



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DE APLICACIONES FOLIARES DE CALCIO, MAGNESIO,  
ZINC Y BORO EN EL CULTIVO DEL BANANO

RODRIGUEZ GRANDA DAYANA NORELY  
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DE APLICACIONES FOLIARES DE CALCIO,  
MAGNESIO, ZINC Y BORO EN EL CULTIVO DEL BANANO

RODRIGUEZ GRANDA DAYANA NORELY  
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

EVALUACIÓN DE APLICACIONES FOLIARES DE CALCIO, MAGNESIO, ZINC Y  
BORO EN EL CULTIVO DEL BANANO

RODRIGUEZ GRANDA DAYANA NORELY  
INGENIERA AGRÓNOMA

GARCIA BATISTA RIGOBERTO MIGUEL

MACHALA, 28 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA  
2021

# EVALUACIÓN DE APLICACIONES FOLIARES DE CALCIO, MAGNESIO, ZINC Y BORO EN EL CULTIVO DEL BANANO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | <a href="https://aprenderly.com">aprenderly.com</a><br>Fuente de Internet                             | 2% |
| 2 | <a href="https://dspace.utb.edu.ec">dspace.utb.edu.ec</a><br>Fuente de Internet                       | 2% |
| 3 | <a href="https://repositorio.utc.edu.ec">repositorio.utc.edu.ec</a><br>Fuente de Internet             | 2% |
| 4 | <a href="https://qdoc.tips">qdoc.tips</a><br>Fuente de Internet                                       | 1% |
| 5 | <a href="https://santibanaomaira.blogspot.com">santibanaomaira.blogspot.com</a><br>Fuente de Internet | 1% |
| 6 | <a href="https://studylib.es">studylib.es</a><br>Fuente de Internet                                   | 1% |
| 7 | <a href="https://remca.umet.edu.ec">remca.umet.edu.ec</a><br>Fuente de Internet                       | 1% |

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, RODRIGUEZ GRANDA DAYANA NORELY, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE APLICACIONES FOLIARES DE CALCIO, MAGNESIO, ZINC Y BORO EN EL CULTIVO DEL BANANO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

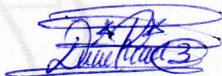
La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 28 de septiembre de 2021



RODRIGUEZ GRANDA DAYANA NORELY  
0750216210

### ***Dedicatoria***

*El presente trabajo está dedicado a mis padres Gonzalo Rodríguez y Norma Granda, porque siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional, a mis hermanos, Jenny Rodríguez, Ricardo Rodríguez, Marly Rodríguez, Daniel Rodríguez, Yandry Rodríguez, Milena, Rodríguez a mi abuelita Vitalina Rogel a mis sobrinos por sus palabras de aliento, su compañía y por siempre confiar en mí.*

## ***Agradecimiento***

*Agradezco a Dios por darme la vida su misericordia es infinita y me ha permitido culminar esta meta académica, a mis queridos padres Gonzalo Rodríguez, Norma Granda y hermanos, sobrinos, cuñados y familiares quienes siempre confiaron en mí, a mis amigos (Diana, Erika, Thalia, Vicky, Lenin, Oswaldo, Tayron, Kelvin, Jefferson F, Adrián) que me apoyaron en cada momento durante mi etapa académica universitaria, con los que disfrute muy bellos momentos y anécdotas que siempre estarán grabadas en mi corazón.*

*A mi tutor Rigoberto Miguel García Batista PhD, que ha sabido guiarme durante este proceso.*

*A los docentes, Ing. Abraham Cervantes, Julio Chabla PhD, Ing. José Quevedo, Ing. Irán Rodríguez, por brindarme su apoyo con la realización de este trabajo experimental.*

*A la Universidad Técnica de Machala, a los docentes que me brindaron sus conocimientos en las cátedras impartidas, al personal administrativo y de servicio, a quienes respeto y admiro.*

*Al Ing. Gustavo Pazmiño, Ing. Stalin Pindo, Sra. Graciela Urigüen por su apoyo durante este proceso.*

## RESUMEN

# EVALUACIÓN DE APLICACIONES FOLIARES DE CALCIO, MAGNESIO, ZINC Y BORO EN EL CULTIVO DEL BANANO

Rodríguez Granda, Dayana Norely

**Autor**

García Batista, Rigoberto Miguel

**Tutor**

El presente trabajo se desarrollo en áreas de la granja Santa Inés ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias perteneciente a la Universidad Técnica de Machala y tuvo como objetivo evaluar el efecto de fertilizantes foliares (Ca, B, Mg, Zn) mediante la medición de variables de crecimiento del cultivo de banano, clon Williams, con la finalidad de valorar el efecto en el crecimiento y desarrollo del cultivo. El banano (*Musa x paradisiaca* L.) es un cultivo perenne cuyo fruto es muy comercializado y solicitado a nivel mundial, ya que posee componentes nutricionales y minerales en su pulpa, lo que hace sea muy utilizado como alimento de primera necesidad. El cultivo de banano es uno de los rubros económicos más importantes del Ecuador, cubre más de la tercera parte de las exportaciones mundiales de banano históricamente. Ha demostrado tener una ventaja competitiva en producción, destacándose por tener una fruta de alta calidad y exquisito sabor, razón por la cual se ha convertido el país en el mayor exportador a nivel mundial. Debido a la baja fertilidad de algunos suelos no es posible obtener crecimientos y rendimientos adecuados. Los fertilizantes foliares resultan importantes debido a su fácil absorción y nos permiten corregir deficiencias nutricionales de manera rápida y eficaz. El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones, cada tratamiento conformado de la siguiente manera: T1, suspensiones concentradas, compuesto por 20cc. Caltrac, Bortrac, Zintrac, Magtrac + 1.5 l. Agua; T2, quelatados, (20cc (Ca, B, Zn, Mg) + 1.5 l. Agua); T3 (20cc. Banatrel + 1.5 l. Agua) y T4 testigo. Las variables evaluadas fueron: emisión foliar (EF) número de hojas emitidas semanalmente, área foliar (AF) se evaluó la tercera hoja más joven, altura de la planta madre (AM) medida desde la base hasta la tercera hoja más joven, altura de la planta hijo (AH), fuste de la planta madre (FM), fuste de la planta hijo (FH). Para el



procesamiento estadístico de los datos se utilizó el programa IBM - SPSS versión 22. Los datos obtenidos de la evaluación de campo se organizaron según su variable y tratamiento correspondiente. Se realizó un análisis exploratorio de datos para determinar la existencia o ausencia de valores atípicos que puedan incidir en la representatividad de la muestra. Después se aplicó la prueba de Shapiro Wilk y el Test de Levene para corroborar los supuestos de normalidad y homocedasticidad respectivamente. Cumplido los supuestos estadísticos, se determinó la existencia de diferencias significativas a través de una prueba paramétrica, como el análisis de varianza unifactorial, lo que permitió identificar las diferencias existentes a través de pruebas post hoc de Duncan con un 95 % de confiabilidad. Los resultados obtenidos demuestran que el fertilizante foliar correspondiente al tratamiento T4 Banatrel mostró los mejores resultados en todas las variables evaluadas con valores promedios de 330.22 cm, 66 cm, 33.88 cm, 0.81 y 6.81 m<sup>2</sup> en altura de planta madre, fuste de planta madre, fuste de planta hijo, emisión foliar y área foliar respectivamente.

**Palabras claves:** Fertilizantes foliares, banano, crecimiento.

# **EVALUATION OF FOLIAR APPLICATIONS OF CALCIUM, MAGNESIUM, ZINC AND BORON IN BANANA CROPS**

Rodríguez Granda, Dayana Norely

**Author**

García Batista, Rigoberto Miguel

**Tutor**

The present work was developed in areas of the Santa Inés farm located in the Faculty of Agricultural Sciences belonging to the Technical University of Machala and its objective was to evaluate the effect of foliar fertilizers (Ca, B, Mg, Zn) by measuring growth variables of the banana crop, clone Williams, in order to assess the effect on the growth and development of the crop. The banana (*Musa x paradisiaca* L.) is a perennial crop whose fruit is highly marketed and demanded worldwide, since it has nutritional and mineral components in its pulp, which makes it widely used as a staple food. The banana crop is one of the most important economic sectors in Ecuador, covering more than a third of the world's banana exports historically. It has proven to have a competitive advantage in production, standing out for having a high-quality fruit and exquisite flavor, which is why the country has become the largest exporter worldwide. Due to the low fertility of some soils it is not possible to obtain adequate growth and yields. Foliar fertilizers are important due to their easy absorption and allow us to correct nutritional deficiencies quickly and efficiently. The experimental design used was a completely randomized block design with 4 treatments and 3 replications, each treatment as follows: T1, concentrated suspensions, composed of 20cc. Caltrac, Bortrac, Zintrac, Magtrac + 1.5 l. Water; T2, chelated, (20cc Quelatados (Ca, B, Zn, Mg) + 1.5 l. Water); T3 (20cc Banatrel + 1.5 l. Water) and T4 control. The variables evaluated were: leaf emission (EF) number of leaves emitted weekly, leaf area (AF) the third youngest leaf was evaluated, height of the mother plant (AM) measured from the base to the third youngest leaf, height of the daughter plant (AH), stem of the mother plant (FM), stem of the daughter plant (FH). For statistical processing of the data, the IBM - SPSS version 22 program was used. The data obtained from the field evaluation were organized according to their corresponding variable and treatment. An

exploratory data analysis was performed to determine the existence or absence of outliers that could affect the representativeness of the sample. The Shapiro Wilk test and Levene's test were then applied to corroborate the assumptions of normality and homoscedasticity, respectively. Once the statistical assumptions were met, the existence of significant differences was determined through a parametric test, such as the one-factor analysis of variance, which allowed identifying the existing differences through Duncan's post hoc tests with 99% reliability. The results obtained show that the foliar fertilizer corresponding to treatment T4 Banatrel showed the best results in all the variables evaluated with average values of 330.22 cm, 66 cm, 33.88 cm, 0.81 and 6.81 m<sup>2</sup> in height of mother plant, stem of mother plant, stem of daughter plant, leaf emission and leaf area, respectively.

**Keywords:** Foliar fertilizers, banana, growth.

## ÍNDICE

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | INTRODUCCIÓN.....   | 16 |
| 1.1     | Objetivo General .....  | 17 |
| 1.2     | Objetivo Específico .....   | 17 |
| 2       | REVISIÓN DE LITERATURA .....  | 18 |
| 2.1     | Exportaciones de banano.....  | 18 |
| 2.1.1   | <i>Producción de banano en Ecuador.....</i>                                 | 18 |
| 2.2     | Cultivo de banano.....  | 19 |
| 2.2.1   | <i>Origen del banano .....</i>  | 19 |
| 2.2.2   | <i>Clasificación taxonómica del banano.....</i>                             | 20 |
| 2.2.3   | <i>Clasificación científica .....</i>                                       | 20 |
| 2.2.4   | <i>Morfología de la planta de banano .....</i>                              | 20 |
| 2.2.4.1 | <i>Sistema radicular .....</i>  | 20 |
| 2.2.4.2 | <i>Cepa o cormo .....</i>   | 21 |
| 2.2.4.3 | <i>Pseudotallo.....</i>   | 21 |
| 2.2.4.4 | <i>Hojas .....</i>  | 21 |
| 2.2.4.5 | <i>Inflorescencia .....</i>   | 21 |
| 2.2.4.6 | <i>Racimo o fruto.....</i>  | 21 |
| 2.2.5   | <i>Fenología del cultivo de banano.....</i>                                 | 22 |
| 2.2.5.1 | <i>Fase vegetativa.....</i>   | 22 |
| 2.2.5.2 | <i>Fase reproductiva .....</i>  | 22 |
| 2.2.6   | <i>Condiciones edafoclimáticas requeridas por el cultivo de banano.....</i> | 22 |
| 2.2.6.1 | <i>Clima .....</i>  | 22 |
| 2.2.6.2 | <i>Altitud.....</i>   | 23 |
| 2.2.6.3 | <i>Precipitaciones y requerimientos de agua .....</i>                       | 23 |
| 2.2.6.4 | <i>Temperatura .....</i>  | 23 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.2.6.5 | <i>Humedad relativa</i> .....   | 23 |
| 2.2.6.6 | <i>Luminosidad</i> .....  | 23 |
| 2.2.6.7 | <i>Suelos</i> .....   | 23 |
| 2.2.7   | <i>Labores culturales</i> .....   | 23 |
| 2.2.7.1 | <i>Siembra</i> .....  | 23 |
| 2.2.7.2 | <i>Riego</i> .....  | 24 |
| 2.2.7.3 | <i>Deshoje</i> .....  | 24 |
| 2.2.7.4 | <i>Deshernane</i> .....   | 24 |
| 2.2.7.5 | <i>Deshije</i> .....  | 24 |
| 2.2.7.6 | <i>Deschante</i> .....  | 24 |
| 2.2.7.7 | <i>Manejo de arvenses</i> .....   | 24 |
| 2.3     | <i>Nutrición del banano</i> .....   | 24 |
| 2.3.1   | <i>Soluciones nutritivas</i> .....  | 26 |
| 2.3.2   | <i>Concentración de la solución</i> .....   | 26 |
| 2.3.3   | <i>La fertilización foliar</i> .....  | 26 |
| 2.3.4   | <i>Importancia del Ca, B, Mg y Zn en la nutrición y metabolismo de las plantas</i> 27 |    |
| 3       | <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....   | 29 |
| 3.1     | <b>Materiales</b> .....   | 29 |
| 3.1.1   | <i>Descripción de la zona de estudio</i> .....  | 29 |
| 3.1.2   | <i>Ubicación geográfica</i> .....   | 29 |
| 3.1.3   | <i>Mapa de ubicación del estudio</i> .....  | 29 |
| 3.1.4   | <i>Ecofisiología</i> .....  | 30 |
| 3.1.5   | <i>Material genético</i> .....  | 30 |
| 3.1.6   | <i>Materiales de trabajo</i> .....  | 30 |
| 3.1.7   | <i>Suspensiones concentradas de Yara</i> .....  | 30 |
| 3.1.7.1 | <i>Caltrac</i> .....  | 30 |
| 3.1.7.2 | <i>Magtrac</i> .....  | 31 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.1.7.3 | <i>Zintrac 700</i>                     | 32 |
| 3.1.7.4 | <i>Bortrac 150</i>                     | 32 |
| 3.1.8   | <i>Quelataados</i>                     | 33 |
| 3.1.8.1 | <i>Ca Plus</i>                         | 33 |
| 3.1.8.2 | <i>Mg Plus</i>                         | 33 |
| 3.1.8.3 | <i>Zn Plus</i>                         | 33 |
| 3.1.8.4 | <i>B Plus</i>                          | 33 |
| 3.1.8.5 | <i>Banatrel</i>                        | 33 |
| 3.2     | <i>Metodología</i>                     | 34 |
| 3.2.1   | <i>Tratamientos</i>                    | 34 |
| 3.2.2   | <i>Preparación de los tratamientos</i> | 34 |
| 3.2.2.1 | <i>Tratamiento 1</i>                   | 36 |
| 3.2.2.2 | <i>Tratamiento 2</i>                   | 37 |
| 3.2.2.3 | <i>Tratamiento 3</i>                   | 37 |
| 3.2.3   | <i>Aplicación de los tratamientos</i>  | 38 |
| 3.2.4   | <i>Labores culturales</i>              | 39 |
| 3.2.4.1 | <i>Control de arvenses</i>             | 39 |
| 3.2.4.2 | <i>Deshije</i>                         | 39 |
| 3.2.4.3 | <i>Deshoje</i>                         | 39 |
| 3.2.4.4 | <i>Deschante</i>                       | 39 |
| 3.2.5   | <i>VARIABLES EVALUADAS</i>             | 40 |
| 3.2.5.1 | <i>Altura de la planta madre</i>       | 40 |
| 3.2.5.2 | <i>Altura del primer hijo</i>          | 40 |
| 3.2.5.3 | <i>Fuste de la planta madre</i>        | 40 |
| 3.2.5.4 | <i>Fuste del primer hijo</i>           | 40 |
| 3.2.5.5 | <i>Emisión foliar</i>                  | 40 |
| 3.2.5.6 | <i>Área foliar</i>                     | 41 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 3.2.6   | <i>Diseño experimental</i> .....                | 41 |
| 3.2.7   | <i>Especificidades del modelo</i> .....         | 41 |
| 3.2.7.1 | <i>Modelo lineal</i> .....                      | 41 |
| 3.2.7.2 | <i>Hipótesis</i> .....                          | 42 |
| 3.2.7.3 | <i>Procedimiento estadístico</i> .....          | 42 |
| 4       | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                    | 43 |
| 4.1     | Altura de planta madre .....                    | 43 |
| 4.2     | Altura de la planta hijo .....                  | 44 |
| 4.3     | Fuste de la planta madre y fuste del hijo ..... | 45 |
| 4.4     | Emisión foliar .....                            | 45 |
| 4.5     | Área foliar .....                               | 46 |
| 5       | CONCLUSIONES .....                              | 48 |
| 6       | RECOMENDACIONES .....                           | 48 |
| 7       | BIBLIOGRAFÍA .....                              | 49 |
| 8       | ANEXOS .....                                    | 56 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 Clasificación científica del Banano                                       | 20 |
| Tabla 2 Productos foliares utilizados en la investigación                         | 30 |
| Tabla 3 Composición del producto Caltrac  | 31 |
| Tabla 4 Composición del producto Banatrel   | 35 |
| Tabla 5 Tratamientos que conforman el estudio                                     | 35 |
| Tabla 6 Fertilizantes edáficos  | 36 |
| Tabla 7 Aplicación de los tratamientos  | 39 |
| Tabla 8 Resumen de resultados de análisis de varianza de las variables de estudio | 45 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> Mapa del origen y dispersión del banano                                     | 19 |
| <b>Figura 2</b> Mapa ubicación del estudio, Fuente: Google Earth                            | 29 |
| <b>Figura 3</b> Fertilizante Caltrac  | 31 |
| <b>Figura 4</b> Fertilizante Magtrac  | 32 |
| <b>Figura 5</b> Fertilizante Zintrac 700  | 32 |
| <b>Figura 6</b> Fertilizante Bortrac 150  | 33 |
| <b>Figura 7</b> Fertilizante edáfico MOP  | 36 |
| <b>Figura 8</b> Fertilizante edáfico DAP  | 36 |
| <b>Figura 9</b> Fertilizante edáfico YaraVera Amidas  | 37 |
| <b>Figura 10</b> Mezcla de los fertilizantes edáficos                                       | 37 |
| <b>Figura 11</b> Aplicación edáfica en las plantas de banano                                | 37 |
| <b>Figura 12</b> Preparación de suspensiones concentradas                                   | 38 |
| <b>Figura 13</b> Preparación de quelatados  | 38 |
| <b>Figura 14</b> Preparación de Banatrel  | 39 |
| <b>Figura 15</b> Aplicación del producto con el dron de fumigación en el cultivo de banano  | 40 |
| <b>Figura 16</b> Evolución de la hoja bandera   | 42 |
| <b>Figura 17</b> Prueba post hoc de Duncan en las variables altura de la planta madre       | 46 |
| <b>Figura 18</b> Prueba post hoc de Duncan en las variables altura de la planta hijo        | 46 |
| <b>Figura 19</b> Prueba post hoc de Duncan en las variables fuste de la planta madre e hijo | 47 |
| <b>Figura 20</b> Prueba post hoc de Duncan en la variable emisión foliar                    | 48 |
| <b>Figura 21</b> Prueba post hoc de Duncan en la variable área foliar                       | 48 |

# 1 INTRODUCCIÓN

Ecuador es uno de los principales países de mayor producción de banano a nivel mundial, las áreas cultivadas se encuentran principalmente en la región costa del país en las provincias de El Oro, Los Ríos y Guayas, su fruta se exporta principalmente a los mercados internacionales, como Estados Unidos, la Unión Europea y Japón (Benitez Ibarra, 2017)

El cultivo de banano en el Ecuador, en los últimos años ha desarrollado una industria de consumo de fertilizantes y agroquímicos que han permitido de buena manera mejorar la productividad, sin embargo se hace necesario establecer el uso de buenas prácticas agrícolas a fin de bajar la carga química que se aplica al cultivo, en la búsqueda de aumentar la producción los productores bananeros hacen aplicaciones de enmiendas nutricionales y fertilizantes aplicadas solo al suelo, sin embargo se hace necesario complementar con una fertilización foliar de microelementos que aportan y ayudan a la conformación del racimo y el mantenimiento de las plantaciones (Espinoza & Mite, 2002).

La baja fertilidad del suelo es uno de los principales problemas que no permiten obtener un crecimiento y rendimiento adecuado del cultivo. La absorción de los nutrientes para la fruta del banano depende de la capacidad de las plantas para trasladar los nutrientes. El nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, cobre y zinc poseen mayor potencial de translocación de los nutrientes de hojas al fruto, sin embargo, los nutrientes como el calcio y boro son considerados como poco movibles. La fertilización foliar se usa como un complemento a la nutrición del suelo, las plantas son fertilizadas a través de las hojas mediante formulaciones nutritivas solubles en agua, los nutrientes son absorbidos de manera más rápida foliarmente que por el método de aplicación al suelo.

Los agricultores bananeros deben evitar posibles problemas de deficiencias con los nutrientes de manera que le permita tomar decisiones correctas al momento de elegir el tipo y tasa de aplicación de los fertilizantes tipo foliar, por lo general los micronutrientes por ser poco

móviles en la planta es recomendable aplicarlos de manera directa vía foliar con el uso de drones o aviones en la fumigación aérea para bajar los costos.

El presente trabajo persigue los siguientes objetivos:

### **1.1 Objetivo General**

- Evaluar el efecto de fertilizantes foliares (Ca, B, Mg, Zn) mediante la medición variables de crecimiento del cultivo de banano, clon Williams, en la granja Santa Inés, UTMACH.

### **1.2 Objetivo Específico**

- Demostrar el efecto de la aplicación de fertilizantes foliares con contenidos de Ca, B, Mg, Zn en las variables de crecimiento evaluadas en el cultivo.

## **2 REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Exportaciones de banano**

Ecuador cubre más de la tercera parte de las exportaciones mundiales de banano, históricamente nuestro país ha demostrado tener una ventaja comparativa en producción, destacándose por producir una fruta de alta calidad y exquisito sabor razón por la cual se ha convertido en el mayor exportador seguido por los países de Filipinas y Costa Rica (Miranda Ordóñez, 2021).

#### ***2.1.1 Producción de banano en Ecuador***

El mayor exportador de banano en el mundo es Ecuador y su presencia en el comercio mundial avanza considerablemente, las exportaciones en el año 1985 fueron de un millón de toneladas y para el año 2000 se elevaron a 3,6 millones de toneladas. Esto equivale a un índice anual de casi el 9 por ciento. Esto se vio reflejado debido al crecimiento de rendimientos por hectárea y al aumento de la superficie plantada.

En los años setenta y ochenta el 18 por ciento de bananos comercializados en el mundo procedían de Ecuador y para los años noventa este porcentaje aumentó al 30 por ciento (Muñoz Benavides, 2015)

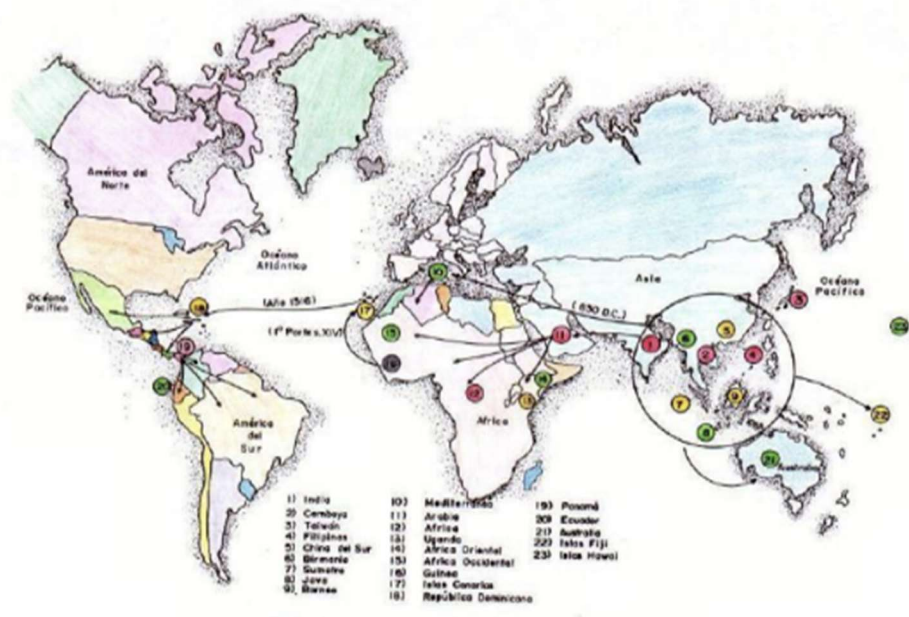
Mediante un censo en el año 2000 llevado a cabo por el Ministerio de Agricultura y Ganadería en el Ecuador se evidenció que el 90 por ciento de las 150.000 hectáreas registradas pertenecen a las provincias de El Oro, Guayas y Los Ríos (Arias et al., 2002).

En el año 2020 la superficie cosechada representó 160.600 hectáreas, el banano de exportación sigue localizado principalmente en la región costa en las provincias de Los Ríos, El Oro y Guayas los mismo que representan el 86 por ciento de la superficie nacional cosechada, la sierra tiene una participación del 9.7 % (Márquez, 2020).

## 2.2 Cultivo de banano

### 2.2.1 Origen del banano

Aparentemente el origen del banano en el mundo centra su ubicación en el sudeste de Asia en países como: Indonesia, Filipinas, India, Malasia y Papúa Nueva Guinea es aquí en esta isla, el sitio Kuk en el valle de Wabgi en donde se evidencia el cultivo de banano más antiguo que datan hace unos 10.000 años. Con el pasar del tiempo han viajado conjuntamente el banano y la migración humana: iniciando desde el Sudeste Asiático y Papúa Nueva Guinea llevándolo hasta las penínsulas de Indostán y de América; después los comerciantes árabes y persas lo llevaron desde el Sudeste Asiático hasta Oriente Próximo, Oriente Medio trasladándose a África y Europa; finalmente hacia las Islas del Caribe y el Nuevo Mundo por los exploradores y colonizadores (Azüero Gaona, 2020)



**Figura 1** Mapa del origen y dispersión del banano

Fuente: (Soto, 2008).

(Solis Gonzáles, 2021) menciona que el género *Musa* presenta dos especies como son *E. acuminata* y *E. balbisiana*, de estas especies se derivaron todas las especies cultivadas.

### 2.2.2 Clasificación taxonómica del banano

Aunque tiene aspecto de árbol son hierbas gigantes que pueden alcanzar de 3.5 a 7.5 metros de altura. Las hojas presentan una distribución helicoidal y las bases foliares circundan el tallo formándose de esta manera el pseudotallo, el tallo verdadero es un rizoma grande, almidonoso y subterráneo, la inflorescencia es larga y pedunculada en forma de racimo, constan de flores femeninas que son las primeras manos, seguidas por racimos de flores perfectas y de flores masculinas. La planta de banano es propagada vegetativamente debido a que sus semillas son infértiles (Tigasi Sigcha, 2017)

### 2.2.3 Clasificación científica

**Tabla 1** Clasificación científica del Banano

|           |                                   |
|-----------|-----------------------------------|
| Reino:    | Plantae                           |
| División: | Magnoliophyta                     |
| Clase:    | Liliopsida                        |
| Orden:    | Zingiberales                      |
| Familia:  | Musaceae                          |
| Género:   | Musa                              |
| Especie:  | Musa acuminata<br>Musa Balbisiana |

Fuente: (Armijos Cedeño, 2021)

### 2.2.4 Morfología de la planta de banano

#### 2.2.4.1 Sistema radicular

Se compone de raíces primarias, secundarias y terciarias las misma que tienen la función de sostener, absorber agua y nutrientes para el óptimo crecimiento del cultivo de banano, existen dos clases de raíces primarias las horizontales que son las que alimentan a la planta y las verticales que sirven de sostén a la planta (Torres, 2012).

#### **2.2.4.2 Ceba o cormo**

Surge de la planta madre sufriendo un cambio anatómico y morfológico de los tejidos formándose una nueva planta, el cormo presenta cicatrices en la parte externa por la formación de los entrenudos cuando está en la etapa de desarrollo, el hijuelo empieza su crecimiento en la base del cormo y depende de la planta madre su desarrollo hasta que la planta hijo produzca sus hojas verdaderas y pueda abastecerse por si mismo (Delgado Ponton, 2019).

#### **2.2.4.3 Pseudotallo**

Según Aristizabal Loaiza & Jaramillo Giraldo (2010) el pseudotallo está compuesto por dos componentes; en la parte inferior está formado por nudos, entrenudos los cuales conforman el tallo floral sosteniendo la inflorescencia en la parte terminal, tiene conexiones vasculares entre raíces, cormo e inflorescencia.

Autores como Manrique Carvajal & Rivera Galvis (2012) mencionan que la parte exterior del pseudotallo está formada por vainas de bases de hojas enrolladas que emergen a partir de los nudos de los cormos y del tallo floral, el tamaño varía entre 3 - 5 metros de altura y su diámetro entre 40 y 60 centímetros dependiendo del clon

#### **2.2.4.4 Hojas**

Inicia su formación en la parte superior del cormo, en este órgano de la planta se produce un proceso bioquímico muy importante como es la fotosíntesis, las hojas están compuestas por: apéndice, limbo y nervadura central. Las hojas emergen de forma enrollada “hoja cigarro” (Delgado Ponton, 2019).

#### **2.2.4.5 Inflorescencia**

Para iniciar este proceso sale por el centro del pseudotallo, tiene un diámetro entre 5 y 8 centímetros y es de color blanco, al emerger del mismo se convierte un raquis color verde, la inflorescencia esta formado por glomérulos florales insertadas en el raquis dispuestas como dos hileras, conocidas como coronas (Pasiche Abad, 2018)

#### **2.2.4.6 Racimo o fruto**

Se desarrollan en los ovarios de las flores pistiladas y se produce la formación de un fruto sin semillas. El fruto se lo cosecha con una madurez fisiológica, con un calibre de 38 - 46 y en estado de color verde (Pasiche Abad, 2018); el racimo esta formado aproximadamente 12 manos por ramillete y 22 dedos por mano (Galan et al., 2018).

## **2.2.5 Fenología del cultivo de banano**

### **2.2.5.1 Fase vegetativa**

El crecimiento y desarrollo del banano depende de la calidad y número de hojas que tenga el sistema foliar, la planta de banano durante toda su fase vegetativa emite entre 35 y 36 hojas, de acuerdo con las condiciones climáticas y nutricionales puede emitir una hoja o puede llegar a emitir 0.4 - 0.8 hojas por semana (Martínez Acosta & Cayón Salinas, 2011).

- **Fase juvenil.** - esta etapa es conocida como “fase de retoño dependiente” el hijo se encuentra bajo el sustento de la madre, se caracteriza por emitir hojas pequeñas hasta llegar a que es la primera hoja con al menos 10 cm de ancho (Robinson & Galán Saúco, 2012).
- **Fase vegetativa independiente.** - se manifiesta en el momento en que el retoño emite su primera hoja completamente desarrollada u hojas ortogonales y empieza a realizar fotosíntesis (Tuz Guncay, 2018).
- **Fase aparentemente vegetativa.** - en la iniciación floral aun se encuentra en el interior del pseudotallo entre 11 y 12 hojas irán sumergiendo sucesivamente en la cima de la planta mientras que la inflorescencia asciende en el interior del pseudotallo (aparentemente vegetativa= no se observa exteriormente desarrollo floral) (Robinson & Galán Saúco, 2012).

### **2.2.5.2 Fase reproductiva**

En esta etapa finaliza la emisión foliar y emerge la inflorescencia, se define este estado como el momento que se hace visible la primera mano del racimo tras el plegado de su bráctea (Robinson & Galán Saúco, 2012).

## **2.2.6 Condiciones edafoclimáticas requeridas por el cultivo de banano**

### **2.2.6.1 Clima**

El clima adecuado para el cultivo de banano es tropical húmedo, y los países tropicales y subtropicales gozan de cosechas durante todo el año, Ecuador es un país netamente agrícola que posee las condiciones climáticas para el desarrollo del cultivo de esta fruta (Tenesaca Martínez, 2019).



### **2.2.6.2 Altitud**

Según Tenesaca (2019) la altitud recomendada para un adecuado crecimiento del cultivo de banano es de 0 a 300 msnm.

### **2.2.6.3 Precipitaciones y requerimientos de agua**

El cultivo de banano necesita una gran cantidad de agua en su ciclo de producción, la precipitación media para el banano oscila entre los 1600 y 3600 mm anual (Tenesaca Martínez, 2019)

### **2.2.6.4 Temperatura**

Según Tenesaca (2019) el rango de temperatura de banano va desde los 18,5 a 35,5 grados centígrados, en temperaturas inferiores el crecimiento del cultivo de banano se retrasará

### **2.2.6.5 Humedad relativa**

Debe ser menor al 80% mayor causaría problemas de hongos y plagas en el cultivo (Agrocalidad, 2016).

### **2.2.6.6 Luminosidad**

El rango debe estar entre 30 a 80 % no necesita mayor luminosidad, sin embargo, en el cultivo de banano recomendable asociar con otros cultivos que brinden sombra (Tenesaca Martínez, 2019)

### **2.2.6.7 Suelos**

Los suelos de textura Franco arenosa - Franco arcillosa - Franco arcillo limoso - Franco limoso, son ideales para el buen desarrollo del cultivo de banano por poseer un drenaje interno, el pH óptimo es de 6,5 o neutro y la conductividad eléctrica no debe superar a 1 dS/m (Tenesaca Martínez, 2019)

## **2.2.7 Labores culturales**

### **2.2.7.1 Siembra**

Para realizar esta actividad es muy importante que el suelo tenga una buena preparación, con el objetivo de obtener una productividad alta a bajos costos. Existen dos técnicas de siembra el sistema mecanizado que consiste en preparar el suelo hasta dejar en barbecho

utilizando maquinaria agrícola para la eliminación de arvenses y posteriormente la nivelación del suelo el otro sistema es el tradicional que consiste en eliminar las arvenses con la utilización de machete. El lugar en donde será situada la planta debe tener un hoyo de 25 - 35 cm de ancho con una profundidad doble del tamaño de la semilla (Delgado Ponton, 2019).

#### **2.2.7.2 Riego**

Torres (2021), menciona que el riego es indispensable debido a que por ser una planta herbácea que en todo su ciclo requiere de un suministro de agua que cubra con las necesidades hídricas, el cultivo de banano está constituido de agua entre el 85 y 88% del total de su peso .

#### **2.2.7.3 Deshoje**

Consiste en la poda total o parcial de las hojas enfermas o viejas esta poda es considerada como fitosanitaria para el control de la Sigatoka negra (Torres, 2012).

#### **2.2.7.4 Deshermane**

En esta actividad se selecciona el mejor retorno considerado como futura planta madre y se eliminan los brotes sobrantes al ras de suelo, esta labor se realiza a los 10 días después de la siembra (Torres, 2012).

#### **2.2.7.5 Deshije**

Autores como Torres (2012) plantea que esta actividad es de gran importancia porque se seleccionará el hijo que será apropiado para seguir la secuencia de producción “madre- hija-nieta”. El hijo seleccionado debe estar al lado opuesto de la inclinación de la madre

#### **2.2.7.6 Deschante**

Es una práctica que se emplea en el pseudotallo consiste en la eliminación de la parte seca de las vainas que han cumplido su ciclo de vida (Torres, 2012).

#### **2.2.7.7 Manejo de arvenses**

Resultados obtenidos por algunos autores, como Torres (2012), planten que consiste en la eliminación de plantas arvenses que compiten con el cultivo de banano por agua, nutrientes y rayos solares, se eliminan con machete o con la aplicación de herbicidas.

### **2.3 Nutrición del banano**

Una de las principales limitantes para obtener un crecimiento y desarrollo adecuado del cultivo de bananos se debe a la baja fertilidad del suelo. Puede ser manejada mediante la fertilización, se utilizan numerosas técnicas de diagnóstico para evaluar el estado nutricional del suelo y determinar los requerimientos de fertilizantes (Haifa).

El autor Vivas Cedeño (2018) menciona que el uso correcto de los fertilizantes ha contribuido al incremento de los rendimientos y como consecuencia, se ha logrado mejoras en la rentabilidad del sistema productivo. Es por ello por lo que es importante que la fertilización sea acorde a las necesidades del cultivo.

Debido a la alta cantidad de biomasa que es producida en el banano en un corto periodo y a su vez por ser eficiente, el cultivo de banano requiere de un adecuado suministro de nutrientes pueden ser extraídos del mismo suelo, por residuos de cosecha sin embargo para una mejor rentabilidad es necesario agregar fertilizantes en cantidades aproximadas o iguales a lo que se extrae en la cosecha. (Azofeifa Alvarado, 2007).

El banano requiere de altas cantidades de elementos nutricionales, cincuenta toneladas de fruta fresca pueden extraer aproximadamente del suelo: 150 de nitrógeno; 60 de fósforo; 215 de potasio; 140 de calcio; 12 de magnesio; 5 de hierro y 1.25 de boro, de kg/ha/año (Salvador Cevallos, 2014)

Son trece elementos minerales indispensables en el crecimiento de las plantas de banano: Los elementos que la planta consume mayormente son: nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio y entre los elementos que se consumen en menor cantidad son: hierro, zinc, manganeso, cobre, boro, molibdeno y cloro (López Gonzáles, 2014).

Mediante los resultados de los análisis foliares se pueden cumplir algunos objetivos dentro de la nutrición del banano como son: determinar si el nivel de fertilidad del suelo y las dosis de fertilizantes aplicados son adecuados para cubrir con las necesidades nutricionales del cultivo de banano otro de los objetivos es la verificación de síntomas de deficiencia (López Gonzáles, 2014).

(López Gonzáles, 2014), menciona que la investigación en banano referente a la nutrición mineral y fertilización ha sido amplia y efectiva, ha permitido conocer las respuestas del cultivo nutricional frente a las condiciones generales que se presentan en el campo.

### ***2.3.1 Soluciones nutritivas***

Según, Santos Coello & Ríos Mesa (2016) es una técnica agronómica muy importante que consiste en aplicar fertilizantes disueltos en agua para mejor asimilación de los nutrientes, convirtiéndose en una sustancia acuosa compuesta una parte o el cien por ciento de nutrientes en los constan microelementos y macroelementos.

Los nutrientes en forma soluble están disponibles para ser absorbidos por las plantas de manera inmediata después de la aplicación, esto permite tener un mayor control sobre la disponibilidad de los nutrientes en el cultivo, pueden ser aplicados según sea el manejo nutricional para el cultivo, a diario, semanal, mensualmente u ocasional (InfoAgro, 2020)

### ***2.3.2 Concentración de la solución***

Los nutrientes que son disueltos en agua son tomados por la planta en forma de iones: cationes si tienen carga positiva y aniones si la carga es negativa. La planta toma esos nutrientes en unos rangos de concentración más o menos amplios (Santos Coello & Ríos Mesa, 2016).

### ***2.3.3 La fertilización foliar***

La adquisición de los nutrientes para la fruta del banano depende de la capacidad de las plantas para trasladar los nutrientes. El nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, cobre y zinc poseen mayor potencial de translocación de los nutrientes de hojas al fruto, sin embargo, los nutrientes como el calcio y boro son considerados relativamente inmóviles (Aridiano et al., 2018).

La fertilización foliar se usa como un complemento a la nutrición del suelo, los factores que pueden intervenir son el ambiente, temperatura, luz humedad relativa y hora de aplicación, se analiza el pH de la solución, surfactantes y adherentes, concentración de la solución y nutrimentos (Trinidad Santos & Aguilar Manjarrez, 1999)

Las plantas pueden ser fertilizadas a través de las hojas mediante formulaciones nutritivas solubles en agua, los nutrientes son absorbidos de manera más rápida foliarmente que por el método de aplicación al suelo. Los nutrientes ingresan de varias formas, a través de los estomas estos se encuentran en el haz o envés de las hojas, otra forma de ingresar es a través de ectodesmos que son espacios submicroscópicos otro mecanismo de penetración de los nutrientes es a través de los espacios vacíos que se producen al dilatarse la cutícula de las hojas (Azofeifa Alvarado, 2007).

Es considerable el desempeño de las hojas en la captura de agua y minerales, las hojas actúan como superficies para la absorción de fertilizantes foliares y productos sistémicos. Sin embargo, la nutrición foliar es utilizada para corregir deficiencias de elementos menores, en el caso de elementos mayores como el nitrógeno, fósforo y potasio no se puede sustituir la fertilización al suelo, debido a que las dosis aplicadas de manera foliar son muy pequeñas y no permiten alcanzar los niveles de productividad (Azofeifa Alvarado, 2007).

La aplicación de fertilizantes foliares se lleva a cabo bajo las siguientes características (WALCO S.A, 1997)

- Si se requiere un efecto acelerado de los nutrientes.
- Si en el sistema radical existen limitaciones para la absorción de los fertilizantes.
- Si existe dificultad de absorción de nutrientes en el suelo.
- Si los nutrientes a aplicar son en pequeñas cantidades.

#### ***2.3.4 Importancia del Ca, B, Mg y Zn en la nutrición y metabolismo de las plantas***

**Calcio:** Las funciones biológicas más importantes de este elemento son los efectos que tienen sobre la permeabilidad de las membranas celulares, la activación de enzimas en el proceso de mitosis, en la formación de la pared celular e interacciones de calcio-fitohormonas, ayuda en la germinación y el crecimiento del polen. Este elemento es absorbido como ion y es inmóvil dentro de la planta, su deficiencia disminuye el crecimiento de la planta y del sistema radical (Azofeifa Alvarado, 2007).

La ausencia del calcio se manifiesta con clorosis marginal en las hojas jóvenes, engrosamiento de las venas y de los márgenes hacia dentro presenta necrosis (Macías Bustamante, 2013).

La aplicación del Ca depende del contenido que exista en el suelo y la humedad relativa. El Ca no es absorbido cuando existe humedad relativa alta y aun cuando el suelo tenga el suficiente Ca se pueden observar deficiencias de este elemento en la planta

**Magnesio:** Es muy importante debido a su presencia en el centro de la molécula de clorofila, sin este elemento la fotosíntesis sería imposible. Interviene en el transporte de fosfatos, es activador del metabolismo de proteínas, grasas y carbohidratos. Es absorbido del suelo con catión  $Mg^{2+}$  y es un elemento móvil dentro de la planta (Azofeifa Alvarado, 2007).

Su deficiencia se presenta con clorosis en el borde de las hojas adultas, cuando es muy severa aparece una pigmentación azulada en el peciolo de las hojas conocida como enfermedad azul (Macías Bustamante, 2013)

Los niveles óptimos de Mg en la planta oscilan entre 0.28 a 0.30 % (Gauggel & Arevalo, 2010).

**Zinc:** Actúa en enzimas muy importantes como son la anhidrasa carbónica, deshidrogenasas, proteinasas y peptidasas, por ende, cierta cantidad de deshidrogenasas indican sensibilidad a la deficiencia de Zn de tal forma que el metabolismo se ve afectado y de manera específica, restringe la síntesis de ARN, interviene en la síntesis de auxinas (Medina, 2020). El Zinc es absorbido principalmente en forma de  $Zn^{2+}$  y en condiciones de pH alcalino ingresa como  $ZnCO_3$  (Azofeifa Alvarado, 2007).

Su deficiencia se evidencia con la presencia de fajas de tejido amarillento, perpendiculares a la nervadura central se denomina como “rayadilla” (Macías Bustamante, 2013).

Sus niveles foliares óptimos se encuentran entre 20 y 35 mg/kg (Gauggel & Arevalo, 2010)

**Boro:** Participa en diversos procesos de manera indirecta, interviene a través de las membranas en el transporte de azúcares, en los metabolismos del nitrógeno, fósforo, hormonal, fotosíntesis, lípidos y de ligninas, participa en el desarrollo y diferenciación celular y en las relaciones hídricas. (Azofeifa Alvarado, 2007).

Su deficiencia en el periodo de floración produce deformaciones en los frutos, si es muy severa ocurre una deformación de las nuevas hojas (Macías Bustamante, 2013).

Autores como Gauggel & Arévalo (2010) mencionan que el contenido óptimo de B oscila entre 20 a 30 mg, generalmente casi todos los suelos dedicados al cultivo de banano son carentes de B, su carencia requiere preferentemente aplicaciones foliares de ácido bórico a menos de 0.5-1 kg/ha/año.

## 3 MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Materiales

El estudio se desarrolló en la Granja Santa Inés perteneciente a la Universidad Técnica de Machala y en su ejecución utilizaron diferentes materiales y métodos.

#### 3.1.1 Descripción de la zona de estudio

La investigación se realizó en la Granja Experimental “Santa Inés” en la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Granja de la Universidad Técnica de Machala, ubicada a 5.5.km de la vía Machala - Pasaje, de la parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador.

#### 3.1.2 Ubicación geográfica

La Granja Santa Inés, se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas (Tene Guarnizo, 2021)

- Datum: WGS 84; Zona Sur
- Coordenadas geográficas: 79° 54' 05'' W (longitud); 03° 17' 16'' (latitud)
- Coordenadas UTM: 9636128 longitud; 620701 latitud
- Altitud: 6 msnm

#### 3.1.3 Mapa de ubicación del estudio



*Figura 2* Mapa ubicación del estudio, Fuente: Google Earth

### **3.1.4 Ecofisiología**

Autores como Quezada Hidalgo (2021), expresan que el área de estudio posee una temperatura promedio de 24 °C, corresponde al clima seco a semi-húmedo con una pluviometría anual total 500 a 1000 mm, con una humedad relativa de 90%. La provincia de El Oro al caracterizar el orden de los suelos se encuentra entre Entisoles de las llanuras aluviales hasta suelos Inceptisoles en sitios con humedad relativa de 84 % y con mayor altura sobre el nivel de mar (Villaseñor et al., 2016)

### **3.1.5 Material genético**

Para realizar la investigación se trabajó con 72 plantas de banano del grupo Cavendish clon Williams. Esta investigación fue enfocada en aplicar por periodos mensualmente los fertilizantes foliares, se realizó un registro de todos los datos obtenidos en cada unidad experimental. Cada tratamiento y repetición fueron identificados con una etiqueta en cada parcela y dentro de las mismas las plantas seleccionadas fueron identificadas con un spray color plateado en donde se señaló el número de cada planta.

### **3.1.6 Materiales de trabajo**

Balde de plástico, pala, plantas de banano clon Williams, fertilizantes foliares, probeta, jarras medidoras, cuaderno para apuntes, bolígrafos, cámara fotográfica, etiquetas de identificación, cinta métrica, flexómetro, spray de color blanco, etiquetas, dron de fumigación.

### **3.1.7 Suspensiones concentradas de Yara**

Las suspensiones concentradas se caracterizan por la alta concentración de nutrientes, efectividad de absorción, buena compatibilidad las suspensiones que se usaron en la investigación son las siguientes: caltrac, magtrac, zintrac, bortrac.

#### **3.1.7.1 Caltrac**

En banano es recomendable aplicar dosis desde 1 a 2 l/ha, según las necesidades del cultivo las aplicaciones pueden ser repetidas en intervalos de 10 a 14 días. (YARA, 2021)

La Tabla 3 muestra la composición del producto Caltrac:

Tabla 3 Composición del producto Caltrac

|               |           |        |
|---------------|-----------|--------|
| Nitrógeno (N) | 7.1 % p/v | 77 g/l |
|---------------|-----------|--------|



|             |            |         |
|-------------|------------|---------|
| Calcio (Ca) | 55.9 % p/v | 559 g/l |
| Boro(B)     | 0.3 % p/v  | 3 g/l   |
| Zinc        | 3.1% p/v   | 31 g/l  |



*Figura 3 Fertilizante Caltrac*

### **3.1.7.2 Magtrac**

Contiene 30% de Mg, las dosis recomendadas para el cultivo de banano son de 1 a 2 l/ha, se recomienda aplicar cada 2 o 4 semanas en caso de que se necesite. El volumen mínimo de agua es de 30 l/ha (YARA, 2021).



*Figura 4 Fertilizante Magtrac*

### **3.1.7.3 Zintrac 700**

Este fertilizante foliar es recomendable aplicar en el cultivo de banano en dosis de 0.3 - 1 l/ha, contiene 70% de Zn, se recomienda aplicar en intervalos mínimos de 7 días para mayor eficacia en un volumen mínimo de agua de 30 l/ha. (YARA, 2021)



**Figura 5 Fertilizante Zintrac 700**

### **3.1.7.4 Bortrac 150**

Posee una formulación que permite una eficaz aplicación del elemento, en el cultivo de banano es recomendable usar dosis desde 0. a 1 l/ha, contiene 15% de Boro. (YARA, 2021)



**Figura 6 Fertilizante Bortrac 150**

### **3.1.8 Quelatados**

Poseen la ventaja de la inmediata absorción vía foliar. provee minerales y agentes quelatados que estimulan procesos metabólicos del banano. Se recomiendan en plantas que se encuentran en crecimiento y desarrollo, estimula el crecimiento de los hijos y llenado de fruta, reduce los efectos de estrés ambiental y aumenta el peso del racimo

#### **3.1.8.1 Ca Plus**

Las dosis recomendadas son de 1.0 a 2 l/ha, el porcentaje de concentración de Ca es de 24 %. Estimula la autodefensa contra enfermedades. Estimula el desarrollo de las raíces y follaje.

#### **3.1.8.2 Mg Plus**

El modo de aplicación es foliar, se recomienda aplicar de 1 - 2 l/ha, contiene 14% de Mg. Corrige deficiencias de nutrientes en plantas y promueve su crecimiento y desarrollo. Estimula la translocación de azúcares y la maduración de las plantas.

#### **3.1.8.3 Zn Plus**

Se recomienda usar en dosis de 0.5 - 1 l/ha, su concentración es de 16% Zn

#### **3.1.8.4 B Plus**

Tiene una concentración de 12% de B, se recomienda dosis de 0.5 - 1 l/ha, mejora la floración e incrementa el rendimiento de los cultivos.

#### **3.1.8.5 Banatrel**

Se aplica en concentraciones de 1 l/ha,

Este fertilizante foliar está compuesto por (Ver Tabla 4)

Tabla 4 Composición del producto Banatrel

| <b>Elementos</b> | <b>Concentración g/l</b> |
|------------------|--------------------------|
| CaO              | 280                      |
| MgO              | 150                      |
| Zn               | 150                      |
| B                | 15                       |

## 3.2 Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo de estudio fue la siguiente:

### 3.2.1 *Tratamientos*

La Tabla 5, nos indica los diferentes tratamientos que conforman el estudio. Se establecieron 4 tratamientos al azar con 3 repeticiones. La investigación en campo inició el 13 de noviembre del 2020 y finalizó el 13 Julio del presente año, para evaluar distintas formulaciones de fertilizantes foliares en el crecimiento y desarrollo del cultivo de banano. El área total donde tuvo lugar el estudio fue de 748,92 m<sup>2</sup>.

**Tabla 5** Tratamientos que conforman el estudio

| Tratamiento | Código           | Descripción   |
|-------------|------------------|---|
| T1          | T1R1, T1R2, T1R3 | Caltrac (1 l/ha),<br>Bortrac (1 l/ha),<br>Zintrac (1 l/ha),<br>Magtrac (1 l/ha) |
| T2          | T2R1, T2R2, T2R3 | Quelatados (Ca, B, Zn,<br>Mg) (1 l/ha)  |
| T3          | T3R1, T3R2, T3R3 | Banatrel  |
| T4          | T4R1, T4R2, T4R3 | Testigo (Sin<br>aplicaciones)   |

### 3.2.2 *Preparación de los tratamientos*

Mensualmente se prepararon los fertilizantes foliares para su aplicación y lograr a nivel edáfico con una fertilización a base de elementos N, P, K y S, según la tabla 6.

Tabla 6 Fertilizantes edáficos

| Productos        | Kg/ciclo/ha |
|------------------|-------------|
| MOP              | 81.1        |
| DAP              | 9.04        |
| YaraVeras Amidas | 64.68       |

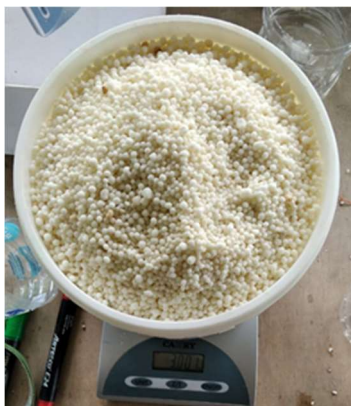
- Se pesaron 6.07 kg de MOP, 0.68 kg de DAP y 4.84 kg de YaraVera Amidas.



**Figura 7** Fertilizante edáfico MOP



**Figura 8** Fertilizante edáfico DAP



**Figura 9** Fertilizante edáfico YaraVera Amidas

- Se mezclaron todos los fertilizantes edáficos con el objetivo de realizar una mezcla homogénea



*Figura 10 Mezcla de los fertilizantes edáficos*

- Finalmente se realizó la aplicación en campo en forma de medialuna y posteriormente se realizó el tapado del fertilizante.



*Figura 11 Aplicación edáfica en las plantas de banano*

### **3.2.2.1 Tratamiento 1**

- Se midió 20 cc de las suspensiones concentradas (Caltrac, Bortrac, Zintrac, Magtrac), dependiendo del calendario para su aplicación.



*Figura 12 Preparación de suspensiones concentradas*

- Se mezcló en 1.5 litros de agua.
- Se aplicó con un dron de fumigación.

#### **3.2.2.2 Tratamiento 2**

- Se midió 20 cc de quelatados (Calcio, Boro, Zinc, Magnesio), dependiendo del calendario para su aplicación.
- Se mezcló en 1.5 litros de agua.
- Se aplicó con un dron de fumigación.

#### **3.2.2.3 Tratamiento 3**

- Se midió 20 cc de Banatrel.
- Se mezcló en 1.5 litros de agua.



*Figura 13 Preparación de Banatrel*

- Se aplicó con un dron de fumigación.

### 3.2.3 Aplicación de los tratamientos

La aplicación se realizó mensualmente, las dosis usadas fueron las siguientes ver Tabla 7

**Tabla 7** Aplicación de los tratamientos

| Meses de aplicación | T1      | Dosis (l/ha/año) | T2            | Dosis (l/ha/año) | T3      | Dosis (l/ha/año) | T4      | Dosis (l/ha/año) |
|---------------------|---------|------------------|---------------|------------------|---------|------------------|---------|------------------|
| Noviembre           | Caltrac | 1                | Quelatados Ca | 1                | Banatre | 1                | Testigo | 0                |
| Diciembre           | Bortrac | 1                | Quelatados B  | 1                | Banatre | 1                | Testigo | 0                |
| Enero               | Caltrac | 1                | Quelatados Ca | 1                | Banatre | 1                | Testigo | 0                |
| Febrero             | Zintrac | 1                | Quelatados Zn | 1                | Banatre | 1                | Testigo | 0                |
| Marzo               | Caltrac | 1                | Quelatados Ca | 1                | Banatre | 1                | Testigo | 0                |
| Abril               | Magtrac | 1                | Quelatados Mg | 1                | Banatre | 1                | Testigo | 0                |
| Mayo                | Magtrac | 1                | Quelatados Mg | 1                | Banatre | 1                | Testigo | 0                |
| Junio               | Caltrac | 1                | Quelatados Ca | 1                | Banatre | 1                | Testigo | 0                |
| Julio               | Magtrac | 1                | Quelatados Mg | 1                | Banatre | 1                | Testigo | 0                |

La figura 18, muestra como se aplicó los tratamientos, una vez preparados los tratamientos se colocaron en el dron, para cada aplicación se realizó la limpieza del dron de fumigación.





*Figura 14* Aplicación del producto con el dron de fumigación en el cultivo de banano

### **3.2.4 Labores culturales**

En la plantación donde se realizó el estudio se ejecutaron las siguientes actividades, que contribuyeron al desarrollo óptimo de la misma.

#### **3.2.4.1 Control de arvenses**

Semanalmente se realizó la limpieza de las unidades experimentales, con el objetivo de prevenir la proliferación de plagas y la competencia de nutrientes con el cultivo.

#### **3.2.4.2 Deshije**

Esta actividad se realizó para eliminar a los hijos que se encontraban en mala posición y a los hijos de agua, semanalmente con ayuda de un palín.

#### **3.2.4.3 Deshoje**

Esta actividad se realizó con un podón tiene como objetivo principal realizar la eliminación de las hojas bajas no funcionales y las hojas con presencia de sigatoka.

#### **3.2.4.4 Deschante**

Semanalmente se eliminaron las vainas secas presentes en el pseudotallo, con el objetivo de prevenir la proliferación de plagas dentro del cultivo de banano.

### **3.2.5 Variables evaluadas**

Las variables por evaluar dentro del estudio fueron las siguientes: altura de la planta madre, altura del primer hijo, fuste de la planta madre, fuste del primer hijo, emisión foliar y área foliar,

#### **3.2.5.1 Altura de la planta madre**

Este dato se toma en las plantas recién paridas, se mide desde el suelo hasta la unión foliar de la hoja más joven (+3) (Huarquilla Henríquez, 2017).

#### **3.2.5.2 Altura del primer hijo**

Se toma a los hijos de las unidades de producción recién paridas, se mide desde el suelo hasta la unión foliar de la hoja más joven (Huarquilla Henríquez, 2017).

#### **3.2.5.3 Fuste de la planta madre**

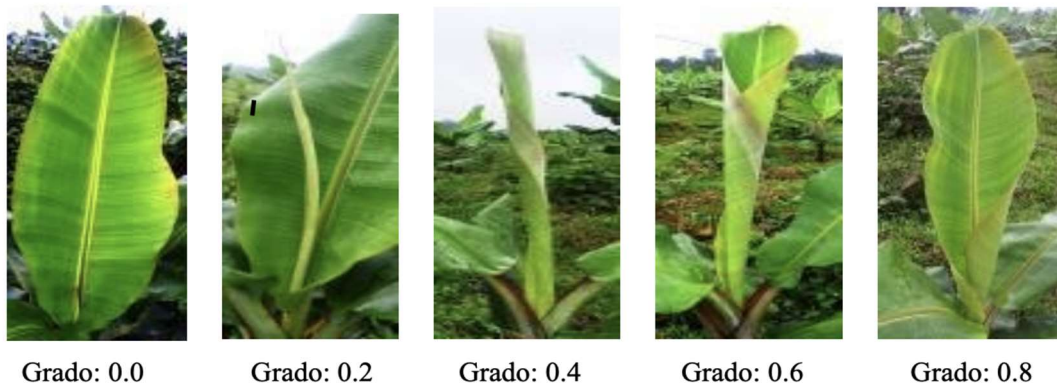
El dato se toma en las unidades de producción recién paridas, se mide la altura de un metro desde la base luego se procede a medir el diámetro de esta, se cuantifica en cm. (Rentería Rodríguez, 2019)

#### **3.2.5.4 Fuste del primer hijo**

Se toma el dato de los hijos de las unidades de producción recién paridas, se mide a la altura de 60 cm desde la base, luego se procede a medir el diámetro con una cinta métrica (Rentería Rodríguez, 2019).

#### **3.2.5.5 Emisión foliar**

Semanalmente se cuantifica el grado de desarrollo de la hoja candela, en cada planta madre, el dato se cuantifica en unidades. La evaluación de la hoja candela se valoró de acuerdo con la siguiente escala de Brun (Alcívar, 2014)



**Figura 16** Evolución de la hoja bandera

Fuente: (Alcívar, 2014)

### 3.2.5.6 Área foliar

Se evaluó la tercera hoja más joven, tomando el largo(L) y ancho(B) de la hoja, se contabilizó el número de hojas totales(N), para el cálculo se usó el método creado por Turner.

$$TLA= L \times B \times 0.80 \times N \times 0.662$$

**TLA**= Es el área foliar total de una planta

**L**= Largo

**B**= Ancho

**0.80**= Factor de proporcionalidad

**0.662**= Factor propuesto por (Turner, 2003)

### 3.2.6 Diseño experimental

Diseño En Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones, en el primer tratamiento se aplicaron suspensiones concentradas de Yara, en el segundo tratamiento se aplicaron quelatados en dosis de 1 l/ha, en el tercer tratamiento se aplicó el producto Banatrel en dosis de 1 l/ha, finalmente el tratamiento cuatro fue el testigo

### 3.2.7 Especificidades del modelo

#### 3.2.7.1 Modelo lineal

El modelo lineal es representado por la siguiente fórmula.

$$Y_{ij}=u+ti+bj+e_{ij}$$

$Y_{ij}$ = Representa la unidad experimental

$u$ = Promedio general del ensayo

$t_i$ = Efecto de tratamientos

$b_j$ = Heterogeneidad de los fertilizantes foliares

$e_{ij}$ = Error experimental

### 3.2.7.2 Hipótesis

Hipótesis nula: Las dosis de fertilización foliar influyen en parámetros de crecimiento del cultivo de banano.

Ho:  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu$

Hipótesis alternativa: Las dosis de fertilización foliar no influyen en parámetros de crecimiento del cultivo de banano.

Ha:  $\mu_i \neq \mu$

Se rechaza o acepta Ho en base a las siguientes igualdades:

- Si p-valor (valor de probabilidad es menor a 0.05, se detecta un resultado significativo al 5%)
- Si p-valor (valor de probabilidad es menor a 0.05, se declara un resultado no significativo al 5%)

### 3.2.7.3 Procedimiento estadístico

Los datos obtenidos en la evaluación de campo se organizaron según su variable y tratamiento correspondiente. Se realizó un análisis exploratorio de datos para determinar la existencia o ausencia de valores atípicos que puedan incidir en la representatividad de la muestra.

Posteriormente se realizó la prueba de Shapiro Wilk y el Test de Levene para corroborar los supuestos de normalidad y homocedasticidad respectivamente. Cumplido los supuestos estadísticos, se efectuó la existencia de diferencias significativas por medio de una prueba paramétrica como el análisis de varianza unifactorial, finalmente se identificó las diferencias existentes por medio de pruebas post hoc de Duncan con un 95 % de confiabilidad.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Derivado del análisis de datos se obtuvo la representatividad de los mismos por medio del análisis exploratorio y cumpliendo con los supuestos de normalidad y homocedasticidad se realizó la determinación de diferencias significativas a través de pruebas paramétricas como el análisis de varianza univariado, del cual se observó los resultados que se describen a continuación (*Tabla 8*).

Todas las variables objeto de estudio se observó la existencia de diferencias significativas al expresar un P-valor menor a 0.05, a excepción de la variable altura de hijo que no evidencio incidencia de los tratamientos evaluados

Tabla 8 Resumen de resultados de análisis de varianza de las variables de estudio

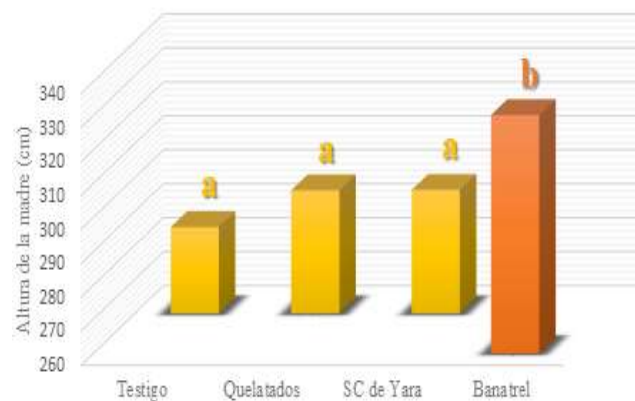
| Variable Morfológicas   | valor P | Nivel de significancia | Elección de Hipótesis | Toma de decisión                                  |
|---|---------|------------------------|-----------------------|---|
| Altura de la madre  | ,003    | 0,05                   | Rechazamos H0         | Existe diferencias estadísticas significativas    |
| Altura del hijo   | ,335    |                        | Aceptamos H0          | No existe diferencias estadísticas significativas |
| Fuste de la madre   | ,018    |                        | Rechazamos H0         | Existe diferencias estadísticas significativas    |
| Fuste del hijo  | ,000    |                        | Rechazamos H0         | Existe diferencias estadísticas significativas    |
| Emisión foliar  | ,006    |                        | Rechazamos H0         | Existe diferencias estadísticas significativas    |
| Área foliar   | ,000    |                        | Rechazamos H0         | Existe diferencias estadísticas significativas    |
| P-valor < 0,05 = Rechazamos Hipótesis Nula (H0). P-valor > 0,05 = Aceptamos Hipótesis Nula (H0).<br>H0: No existen diferencias estadísticas significativas entre los distintos fertilizantes foliares.<br>H1: Existen diferencias estadísticas significativas entre los distintos fertilizantes foliares. |         |                        |                       |   |

### 4.1 Altura de planta madre

La variable altura de la planta madre, se observó el mejor resultado con el producto Banatrel con un valor promedio de 330.22 cm (**Figura 17**), con una dosis de 20 cc en un volumen de 1.5 litros de agua, lo cual generó una diferencia de 33.83 cm más que su inmediato perseguidor, este producto sostiene una composición completa de los microelementos como CaO, MgO, Zn y B, a diferencia de los demás tratamientos que presentan una mezcla de productos foliares para lograr completar los microelementos estudiados en la investigación, dicha situación podría expresar una mayor eficiencia en la asimilación de los microelementos

por la planta, puesto que se evita posibles inconvenientes de incompatibilidad o dosificación en la mezcla.

Según Azofeifa Alvarado (2007), el calcio juega un papel importante en la activación de enzimas, en el proceso de mitosis, en la formación de la pared celular e interacciones de calcio-fitohormonas, por lo que se asume el fertilizante foliar Banatrel presentó los mejores resultados en cuanto al crecimiento de la planta, puesto que en su composición presenta una alta concentración disponible de CaO (280 g/l).



*Figura 17 Prueba post hoc de Duncan en las variables altura de la planta madre*

#### 4.2 Altura de la planta hijo

La variable altura de la planta hijo no presentó diferencias estadísticas significativas para los distintos fertilizantes foliares (**Figura 18**), en todos los tratamientos de estudio se observó un crecimiento estadísticamente similar, con valores promedios de 91.11 cm, 94.78 cm, 106.72 cm, 110 cm para los fertilizantes Quelatados, Testigo, SC de Yara y Banatrel respectivamente.



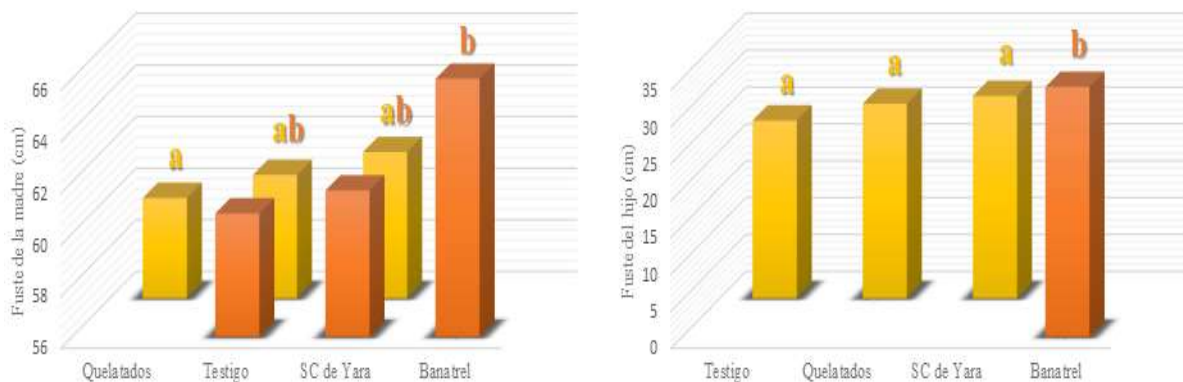
*Figura 18 Prueba post hoc de Duncan en las variables altura de la planta hijo*



### 4.3 Fuste de la planta madre y fuste del hijo

En la variable fuste tanto de la madre como del hijo, se observó dos subconjuntos como resultado de la prueba post hoc de Duncan al 95% de significancia, donde se expresó de mejor forma el subconjunto b resaltando el Fertilizante foliar Banatrel con los mejores promedios, 66 cm y 33.89 cm de fuste en la planta madre e hijo respectivamente.

El subconjunto b compuesto por los fertilizantes foliares Quelatados (59.89 cm) y SC de Yara (61.66 cm) y el Testigo (60.78 cm), no presentaron diferencias en cuanto a su efecto en el vigor del pseudotallo de banano, evidenciando de mejor forma la eficiencia de Banatrel como el complemento nutricional de la planta.



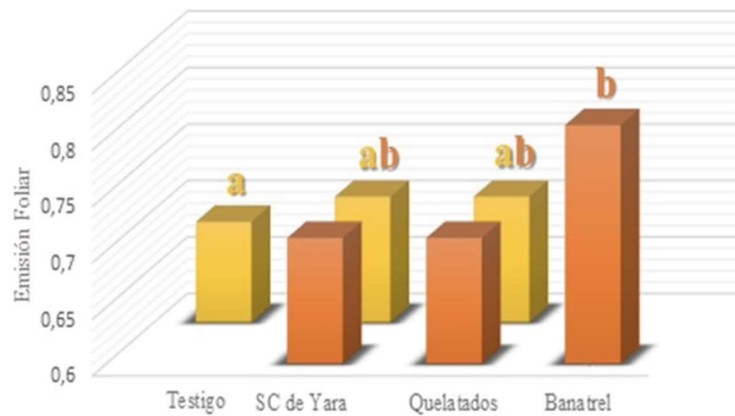
**Figura 19** Prueba post hoc de Duncan en las variables fuste de la planta madre e hijo

Para obtener plantas de gran vigor vegetativo es necesario que no exista inconveniente en procesos como transporte de azúcares, en los metabolismos del nitrógeno, fósforo, hormonal y fotosíntesis, para lo cual es importante la presencia de B y Zn de forma balanceada como lo mencionan Azofeifa Alvarado (2007) y Medina (2020), situación que se evidencia en la **Figura 19** la cual demuestra el mejor efecto de un fertilizante de composición completa de microelementos (Banatrel) en comparación de la mezcla de fertilizantes foliares con un elemento específico cada uno (Quelatados, SC de YARA).

### 4.4 Emisión foliar

La emisión foliar como se observa en la **Figura 20** arrojó valores estadísticamente similares en los fertilizantes el Testigo, SC de YARA y Quelatados (0.68, 0.71 y 0.71 respectivamente) resaltando los Quelatados con mejor resultado dentro del subconjunto a. Las plantas donde se aplicó el fertilizante foliar Banatrel presentaron una emisión foliar de 0.81, aproximadamente 1 hoja por semana, este resultado es importante por dos aspectos principales: la generación de energía vital para las plantas por medio de la fotosíntesis, ya que

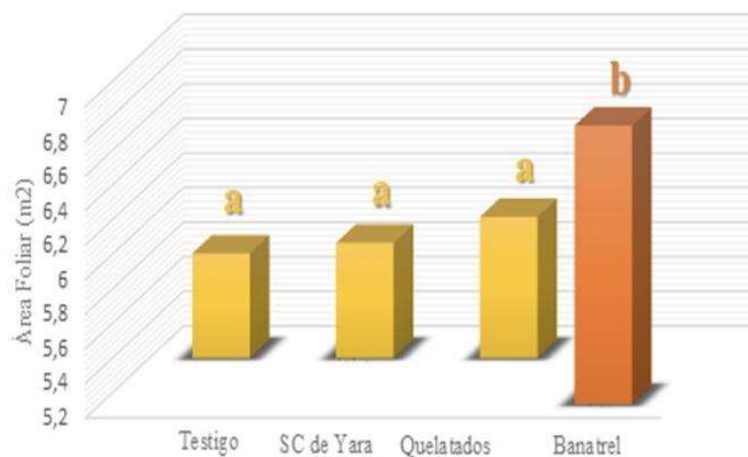
a mayor desarrollo foliar obtenemos mayor número de estomas, lo que influye en la generación de planes de fumigación, al tener una eficiente emisión foliar de casi 1 hoja por semana se puede realizar un seguimiento efectivo del manejo fitosanitario y tomar la decisión del intervalo de fumigación.



**Figura 20** Prueba post hoc de Duncan en la variable emisión foliar

#### 4.5 Área foliar

El área foliar presentó 2 subconjuntos (**Figura 21**), el primero (a) compuesto por el Testigo y los fertilizantes foliares Quelatados y SC de Yara con valores de 5.80 m<sup>2</sup>, 5.86 m<sup>2</sup> y 6.02 m<sup>2</sup> respectivamente, el subconjunto (b) se compuso por el fertilizante Banatrel, el cual expresó los mejores resultados en todas las variables de estudio con diferencias estadísticas significativas, evidenciando la eficiencia del producto como corrector de deficiencias de micronutrientes.



**Figura 21** Prueba post hoc de Duncan en la variable área foliar



Lo anteriormente mencionado nos permite aportar a los productores medianos y pequeños con alternativas de mejoras para su plan de fertilización con productos con mayor eficiencia y eficacia en cuanto a resultados productivos en el cultivo de banano.

## **5 CONCLUSIONES**

De los fertilizantes foliares evaluados, el fertilizante Banatrel con dosis de 20 cc en volumen de aplicación de 1.5 lt de agua evidencio el mejor efecto en todas las variables de crecimiento, con valores promedios de 330.22 cm en altura de planta madre, 66 cm fuste de planta madre, 33.88 cm fuste de planta hijo, 0.81 emisión foliar y 6.81 m<sup>2</sup> área foliar.

Los fertilizantes Quelatados evaluados presentaron los resultados más bajos con respecto al testigo en las variables de altura de la planta hijo y fuste de la planta madre con valores inferiores a 94.78 cm y 60.78 cm respectivamente.

## **6 RECOMENDACIONES**

En los planes de fumigación realizar ensayos para determinar la eficiencia de la implementación del fertilizante foliar Banatrel.

Evaluar diferentes dosis del fertilizante Banatrel en variables de rendimiento del cultivo de banano.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

- Alcívar, B. (2014). *Evaluación de varios fungicidas y un entomopatógeno para el control de sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis) en banano orgánico*. Obtenido de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/4706/1/CD0007-Maestr%  
c3%adaAlcivar.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/4706/1/CD0007-Maestr%c3%adaAlcivar.pdf)
- Area, M. y. (2009). *Learning: Enseñar y aprender en espacios virtuales*. En J. De Pablos (Coord.), *Tecnología Educativa. La formación del profesorado en la era de Internet (391-424)*. Málaga: Aljibe,.
- Arias, P., Dankers, C., Liu, P., & Pilkauskas, P. (2002). *LA ECONOMÍA MUNDIAL DEL BANANO*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/y5102s/y5102s00.htm>
- Aridiano, J., Lima, J., Medeiros Correa, M., Etienne Parent, S., Natale, W., & Etienne Parent, L. (09 de octubre de 2018). Balance desig for robust foliar nutrient diagnosis of "Prata" banana (Musa spp.). *scientific reports*.
- Aristizabal Loaiza, M., & Jaramillo Giraldo, C. (Junio de 2010). Identificación y descripción de las etapas de crecimiento del plátano Dominico Hartón (Musa AAA). *ResearchGate*.
- Armijos Cedeño, G. M. (2021). *Efecto de la aplicación edáfica de biocarbón en la microbiota del suelo de una finca Bananera Orgánica*. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16540>
- Azofeifa Alvarado, D. (2007). *Efecto de la fertilización foliar con Ca, Mg, Zn Y B en la severidad de la sigatoka negra (mycosphaerella fijiensis morelet), en el crecimiento y la producción del banano (musa aaa, cv. Grande naine)*. Obtenido de [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5876/Tesis%20Licenciatura.%20Efecto%20de%20la%20fertilizac%  
C3%ADon%20foliar....pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5876/Tesis%20Licenciatura.%20Efecto%20de%20la%20fertilizac%C3%ADon%20foliar....pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Azuero Gaona, B. R. (2020). *Efecto del biocarbón y microorganismos en la producción y estado fitosanitario de banano orgánico en la parroquia "La Victoria"*. Obtenido de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15530/1/TTUACA-2020-IA-  
DE00002.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15530/1/TTUACA-2020-IA-DE00002.pdf)
- Benitez Ibarra, P. A. (2017). "Alteraciones que no permiten cumplir con los estándares de calidad del banano para exportación en la hacienda María Antonieta". Obtenido de

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25053/1/tesis%202023%20Ingenier%C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Benitez%20Pablo%20-%20cd%202023.pdf>

Daniel, J. V. (2015). *El futuro de los MOOC: ¿aprendizaje adaptativo o modelo de negocio?* RUSC. *Universities and Knowledge Society Journal*, 12(1), 64-74. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.7238/rusc.v12i1.2475>.

Darabi, A. L. (2013). *Effectiveness of online discussion strategies: A meta-analysis.* *American Journal of Distance Education*, 27(4), 228-241.

Delgado Ponton, A. M. (2019). *Maceración del pseudotallo en banano utilizando microorganismos de montaña en combinación con fertilizantes químicos para estimular el crecimiento del retorno.* Obtenido de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13844/1/DE00003\\_TRABAJOD ETITULACION.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13844/1/DE00003_TRABAJOD ETITULACION.pdf)

Downes, S. (2012). *E-Learning generations.* Recuperado de <http://halfanhour.blogspot.be/2012/02/elearning-generations.html>.

Espinoza, J., & Mite, F. (2002). Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización de banano. *International Plant Nutrition Institute*.

Fertisa. (2021). *Portafolio Banano.*

Galan, V., Rangel, A., Lopez, J., Perez Hernandez, J. B., Sandoval, J., & Souza Rocha, H. (2018). Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. *Scielo Brazil*.

García-Holgado, A. y.-P. (2017). *Gestión del conocimiento abierto mediante ecosistemas tecnológicos basados en soluciones Open Source. Congreso Ecosistemas del Conocimiento Abierto. Salamanca: Universidad de Salamanca. doi: https://gredos.usal.es/jspui/handle/10366/135570.*

García-Holgado, A. y.-P. (2017). *Gestión del conocimiento abierto mediante ecosistemas tecnológicos basados en soluciones Open Source. Congreso Ecosistemas del Conocimiento Abierto. Salamanca: Universidad de Salamanca. doi: https://gredos.usal.es/jspui/handle/10366/135570.*

Gauggel, C., & Arevalo, G. (13 de Marzo de 2010). *Fertilización en banano.* Obtenido de [https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/Gauggel\\_and\\_gauggel\\_fertilizacion\\_en\\_banano.pdf](https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/Gauggel_and_gauggel_fertilizacion_en_banano.pdf)

Gros, B. (2016). *Retos y tendencias sobre el futuro de la investigación acerca del aprendizaje con tecnologías digitales.* *Revista de Educación a Distancia*, 32, 1-13.

Gros, B. y.-P. (2016). *Future trends in the design strategies and technological affordances of e-learning. Learning, Design, and Technology: An International Compendium of Theory, Research, Practice, and Policy*, 1-23.

Haifa. (s.f.). *Recomendaciones nutricionales para Banana*. Haifa Pioneering the Future. Obtenido de [https://www.haifa-group.com/sites/default/files/crop/Banana\\_Spanish.pdf](https://www.haifa-group.com/sites/default/files/crop/Banana_Spanish.pdf)

Huarquilla Henríquez, W. A. (2017). *Efecto de diferentes dosis de fertilización mineral sobre la respuesta productiva del cultivo de banano en el cantón Machala*. Obtenido de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10637/1/DE00011\\_TRABAJOD ETITULACION.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10637/1/DE00011_TRABAJOD ETITULACION.pdf)

InfoAgro. (04 de Marzo de 2020). *Soluciones nutritivas en el fertirriego*. Obtenido de InfoAgro: <https://mexico.infoagro.com/soluciones-nutritivas-en-el-fertirriego/>

López Gonzáles, A. U. (2014). “*Estudio comparativo de dos alternativas nutricionales inyectadas en plantas de banano (Musa AAA) en el cantón Milagro, provincia del Guayas*”. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/5238/1/LOPEZGonzalezANGEL.pdf>

Márquez, J. (2020). *Boletín Técnico Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, 2020*. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf)

Macías Bustamante, M. A. (2013). *Caracterización foliar del estado nutricional de las plantaciones de banano, en la provincia de Los Ríos*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/601/1/T-UTEQ-0093.pdf>

Manrique Carvajal, A. M., & Rivera Galvis, D. A. (2012). *Aprovechamiento de los residuos de pseudotallo del banano común (musa sp AAA) y del bocadillo (musa sp AA) para la extracción de fibras textiles*. Obtenido de <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/6284458M285.pdf>

Martínez Acosta, A. M., & Cayón Salinas, D. G. (06 de Octubre de 2011). *Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano (Musa AAA Simmonds cvs. Gran enano y Valery)*. *scielo*, 10.

Medina, C. (2020). *Potasio vía folia: efectos en el llenado y producción en el cultivo de banano (musa x paradíasca L)*. Obtenido de

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16140/1/TTUACA-2020-IA-DE00023.pdf>

Miranda Ordóñez, K. G. (2021). *Efecto de la fertilización inyectada en plantas de banano (Musa x paradisiaca L.) en diferentes estados fenológicos*. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16557/1/TTUACA-2021-IA-DE00023.pdf>

Muñoz Benavides, R. A. (2015). "Cirugía en el racimo de banano (*Musa spp*) variedad gran William y su incidencia en la producción por hectárea". Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2397/1/T-UTEQ-0307.pdf>

Nikolaki, E. K. (2017). *The support and promotion of self-regulated learning in distance education*. *European Journal of Open, Distance and E-learning*, 20(1).

Noesgaard, S. S. (2015). *The effectiveness of e-learning: An explorative and integrative review of the definitions, methodologies and factors that promote e-learning effectiveness*. *Electronic Journal of e-Learning*, 13(4), 278-290.

Pasiche Abad, L. E. (2018). *Control de hongos asociados a la pudrición de la corona y detección del inóculo primario de frutos de banano orgánico de exportación en Piura*. Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1293/AGR-PAS-ABA-18.pdf?seque>

Pérez Santos, J. A. (2017). "Efecto de aplicación de Calcio y Boro, sobre la calidad y rendimiento del fruto de Banano (*Musa spp*) en el cantón Baba, Provincia de Los Ríos". *sobre la calidad y rendimiento*. Obtenido de [http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4133/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-](http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4133/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000069.pdf;jsessionid=4A072FA4CB368621B69806249550055A?sequence=1)

[000069.pdf;jsessionid=4A072FA4CB368621B69806249550055A?sequence=1](http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4133/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000069.pdf;jsessionid=4A072FA4CB368621B69806249550055A?sequence=1)

Preparing for the digital university: A review of the history and current state of distance, b. a. (2017). *Self-Regulated Learning Online: Empirical Foundations, Promotion & Evaluation for Teacher Professional Development. Contributing SRL Part to TeachUP. A policy experimentation co-funded by Erasmus+. Deliverable D1.1: Gaps in ITE and CPD provision report*. .

Quezada Hidalgo, C. D. (2021). *Evaluación de 45 accesiones de maní: caracterización morfoagronómica y física-química*. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16562/1/TTUACA-2021-IA-DE00028.pdf>

- Renteria Rodriguez, Y. S. (2019). *Efecto de interacción del nitrógeno y potasio para su influencia sobre parámetros de crecimiento en el cultivo de banano*. Obtenido de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15163/1/DE00019\\_TRABAJOD ETITULACION.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15163/1/DE00019_TRABAJOD ETITULACION.pdf)
- Robinson, J., & Galán Saúco, V. (2012). *Plátanos y Bananas* (Mundi Prensa ed.). Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=mAv3EQAcgZ8C&printsec=frontcover&dq=P l%C3%A1tanos+y+Bananas.&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjtz6fo7I3dAhUytlkKHRKkBXMQ6AEIJTAA#v=onepage&q=P l%C3%A1t Anos%20 y%20Bananas.&f=false>
- Salvador Cevallos, S. G. (2014). *Estudio sobre niveles de fertilización con N, P, K, Mg utilizando una fuente de liberación controlada en el cultivo de banano (Musa AAA)*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3894/1/Tesis%20en%20Banano%20Silvico%20Galo%20Salvador%20Cevallos.pdf>
- Santos Coello, B., & Ríos Mesa, D. (2016). *Cálculo de soluciones nutritivas en el suelo y sin suelo*. Obtenido de [https://agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otro\\_622\\_soluciones\\_nutritivas.pdf](https://agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otro_622_soluciones_nutritivas.pdf)
- Siemens, G. (2005). *Connectivism: A learning theory for the digital age*. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 3-10.
- Siemens, G. G. (2015). *Preparing for the digital university: A review of the history and current state of distance, blended, and online learning*. Edmonton: Athabasca University.
- Siemens, G. G. (2015). *Preparing for the digital university: A review of the history and current state of distance, blended, and online learning*. Edmonton: Athabasca University.
- Solis Gonzáles, S. H. (2021). *Determinación del efecto de la aplicación de fertilizantes nitrogenados encapsulados sobre el sistema radicular de banano*. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16570/1/TTUACA-2021-IA-DE00036.pdf>
- Soto, M. (2008). *Banano, técnicas de producción, manejo poscosecha y comercialización* (Tercera Edición ed.).
- Tene Guarnizo, J. F. (2021). *Efecto de la fertilización edáfica nitrogenada y potásica en parámetros agronómicos del cultivo de banano (Musa x paradisiaca.) Clon*

- Williams. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16571/1/TTUACA-2021-IA-DE00037.pdf>
- Tenesaca Martínez, S. I. (2019). *Determinación de la dosis optima de biocarbón como enmienda edáfica en el cultivo de banano (Musa X Paradisiaca) clon Williams*. Obtenido de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15165/1/DE00021\\_TRABAJOD ETITULACION.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15165/1/DE00021_TRABAJOD ETITULACION.pdf)
- Tigasi Sigcha, C. G. (2017). "*CULTIVO DE ALTA DENSIDAD EN BANANO (Musa paradisiaca Var. Cavendish)*". Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4119/1/UTC-PIM-000084.pdf>
- Torres, S. (2012). *Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle Chira*. Obtenido de <https://docplayer.es/36778738-Guia-practica-para-el-manejo-de-banano-organico-en-el-valle-del-chira.html>
- Torrez Bazurto, J. (2016). *Absorción, distribución y acumulación de nitrógeno en banano variedad williams en dos ciclos de producción zona húmeda tropical*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/56829/jaimetorresbazurto.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Trinidad Santos, A., & Aguilar Manjarrez, D. (1999). Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana*.
- Turner. (2003). Método integral para estimar el área foliar total en los bananos. *MusaLit the repository of references on banana*, 15-17.
- Tuz Guncay, I. G. (2018). *Manejo integrado del cultivo de banano (Musa x paradisiaca L.) Clon Williams, usando biocarbón y microorganismos eficientes*. Obtenido de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13263/1/DE00030\\_TRABAJOD ETITULACION.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13263/1/DE00030_TRABAJOD ETITULACION.pdf)
- Vázquez-Cano, E. (2015). *El reto tecnológico para la sostenibilidad de los massive open online course (MOOC)*. *Panorama*, 9(17) 51-60.
- Vázquez-Cano, E. (2015). *El reto tecnológico para la sostenibilidad de los massive open online course (MOOC)*. *Panorama*, 9(17) 51-60.
- Vegas Rodríguez, U. (2012). "*ASISTENCIA TÉCNICA DIRIGIDA EN COSECHA Y POST COSECHA EN BANANO ORGÁNICO*". Obtenido de



<https://docplayer.es/71827609-Contenido-i-introduccion-4-ii-cosecha-la-edad-de-la-fruta-el-calibre-de-los-dedos-demanda-de-fruta.html>

Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (01 de Junio de 2016). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la Provincia de El Oro. *Cumbres*.

Vivas Cedeño, J., Robles García, J., González Ramírez, I., Alava Cruz, D., & Meza Loor, M. (05 de Enero de 2018). Fertilización del plátano con nitrógeno, fósforo y potasio en cultivo establecido. *DOMINIO DE LAS CIENCIAS*, 15. Obtenido de <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index>

WALCO S.A. (1997). *Todo sobre los Quelatados*. Obtenido de [https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIG/home\\_4/mod\\_virtuales/modulo2/6.pdf](https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIG/home_4/mod_virtuales/modulo2/6.pdf)

YARA. (2021). *YaraVita Micronutrientes*. Obtenido de <https://www.yara.es/nutricion-vegetal/productos/yaravita/>

Yen, C. J.-M. (2016). *A Predictor for PLE Management: Impacts of Self-Regulated Online Learning on Students' Learning Skills*. *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE)*, 9(1), 3.

## 8 ANEXOS



*Toma de datos variables de altura de la planta madre y altura del primer hijo*



*Toma de datos variables fuste de la planta madre y fuste del primer hijo*

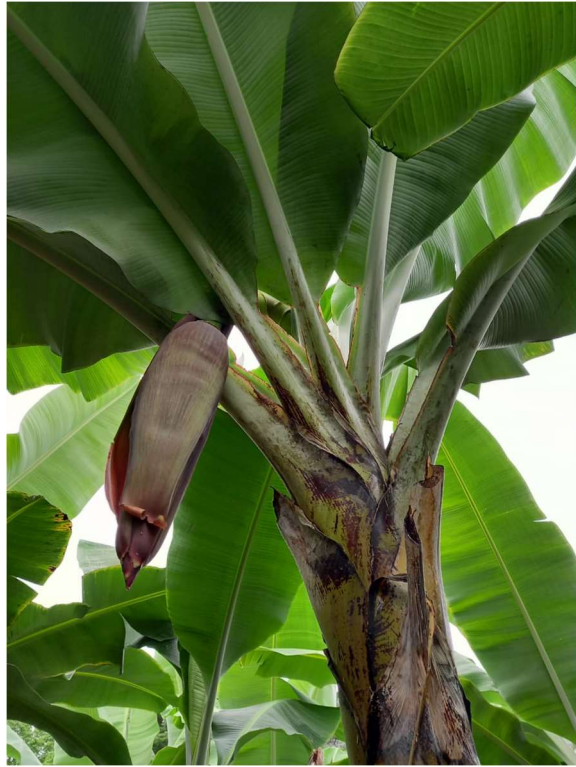




*Toma de medidas para calcular el área foliar*



*Área experimental de la investigación (etiquetas en los tratamientos)*



*Inflorescencia de la planta de banano*



*Aplicación de los tratamientos con el dron Fumigación*