio por parte de los frutos del banano requiere un buen suministro adicional. La demanda de potasio por parte del cultivo está relacionada con las condiciones del sitio y puede variar. (3). Aproximadamente el 80% de la aplicación de potasio al cultivo de banano debe realizarse antes de la aparición de la inflorescencia. Por lo tanto, es importante proporcionar pequeñas cantidades de potasio en las etapas iniciales y aumentar la aplicación en los meses previos y posteriores a la floración de la planta (8).

Se estima que la extracción de potasio por parte de los frutos del banano puede alcanzar los 400 kg de K/ha/año (35). Un suministro adecuado de potasio contribuye a la resistencia del cultivo al estrés biótico y abiótico. El contenido de potasio en la materia seca de la planta varía entre el 2% y el 5%, y los requerimientos de potasio dependen de la fase fisiológica en la que se encuentre la planta. Además de influir en la vigorosidad y el peso del racimo, la función principal del potasio en el cultivo de banano es el transporte y acumulación de azúcares, así como el llenado del fruto (36).



### ***2.2.12. Deficiencia de potasio en la planta de banano***

Los síntomas de deficiencia de potasio suelen manifestarse en suelos con baja fertilidad, pero es poco común observarlos en plantaciones de banano bien cuidadas. Uno de los síntomas característicos de la deficiencia de potasio es la clorosis de las hojas, que se manifiesta como un amarillamiento en la parte final de las hojas viejas. Otra deficiencia es la deformación de los racimos, los cuales, debido a la falta de potasio, son pequeños, delgados y presentan deformidades debido al deficiente llenado de los frutos. El crecimiento lento de las plantas es una característica de la deficiencia de potasio y les confiere un aspecto achaparrado (35).

### ***2.2.13. Establecimiento de un vivero de banano***

El lugar seleccionado para establecer un vivero de banano debe estar libre de plagas y patógenos. Por lo tanto, es necesario obtener el material de plantaciones sanas y, una vez sembrado en bolsas de plástico, regarlas con agua limpia y libre de impurezas. El área del vivero debe estar vallada y solo permitir el acceso después que el área haya sido protegida. Todos los instrumentos usados deben permanecer dentro del invernadero para mantener la sanidad del vivero (37).

El vivero puede construirse con un 50% de sombra o a pleno sol. Las bolsas de plástico se deben colocar en filas, formando bloques y utilizando cormos de peso similar. El ancho máximo de cada bloque debe ser de cuatro bolsas, dejando un espacio de 40 a 50 centímetros entre bloques para facilitar las labores de manejo dentro del vivero. Se pueden utilizar bolsas de polipropileno de 20 x 22,5 cm. Las plántulas estarán listas para ser trasplantadas después de 6 a 8 semanas en el vivero, tiempo suficiente para que se formen dos pares de hojas y alcancen una altura de 30 centímetros (38).

### ***2.2.14. Utilización de sustrato para el vivero***

La elección de un sustrato adecuado es de gran importancia en la etapa inicial del vivero, ya que debe proporcionar las características estructurales y químicas necesarias para un desarrollo óptimo de las raíces de las musáceas. Si se logra contar con un sustrato de buena calidad, las plántulas podrán desarrollar un sistema radical robusto y estarán listas para ser trasplantadas después de aproximadamente ocho semanas en el vivero. Los sustratos deben proporcionar los nutrientes requeridos por las plantas en cantidades adecuadas para



promover su óptimo desarrollo, sin embargo, no todos los sustratos son capaces de suministrar todos los nutrientes que las plantas necesitan (39).

Se pueden utilizar diferentes tipos de sustratos orgánicos, como corteza de árbol compostada, fibra de coco, cascarilla de arroz, cáscara de café o tuza de maíz molida. Estos materiales pueden utilizarse solos o mezclados con un componente inorgánico más pesado, como tierra o arena de río. Es recomendable evitar mezclas que contengan más del 50% de tierra o arena de río, ya que esto puede provocar la compactación del sustrato, aumentando el riesgo de encharcamiento y la muerte de las raíces debido al exceso de agua (40).

#### ***2.2.15. Peso del cormo para la siembra en vivero***

Los cormos son estructuras vegetativas que se forman a partir del crecimiento de las yemas basales secundarias de las plantas de musáceas. Para la reproducción de plantas de banano en un vivero, se recomienda utilizar cormos con un peso de 150 a 350 gramos (41). Una vez seleccionados los cormos, se deben limpiar, eliminar las raíces, romper la dominancia apical y luego desinfectar sumergiéndolos en una mezcla de agua con hipoclorito de sodio ( $\text{NaClO}$ ) en una proporción de 0,10 centímetros cúbicos por litro de agua durante 5 minutos (42).

#### ***2.2.16. Siembra de los cormos en las fundas plásticas***

Para la siembra de los cormos, se pueden utilizar fundas plásticas de 25 x 30 cm, que se llenan con una mezcla de suelo compuesta por compost, cascarilla de arroz y arena en una proporción de 2:2:2:1. Al colocar el cormo en la funda, se recomienda dejarlo a uno o tres centímetros de la parte superior para completarlo con el sustrato, lo que permitirá un crecimiento uniforme de las plántulas (15).

#### ***2.2.17. Riego de las plántulas en el vivero***

El riego en el vivero se puede realizar cada dos días, teniendo en cuenta las condiciones ambientales de la zona y la humedad del sustrato, y se debe mantener hasta que finalice la investigación o las plantas estén listas para ser trasplantadas al campo (15). Si se ha utilizado un medio ligero 100% orgánico, es necesario regar las plántulas a diario e incluso hasta tres veces al día si el clima es demasiado caluroso y las plántulas son grandes. Sin embargo, si

se utilizan sustratos más pesados, se puede reducir la frecuencia de riego, siempre y cuando se verifique la humedad del sustrato previamente (40).

#### ***2.2.18. Fertilización de las plántulas en el vivero***

En la etapa de vivero, se debe aplicar fertilizante mezclando cuidadosamente los elementos en proporciones determinadas, con una relación de NPK de 2:1:2 y una concentración que varía de 2 a 4 gramos durante un período de ocho semanas en el vivero (40). La nutrición juega un papel fundamental en el crecimiento de las plántulas de banano, ya que demandan grandes cantidades de nutrientes primarios y son altamente eficientes en la generación de biomasa aérea y radicular en un corto período de tiempo (22).

#### ***2.2.19. Control de maleza dentro del vivero***

En los viveros, generalmente no se utilizan herbicidas para controlar las malezas debido al alto contenido de materia orgánica en muchos sustratos, lo que inactiva ciertos productos químicos, además de que las plántulas de interés son susceptibles a los herbicidas. Por lo tanto, es importante realizar la limpieza del sustrato mediante tamizado, así como limpiar los equipos antes de llevarlos al área del vivero. Sin embargo, la práctica más recomendable para el control de malezas es el deshierbe manual, que es económico y fácil de realizar cuando las malezas aún son pequeñas (43).

#### ***2.2.20. Manejo de plagas y enfermedades dentro del vivero***

Las plagas y enfermedades rara vez causan problemas dentro del vivero, pero es fundamental e imprescindible implementar medidas preventivas mediante la pulverización de productos químicos recomendados para la zona o región donde se establecerá el vivero. La prevención es clave para evitar problemas como la infestación de orugas de los bucles, la presencia de ácaros rojos y las manchas foliares causadas por el hongo *Pythium* (40).

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización

La presente investigación se realizó en el Campus Universitario "La María" perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada km 7 vía Quevedo-El Empalme, en el cantón Quevedo de la provincia de Los Ríos. Las coordenadas geográficas del lugar son 1°1'43" de latitud Sur y 79°27'49" de longitud Oeste.

#### 3.1.1. Condiciones agroclimáticas

En cuanto a las condiciones agroclimáticas, el Campus Universitario "La María" se encuentra a una altitud de 73 metros sobre el nivel del mar. El clima predominante en esta zona es Subhúmedo-Tropical, caracterizado por tener una estación lluviosa y una estación seca muy marcadas. Estas características se presentan a continuación en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Características agroclimáticas de la zona de estudio*

| Parámetros                | Promedio    |
|---------------------------|-------------|
| Temperatura °C            | 25.2        |
| Humedad relativa %        | 83          |
| Precipitación anual mm    | 2162        |
| Heliofanía, horas luz año | 896.66      |
| Zona ecológica            | Bh tropical |
| Topografía                | Irregular   |

FUENTE: (44).

### 3.2. Tipo de investigación

La presente investigación se enmarca en el campo de la Agricultura y tiene como objetivo evaluar la importancia de los nutrientes primarios en el cultivo de banano durante la etapa de vivero. Se realizaron evaluaciones en plántulas sometidas a diferentes tratamientos, donde se aplicaron combinaciones de nutrientes con el fin de obtener un buen desarrollo vegetativo y uniformidad para su posterior trasplante al campo. El estudio se llevó a cabo mediante un diseño experimental que incluyó la evaluación de los elementos primarios, como el nitrógeno, fósforo y potasio. Se analizaron las variantes y se seleccionó la mejor



combinación de nutrientes que permitiera obtener plántulas listas para la siembra en un periodo aproximado de 6 a 8 semanas.

### **3.3. Métodos de la investigación**

#### ***3.3.1. Método de la observación***

Este enfoque metodológico permitió obtener una comprensión directa de la realidad a través de la observación de los objetos de estudio. Mediante este método, se recopiló información sobre el desarrollo de las plántulas de banano en cada tratamiento, considerando la aplicación de los nutrientes primarios dentro del vivero.

#### ***3.3.2. Método comparativo***

El método comparativo fue utilizado debido a su importancia en esta investigación. Este enfoque permitió determinar las diferencias en el crecimiento que se generaron al aplicar diferentes combinaciones de nutrientes primarios en los tratamientos evaluados y las variables estudiadas.

#### ***3.3.3. Método analítico***

El método analítico fue empleado para realizar el análisis de variables morfoagronómicas del desarrollo vegetativo de las plantas durante el tiempo requerido en el vivero, así mismo, los elementos presentes en el ensayo que no representaron influencias sucesivas en las variantes evaluadas.

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

#### ***3.4.1. Fuentes primarias***

En cuanto a la recopilación de información, se utilizaron fuentes primarias. Estas fuentes consistieron en la recolección de datos a través de la observación y la obtención de resultados de los distintos análisis realizados durante el tiempo de investigación.

### 3.4.2. Fuentes secundarias

Además, se recurrió a fuentes secundarias como bibliografía complementaria obtenida de los artículos científicos publicados, de los repositorios académicos, buscadores científicos y sitios de revistas.

### 3.5. Diseño de la investigación

Para la presente investigación se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cinco tratamientos y cuatro observaciones. Para la comparación de las medias entre los tratamientos, se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia de ( $p \geq 0,05$ ).

#### Tratamientos

**Tabla 3**

*Tratamientos evaluados mediante la aplicación de fertilizante edáfico*

| Tratamientos | Descripción                                                        | Cantidad   |
|--------------|--------------------------------------------------------------------|------------|
| T1           | Sin fertilizante                                                   | 0 g        |
| T2           | Con fertilizante completo NPK<br>[(15-3-22) % – (0.9-0.18-1.32) g] | 6 g/planta |
| T3           | Con fertilizante PK (3-22) (0.18-1.32) g                           | 6 g/planta |
| T4           | Con fertilizante NK (15-22) (0.9-1.32) g                           | 6 g/planta |
| T5           | Con fertilizante NP (15-3) (0.9-0.18) g                            | 6 g/planta |

ELABORADA: AUTORA

#### Modelo matemático

**Tabla 4**

*Modelo de un diseño completamente al azar utilizado en el ensayo*

| Fuente de variación | Fórmula | Grados de libertad |
|---------------------|---------|--------------------|
| Tratamientos        | t-1     | 4                  |
| Error experimental  | t(r-1)  | 15                 |
| Total               | tr-1    | 19                 |

ELABORADA: AUTORA

Ecuación del modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij} \quad \text{Fórmula, donde.}$$

**Y<sub>ij</sub>**: total de observación

**μ**: media de la población

**T<sub>i</sub>**: efecto del tratamiento

**E<sub>ij</sub>**: efecto aleatorio del error experimental

### **3.6. Instrumentos de la investigación**

#### **3.6.1. Variables evaluadas**

##### **3.6.1.1. *Altura de las plantas (cm).***

Mediante el ensayo, la medida de la altura de las plantas se la realizó con la ayuda de un flexómetro, midiendo desde la parte del cuello hasta el inicio de la última hoja.

##### **3.6.1.2. *Diámetro del pseudotallo (cm).***

En cuanto al diámetro del pseudotallo, se midió en las plantas útiles de cada unidad experimental. Esta medición se realizó desde el centro del pseudotallo hasta cinco centímetros por encima de la base, utilizando un calibrador.

##### **3.6.1.3. *Número de hojas.***

El recuento del número de hojas se realizó contando de manera individual en cada planta, tomando en cuenta las hojas únicas. Para ello se registró los datos al inicio y al final de la investigación.

##### **3.6.1.4. *Biomasa fresca y seca (g).***

Para determinar la cantidad de biomasa fresca y seca, se tomaron muestras de las plantas evaluadas (raíz, tallo, hojas), pesándolas en una romana y expresando el peso en gramos. Posteriormente, las muestras se colocaron en una estufa a una temperatura de 65°C durante 72 horas, hasta obtener un peso constante. De esta manera, se evaluaron las muestras como materia seca.

### **3.6.1.5. Índice filocrónico.**

Para determinar el índice filocrónico, que es un factor que contribuye a conocer el tiempo que tarde una hoja de banano en emitirse en la etapa de vivero bajo la fertilización de los nutrientes primarios. Se utilizó una fórmula específica para realizar este cálculo.

$$IF = \left( \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_b \right) \times \frac{Nd}{Nh} \quad \text{considerando,}$$

IF: índice filocrónico

Tmax: temperatura máxima

Tmin: temperatura mínima

Tb: temperatura basal

Nd: número de días

Nh: número de hojas

## **3.7. Manejo del experimento**

### **3.7.1. Aplicación de nutrientes primarios**

La fertilización a base de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) es de vital importancia para el desarrollo y crecimiento de las plantas de banano. En esta investigación, se utilizaron dosis específicas de combinaciones de estos elementos en cada tratamiento. El producto NPK se adquirió directamente en una agropecuaria y se aplicó una dosis de 6 g por planta, de acuerdo con los requerimientos del cultivo.

### **3.7.2. Características de los cormos**

La selección de los cormos que se emplearon fue del cultivar Williams. Estos se limpiaron verificando que no tuviesen infectados por plagas o insectos. Los cormos utilizados tenían un peso específico de 200 a 400 g, según cada tratamiento evaluado.

### **3.7.3. Tratamientos de los cormos**

Los cormos de banano fueron desinfectados utilizando un fungicida agrícola llamado Carbovax, diluido en una proporción de 6 ml por litro de agua. Se sumergieron durante 10



minutos para eliminar cualquier patógeno que pudiera afectar su desarrollo y crecimiento. Posteriormente, se sembraron en fundas de polietileno previamente desinfectadas.

#### **3.7.4. *Sustrato***

El sustrato, se preparó una mezcla de tierra y cascarilla de arroz en una relación de tres a uno, además, se realizó la desinfectación para controlar la presencia de patógenos y garantizar un ambiente propicio para el crecimiento de las plántulas.

#### **3.7.5. *Control de malezas***

Se llevó a cabo el control de malezas de manera manual con el objetivo de que estas compitan por los nutrientes aplicados a las plántulas, y que pudieran generar un retraso en el crecimiento de las plantas dentro del vivero.

#### **3.7.6. *Riego a las plantas***

Se aplicó el riego considerando que el sustrato estaba con poca humedad, por lo cual, se mantuvo al sustrato en su capacidad de retención de agua óptima para controlar el estrés en las plantas. El riego consistió en asegurar el total humedecimiento del sustrato en cada tratamiento.

#### **3.7.7. *Fertilización***

En relación a la fertilización, durante el ensayo se aplicaron combinaciones de nutrientes primarios en los tratamientos. Estas combinaciones incluyeron la fertilización con NPK en el tratamiento 2, PK en el tratamiento 3, NK en el tratamiento 4 y NP en el tratamiento 5. Se aplicó una dosificación de 6 g/planta.

### **3.8. Tratamientos de datos**

Los datos registrados por tratamientos se procedieron a tabular en la hoja electrónica Excel, para posteriormente pasarlas al programa InfoStat. Estos se analizaron mediante la prueba de comparaciones de Tukey ( $p < 0.05$ ) para realizar la comparación de las medias entre ellos. Esta prueba estadística permitió determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos en relación a las variables analizadas.

### **3.9. Recursos humanos y materiales**

#### **3.9.1. Recursos humanos**

Quienes participaron en la presente investigación fueron los siguientes:

Jeniffer Libany Loor Ortiz (Autora del Proyecto de Investigación)

Ing. Rommel Arturo Ramos Remache M.Sc. (Director del Proyecto de Investigación)

Colaboradores: Leonidas Jacinto Solorzano Cedeño y Evelyn Estefanía Miño Vera.

#### **3.9.2. Materiales y equipos**

##### **3.9.2.1. Materiales de oficina.**

- Computadora
- Cámara de móvil
- Cuaderno
- Lapiceros
- Impresora
- Hojas A4
- Marcadores
- Pendrive

##### **3.9.2.2. Materiales de campo y laboratorio.**

- Cormos de banano
- Sarán
- Sustrato
- Tierra
- Calibrador
- Flexómetro
- Botas
- Navaja
- Gaveta
- Romana
- Funda de papel
- Fertilizante completo
- Fertilizante NK
- Fungicida líquido
- Abono foliar soluble
- Fundas de polietileno
- Machete
- Caña guadua
- Cascarilla de arroz
- Cinta métrica
- Regaderas
- Tamiz
- Tijera de podar
- Gramera
- Romana analítica
- Estufa de aire forzado
- Fertilizante NP
- Fertilizante PK
- Fungicida soluble
- Insecticida líquido

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### 4.1. Altura y diámetro de las plantas de banano

Al evaluar la altura y diámetro inicial de las plántulas de banano, no se observó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), según el análisis de varianza (anexos 1 y 3) y la comparación de medias (Tabla 5). Los promedios para la altura y el diámetro inicial fueron de 16.03 y 2.13 cm/planta, respectivamente.

Sin embargo, en las variables de altura y diámetro final se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), lo que indica un efecto de la adición de nutrientes primarios en el suelo. La mayor altura y diámetro de las plantas se observaron en el tratamiento con la adición de nitrógeno y potasio (NK), con valores de 27.63 y 2.69 cm/planta, respectivamente. Además, desde un punto de vista estadístico, tanto la adición de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) como la adición de fósforo y potasio (PK) resultaron en alturas finales de planta iguales (27.04 y 26.88 cm/planta) y diámetros finales de planta iguales (2.51 y 2.51 cm/planta). Por otro lado, al agregar nitrógeno y fósforo (NP), se observó una altura final de planta igual a la registrada en el tratamiento con NPK y PK, mientras que el diámetro final fue igual entre las plantas que recibieron NP y las que no recibieron tratamiento edáfico de nutrientes (testigo).

**Tabla 5**

*Altura y diámetro de las plantas de banano (cultivar Williams) producidas a nivel de vivero bajo el efecto de la adición edáfica de elementos primarios (NPK)*

| Tratamientos | Altura    |          | Diámetro |         |
|--------------|-----------|----------|----------|---------|
|              | Inicial   | Final    | Inicial  | Final   |
|              | cm/planta |          |          |         |
| Testigo      | 16,13 a*  | 21,75 b  | 2,14 a   | 2,31 b  |
| Completo NPK | 15,75 a   | 27,04 ab | 2,13 a   | 2,51 ab |
| PK           | 17,50 a   | 26,88 ab | 2,20 a   | 2,51 ab |
| NK           | 15,44 a   | 27,63 a  | 2,12 a   | 2,69 a  |
| NP           | 15,31 a   | 24,75 ab | 2,08 a   | 2,31 b  |
| Promedio     | 16,03     | 25,61    | 2,13     | 2,47    |
| EEM          | 0,39      | 1,08     | 0,02     | 0,07    |

*EEM = error estándar de la media, \* Promedios con letras iguales en sentido vertical no difieren estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p > 0.05$ )*

Según Patiño *et al* (42) se ha reportado que la aplicación de fertilizantes durante la etapa de vivero resulta en plántulas de banano con mayor altura y diámetro, lo que permite obtener plantas adecuadas para el trasplante en campo en un tiempo menor. Ruíz y García (45),



recomiendan que las plantas de banano tengan una altura de aproximadamente 20 a 25 cm antes de ser llevadas al cultivo en campo. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de esta investigación, ya que, durante el período de ensayo, el tratamiento de control (sin adición de fertilizante) mostró una menor altura y diámetro en comparación con los otros tratamientos evaluados. La altura promedio registrada de las plántulas fue de 25.61 cm/planta.

Por otro lado, Huarquilla, *et al* (3) mencionan que la aplicación de nitrógeno y potasio influye en el crecimiento y diámetro de las plantas, ya que el pseudotallo contiene reservas de agua y biomasa, y el NK son elementos que contribuyen a la acumulación de agua a nivel celular. Asimismo, Aiman, *et al* (46) describen en su investigación que el potasio (K) es un elemento importante para el crecimiento de las plantas de banano durante la etapa de vivero. Teniendo en cuenta las afirmaciones de estos autores, se puede determinar que la adición de NK en el ensayo pudo haber influido en el logro de plantas con mayor altura y diámetro.

Guevara (47) señala que el fósforo es uno de los elementos nutricionales más importantes para el desarrollo y crecimiento de las plantas. Álvaro (48) también considera que el fósforo no solo es vital para el crecimiento, sino que desempeña un papel fundamental en la fotosíntesis de las plantas. Además, Avellán, *et al* (10) coinciden con los autores mencionados con anterioridad al destacar la interacción del fósforo con otros nutrientes del suelo, lo cual permite su absorción y transporte en las plantas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que una baja dosis de fósforo puede ocasionar alteraciones fisiológicas en las plantas.

En relación con los resultados obtenidos en este estudio, se observó que los tratamientos que recibieron adición de fósforo presentaron una menor altura. Esto podría deberse a que el sustrato utilizado ya contenía una alta concentración de fósforo, lo cual fue corroborado mediante un análisis de suelo realizado previamente en el "Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Experimental Tropical Pichilingue". Por lo tanto, se puede concluir que la presencia de un sustrato con un contenido elevado de fósforo pudo haber provocado el efecto de que el tratamiento sin adición de fósforo, pero con nitrógeno y potasio (NK) obtuviera mayor altura y diámetro.

## 4.2. Biomasa fresca de las plántulas de banano

Al evaluar la biomasa fresca de las raíces de las plantas de banano, estas no mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), según el análisis de varianza (Anexo 7) y la comparación de medias (Tabla 6), con un promedio de 21.30 g/planta. Sin embargo, se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las variables de pseudotallo, hojas y biomasa fresca total, lo que evidencia el efecto de la adición edáfica de los elementos primarios.

Con la adición de nitrógeno y potasio (NK), se logró una mayor producción de biomasa en el pseudotallo, las hojas y la biomasa total, con valores de 123.50 g/planta, 117.00 g/planta y 264.50 g/planta, respectivamente. Además, desde una perspectiva estadística, se obtuvo una producción de biomasa fresca igual al final del ensayo con la adición de nitrógeno, fósforo, potasio (NPK), fósforo, potasio (PK) y nitrógeno, fósforo (NP). Por otro lado, el tratamiento que no recibió fertilización edáfica (testigo) mostró promedios de medias más bajos en comparación con los tratamientos que recibieron la aplicación de los nutrientes primarios.

**Tabla 6**

*Biomasa fresca de las raíces, pseudotallo y hojas de las plantas de banano (cultivar Williams) producidas a nivel de vivero bajo el efecto de la adición edáfica de elementos primarios (NPK)*

| Tratamientos | Biomasa fresca |             |           |           |
|--------------|----------------|-------------|-----------|-----------|
|              | Raíces         | Pseudotallo | Hojas     | Total     |
|              | g/planta       |             |           |           |
| Testigo      | 14,75 a        | 58,00 b     | 70,00 b   | 142,75 b  |
| Completo NPK | 19,25 a        | 109,50 ab   | 108,00 ab | 236,75 ab |
| PK           | 24,00 a        | 90,00 ab    | 88,75 ab  | 202,75 ab |
| NK           | 24,00 a        | 123,50 a    | 117,00 a  | 264,50 a  |
| NP           | 24,50 a        | 98,00 ab    | 103,75 ab | 226,25 ab |
| Promedio     | 21,30          | 95,80       | 97,5      | 214,6     |
| EEM          | 1,90           | 11,01       | 8,25      | 20,52     |

*EEM = error estándar de la media, \* Promedios con letras iguales en sentido vertical no difieren estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p > 0.05$ )*

Según Ugarte, *et al* (49), la aplicación de fertilizantes edáficos es indispensable para obtener plantas de mayor calidad en la etapa de vivero, ya que favorece la producción de biomasa fresca. Boschini, *et al* (50), también informaron que las plantas de banano producen una



mayor cantidad de biomasa fresca en las raíces y el pseudotallo. Además, Arias *et al* (16) señalan que el pseudotallo es el órgano que acumula la mayor cantidad de biomasa fresca. Estos hallazgos concuerdan con los resultados de nuestra investigación, donde se observó que la adición de fertilizantes edáficos en la etapa de vivero influyó positivamente en la producción de biomasa fresca, especialmente en el pseudotallo y las hojas.

Por otro lado, Ruiz y García (45) afirman que el nitrógeno desempeña un papel crucial en el desarrollo de la biomasa, y cuando se combina con el fósforo, ambos elementos son fundamentales para el proceso fotosintético de las plántulas de banano. Además, González *et al* (51) explican la importancia de realizar análisis de biomasa fresca en los cultivos, ya que proporciona información sobre la cantidad de agua que las plantas acumulan.

En resumen, los estudios mencionados respaldan nuestros hallazgos, destacando la influencia de la aplicación de fertilizantes edáficos en la etapa de vivero para mejorar la producción de biomasa fresca, especialmente en el pseudotallo y las hojas. Además, subrayan la importancia del nitrógeno y el fósforo en el desarrollo de la biomasa y el proceso fotosintético de las plántulas de banano, y resaltan la relevancia de los análisis de biomasa fresca para comprender la cantidad de agua acumulada por las plantas.

#### **4.3. Biomasa seca de las plántulas de banano**

Al evaluar la biomasa seca de las plantas de banano sobre la raíz, pseudotallo, hojas y biomasa seca total, no se presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) según el análisis de varianza (anexos 9, 10, 11, 12) y la comparación de medias (Tabla 7), con promedios de 2.94 g/planta, 4.58 g/planta, 10.28 g/planta y 17.79 g/planta, respectivamente. Sin embargo, numéricamente se observó que la adición de fósforo y potasio (PK) tuvo una mayor acumulación de biomasa seca a nivel de las raíces, con un valor de 3.39 g/planta.

Por otro lado, con la adición de nitrógeno y potasio (NK), se observó una mayor acumulación de biomasa seca en las plántulas de banano en etapa de vivero a nivel de pseudotallo, hojas y biomasa seca total, con valores de 6.12 g/planta, 11.88 g/planta y 21.05 g/planta, respectivamente. En cuanto a la aplicación de nitrógeno, fósforo, potasio (NPK), se registró una menor cantidad de biomasa seca en las raíces (2.54 g/planta), en comparación con el tratamiento que no recibió aplicación edáfica (testigo) (2.74 g/planta).

**Tabla 7**

*Biomasa seca de las raíces, pseudotallo y hojas de las plantas de banano (cultivar Williams) producidas a nivel de vivero bajo el efecto de la adición edáfica de elementos primarios (NPK)*

| Tratamientos | Biomasa seca |             |         |         |
|--------------|--------------|-------------|---------|---------|
|              | Raíces       | Pseudotallo | Hojas   | Total   |
|              | g/planta     |             |         |         |
| Testigo      | 2,74 a       | 3,01 a      | 7,65 a  | 13,39 a |
| Completo NPK | 2,54 a       | 4,45 a      | 11,54 a | 18,52 a |
| PK           | 3,39 a       | 4,47 a      | 9,08 a  | 16,93 a |
| NK           | 3,06 a       | 6,12 a      | 11,88 a | 21,05 a |
| NP           | 2,95 a       | 4,85 a      | 11,26 a | 19,06 a |
| Promedio     | 2,94         | 4,58        | 10,28   | 17,79   |
| EEM          | 0,14         | 0,50        | 0,82    | 1,28    |

*EEM = error estándar de la media, \* Promedios con letras iguales en sentido vertical no difieren estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p > 0.05$ )*

Según, Ruiz y García (45) la cantidad de biomasa seca producida por las plantas de banano está influenciada por la humedad y disponibilidad de nitrógeno (N) en el suelo. Además, la acumulación de biomasa seca se relaciona con el índice foliar, las condiciones climáticas, la densidad de población y la absorción de N por parte de las plantas. Por otro lado, Mateus y Rodríguez (52) señalan que la aplicación de bioestimulantes promueve una mayor acumulación de biomasa seca en los órganos de las plantas, especialmente en las hojas, seguidas del pseudotallo y las raíces durante la etapa vegetativa. Asimismo, Mora, *et al* (53) registraron diferencias significativas en la acumulación de biomasa seca en las plántulas de banano durante la aclimatación en el vivero mediante la adición de biofertilizantes.

Por lo tanto, al no observar resultados significativos en cuanto a la acumulación de biomasa seca en las plantas de banano producidas en el vivero, se puede inferir que la fertilización temprana no tiene un impacto directo en la producción de biomasa seca. Otro factor que podría haber influido en esta variable es la dosis de fertilizantes aplicada en cada unidad experimental. Es posible que la cantidad suministrada haya sido insuficiente en comparación con las necesidades de las plantas en la etapa de vivero.

En resumen, los estudios mencionados indican que la acumulación de biomasa seca en las plantas de banano está influenciada por factores como la humedad, la disponibilidad de nitrógeno, la aplicación de bioestimulantes y la dosis de fertilizantes. Aunque la fertilización temprana en el vivero no mostró efectos significativos en la producción de biomasa seca, sí se evidenció una influencia en la producción de biomasa fresca.



#### 4.4. Número de hojas e índice filocrónico

Al analizar las variables número de hojas y el índice filocrónico en las plantas de banano, no se observó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) de acuerdo al análisis de varianza (anexos 13, 14, 15, 16) y la comparación de medias (Tabla 8). El promedio inicial de hojas fue de 3.66, mientras que el promedio final fue de 7.08 hojas/planta. En cuanto al índice filocrónico, se obtuvo un valor de 8.37 días/hoja en términos calendario y 130.13 °C/hoja en términos térmicos.

En términos analíticos, la adición de fertilizante edáfico en la etapa de vivero no parece influir en la emisión de hojas en las plantas de banano, como se puede observar en el tratamiento sin fertilizante añadido (testigo). Además, en relación al índice filocrónico calendario, el tratamiento sin fertilizante requiere más días para generar una hoja (promedio de 9.44 días/hoja), mientras que, con la adición de nitrógeno, fósforo, potasio (NPK), las plántulas de banano necesitan menos días para emitir una hoja (promedio de 7.48 días/hoja). De manera similar, en el índice filocrónico térmico, el tratamiento sin fertilizante requiere una acumulación de temperatura mayor para emitir una hoja (promedio de 146.81 °C/hoja), mientras que con la adición de NPK, las plantas necesitan menos temperatura para emitir una hoja (promedio de 116.34 °C/hoja).

**Tabla 8**

*Número de hojas e índice filocrónico de las plantas de banano (cultivar Williams) producidas a nivel de vivero bajo el efecto de la adición edáfica de elementos primarios (NPK)*

| Tratamientos | Hojas por planta |        | Índice filocrónico        |                      |
|--------------|------------------|--------|---------------------------|----------------------|
|              | Inicial          | Final  | Calendario<br>(días/hoja) | Térmico<br>(°C/hoja) |
| Testigo      | 3,50 a           | 6,50 a | 9,44 a                    | 146,81 a             |
| Completo NPK | 3,56 a           | 7,33 a | 7,48 a                    | 116,34 a             |
| PK           | 3,63 a           | 7,06 a | 8,20 a                    | 127,51 a             |
| NK           | 3,94 a           | 7,38 a | 8,51 a                    | 132,32 a             |
| NP           | 3,69 a           | 7,13 a | 8,22 a                    | 127,69 a             |
| Promedio     | 3,66             | 7,08   | 8,37                      | 130,13               |
| EEM          | 0,08             | 0,16   | 0,32                      | 4,93                 |

*EEM = error estándar de la media, \* Promedios con letras iguales en sentido vertical no difieren estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p > 0.05$ )*

En el estudio realizado por Chillogalli (54), se encontró que el número de hojas no mostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos utilizando cormitos de banano de

distintas variedades. Resultados similares fueron reportados por Conrado (55) en su investigación, donde se añadieron micorrizas y fósforo (P) como nutriente durante la aclimatación de plántulas de banano. Estos hallazgos concuerdan con los resultados obtenidos en este estudio, donde al final del ensayo no se observaron diferencias significativas en el número de hojas.

De acuerdo con Robinson y Galán (56), es recomendable que las plantas producidas en vivero tengan al menos 5 hojas verdes y saludables antes de ser trasplantadas al campo. Del mismo modo, Alfaro (57) informa en su investigación que las plantas en fase de vivero deben tener 5 hojas verdaderas antes de ser llevadas al campo. Al finalizar este ensayo, se obtuvo un promedio de 7.08 hojas/planta, superando así las recomendaciones de los autores mencionados anteriormente.

Según el estudio realizado por Kumar, *et al* (58), se observó que el intervalo mínimo entre la aparición sucesiva de hojas, o filocrón, fue de 9.10 días, mientras que el máximo fue de 11.11 días. Por otro lado, Animesh y Nungshitula (59) informaron que el tiempo mínimo necesario para que una planta emita una nueva hoja funcional es de 7 días, lo cual está influenciado por la aplicación de fertilizantes. Además, Meghwal, *et al* (60) mencionaron que el filocrón mínimo fue de 7.33 días, mientras que el máximo fue de 10.08 días. En contraste, Nayak, *et al* (61), en su estudio con diferentes genotipos de banano, reportaron un filocrón mínimo de 7.2 días y un máximo de 7.5 días para la emisión de una nueva hoja, y consideraron que esto está determinado por las características genéticas de las plantas, el clima y la disponibilidad de nutrientes.

Los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con los datos reportados por los autores mencionados anteriormente. Se encontró que la adición de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) resultó en un filocrón mínimo de 7.48 días/hojas, mientras que el tratamiento sin adición de fertilizantes (testigo) mostró un filocrón máximo de 9.44 días/hojas.

En relación al tiempo térmico (°C días), Turner, *et al* (62) describen que es un factor determinante para que los cultivares de banano puedan emitir nuevas hojas funcionales. Por ejemplo, el cultivar Williams requiere una temperatura máxima de aproximadamente 34°C para la producción de nuevas hojas. Además, Nunes, *et al* (63) mencionan que la época de siembra también debe tenerse en cuenta, ya que esto afectará la cantidad de energía térmica (°C días) requerida para la emitir hoja nueva.



#### 4.5. Correlaciones entre las variables evaluadas

Al analizar las correlaciones entre las variables estudiadas, se consideró valores que fueran iguales o superiores a 0.60, como se muestra en el Tabla 9. Estos valores representan las relaciones existentes entre las diferentes variables en las plántulas de banano, que fueron obtenidas mediante la aplicación de fertilizante edáfico en la etapa de vivero. Se encontraron correlaciones significativas, especialmente destacadas, entre la biomasa fresca del pseudotallo y la biomasa fresca total, con un coeficiente de correlación ( $r$ ) de 0.98. Asimismo, se observó una correlación alta entre la biomasa fresca total y la biomasa seca total, con un coeficiente de correlación de 0.95.

Además, las hojas iniciales de las plántulas de banano en la etapa de vivero mostraron una excelente capacidad de predicción en relación con la biomasa fresca y seca, tanto a nivel de pseudotallo como de hojas, así como en la biomasa total. Estos hallazgos indican una estrecha relación entre las variables evaluadas y resaltan la importancia de las hojas iniciales en la predicción de la biomasa fresca y seca en las plántulas de banano, tanto a nivel de pseudotallo como de hojas, así como en la biomasa total.

Según el estudio realizado por Rodríguez, *et al* (64), se ha observado que la altura de la planta presenta una relación significativa con otras variables, lo cual indica que la altura de la planta es un descriptor importante para el mejoramiento fitotécnico. Esta conclusión es respaldada por el trabajo de García (65), quien reportó un coeficiente de correlación de 0.83 entre la altura de la planta y el diámetro del pseudotallo.

En concordancia con estos hallazgos, en este estudio se encontraron coeficientes de correlación similares entre la altura y el diámetro inicial ( $r = 0.81$ ) y final ( $r = 0.84$ ) de las plántulas de banano. Asimismo, Arias *et al* (16) mencionaron que la biomasa seca total de las musáceas presenta una correlación alta de 0.86.

Estos resultados indican que la fertilización edáfica en la producción de plantas de banano en vivero permite obtener correlaciones más sólidas en términos de la biomasa fresca y seca total. Esto resalta la importancia de la altura de la planta como un buen indicador para el mejoramiento fitotécnico y destaca la relación estrecha entre la altura, el diámetro y la biomasa en el desarrollo de las plantas de banano.

**Tabla 9**

*Matriz de correlación entre las variables evaluadas en plantas de banano (cultivar Williams) producidas a nivel de vivero bajo el efecto de la adición edáfica de elementos primarios (NPK)*

|     | AI          | AF          | DI    | DF    | BFH         | BFP         | BFR         | BFT         | BSH         | BSP         | BSR         | BST         | HI   | HF    | IFC  | IFT  |
|-----|-------------|-------------|-------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|-------|------|------|
| AI  | 1,00        |             |       |       |             |             |             |             |             |             |             |             |      |       |      |      |
| AF  | 0,19        | 1,00        |       |       |             |             |             |             |             |             |             |             |      |       |      |      |
| DI  | <b>0,81</b> | 0,00        | 1,00  |       |             |             |             |             |             |             |             |             |      |       |      |      |
| DF  | 0,08        | <b>0,84</b> | -0,01 | 1,00  |             |             |             |             |             |             |             |             |      |       |      |      |
| BFH | 0,14        | 0,43        | 0,04  | 0,22  | 1,00        |             |             |             |             |             |             |             |      |       |      |      |
| BFP | 0,16        | 0,58        | -0,02 | 0,42  | <b>0,94</b> | 1,00        |             |             |             |             |             |             |      |       |      |      |
| BFR | 0,26        | 0,10        | 0,03  | -0,11 | <b>0,64</b> | <b>0,66</b> | 1,00        |             |             |             |             |             |      |       |      |      |
| BFT | 0,18        | 0,48        | 0,01  | 0,27  | <b>0,97</b> | <b>0,98</b> | <b>0,75</b> | 1,00        |             |             |             |             |      |       |      |      |
| BSH | 0,19        | 0,37        | 0,14  | 0,13  | <b>0,94</b> | <b>0,85</b> | 0,55        | <b>0,89</b> | 1,00        |             |             |             |      |       |      |      |
| BSP | 0,15        | 0,56        | -0,07 | 0,42  | <b>0,85</b> | <b>0,91</b> | <b>0,70</b> | <b>0,91</b> | <b>0,75</b> | 1,00        |             |             |      |       |      |      |
| BSR | 0,30        | -0,04       | -0,03 | -0,16 | 0,53        | 0,49        | <b>0,86</b> | <b>0,60</b> | 0,44        | 0,57        | 1,00        |             |      |       |      |      |
| BST | 0,24        | 0,37        | 0,05  | 0,16  | <b>0,94</b> | <b>0,90</b> | <b>0,78</b> | <b>0,95</b> | <b>0,91</b> | <b>0,90</b> | <b>0,72</b> | 1,00        |      |       |      |      |
| HI  | 0,33        | 0,25        | 0,12  | 0,15  | <b>0,73</b> | <b>0,67</b> | 0,43        | <b>0,69</b> | <b>0,65</b> | <b>0,70</b> | 0,46        | <b>0,72</b> | 1,00 |       |      |      |
| HF  | 0,00        | 0,61        | -0,24 | 0,47  | 0,56        | <b>0,61</b> | 0,19        | 0,55        | 0,56        | 0,57        | 0,17        | 0,54        | 0,57 | 1,00  |      |      |
| IFC | 0,25        | -0,40       | 0,34  | -0,33 | 0,13        | 0,03        | 0,24        | 0,11        | 0,03        | 0,10        | 0,27        | 0,13        | 0,41 | -0,50 | 1,00 |      |
| IFT | 0,25        | -0,40       | 0,34  | -0,33 | 0,13        | 0,03        | 0,24        | 0,11        | 0,03        | 0,10        | 0,27        | 0,13        | 0,41 | -0,50 | 1,00 | 1,00 |

*AI = altura inicial, AF = altura final, DI = diámetro inicial, DF = diámetro final, BFH = biomasa fresca de hojas, BFP = biomasa fresca de pseudotallo, BFR = biomasa fresca de raíces, BFT = biomasa fresca total, BSH = biomasa seca de hojas, BSP = biomasa seca de pseudotallo, BSR = biomasa seca de raíces, BST = biomasa seca total, HI = hojas iniciales, HF = hojas finales, IFC = índice filocrónico calendario, IFT = índice filocrónico calendario. \* Se asumió que existe relación entre variables cuando el coeficiente de correlación (r) fue mayor o igual a 0.60*



**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### 5.1. Conclusiones

- Mediante la aplicación edáfica de nutrientes primarios durante la multiplicación de plántulas a nivel de vivero, con la adición de nitrógeno y potasio (NK), en fórmula química (15-22) y en dosis de 6 g/planta, se logra obtener plantas de banano de la variedad Williams con la altura de 27.63 cm y diámetro 2.69 cm adecuados para su posterior establecimiento en el campo.
- Con la aplicación de nitrógeno y potasio en composición químicas 15-22, y en dosis de 6 g/planta, se logra alcanzar plantas con mayor peso en biomasa fresca (264.50 g/planta) y mayor acumulación de biomasa seca con (21,05 g/planta).
- El número de hojas de las plantas está directamente influenciado por su desarrollo vegetativo. Mientras que, con la adición de nitrógeno, fósforo y potasio (15-3-22), en las plántulas de banano producidas en vivero, se observa una reducción en el tiempo requerido para la emisión de una nueva hoja, con un promedio de 7.48 días.

## 5.2. Recomendaciones

- Para obtener plántulas de banano con las características necesarias para su comercialización en vivero, es recomendable utilizar fertilizantes edáficos como el nitrógeno y el potasio (NK) en composición química 15-22, y en dosis de 6 g/planta, obtendrán plantas con la altura, el diámetro y la uniformidad deseada para su posterior siembra en el campo.
- Dar continuidad a los ensayos de fertilización para evaluar de manera exhaustiva el efecto de nutrientes, como el nitrógeno y el potasio, en la producción de biomasa fresca y seca a lo largo de todas las etapas de desarrollo de las plantas de banano, incluyendo la etapa productiva. Estas investigaciones nos brindarán una comprensión más completa de cómo estos nutrientes influyen en el crecimiento, la condición fitosanitaria y el rendimiento de las plantas de banano a lo largo de su ciclo de vida.

**CAPITULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**



## 5.1. Bibliografía.

1. Medina Criollo L. Aclimatación y evaluación del crecimiento inicial en campo de Vitroplantas de banano (*Musa spp* var. Cavendish) en el Cantón Paltas. Tesis de grado. Universidad Nacional de Loja. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Ingeniería Agronómica. Loja - Ecuador. 2018. P. 1.
2. Andrade G. Análisis de costo y tiempo para instalar un sistema de riego por aspersión en un vivero de plantas meristemáticas de banano (*Mussa acuminata* triploide AAA). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Guayaquil-Ecuador. 2015.
3. Huarquilla Henríquez W, González Porras C, Villaseñor Ortiz D. Respuesta de diferentes dosis y fuentes de fertilización potásica sobre la productividad del banano (*Mussasp*). Conference Proceedings UTMACH. 2017; 2(1): p. 223-235.
4. Izquierdo M, Armas M. Propuesta de un protocolo de fertilización como una estrategia para el control de nematodos en el cultivo de banano. Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales. 2018; 12(1): p. 32.
5. Romero Cañari L, Sotomayor Cordova I. Efecto de la fertilización orgánica y química en la producción del cultivo de plátanos (*Musa sp.*) variedad isla. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad De Ciencias Agropecuarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía. La Merced-Perú. 2019.
6. Vivas Cedeño J, Robles García J, González Ramírez I, Álava Cruz D, Meza Loor M. Fertilización del plátano con nitrógeno, fósforo y potasio en cultivo establecido. Revista Científica. Dominio de las Ciencias. ISSN: 2477-8818. 2018; 4(1): p. 633-647.
7. Herrera Ossa K. Niveles de fertilización en las propiedades químicas del suelo y la eficiencia en el uso de nutrientes cv Curare Enano. Tesis de grado. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Extensión en El Carmen. Carrera de Ingeniería Agropecuaria.. 2018.

8. Torres Gómez S. Requerimientos nutricionales de macronutrientes en el cultivo de banano. Monografía. Universidad Agraria del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrarias. Tecnología en Banano y Frutas Tropicales. Naranjal-Ecuador. 2020.
9. Torres Bazurto J. Absorción, distribución y acumulación de nitrógeno en banano variedad Williams en dos ciclos de producción en zona húmeda tropical. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Bogotá, Colombia. 2016.
10. Avellán Vásquez L, Cobeña Looor N, Estévez Chica S, Zamora Macías P, Vivas Cedeño J, González Ramírez I, et al. Exportación y eficiencia del uso de fósforo en plátano 'barraganete' (*Musa paradisiaca* L.). Revista Fitotecnia Mexicana. 2020; 43(1): p. 25-33.
11. Buste Parraga C. Crecimiento de hijuelos de banano (*Musa* sp.) en respuesta al abonamiento potásico. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Agronómica. Quevedo-Los Ríos-Ecuador. 2019.
12. Tigasi Sigcha C. Cultivo de alta densidad en banano (*Musa paradisiaca* Var. Cavendish). Tesis de grado. Universidad Técnica de Cotopaxi. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Carrera Ingeniería Agronómica. La Maná-Ecuador. 2017. P. 16.
13. Troya Pérez J. Manejo de la fertilización potásica en el cultivo de banano "Musa paradisiaca AAA", en la Hacienda Bolívar del cantón Pueblo Viejo. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Ingeniería Agronómica. 2019. p. 7-9.
14. Fuentes J. Evaluación de cuatro niveles de potasio (KCL) sobre el rendimiento y calidad del plátano (*Musa paradisiaca*, Musaceae), en aldea San Isidro, Malacatán, San Marcos. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Campus de Quetzaltenango. 2014.

15. Moreta Cruz J. Evaluación del peso adecuado de cormos para producción de plantas de plátano (*Musa × paradisiaca* L.) en vivero. Tesis de grado. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. 2019.
16. Arias J, Riaño N, Aristizábal M. Dinámica de la acumulación de la materia seca en dos especies de sombrío usadas en cafetales de Colombia. *Cenicafé*. 2015; 65(2): p. 1-8.
17. Jiménez C, Arias D. Distribución de la biomasa y densidad de raíces finas en un gradiente sucesional de bosques en la zona norte de Costa Rica. *Kuru Revista Forestal (Costa Rica)*. 2004; 1(2): p. 1-4.
18. Gómez M. Efectos de la suma térmica en el desarrollo de racimos de banano (*Musa acuminata* AAA) en dos zonas productoras distintas. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Guayaquil, Ecuador. 2017. P. 19.
19. Molina Orellana B. Las exportaciones de banano, su impacto en la economía ecuatoriana durante los años 2002 al 2012. Tesis de grado. Universidad Espiritu Santo. Machala. 2014. P. 10.
20. Benítez Ibarra P. Alteraciones que no permiten cumplir con los estándares de calidad del banano para exportación en la Hacienda María Antonieta. Tesis de grado. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ambato-Ecuador. 2017. P. 28.
21. Guerrero Zambrano S. Características morfométricas de cultivares de musáceas establecidos en la Finca Experimental “La María”. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Agronómica. 2016.
22. López A, Espinosa J. Manual de nutrición y fertilización del banano. International Plant Nutrition Institute. Corporación Bananera Nacional. 1995. P. 2-10.



23. Rodríguez C, Cayón G, Mira J. Influencia del seudotallo de la planta madre cosechada sobre el crecimiento y producción del hijo de sucesión en banano (Musa AAA Simmonds). *Revista Agromomía Colombiana*. 2006; 24(2): p. 274-279.
24. Tacuri García C. Evaluación de fertilización aplicada al pseudotallo de banano (musa x paradisiaca l.) cavendish gigante con fuentes distintas de potasio. Trabajo de titulación. UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador. 2020.
25. Duque S, Monsalve P, RestrepoCamila. Intervención morfológica de la hoja de banano. Universidad Pontificia Boliviana. Escuela de Arquitectura y Diseño, Facultad de Diseño Industrial. Medellín-Antioquia. 2019. P. 15.
26. Murillo Castillo R, Piedra Marín G, León R. Absorción de nutrientes a través de la hoja. *Uniciencia*. ISSN 1101 – 0275. 2013; 27(1): p. 232-244.
27. Castillo González A, Hernández Maruri J, Avitia García E, Pineda Pineda J, Valdéz Aguilar L, Corona Torres T. Extracción de macronutrientes en banano ‘Dominico’ (Musa spp.). *FYTON. Revista Internacional de Botánica Experimental* ISSN 0031 9457. 2011; 80: p. 65-72.
28. Suárez Figueroa C. Efecto de hongos micorrízicos, *Bacillus Spp* y fósforo en el desarrollo vegetativo de banano (Musa paradisiaca) variedad Williams en el Cantón Valencia Provincia de Los Ríos. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Valencia-Los Ríos-Ecuador. 2019.
29. Lamilla Abril J. Manejo de densidad poblacional en la productividad de la hacienda bananera El Rosal. Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agropecuaria. Babahoyo – Los Ríos – Ecuador. 2018. P. 15.



30. Furcal Beriguete P, Barquello Bardilla A. Respuesta del plátano a la fertilización con P, K y S durante el primer ciclo productivo. *Agronomía Mesoamericana*. ISSN: 1021-7444. 2013; 24(2): p. 317-327.
31. Gálvez Migoyo R. Efecto de la fertilización mineral sobre la fertilidad de un inceptisol y el rendimiento del clon 'CEMSA ¾' (AAB) en sistemas de altas densidades. Tesis de grado. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). 2012. P. 13-14.
32. Balarezo Del Rosario R. Efecto de la aplicación de un fertilizante foliar de lenta liberación aplicado en una plantilla de banano musa spp. Tesis de grado. UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador. 2018. P. 18.
33. Quevedo Guerrero J, Delgado Pontón A, Tuz Guncay I, García Batista R. Evaluación de la aplicación de fertilizante al pseudotallo de plantas cosechadas de banano (*Musa x paradisiaca* L.) Y su efecto en la velocidad de crecimiento del hijo retorno. *Revista Científica Agroecosistemas*. 2019; 7(2): p. 190-197.
34. Barquero Badilla A. Respuesta de la fertilización al suelo en el crecimiento y rendimiento de la primera generación del cultivo de plátano (*Musa* AAB) en la zona de San Carlos, Costa Rica. Tesis de grado. Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos. 2010.
35. López A, Espinosa J. Respuesta del banano al potasio. *International Plant Nutrition Institute*. 1998. P. 1-3.
36. Medina Minchala. Potasio vía foliar: efectos en el llenado y producción en el cultivo de banano (*Musa x paradisiaca* L.). Tesis de grado. UTMACH. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador. 2020.
37. Galán V, Rangel A, López J, Perez J, Sandoval J, Souza H. Propagación del banano técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. *Revista Brasileña de Fruticultura*. 2018; 40(4): p. 1-4.

38. Coto J. Guía y multiplicación rápida de cormos de plátano y banano. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 2009. P. 1-9.
39. Ramos D, Terry E, Soto F, Cabrera A, Martín G, Fernández L. Respuesta del cultivo de plátano a diferentes proporciones de suelo y bocashi, complementadas con fertilizantes mineral en etapa de vivero. *Cultivos Tropicales*. 2016; 27(2): p. 165-174.
40. Juris Á. Seguimiento de labores culturales en etapas de vivero y establecimiento del cultivo de banano (Musa AAA) en la región de Ubará. Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrícolas.. 2021.
41. Midence J. Producción de Plántulas de Plátano en Vivero a partir de Cormos. Revisión Técnica: SAG DICTA. Diagramación y Diseño: Unidad de Comunicación y Capacitación. 2010.
42. Patiño A, Rodríguez G, Miranda T, Lemus L. Efecto de la fertilización y peso del cormo sobre la multiplicación de semilla de banano (Musa AA). *Temas Agrarios*. 2019; 24(2): p. 139-146.
43. Parra M, Sobrero M, Pece M. Solarización, una alternativa de control de malezas para viveristas. *Recursos Genéticos Forestales*. 2015; 17(1): p. 1-16.
44. INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.. [Online]; 2022. Acceso 20 de Julio de 2022. Disponible en: <http://186.42.174.236/InamhiEmas/>.
45. Ruíz H, Gracia E. Estudio exploratorio del uso de microorganismos para promover la absorción de nitrógeno mediante la técnica de dilución isotópica del  $^{15}\text{N}$ , en el cultivo de plátano L. cv CEMSA 3/4) En CNIA-INTA 2019-2020. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. 2022.
46. Aiman Takrim M, Zaharam S, Ismail M, Kasim S, Ahmad K. Effectiveness of  $\text{K}_2\text{SiO}_3$  on growth and physio-biochemical changes of banana seedlings grown under tropical

- climate as influenced by application frequency. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 948. 2021. P. 1-10.
47. Guevara Acosta D. Efecto de micorrizas y fósforo en el crecimiento del hijo de banano. Tesis. Universidad Agraria del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Agronómica. Milagro-Ecuador. 2022.
48. Alvaro G. El fósforo y su importancia en el crecimiento vegetal. Fertibox Análisis Agrícolas. 2019.
49. Ugarte Barco F, Zhiñin Huachun I, Hernández Pérez R. Inf luencia de bioestimulantes sobre caracteres morfológicos y agroquímicos del banano (Musa AAA cv. Williams). Terra Latinoamericana. 2022; 40: p. 1-8.
50. Boschini C, Chacón P, Russo R. Producción de biomasa de un banco forrajero de guineo negro (Musa AAA). Brazilian Journal of Animal and Environmental. 2021; 4(3): p. 1-11.
51. González Aguiar D, Álvarez Hernández U, Lima Orozco R. Acumulación de biomasa fresca y materia seca por planta en el cultivo intercalado caupí - sorgo. Revista Centro Agrícola. 2018; 45(2): p. 77-82.
52. Mateus Cagua D, Rodríguez Yzquierdo G. Efecto de bioestimulantes sobre la acumulación de materia seca e intercambio de gases en plantas de plátano (Musa AAB). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 2019; 12(2): p. 151-160.
53. Mora González A, Naranjo Morán J, Albiño Quitiaquez A, Flores Cedeño J, Oviedo Anchundia R, Galarza Romero L, et al. Optimización en la aclimatación de plántulas micropropagadas de banano (Musa sp.) utilizando tres insumos orgánicos. Revista Bionatura. 2021; 6(1): p. 1452-1461.
54. Chillogalli Cajamarca J. Efecto de microorganismos eficientes con diferentes dosis de biocarbón en la propagación de plantas de banano usando cormitos. Tesis. Universidad



Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Ingeniería Agronómica. Machala. 2021.

55. Conrrado Bravo C. Integración de micorrizas y nutrición temprana con fósforo sobre el desarrollo, vigor y calidad de las plántulas de banano (Musa AAA) en fase de aclimatación. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. 2015.
56. Robinson J, Galán V. Nursery hardening of in vitro-produced banana plants. EDP Sciences Fruist. 2009; 64(6): p. 383-392.
57. Alfaro J. Evaluación de la sombra en crecimiento de plátano en vivero: La Blanca, San Marcos. Universidad Rafael Landiva. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 2016.
58. Kumar Y, Hippargi K, Shivakumar B, Biradar I, Basavarajappa B, Awatti M. Influence of planting density and fertilizers on growth, phyllochron and sucker production of tissue culture banana cv. Ney poovan (AB) under hill zone of Karnataka. International Journal of Chemical Studies. 2020; 8(4): p. 332-337.
59. Animesh S, Nungsthitula L. Effect of integrated nutrient management on leaf nutrient status, growth and yield of tissue culture banana (Musa sp). Annals of Plant and Soil. Research. 2021; 23(2): p. 204-208.
60. Meghwal L, Jyothi M, Pushpalatha P, Bhaskar J, Beena V, Thulasi T. Influence of nutrient sources on chlorophyll content and other leaf parameters of banana Musa (AAB) Nendran. Agricultural Science Digest. 2021. P. 1-4.
61. Nayak P, Jena P, Swain S. Studies on vegetative characterization of some elite Banana Genotypes (Musa spp.). International Journal of Chemical Studies. 2020; 8(3): p. 1-12.



62. Turner D, Fortescue J, Ocimati , Blomme G. Plantain cultivars (Musa spp. AAB) grown at different altitudes demonstrate cool temperature and photoperiod responses relevant to genetic improvement. *Field Crops Research*. 2016. P. 1-9.
63. Nunes J, Andriolo J, Cargnelutti A, Nunes J, Gomes S. Base temperature, phyllochron, and radiation use efficiency of okra cultivars. *SciELO idesia*. 2019; 37(3): p. 1-16.
64. Rodrigues Soares J, Pasqual M, Almendagna Rodrigues F, Soares Lacerda W, Rodrigues Donato S, Oliveira e Silva S, et al. Correlation between morphological characters and estimated bunch weight of the Tropical banana cultivar. *African Journal of Biotechnology*. 2012; 11(47): p. 1-6.
65. García M. Comportamiento agronómico con las prácticas de deshije y sin deshije en vitroplantas de plátano (Musa spp.) cultivar cuerno, genótipo (AAB) y el estudio de correlaciones lineales entre caracteres para facilitar la selección temprana de plantas con buen rendimiento. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. 2006.

**CAPÍTULO VII**  
**ANEXOS**

## 7.1. Anexo 1. Tablas del análisis de varianza

**Tabla 1**

*Análisis de varianza de la variable altura inicial de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 12,46             | 3,12           | 0,97 | 0,4539    |
| Error experimental   | 15                 | 48,28             | 3,22           |      |           |
| Total                | 19                 | 60,74             |                |      |           |
| CV %                 | 11,20              |                   |                |      |           |

**Tabla 2**

*Análisis de varianza de la variable altura final de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 93,41             | 23,35          | 3,56 | 0,0310    |
| Error experimental   | 15                 | 98,27             | 6,55           |      |           |
| Total                | 19                 | 191,68            |                |      |           |
| CV %                 | 9,99               |                   |                |      |           |

**Tabla 3**

*Análisis de varianza de la variable diámetro inicial de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 0,03              | 0,01           | 0,27 | 0,8836    |
| Error experimental   | 15                 | 0,41              | 0,03           |      |           |
| Total                | 19                 | 0,44              |                |      |           |
| CV %                 | 7,79               |                   |                |      |           |

**Tabla 4**

*Análisis de varianza de la variable diámetro final de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 0,41              | 0,10           | 5,30 | 0,0074    |
| Error experimental   | 15                 | 0,29              | 0,02           |      |           |
| Total                | 19                 | 0,70              |                |      |           |
| CV %                 | 5,68               |                   |                |      |           |

**Tabla 5***Análisis de varianza de la variable biomasa fresca de hojas de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 5449,50           | 1362,38        | 2,96 | 0,0550    |
| Error experimental   | 15                 | 6911,50           | 460,77         |      |           |
| Total                | 19                 | 12361,00          |                |      |           |
| CV %                 | 22,02              |                   |                |      |           |

**Tabla 6***Análisis de varianza de la variable biomasa fresca de pseudotallo de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 9689,20           | 2422,30        | 4,04 | 0,0203    |
| Error experimental   | 15                 | 8992,00           | 599,47         |      |           |
| Total                | 19                 | 18681,20          |                |      |           |
| CV %                 | 25,56              |                   |                |      |           |

**Tabla 7***Análisis de varianza de la variable biomasa fresca de raíces de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 287,70            | 71,93          | 0,55 | 0,7040    |
| Error experimental   | 15                 | 1972,50           | 131,50         |      |           |
| Total                | 19                 | 2260,20           |                |      |           |
| CV %                 | 53,84              |                   |                |      |           |

**Tabla 8***Análisis de varianza de la variable biomasa fresca total de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 33676,80          | 8419,20        | 2,89 | 0,0584    |
| Error experimental   | 15                 | 43624,00          | 2908,27        |      |           |
| Total                | 19                 | 77300,80          |                |      |           |
| CV %                 | 25,13              |                   |                |      |           |



**Tabla 9***Análisis de varianza de la variable biomasa seca de hojas de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 53,85             | 13,46          | 2,43 | 0,0933    |
| Error experimental   | 15                 | 83,15             | 5,54           |      |           |
| Total                | 19                 | 137,00            |                |      |           |
| CV %                 | 22,90              |                   |                |      |           |

**Tabla 10***Análisis de varianza de la variable biomasa seca de pseudotallo de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 19,82             | 4,96           | 2,42 | 0,0940    |
| Error experimental   | 15                 | 30,71             | 2,05           |      |           |
| Total                | 19                 | 50,53             |                |      |           |
| CV %                 | 31,25              |                   |                |      |           |

**Tabla 11***Análisis de varianza de la variable biomasa seca de raíces de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 1,66              | 0,42           | 0,15 | 0,9592    |
| Error experimental   | 15                 | 41,03             | 2,74           |      |           |
| Total                | 19                 | 42,69             |                |      |           |
| CV %                 | 56,38              |                   |                |      |           |

**Tabla 12***Análisis de varianza de la variable biomasa seca total de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 131,31            | 32,83          | 1,43 | 0,2714    |
| Error experimental   | 15                 | 343,66            | 22,91          |      |           |
| Total                | 19                 | 474,97            |                |      |           |
| CV %                 | 26,91              |                   |                |      |           |

**Tabla 13***Análisis de varianza de la variable hojas iniciales de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 0,46              | 0,12           | 0,40 | 0,8089    |
| Error experimental   | 15                 | 4,33              | 0,29           |      |           |
| Total                | 19                 | 4,79              |                |      |           |
| CV %                 | 14,67              |                   |                |      |           |

**Tabla 14***Análisis de varianza de la variable hojas finales de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 1,96              | 0,49           | 1,76 | 0,1903    |
| Error experimental   | 15                 | 4,18              | 0,28           |      |           |
| Total                | 19                 | 6,14              |                |      |           |
| CV %                 | 7,46               |                   |                |      |           |

**Tabla 15***Análisis de varianza de la variable índice filocrónico calendario de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 8,04              | 2,01           | 1,32 | 0,3084    |
| Error experimental   | 15                 | 22,89             | 1,53           |      |           |
| Total                | 19                 | 30,93             |                |      |           |
| CV %                 | 14,76              |                   |                |      |           |

**Tabla 16***Análisis de varianza de la variable índice filocrónico térmico de plántulas de banano*

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | p - valor |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|-----------|
| Tratamientos         | 4                  | 1943,99           | 486,00         | 1,32 | 0,3084    |
| Error experimental   | 15                 | 5533,60           | 368,91         |      |           |
| Total                | 19                 | 7477,59           |                |      |           |
| CV %                 | 14,76              |                   |                |      |           |



## 7.2. Anexo 2. Fotografías del manejo del experimento



**Fotografía 1**  
*Preparación del sustrato*



**Fotografía 2**  
*Llenado de fundas con el sustrato*



**Fotografía 3**  
*Siembra de los cormos seleccionados*



**Fotografía 4**  
*Aplicación de fertilizante edáfico*

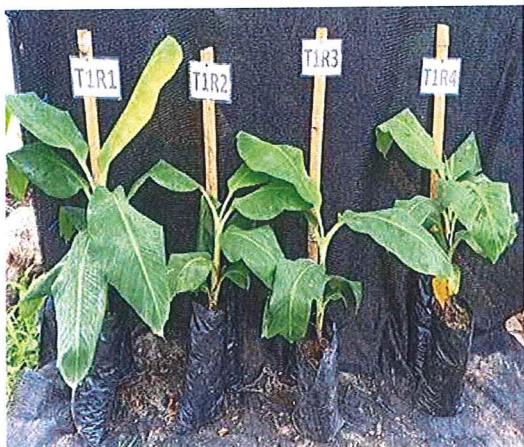


**Fotografía 5**  
*Realizando en conteo de hojas*



**Fotografía 6**  
*Recibiendo indicaciones de parte del tutor*





**Fotografía 7**

*Plántulas que no recibieron fertilización*



**Fotografía 8**

*Plántulas fertilizadas con nitrógeno, fósforo y potasio*



**Fotografía 9**

*Plántulas fertilizadas con fósforo y potasio*



**Fotografía 10**

*Plántulas fertilizadas con nitrógeno y potasio*



**Fotografía 11**

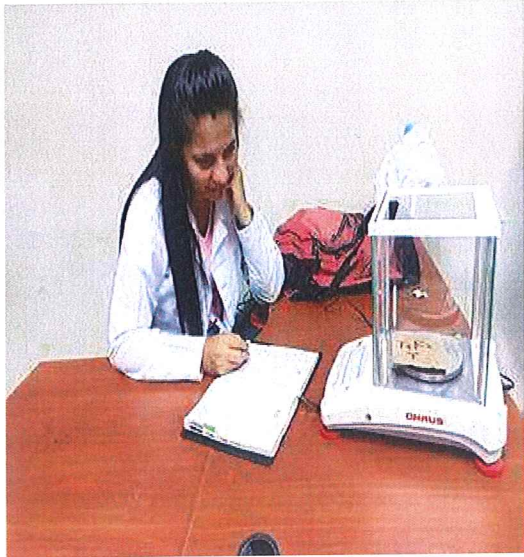
*Plántulas fertilizadas con nitrógeno y fósforo*



**Fotografía 12**

*Muestras de cormo, raíces, tallo y hojas, para evaluar materia seca*





**Fotografía 15**  
*Registro del peso de las muestras para  
 evaluar materia seca*



**Fotografía 16**  
*Plantas en condiciones comerciales*