



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA RADICULAR DEL CULTIVO DE  
BANANO, POR EFECTO DEL FERTIRRIEGO EN UN SUELO  
INCEPTISOL

YANEZ ARAUJO JOSE ANDRES  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA RADICULAR DEL CULTIVO  
DE BANANO, POR EFECTO DEL FERTIRRIEGO EN UN SUELO  
INCEPTISOL

YANEZ ARAUJO JOSE ANDRES  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA RADICULAR DEL CULTIVO DE BANANO,  
POR EFECTO DEL FERTIRRIEGO EN UN SUELO INCEPTISOL

YANEZ ARAUJO JOSE ANDRES  
INGENIERO AGRÓNOMO

CHABLA CARRILLO JULIO ENRIQUE

MACHALA, 21 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA  
2022

# COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA RADICULAR DEL CULTIVO DE BANANO, POR EFECTO DEL FERTIRRIEGO EN UN SUELO INCEPTISOL

## INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Submitted to Universidad Técnica de Machala<br>Trabajo del estudiante | 5% |
| 2 | grupo7inceptisol.blogspot.com<br>Fuente de Internet                   | 1% |
| 3 | www.monografias.com<br>Fuente de Internet                             | 1% |
| 4 | www.comunidad.madrid<br>Fuente de Internet                            | 1% |
| 5 | www.dspace.uce.edu.ec<br>Fuente de Internet                           | 1% |

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

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

El que suscribe, YANEZ ARAUJO JOSE ANDRES, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA RADICULAR DEL CULTIVO DE BANANO, POR EFECTO DEL FERTIRRIEGO EN UN SUELO INCEPTISOL, 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.

El autor 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.

El autor 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, 21 de febrero de 2022



YANEZ ARAUJO JOSE ANDRES  
0706956471

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría durante toda mi etapa como estudiante, y por darme la oportunidad de disfrutar de la vida junto a mi familia, la cual me forjó como la persona que soy en la actualidad, por la motivación y consejos que me dieron día a día, por ser mi guía y por haber estado conmigo en los buenos y malos momentos durante todos estos años de estudio.*

**José Andrés Yánez Araujo**

## **AGRADECIMIENTO**

*A la Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias por su acogida y permitirme formarme con conocimientos técnicos durante estos años de experiencias inolvidables tanto dentro y fuera de sus aulas.*

*Al Ing. Julio Enrique Chabla Carrillo, Phd por compartir sus conocimientos a lo largo de todo el periodo académico y por guiarme en calidad de tutor durante el transcurso de la investigación.*

*Al Ing. Victor Chabla Carrillo por permitir el acceso y uso de su predio agrícola “Finca Marquez” para la realización del presente trabajo de investigación.*

*A mi hermano Antonio Yáñez y a mis amigos y colegas José Moscoso y Milton Morales que fueron parte fundamental durante todo el proceso de investigación con sus muestras de apoyo y motivación.*

## RESUMEN

### COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA RADICULAR DEL CULTIVO DE BANANO, POR EFECTO DEL FERTIRRIEGO EN UN SUELO INCEPTISOL

Autor

José Andrés Yánez Araujo

Tutor

Julio Chabla Carrillo, PhD

A nivel mundial, el cultivo de banano (*Musa spp.*) se posiciona como el cuarto cultivo alimentario más grande después del maíz, el arroz y el trigo, y representa un promedio del 15% de la producción total de frutas del mundo, la fertilización edáfica es una de las prácticas más utilizadas en la producción agropecuaria, combina dos factores importantes durante la fase de crecimiento y desarrollo de los cultivos, en cambio la fertirrigación es una técnica de aplicación de nutrientes disueltos en el agua de riego a los cultivos con estos antecedentes se plantearon los siguientes objetivos, estudiar el comportamiento radicular activo del banano en un suelo inceptisol con fertirriego, mediante la prospección directa de su sistema radicular. El área donde se realizó la investigación fue en la Finca Márquez, que se encuentra ubicada en la parroquia La Peaña del Cantón Pasaje, en el Km 15 de la vía Machala-Pasaje, provincia de El Oro. La zona de estudio corresponde a un bosque tropical, una temperatura media mensual de 26 °C, una precipitación que oscila entre 200 – 1000 mm anuales, velocidad media de vientos 2 a 4 m\* s-1, 2.8 promedio de horas sol y una humedad relativa de 83%. Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar, en el cual se distribuyen las unidades experimentales en bloques o grupos, de tal forma que las unidades experimentales dentro de un bloque sean homogéneas, pero que entre grupos haya heterogeneidad y que en el número de unidades experimentales dentro de un bloque sea igual al número de tratamientos por investigar, en cuanto al diseño experimental se efectuó una distribución por áreas en la finca y dentro de cada bloque estaban los diferentes tratamientos de las unidades experimentales. De esta forma redujo y se controló la varianza del error experimental para una mayor precisión. Se implementaron 3 tratamientos de sistemas de aplicación de fertilizante, los cuales fueron: Edáfico, Fertirriego y Fertirriego + Edáfico, todos estos en un área 0,9 ha.



Los distintos productos agrícolas que se suministraron para cada tratamiento son: Edáfico (Nitrato de Amonio, Boro, DAP, MOP, Sulfato de Zinc, Sulfato de Magnesio, Sulfato de Potasio, YaraLive Tropicote), se aplicó una vez al mes. Fertirriego (Yara Rega Azutek, Nitrato de Amonio, MOP, Sulfato de Magnesio, YaraLive Calcinit), se aplicó una vez a la semana. Fertirriego + Edáfico (Yara Rega Azutek, Nitrato de Amonio, MOP, Sulfato de Magnesio, YaraLive Calcinit), se aplicó una vez al mes por fertilización edáfica y una vez por semana por fertirriego. El tratamiento de fertirriego presento un mayor número de raíces secundarias subsuperficiales con un valor de 42, y superficiales con un valor de 30, también dio el mayor promedio de peso de las raíces subsuperficiales con un valor de 70,07 g y superficiales con 57,70 g. Este tratamiento también permitió tener un mayor desarrollo de raíces superficiales en relación a la longitud con una media de 81.57 cm y una media de diámetro de 2.06 mm, de igual forma se obtuvo un mayor desarrollo de raíces subsuperficiales, con una longitud media de 91.28 cm y un diámetro con una media de 3.57 mm. El tratamiento fertirrigación + edáfico presento una mayor incidencia en el desarrollo vegetativo de la planta, teniendo una altura media de 1.98 m, un diámetro de fuster de 40.17 cm y una emisión foliar de 0.7.

**Palabras claves:** Fertirriego, fertilización edáfica, longitud, diámetro, análisis multivariado.

## **ABSTRACT**

### **BEHAVIOR OF THE ROOT SYSTEM OF THE BANANA CROP, DUE TO FERTIGATION IN AN INCEPTISOL SOIL.**

Author

José Andrés Yánez Araujo

Tutor

Julio Chabla Carrillo, PhD

Globally, banana (*Musa* spp.) is positioned as the fourth largest food crop after corn, rice and wheat, and represents an average of 15% of the world's total fruit production, edaphic fertilization is one of the most widely used practices in agricultural production, combining two important factors during the growth and development phase of crops, Fertigation, on the other hand, is a technique for applying nutrients dissolved in irrigation water to crops. With this background, the following objectives were proposed: to study the active root behavior of bananas in an inceptisol soil with fertigation, by means of a direct survey of their root system. The area where the research was carried out was the Marquez Farm, located in the parish of La Peaña, Canton Pasaje, at Km 15 of the Machala-Pasaje Road, province of El Oro. The study area corresponds to a tropical forest, an average monthly temperature of 26 °C, precipitation ranging between 200 - 1000 mm per year, average wind speed 2 to 4 m\* s-1, 2.8 average hours of sunshine and a relative humidity of 83%. The experimental design of completely randomized blocks was used, in which the experimental units are distributed in blocks or groups, in such a way that the experimental units within a block are homogeneous, but that between groups there is heterogeneity and that the number of experimental units within a block is equal to the number of treatments to investigate, as for the experimental design a distribution by areas on the farm was made and within each block were the different treatments of the experimental units. In this way, the variance of the experimental error was reduced and controlled for greater precision. Three treatments of fertilizer application systems were implemented, which were: Edaphic, Fertigation and Fertigation + Edaphic, all of them in an area of 0.9 ha. The different agricultural products that were supplied for each treatment are: Edaphic (Ammonium Nitrate, Boron, DAP, MOP, Zinc Sulfate, Magnesium Sulfate, Potassium

Sulfate, YaraLive Tropicote), was applied once a month. Fertigation (Yara Rega Azutek, Ammonium Nitrate, MOP, Magnesium Sulfate, YaraLive Calcinit), applied once a week. Fertigation + Edaphic (Yara Rega Azutek, Ammonium Nitrate, MOP, Magnesium Sulfate, YaraLive Calcinit), was applied once a month by edaphic fertilization and once a week by fertigation. The fertigation treatment presented a greater number of subsurface secondary roots with a value of 42, and superficial with a value of 30, it also gave the highest average weight of subsurface roots with a value of 70.07 g and superficial with 57.70 g. This treatment also allowed a greater development of superficial roots in relation to the length with an average of 81.57 cm and an average diameter of 2.06 mm, in the same way a greater development of subsurface roots was obtained, with an average length of 91.28 cm and a diameter with an average of 3.57 mm. The fertigation + edaphic treatment had a greater incidence on the vegetative development of the plant, with an average height of 1.98 m, a fuster diameter of 40.17 cm and a leaf emission of 0.7.

**Keywords:** Fertigation, edaphic fertilization, length, diameter, multivariate analysis.

## ÍNDICE

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | INTRODUCCIÓN.....   | 1  |
| 1.1.   | OBJETIVO GENERAL.....   | 2  |
| 1.2.   | OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                                      | 2  |
| 2.     | MARCO TEÓRICO .....   | 3  |
| 2.1.   | Propiedades físicas del suelo .....                             | 3  |
| 2.1.1. | Textura.....  | 3  |
| 2.1.2. | Estructura.....   | 4  |
| 2.1.3. | Porosidad .....   | 4  |
| 2.1.4. | Densidad aparente (Da) .....                                    | 5  |
| 2.1.5. | Densidad real (Dr) .....  | 5  |
| 2.1.6. | Profundidad .....   | 6  |
| 2.2.   | Suelo Inceptisol.....   | 6  |
| 2.3.   | Sistema Radicular del Cultivo de Banano .....                   | 6  |
| 2.4.   | Fertirriego y su relación al sistema radicular del banano ..... | 7  |
| 2.5.   | Análisis multivariado.....                                      | 8  |
| 3.     | MATERIALES Y MÉTODOS.....                                       | 9  |
| 3.1.   | Área de estudio .....   | 9  |
| 3.1.1. | Ubicación Geográfica.....                                       | 9  |
| 3.1.2. | Características climáticas .....                                | 10 |
| 3.1.3. | Características del suelo .....                                 | 10 |
| 3.2.   | Diseño Experimental.....  | 10 |
| 3.3.   | Tratamientos .....  | 11 |
| 3.3.1. | Tratamiento 1 (Edáfico).....                                    | 11 |
| 3.3.2. | Tratamiento 2 (Fertirriego).....                                | 12 |
| 3.3.3. | Tratamiento 3 (Fertirriego + Edáfico) .....                     | 12 |
| 3.4.   | Croquis del experimento .....                                   | 13 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 3.5.   | Manejo del experimento .....                              | 13 |
| 3.6.   | Materiales y Equipos.....                                 | 14 |
| 3.6.1. | Materiales .....  | 14 |
| 3.6.2. | Equipos .....   | 14 |
| 3.7.   | Variables medidas en el sistema radicular del banano..... | 14 |
| 3.7.1. | Superficial.....  | 14 |
| 3.7.2. | Subsuperficial .....                                      | 15 |
| 3.7.3. | Peso de la masa radicular.....                            | 17 |
| 3.8.   | Variables para medir de la planta.....                    | 17 |
| 3.8.1. | Altura .....  | 17 |
| 3.8.2. | Diámetro de fuste.....                                    | 18 |
| 3.8.3. | Emisión Foliar .....                                      | 19 |
| 4.     | RESULTADOS Y DISCUCIONES .....                            | 20 |
| 4.1.   | Análisis exploratorio de las variables evaluadas. ....    | 20 |
| 4.2.   | ANOVA de las variables. ....                              | 24 |
| 5.     | CONCLUSIONES .....  | 37 |
| 6.     | RECOMENDACIONES .....                                     | 38 |
| 7.     | BIBLIOGRAFÍA .....  | 39 |
| 8.     | ANEXOS .....  | 43 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Triangulo de textura de suelo. ....   | 4  |
| <b>Figura 2:</b> Ubicación de la zona de estudio .....   | 9  |
| <b>Figura 3:</b> Croquis del experimento.....  | 13 |
| <b>Figura 4:</b> Realización de montijo o lagarto .....  | 15 |
| <b>Figura 5:</b> Colocación de marco con plástico en la calicata .....                                   | 16 |
| <b>Figura 6:</b> Colocación de plástico negro.....   | 16 |
| <b>Figura 7:</b> Peso de la masa radicular.....  | 17 |
| <b>Figura 8:</b> Altura de la planta.....  | 18 |
| <b>Figura 9:</b> Medición del diámetro del fuste .....   | 18 |
| <b>Figura 10:</b> Estadios de emisión foliar.....  | 19 |
| <b>Figura 11:</b> Diagrama de caja y bigote de la altura de la planta. ....                              | 20 |
| <b>Figura 12:</b> Diagrama de caja y bigote del fuster de la planta. ....                                | 21 |
| <b>Figura 13:</b> Diagrama de caja y bigote de emisión foliar .....                                      | 21 |
| <b>Figura 14:</b> Diagrama de caja y bigote de longitud de la raíz superficial.....                      | 22 |
| <b>Figura 15:</b> Diagrama de caja y bigote del diámetro de la raíz superficial.....                     | 22 |
| <b>Figura 16:</b> Diagrama de caja y bigote longitud de la raíz comparada en distancias de muestreo..... | 23 |
| <b>Figura 17:</b> Diagrama de caja y bigote diámetro de la raíz comparada en distancias de muestreo..... | 23 |
| <b>Figura 18:</b> Diagrama de barras altura (m) de la planta por tratamiento. ....                       | 27 |
| <b>Figura 19:</b> Diagrama de barras de diámetro del fuster (cm) de la planta por tratamiento. ....      | 27 |
| <b>Figura 20:</b> Diagrama de barras emisión foliar por tratamiento. ....                                | 28 |
| <b>Figura 21:</b> Diagrama de barras longitud (cm) de la raíz superficial por tratamiento. ....          | 30 |
| <b>Figura 22:</b> Diagrama de barras diámetro (mm) de la raíz superficial por tratamiento..              | 31 |
| <b>Figura 23:</b> Diagrama de barras longitud (cm) de la raíz subsuperficial por tratamiento. ....       | 33 |
| <b>Figura 24:</b> Diagrama de barras diámetro (mm) de la raíz subsuperficial por tratamiento .....       | 34 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Clasificación de la densidad aparente en los suelos. ....                         | 5  |
| <b>Tabla 2.</b> Clasificación de la densidad real de los suelos. ....                             | 5  |
| <b>Tabla 3.</b> Tratamientos aplicados en la investigación. ....                                  | 11 |
| <b>Tabla 4.</b> Fuente de elementos en kg ha-1 para el tratamiento edáfico. ....                  | 11 |
| <b>Tabla 5.</b> Fuente de elementos en kg ha-1 para el tratamiento fertirriego. ....              | 12 |
| <b>Tabla 6.</b> Fuente de elementos en kg ha-1 para el tratamiento fertirriego + edáfico. ....    | 12 |
| <b>Tabla 7.</b> ANOVA de un factor características biométricas. ....                              | 24 |
| <b>Tabla 8.</b> Prueba POST HOC para la variable altura de planta. ....                           | 25 |
| <b>Tabla 9.</b> Prueba POST HOC para la variable fuster de la planta. ....                        | 25 |
| <b>Tabla 10.</b> Prueba POST HOC para la variable emisión foliar de la planta. ....               | 26 |
| <b>Tabla 11.</b> ANOVA de un factor raíces superficiales. ....                                    | 28 |
| <b>Tabla 12.</b> Prueba POST HOC para la variable longitud de la raíz. ....                       | 29 |
| <b>Tabla 13.</b> Prueba POST HOC para la variable diámetro de la raíz. ....                       | 29 |
| <b>Tabla 14.</b> ANOVA de un factor raíces subsuperficiales. ....                                 | 31 |
| <b>Tabla 15.</b> Prueba POST HOC para la variable longitud de la raíz subsuperficial. ....        | 32 |
| <b>Tabla 16.</b> Prueba POST HOC para la variable diámetro de la raíz subsuperficial. ....        | 32 |
| <b>Tabla 17.</b> Estadístico descriptivo de la variable peso y número de raíces secundarias. .... | 35 |
| <b>Tabla 18.</b> Correlación de Pearson para las variables de estudio. ....                       | 35 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |    |
|---|----|
| <b>Anexo 1.</b> Realización de calicatas .....                                    | 43 |
| <b>Anexo 2.</b> Colocación de cinta alrededor de la calicata.....                 | 43 |
| <b>Anexo 3.</b> Marco de plástico cuadriculado colocado en la calicata.....       | 44 |
| <b>Anexo 4.</b> Toma de longitud de las raíces con la ayuda de la cuadrícula..... | 44 |
| <b>Anexo 5.</b> Toma de diámetro de raíces .....                                  | 45 |
| <b>Anexo 6.</b> Raíces subsuperficiales .....                                     | 45 |
| <b>Anexo 7.</b> Raíces superficiales .....  | 46 |



## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el cultivo de banano (*Musa spp.*) se posiciona como el cuarto cultivo alimentario más grande después del maíz, el arroz y el trigo, y representa un promedio del 15% de la producción total de frutas del mundo. El 20% de la producción de banano es destinado al comercio mundial y es uno de los principales productos de exportación. Por lo tanto, es de gran importancia económica para el sector agrícola ecuatoriano debido a los ingresos que genera cada año para el país (Céspedes, 2017).

El suelo es la capa superficial de la tierra y el medio en el que crecen las plantas. Las condiciones físicas del suelo determinan su rigidez y resistencia, facilidad de penetración de raíces, aireación, drenaje y capacidad de almacenamiento de agua, plasticidad y retención de nutrientes. Se considera necesario que los involucrados en el uso de la tierra comprendan las propiedades físicas de los suelos, entiendan en qué medida y cómo intervienen en el crecimiento de las plantas, y cómo las actividades humanas las alteran, se debe comprender la importancia de mantener un suelo lo óptimo posible para el desarrollo adecuado de los cultivos (INIA, 2006).

La fertilización edáfica es una de las prácticas más utilizadas en la producción agropecuaria, combina dos factores importantes durante la fase de crecimiento y desarrollo de los cultivos: la nutrición eficiente y el manejo de láminas de agua en las diversas fases de desarrollo del cultivo, su manejo adecuado permite obtener un alto rendimiento y calidad en las cosechas a futuro (Espinosa, 2008).

La fertirrigación es una técnica de aplicación de nutrientes disueltos en el agua de riego a los cultivos. Es un método de riego de gran importancia en cultivos con la implementación de sistemas de riego local (riego por goteo), aunque también se utiliza en menor medida en los sistemas de aspersión (equipos de pivote y cobertura total) (Ulloa, 2016).

El objetivo de la fertirrigación es optimizar el flujo de agua del sistema de riego para trasladar los elementos nutritivos que la planta necesita hasta el lugar donde se está desarrollando el sistema radicular, si se maneja de manera adecuada se puede mejorar el aprovechamiento del agua, los nutrientes, la energía, y también reducir las contaminaciones (Casanova, 2006).

La presente investigación se basa en evaluar el comportamiento radicular del cultivo de banano mediante la aplicación de fertirriego, para así, mejorar las condiciones físicas del suelo ya que es el lugar donde se desarrollan las raíces de la planta y por la cual absorben todos los nutrientes esenciales para su óptimo desarrollo.

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Estudiar el comportamiento radicular activo del banano en un suelo inceptisol con fertirriego, mediante la prospección directa de su sistema.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la masa radicular superficial y subsuperficial del cultivo de banano.
- Efectuar un análisis multivariado de las variables biométricas frente a la fertirrigación y fertirrigación-edáfica.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Propiedades físicas del suelo**

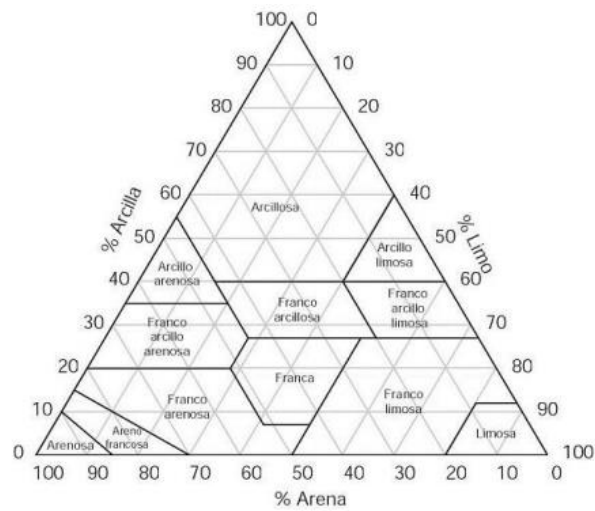
El suelo representa una parte esencial de la vida, ya que es el principal responsable de la alimentación en el mundo. Está formado por materiales orgánicos e inorgánicos como: arena, limo y arcilla, que constituyen las propiedades físicas como la textura, porosidad, densidad aparente y real, infiltración etc., características que determinan el desarrollo vegetativo de los cultivos (Novillo & Carrillo, 2018).

Las propiedades físicas del suelo son responsables del transporte del aire, agua, calor, sustancias solubles a través del suelo, las cuales pueden ser deterioradas con la labranza, haciendo al suelo menos permeable y más susceptible a desgastes por escorrentía y erosión (García, 2004).

#### **2.1.1. Textura**

Esta característica describe el tamaño de las partículas del suelo menores de 2 mm de diámetro. Conocer la textura o la clase textural a la que pertenece un suelo permite hacer una deducción aproximada de las propiedades generales del suelo, y de esta forma usar las prácticas de manejo requeridas (labranza, riego y fertilización); también se puede utilizar para evaluar y valorar tierras de acuerdo a su uso (Villaseñor, 2016).

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos emplea un método exacto y fundamental para dar nombres texturales a los suelos, el cual se basa en el análisis mecánico, como es el triángulo textural (Figura 1).



**Figura 1:** Triángulo de textura de suelo.

**Fuente:** (USDA, 2004).

### 2.1.2. Estructura

Según (Sanchez, 2005) la define como: "la forma, el tamaño y el arreglo de las partículas primarias que constituyen las partículas compuestas, y la forma, tamaño y arreglo de las partículas compuesta". Para considerar que el suelo cuente con una buena estructura, va a depender de la velocidad con la que el aire y el agua se muevan a través del suelo.

La capacidad estructural del suelo se conoce como su capacidad para formar terrones naturalmente y que estos terrones se fraccionan en pequeños granos, o agregados, sin la intervención del ser humano (Osuna, 2006).

Desde el punto de vista agrícola la estabilidad estructural del suelo se refiere a la capacidad que tiene el grano de retener su forma cuando se humedece, permitiendo el flujo del agua a través del suelo (Navarro & Figueroa, 2000).

### 2.1.3. Porosidad

La porosidad se refiere a todo el espacio que no está ocupado por fracciones sólida, mineral u orgánica; a diferencia si éste está ocupado por aire o por agua en el momento del muestreo (González, 2012).

#### 2.1.4. Densidad aparente (Da)

La determinación de la densidad aparente tiene un valor fundamental para conocer el estado físico del suelo, ya que refleja el comportamiento dinámico de la estructura y la porosidad debido a que se modifica por la acción de agentes internos o externos como por ejemplo la compactación y la dispersión de las partículas (Salamanca, 2005).

Se define como la relación que existe entre la masa secado (Pss) al horno de las partículas de suelo y el volumen total (Vt), incluye también el espacio poroso que ocupan, se obtiene a través de la ecuación y se clasifica mediante la tabla 1.

$$Da = Pss / Vt; (g/cm^3)$$

**Tabla 1.** Clasificación de la densidad aparente en los suelos.

| Unidad de la (Da) g/cm <sup>3</sup> | Clasificación |
|-------------------------------------|---------------|
| <1.0                                | Muy bajo      |
| 1.0 – 1.2                           | Bajo          |
| 1.2 – 1.45                          | Medio         |
| 1.45 – 1.60                         | Alto          |
| >1.60                               | Muy alta      |

**Fuente:** Cairo, 1995

#### 2.1.5. Densidad real (Dr)

La densidad real es la relación existente entre el peso del suelo, en seco (Pss) y el volumen real, es decir, el volumen de sus partículas (Vp). Comúnmente se expresa en g /cm<sup>3</sup> (Castillo, 2005).

$$Dr = Pss / Vp (g/cm^3)$$

**Tabla 2.** Clasificación de la densidad real de los suelos.

| Densidad real g/cm <sup>3</sup> | Clasificación |
|---------------------------------|---------------|
| <2.4                            | Muy bajo      |
| 2.4 – 2.60                      | Bajo          |
| 2.60 – 2.80                     | Medio         |
| >2.80                           | Alto          |

**Fuente:** Cairo, 1995

### **2.1.6. Profundidad**

Se refiere al espesor del material edáfico favorable para la penetración de las raíces de las plantas; también se refiere al espesor del suelo de la superficie hasta donde se desarrolla el sistema radicular de los cultivos. Las profundidades de las raíces pueden estar condicionadas por barreras físicas y químicas, así como también por niveles freáticos elevados. La profundidad se puede medir directamente en el perfil o a través de baremaciones (García, 2017).

### **2.2. Suelo Inceptisol**

Los Inceptisoles son aquellos suelos que están empezando a mostrar el desarrollo de los horizontes ya que los suelos son muy jóvenes todavía en evolución. Es por ello, que en este orden surgirán suelos con uno o más horizontes de diagnóstico cuya fuente sea de rápida formación, con procesos de translocación de materiales o meteorización extrema (Ibáñez, 2006).

En varias zonas, los Inceptisoles son suelos con un pequeño desarrollo del perfil (aunque más desarrollados que los Entisoles), mientras que en otras son suelos con horizontes de diagnóstico que no cumplen los requisitos exigidos para otros órdenes de suelos (López, 2019).

Estos suelos pueden presentar horizontes de diagnóstico y epipediones como los antrópicos, úmbricos, hísticos, óchricos, móllicos y plaggen. Pero sólo unos pocos tienen un epipedión móllico y los horizontes de diagnóstico más comunes son el horizonte cámbico y un fragipan, aunque también pueden aparecer horizontes cálcicos, petrocálcico o duripan (Moreno, 2006).

### **2.3. Sistema Radicular del Cultivo de Banano**

El banano es una planta perenne monocotiledónea que se encuentra en las zonas tropicales y subtropicales (Tejeda, 2003). Es originaria del sudeste asiático, donde su avistamiento más antiguo se sitúa en el lugar de Kuk en el Valle de Wabgi en Nueva Guinea.

El sistema radicular del banano, es el pilar fundamental para el desarrollo del cultivo, porque además de ser un soporte para la planta, es la principal vía para la adsorción de agua y nutrientes esenciales que la planta necesita para su ciclo de vida. Otra función que

realiza el sistema radicular es almacenar productos para una alimentación adecuada, formando un entorno apropiado para los diversos macro y microorganismos benéficos que se encuentra en la rizosfera. Es por esto que se considera uno de los órganos más importantes de las plantas. (Saavedra, 2017).

La planta de banano en óptimas condiciones debe producir entre doscientas y quinientas raíces. Las principales funciones de la raíz es el anclaje, la absorción de agua y nutrientes, la síntesis y almacenamiento de hormonas. El desarrollo y funcionamiento de las raíces puede ser afectado por el tipo de suelo (Galan & Rangel, 2017).

En general, las plantas establecidas en suelos pesados tienen un sistema radicular más pobre que las ubicadas en suelos de texturas livianas. El sistema radicular suele encontrarse concentrado principalmente entre los 20 y los 50 cm del suelo. El crecimiento radicular depende principalmente de las condiciones de textura y estructura del suelo, las condiciones de aireación y humedad (drenaje y riego), la fertilidad del suelo, la compactación de suelos y la aplicación de productos químicos (Capa & Alaña, 2016).

Cuando el sistema radicular se afecta negativamente, la producción decrece. Todo esto se debe tomar en cuenta para que el sistema radicular del banano evolucione de la mejor manera posible y así obtener una producción de calidad (Ortiz & Lopez, 2010).

Para la formación del sistema radicular deben estar presentes una diversidad de componentes (nutrientes, vitaminas) que son la base para un buen desarrollo de las raíces. El nutriente o macro elemento principal para obtener un mejor crecimiento y desarrollo de la raíz es el fósforo (P), el cual contribuye significativamente al desarrollo y crecimiento de las plantas de banano. En los primeros 30 cm de profundidad del suelo se encuentra el mayor número de raíces (60%-70%) y un 10% al 15% de las raíces totales en forma horizontal.

#### **2.4. Fertirriego y su relación al sistema radicular del banano**

La aplicación de agua y nutrientes al mismo tiempo se conoce como fertirriego, el objetivo de este método consiste en el suministro de agua y nutrientes que la planta necesita, y de esta forma se desarrolle con normalidad, este debe ajustarse en base al cultivo, la época del año, su nivel de desarrollo y el objetivo que tenga la producción, por esto es fundamental tener conocimiento sobre las particularidades del agua (Mazuela, 2013).

La fertirrigación en los sistemas de riego continuo es una opción adecuada ya que se puede adaptar a diferentes métodos de riego, para esto se necesitan sistemas de dosificación y depósitos adecuados en los cuales están presentes la solución donde se van a añadir los nutrientes y los fertilizantes a los que se va a dar uso, cuyas características de reacción de pureza, pH, concentración y solubilidad, además hay que tener en cuenta las particularidades del agua, el calcio y los bicarbonatos presentes en el (Villalobos, 2017).

El banano presenta un sistema radicular fasciculado y fibroso, está conformado de raíces primarias, secundarias, terciarias, también tiene pelos absorbentes, sus raíces son de rápido desarrollo y son sensibles a la ausencia o incremento hídrico, su textura es de mucha importancia debido a que los primeros 65% se presentan en los 30 centímetros del espacio del suelo, por esto se debe considerar factores como: la estructura, resistencia a la penetración, densidad aparente del suelo y drenaje.(Castillo & Sánchez, 2013)

Las raíces del banano son superficiales, están distribuidas en la capa de entre 30 y 40 cm, comúnmente se encuentran concentradas en los 15-20 cm, son de color blanco, con un diámetro de 5 a 8 mm y longitud entre 2,5 y 3 metros de forma lateral y llegan hasta 1,5 metros en fondo (Peñañiel, 2020).

Para hacer uso de la fertirrigación en la producción de banano se deben cumplir algunos principios, estos son: la distribución de fertilizantes nitrogenados y potásicos, teniendo en cuenta las demandas del cultivo, esta puede tener algunas variaciones dependiendo de la etapa de desarrollo de la planta y la temperatura que se presente en la zona donde se estableció el cultivo; en suelos con características ácidas, lo mejor es el uso de fertilizantes con nitratos, ya que esto evita la acidificación en el suelo y al mismo tiempo la toxicidad del aluminio (Villalobos, 2017).

## **2.5. Análisis multivariado**

Un análisis estadístico y geoestadístico multivariado reúne métodos estadísticos que se centran en observar y procesar simultáneamente diferentes variables estadísticas para obtener información relevante (Sancho, 2012).

Los métodos que más se utilizan en un análisis multivariado son: el análisis por componentes principales, análisis factorial y análisis clúster. Estos métodos forman una combinación lineal de las variables en estudio determinando nuevas variables sin correlación entre ellas (Tusell, 2016).



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudio

El área donde se realizó la investigación fue en la Finca Márquez, la cual se encuentra ubicada en la parroquia La Peaña del Cantón Pasaje, ubicada en el Km 15 de la vía Machala-Pasaje, provincia de El Oro.

##### 3.1.1. Ubicación Geográfica

El sitio de estudio, se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas:

Datum: WGS 84; Zona: 17 Sur

Latitud: 620701

Longitud: 9636128

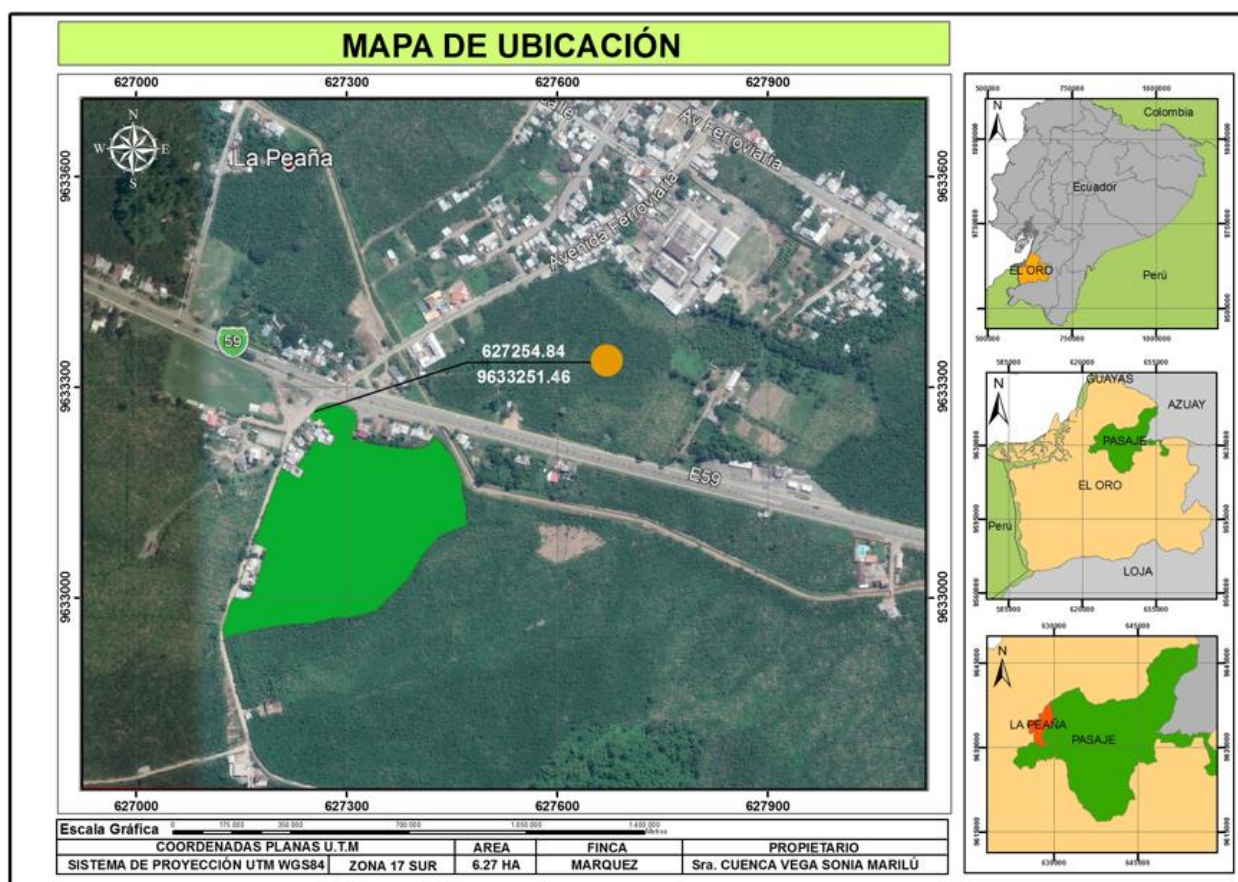


Figura 2: Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Autor

### 3.1.2. Características climáticas

La zona de estudio corresponde a un bosque tropical, una temperatura media mensual de 26 °C, una precipitación que oscila entre 200 – 1000 mm anuales, velocidad media de vientos 2 a 4 m\* s-1, 2.8 promedio de horas sol y una humedad relativa de 83%. Esta zona se caracteriza por tener suelos de origen aluvial por afectaciones del río Jubones, su topografía es plana a ligeramente ondulada (Cañadas, 1983).

### 3.1.3. Características del suelo

En el área experimental presentó un suelo con las siguientes características taxonómicas (Villaseñor & Chabla, 2015):

- **Orden:** Inceptisol
- **Suborden:** Ustepts
- **Gran Grupo:** Dystrustepts
- **Subgrupo:** Aquic Dystrustepts

## 3.2. Diseño Experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar, se distribuyen las unidades experimentales en bloques o grupos, de tal forma que las unidades experimentales dentro de un bloque sean homogéneas, pero que entre grupos haya heterogeneidad y que en el número de unidades experimentales dentro de un bloque sea igual al número de tratamientos por investigar.

Los bloques fueron constituidos por áreas en la finca y dentro de cada bloque estaban los diferentes tratamientos de las unidades experimentales. De esta forma se redujo y se controló la varianza del error experimental para una mayor precisión.

Se implementaron 3 tratamientos de sistemas de aplicación de fertilizante, los cuales fueron: Edáfico, Fertirriego y Fertirriego + Edáfico, todos estos en un área 0,9 ha.

Los distintos productos agrícolas que se suministraron para cada tratamiento son:

- Edáfico (Nitrato de Amonio, Boro, DAP, MOP, Sulfato de Zinc, Sulfato de Magnesio, Sulfato de Potasio, YaraLive Tropicote), se aplicó una vez al mes.

- Fertirriego (Yara Rega Azutek, Nitrato de Amonio, MOP, Sulfato de Magnesio, YaraLive Calcinit), se aplicó una vez a la semana.
- Fertirriego + Edáfico (Yara Rega Azutek, Nitrato de Amonio, MOP, Sulfato de Magnesio, YaraLive Calcinit), se aplicó una vez al mes por fertilización edáfica y una vez por semana por fertirriego.

### 3.3. Tratamientos

El trabajo se realizó por módulos que abarcaron 0.9 hectárea, todos con un plan nutricional completo.

**Tabla 3.** Tratamientos aplicados en la investigación.

| <b>Tratamientos</b> |                       |
|---------------------|-----------------------|
| T1                  | Edáfico               |
| T2                  | Fertirriego           |
| T3                  | Fertirriego + Edáfico |
| T4                  | Testigo               |

**Fuente:** El autor

#### 3.3.1. Tratamiento 1 (Edáfico)

Las fuentes y concentraciones de los elementos que se aplicaron fueron las siguientes:

Nitrato de Amonio con 42 kg ha<sup>-1</sup>, Boro con 700 g ha<sup>-1</sup>, DAP con 8 kg ha<sup>-1</sup>, MOP con 29 kg ha<sup>-1</sup>, Sulfato de Zinc con 318 g ha<sup>-1</sup>, Sulfato de Magnesio con 28 kg ha<sup>-1</sup> y YaraLive Tropicote con 44 kg ha<sup>-1</sup>.

Los fertilizantes aplicados en el tratamiento se pueden observar en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Fuente de elementos en kg ha<sup>-1</sup> para el tratamiento edáfico.

| <b>Edáfico</b>       |                           |                          |
|----------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>Fertilizantes</b> | <b>Kg ha<sup>-1</sup></b> | <b>g ha<sup>-1</sup></b> |
| Nitrato de Amonio    | 42                        |                          |
| Boro                 |                           | 700                      |
| DAP                  | 8                         |                          |
| MOP                  | 29                        |                          |
| Sulfato de Zinc      |                           | 318                      |

|                     |    |
|---------------------|----|
| Sulfato de Magnesio | 28 |
| Sulfato de Potasio  | 53 |
| YaraLive Tropicote  | 44 |

**Fuente:** El autor

### 3.3.2. Tratamiento 2 (Fertirriego)

Las fuentes y concentraciones de los elementos que se aplicaron fueron las siguientes:

Nitrato de Amonio con 3 kg ha<sup>-1</sup>, MOP con 9 kg ha<sup>-1</sup>, Sulfato de Magnesio con 7 kg ha<sup>-1</sup>, Yara Rega Azutek con 22 kg ha<sup>-1</sup> y YaraLive Calcinit con 11 kg ha<sup>-1</sup>.

Los fertilizantes aplicados en el tratamiento se pueden observar en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Fuente de elementos en kg ha<sup>-1</sup> para el tratamiento fertirriego.

| Fertirriego         |                     |
|---------------------|---------------------|
| Fertilizantes       | Kg ha <sup>-1</sup> |
| Nitrato de Amonio   | 3                   |
| MOP                 | 9                   |
| Sulfato de Magnesio | 7                   |
| Yara Rega Azutek    | 22                  |
| YaraLive Calcinit   | 11                  |

**Fuente:** El autor

### 3.3.3. Tratamiento 3 (Fertirriego + Edáfico)

En este tratamiento se aplicaron la mezcla de 5 productos, siendo 3 fertilizantes edáficos: Nitrato de Amonio, MOP y Sulfato de magnesio y 2 fertilizantes solubles: Yara Rega Azutek y YaraLive Calcinit.

Los fertilizantes aplicados en el tratamiento se pueden observar en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Fuente de elementos en kg ha<sup>-1</sup> para el tratamiento fertirriego + edáfico.

| Fertirriego + Edáfico |                     |
|-----------------------|---------------------|
| Fertilizantes         | Kg ha <sup>-1</sup> |
| Nitrato de Amonio     | 12                  |
| MOP                   | 36                  |

|                     |    |
|---------------------|----|
| Sulfato de Magnesio | 24 |
| Yara Rega Azutek    | 22 |
| YaraLive Calcinit   | 11 |

Fuente: El autor

### 3.4. Croquis del experimento

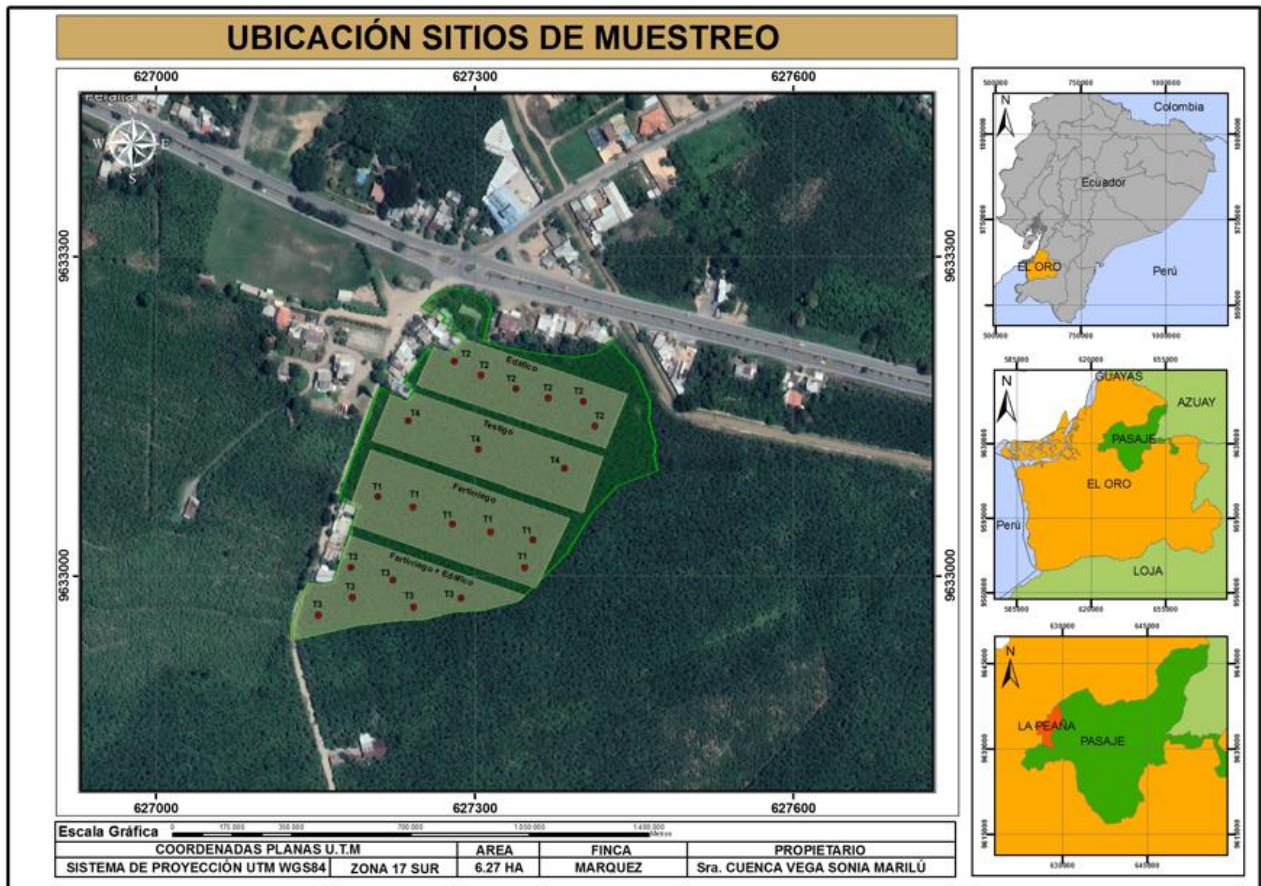


Figura 3: Croquis del experimento

Fuente: Autor

### 3.5. Manejo del experimento

Para la realización del experimento se utilizaron los siguientes estudios:

- Análisis del Suelo
- Macro y Micronutrientes
- Dosis de riego
- Fertilizantes a utilizar y su composición

### **3.6. Materiales y Equipos**

#### **3.6.1. Materiales**

- Estacas
- Piola
- Plástico negro
- Lápiz
- Marcadores
- Marco de madera
- Plástico transparente
- Cinta métrica
- Libreta de apuntes

#### **3.6.2. Equipos**

- GPS
- Pie de rey
- Balanza gramera
- Software SPSS

### **3.7. Variables medidas en el sistema radicular del banano**

La toma de datos se realizó de dos formas, la superficial que consta de la elaboración de lagartos o montijos alrededor del hijo, y la subsuperficial en la cual se realizaron calicatas a una distancia de 20 cm del hijo. Las variables que se tomaron en la raíz del banano fueron longitud, diámetro y número de raíces secundarias para ambos casos. También se determinó el peso de la masa radicular, tanto de las raíces superficiales y subsuperficiales.

#### **3.7.1. Superficial**

El sistema radicular de las plantas de banano es adventicio, o sea, la mayor parte se encuentra creciendo cerca de la superficie del suelo (primeros 50cm. aproximadamente) (Rodríguez, 2014). Se realizaron 3 montijos por cada tratamiento lo que dio un total de 12 plantas.

Las mediciones fueron efectuadas semanalmente, dándole seguimiento a 3 raíces por montijo, con la ayuda de una cinta métrica se midió la longitud y con el pie de rey se tomó el diámetro, además también se procedió a contar el número de raíces secundarias.



**Figura 4:** Realización de montijo o lagarto

**Fuente:** Autor

### **3.7.2. Subsuperficial**

La conformación del sistema radicular de una planta depende de su constitución genética, en condiciones favorables, la planta puede desarrollar un sistema radical que la caracteriza, pero, en condiciones adversas lo más probable es que sufra sensibles alteraciones en su distribución radical (Blomme, 2006).

En esta parte de la investigación se realizaron seis calicatas por cada tratamiento, dos de 1 m de profundidad, dos de 70 cm y dos de 50 cm, todas estas con un ancho de 80 cm. El total de plantas fue de 24.

Una vez hecha la calicata se procedió a colocar un marco de madera con plástico transparente mirando hacia la planta, asegurándose que quede a ras de suelo de manera que no interfiera con las labores de manejo de la plantación. En el marco se realizó previamente una cuadrícula de 5 cm x 5cm utilizando un marcador permanente, para de esta manera observar el comportamiento y desarrollo de las raíces.



Una vez instalado el marco, se debe cubrir con un plástico negro, el cual solo se saca en el momento que se realizan las mediciones, de esta manera se evitara la pudrición de la estructura.

Las mediciones se realizaron de forma semanal, dándole seguimiento a tres raíces por calicata, con la ayuda de la cuadrícula se tomó la longitud, utilizando el pie de rey tomamos el diámetro de las raíces, y también se realizó el conteo de las raíces secundarias de las tres raíces evaluadas.



**Figura 5:** Colocación de marco con plástico en la calicata

**Fuente:** Autor



**Figura 6:** Colocación de plástico negro

**Fuente:** Autor



### 3.7.3. Peso de la masa radicular

Para determinar la masa radicular superficial se procedió a cortar las raíces que se encontraban en cada montijo que se realizó con anterioridad, se obtuvo un peso en gramos por cada tratamiento evaluado en la investigación.

En el caso de la masa radicular subsuperficial, se procedió a cortar las raíces con tres profundidades diferentes: 1m, 70 cm y 50 cm, de la misma forma se obtuvo un peso en gramos por cada tratamiento.



**Figura 7:** Peso de la masa radicular

**Fuente:** El autor

## 3.8. Variables para medir de la planta

### 3.8.1. Altura

La altura se realiza desde la base del pseudotallo hasta la intersección de la vaina de la hoja uno y dos. Este dato se registra semanalmente desde la selección del hijo sucesor hasta el día de la cosecha del retorno (Huertas, 2016).



**Figura 8:** Altura de la planta

**Fuente:** El autor

### 3.8.2. Diámetro de fuste

Se procedió a medir el diámetro del fuste de la planta con la ayuda de una cinta métrica a una altura de 1.5 m, esta medición se realizaba de forma semanal (Bravo, 2021). Los datos fueron registrados en el cuadro del formato de evaluación.



**Figura 9:** Medición del diámetro del fuste

**Fuente:** El autor

### 3.8.3. Emisión Foliar

(Aguilar, 2015), nos dice que el desarrollo de la hoja candela se valora según la escala de Brun realizada en 1963:

- **Estadio 0:** Hoja candela de aproximadamente de 10cm de longitud.
- **Estadio 2:** Hoja candela más grande, pero aún no alcanza su forma completa.
- **Estadio 4:** Hoja candela completamente libre.
- **Estadio 6:** El lado izquierdo ya está abierto y su apertura ocurre en el extremo del ápice
- **Estadio 8:** La parte de arriba de la hoja se abre y la base tiene forma de una corneta abierta.



**Figura 10:** Estadios de emisión foliar

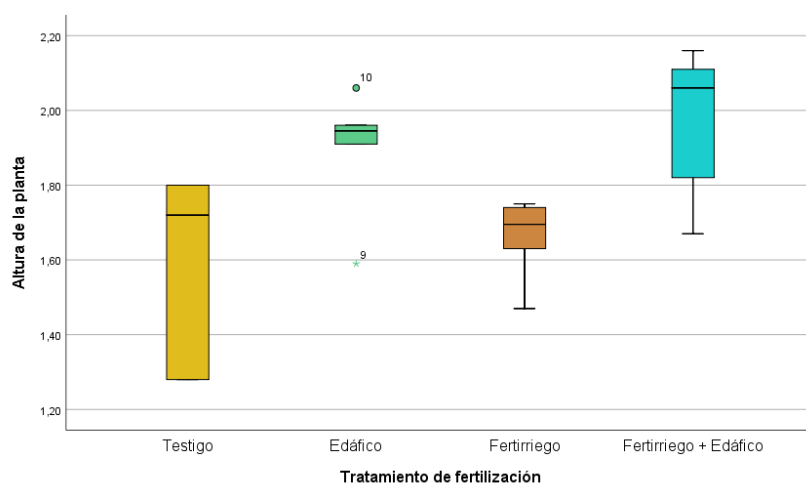
**Fuente:** (Rivas, 2017)

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Análisis exploratorio de las variables evaluadas.

Las variables de estudio tanto biométricas, de raíces superficiales y subsuperficiales fueron previamente evaluadas con un análisis exploratorio, con el fin de evaluar que no influyeran los valores en el análisis. Para todos los casos se omitió los valores atípicos con el fin de constatar la información levantada en el estudio, para la constatación de la información se utilizaron diagramas de cajas y bigotes representados consecutivamente en dependencia de la variable.

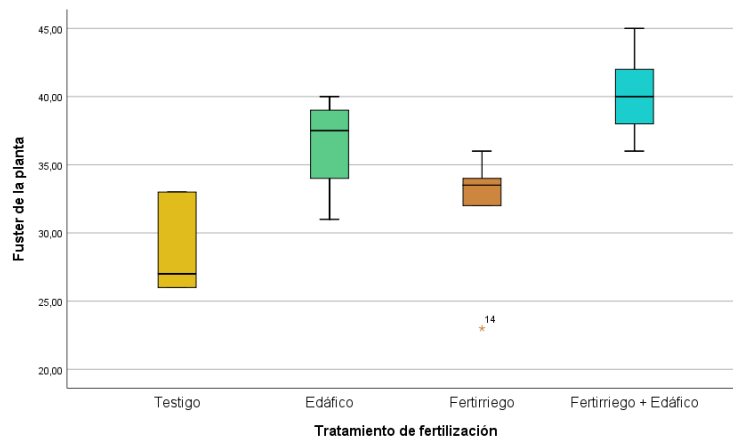
La altura de la planta presento un comportamiento de los datos homogéneos, donde el tratamiento de fertilización de fertirriego + edáfico dio el valor más alto con una media de 2.5 m, la distribución de los datos no presento la mejor homogeneidad y asimetría, pues presenta una asimetría negativa, se debe tomar en consideración que el tratamiento solo con fertirriego obtuvo una altura similar al testigo y que solo edáfico presento los mejores resultados y la mejor homogeneidad y distribución, siendo conveniente tomar en consideración estas variaciones para futuras investigaciones, donde se pueda identificar las razones para estos resultados (Figura 11).



**Figura 11:** Diagrama de caja y bigote de la altura de la planta.

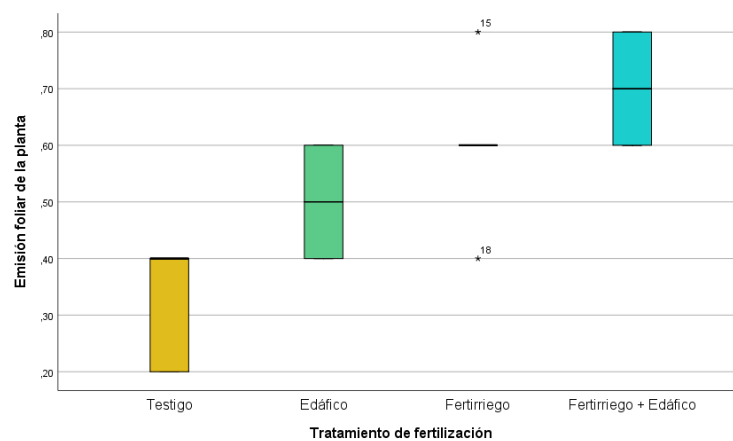
El fuster de la planta dio un comportamiento de los datos homogéneos, donde en todos los tratamientos a diferencia del testigo no se presentó un sesgo considerable en la distribución de los datos siendo el valor más alto de 42 obtenido para la variable

fertirriego + edáfico, seguido de la fertilización edáfica, luego fertirriego y finalmente el testigo siendo el menos importante con una media por debajo de 30 cm a diferencia de los otros tratamientos superior a 30 cm (Figura 12).



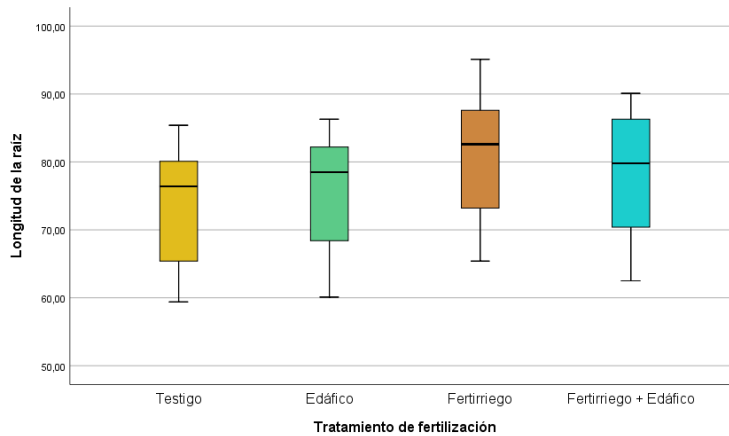
**Figura 12:** Diagrama de caja y bigote del fuster de la planta.

La emisión foliar de la planta presento un comportamiento de los datos homogéneo con mayor eficiencia en comparación a la altura y fuster, teniéndolos mejores resultados el tratamiento fertirriego + edáfico con un valor de 0.8 (Figura 13).



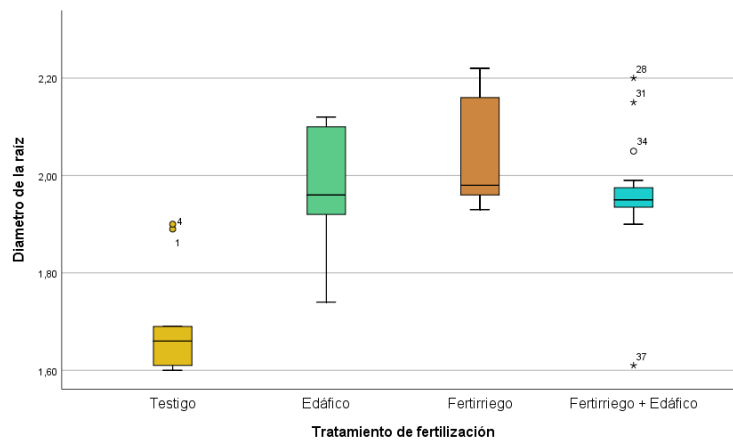
**Figura 13:** Diagrama de caja y bigote de emisión foliar

En cuanto a la longitud de la raíz el fertirriego y fertirriego + edáfico presento una distribución de los datos similar, siendo el tratamiento fertirriego que presenta el mejor resultado con un valor de 88.67 cm, en comparación con el testigo, este tuvo una distribución menor de los datos, sin embargo, en algunas repeticiones presentaron valores altos (Figura 14).



**Figura 14:** Diagrama de caja y bigote de longitud de la raíz superficial.

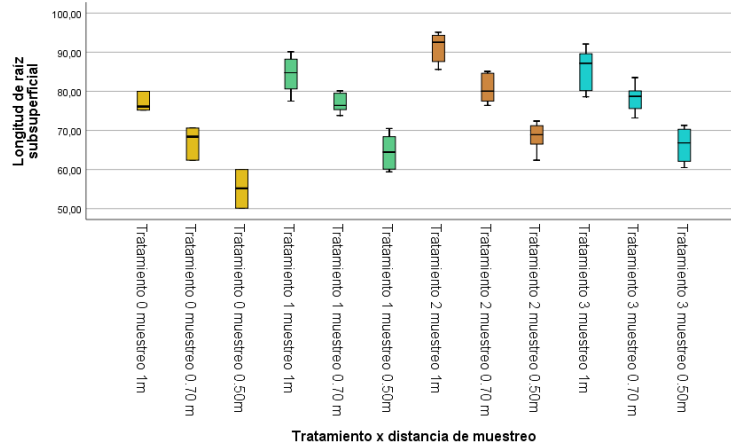
En cuanto al diámetro de la raíz se evidencia un comportamiento similar a la longitud de la raíz superficial debido a que presenta una distribución de los datos similar, siendo el tratamiento fertirriego que presenta el mejor resultado con un valor de 2.16 mm, seguido por fertirriego + edáfico y consecutivamente el edáfico, siendo el de menor medida el testigo (Figura 15).



**Figura 15:** Diagrama de caja y bigote del diámetro de la raíz superficial

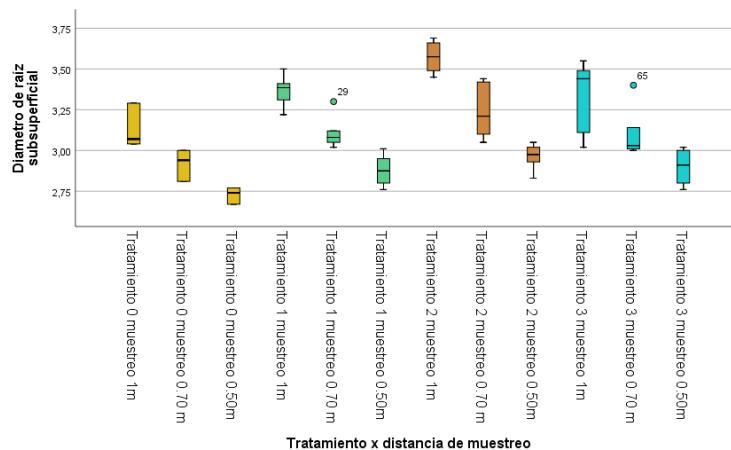
En cuanto a la longitud de la raíz subsuperficial se evidencio un comportamiento variante en relación a la profundidad del muestreo, por lo general a 1 m del muestreo se presentaron las longitudes mayores, seguido por los 0.70 m y finalmente a los 0.50 m hay una cantidad menor de la medida en la longitud, de todos los tratamientos el tratamiento 2 de fertirriego presento los mejores resultados con un valor de 94.56 cm seguido por

fertirrigación + edáfico que tuvo 85.80 cm y finalmente los tratamientos de testigo y edáfico (Figura 16).



**Figura 16:** Diagrama de caja y bigote longitud de la raíz comparada en distancias de muestreo.

En cuanto al diámetro de la raíz subsuperficial se evidencio un comportamiento variante en relación a la profundidad del muestreo, por lo general siempre a 1 m del muestreo se presentaron los diámetros más grandes, seguido por los 0.70 m y finalmente a los 0.50 m, en cuanto a la comparación entre tratamientos se evidencio mejor medida a 1 m en todos los tratamientos menos el testigo, siendo el tratamiento 2 el mejor con un valor de 3.68 mm, y una distribución de los datos descendente de 1m a 0.50 m (Figura 17.).



**Figura 17:** Diagrama de caja y bigote diámetro de la raíz comparada en distancias de muestreo.

## 4.2. ANOVA de las variables.

Se realizó el ANOVA para cada variable, donde la hipótesis alternativa fue aceptada, denotando así que los datos para cada variable medida tuvo diferencias significativas, aunque sea en uno de los tratamientos, debido a que la lectura del p-valor de la prueba fue menor al nivel de significancia alfa predefinido.

Con una confiabilidad en la estimación de un 95% se concluyó que al menos una de la media de las variables altura, fuster y emisión foliar de la planta en los diferentes tipos de fertilización, fue diferente. Es así como se demostró estadísticamente que los tipos de fertilizaciones influyeron en las medias de las variables medidas (Tabla 7).

**Tabla 7.** ANOVA de un factor características biométricas.

|                             |                  | ANOVA             |    |                  |        |      |
|-----------------------------|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
|                             |                  | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F      | Sig. |
| Altura de la planta         | Entre grupos     | ,604              | 3  | ,201             | 5,912  | ,005 |
|                             | Dentro de grupos | ,681              | 20 | ,034             |        |      |
|                             | Total            | 1,285             | 23 |                  |        |      |
| Fuster de la planta         | Entre grupos     | 457,667           | 3  | 152,556          | 11,314 | ,000 |
|                             | Dentro de grupos | 269,667           | 20 | 13,483           |        |      |
|                             | Total            | 727,333           | 23 |                  |        |      |
| Emisión foliar de la planta | Entre grupos     | 66,147            | 3  | 22,049           | 14,891 | ,000 |
|                             | Dentro de grupos | 29,613            | 20 | 1,481            |        |      |
|                             | Total            | 95,760            | 23 |                  |        |      |

Debido a que el p-valor fue menor al propuesto con la confiabilidad del 95% se indica entonces que existe diferencias significativas al menos en uno de los tratamientos, rechazándose así la hipótesis nula y aceptando la hipótesis propuesta es decir H1.

La prueba estadística de Tukey permite describir como se agrupan los datos entre sí, dando como resultados de los 3 tratamientos más el testigo diferencia significativas evidentes donde se diferencia 3 grupos de los 4 siendo el tratamiento 4 (fertirriego + edáfico) el que presenta la diferencia más evidente pero que se puede agrupar con el edáfico y a la par el testigo y fertirriego solo presentaron los valores menos significativos entre sí esto en cuanto a la variable de altura de la planta (Tabla 8).



**Tabla 8.** Prueba POST HOC para la variable altura de planta.

**Altura de la planta (m)**

HSD Tukey<sup>a</sup>

| Tratamiento de fertilización | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |        |        |
|------------------------------|---|------------------------------|--------|--------|
|                              |   | 1                            | 2      | 3      |
| Testigo                      | 6 | 1,6000                       |        |        |
| Fertirriego                  | 6 | 1,6633                       | 1,6633 |        |
| Edáfico                      | 6 |                              | 1,9017 | 1,9017 |
| Fertirriego + Edáfico        | 6 |                              |        | 1,9800 |
| Sig.                         |   | ,933                         | ,147   | ,882   |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

La prueba estadística de Tukey permitió describir como se agrupan los datos entre sí, dando como resultados de los 3 tratamientos más el testigo diferencia significativas evidentes donde se diferencia 3 grupos de los 4 siendo el tratamiento 4 (fertirriego + edáfico) el que presenta la diferencia más evidente pero que se puede agrupar con el edáfico, se relacionando los valores obtenidos en fertirriego y el edáfico y a la par el testigo y fertirriego solo presentaron los valores menos significativos entre sí esto en cuanto a la variable fuster de la planta (Tabla 9).

**Tabla 9.** Prueba POST HOC para la variable fuster de la planta.

**Fuster de la planta (cm)**

HSD Tukey<sup>a</sup>

| Tratamiento de fertilización | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |         |         |
|------------------------------|---|------------------------------|---------|---------|
|                              |   | 1                            | 2       | 3       |
| Testigo                      | 6 | 28,6667                      |         |         |
| Fertirriego                  | 6 | 32,0000                      | 32,0000 |         |
| Edáfico                      | 6 |                              | 36,5000 | 36,5000 |
| Fertirriego + Edáfico        | 6 |                              |         | 40,1667 |
| Sig.                         |   | ,416                         | ,180    | ,335    |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

La prueba estadística de Tukey permite describir como se agrupan los datos entre sí, dando como resultados de los 3 tratamientos más el testigo diferencia significativas evidentes donde se diferencia 3 grupos de los 4 siendo el tratamiento 4 (fertirriego + edáfico) el que presenta la diferencia más evidente pero que se puede agrupar con el edáfico, se relacionando los valores obtenidos en fertirriego y el edáfico y a la par el testigo y fertirriego solo presentaron los valores menos significativos entre sí esto en cuanto a la variable de altura de la planta (Tabla 10).

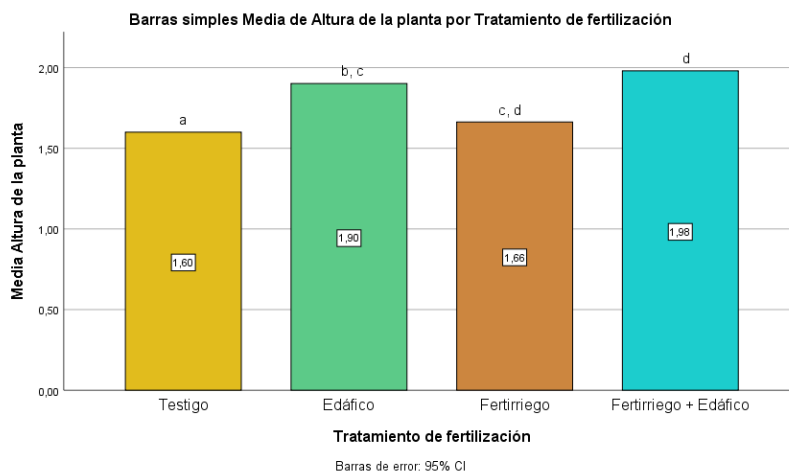
**Tabla 10.** Prueba POST HOC para la variable emisión foliar de la planta.

| <b>Emisión foliar de la planta</b> |   |                              |       |       |
|------------------------------------|---|------------------------------|-------|-------|
| HSD Tukey <sup>a</sup>             |   |                              |       |       |
| Tratamiento de fertilización       | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |       |       |
|                                    |   | 1                            | 2     | 3     |
| Testigo                            | 6 | ,3333                        |       |       |
| Edáfico                            | 6 | ,5000                        | ,5000 |       |
| Fertirriego                        | 6 |                              | ,6000 | ,6000 |
| Fertirriego + Edáfico              | 6 |                              |       | ,7000 |
| Sig.                               |   | ,080                         | ,434  | ,434  |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

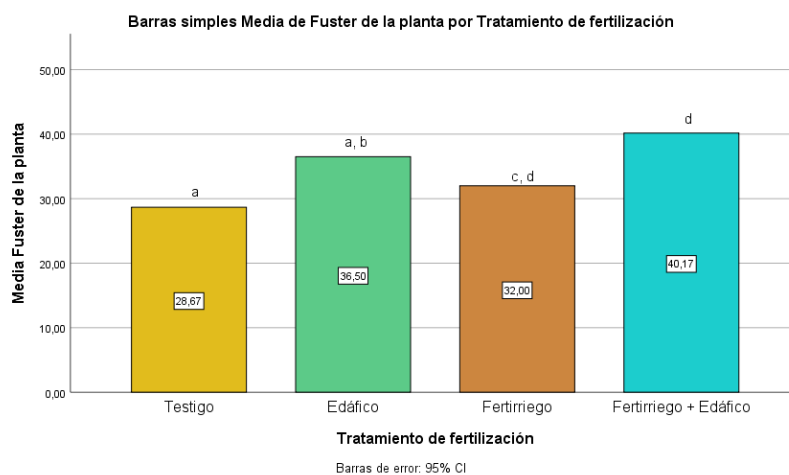
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

En este sentido una interpretación gráfica de los datos evidencia las aseveraciones realizadas en la prueba estadística debido a que un gráfico de barras indica mediante la comparación de las medias que la más alta fue para fertirriego + edáfico con 1.98 m, seguido por edáfico con 1.90 m, consecutivamente fertirriego con 1.66 m, y el testigo con 1.60 m así se puede aseverar que el mejor tratamiento en cuanto a esta variable fue la fertirrigación + edáfica y el edáfico (Figura 18). Así, Luna & Enríquez del Valle, (2010) menciona que los tratamientos bien dosificados permiten tener buenas características en el cultivo, teniendo esta la mejor respuesta sobre plantas en el cultivo de banano.



**Figura 18:** Diagrama de barras altura (m) de la planta por tratamiento.

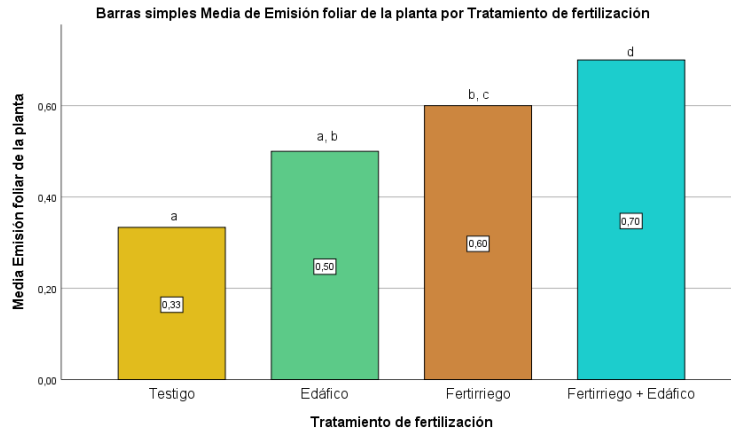
La interpretación gráfica de los datos evidencia la media más alta fue para fertirriego + edáfico con 40.17 cm, seguido por edáfico con 36.50 cm, consecutivamente fertirriego con 32 cm, y el testigo con 28.67 cm así se puede aseverar que el mejor tratamiento en cuanto a esta variable fue el edáfico y la fertiirrigación + edáfica (Figura 19). Espinosa, (2002) describe que el fuste del banano es mayor al implementar un sistema de inyección de fertilizantes subfoliares. Los beneficios que este sistema brinda son varios, ya que utiliza el agua y nutrientes en forma continua día tras día y creciente a medida que avanza el ciclo vegetativo (Camejo, 2010).



**Figura 19:** Diagrama de barras de diámetro del fuster (cm) de la planta por tratamiento.

En este sentido, los datos evidencian que la media más alta para la emisión foliar fue para fertirriego + edáfico con 0.7, seguido por fertirriego con 0.6, consecutivamente el edáfico con 0.5, y el testigo con 0.3, así se puede aseverar que el mejor tratamiento en cuanto a esta variable fue el edáfico y la fertiirrigación + edáfica. Sí bien el cultivo de banano

depende en gran medida de una gran proporción de nutrientes, en todo caso la emisión foliar del cultivo de banano permite tener una planta de mayor vigor. Quevedo & Pontón, (2019), describe como la emisión foliar tiene una importancia en el desarrollo como en el rendimiento del cultivo de banano (Figura 20).



**Figura 20:** Diagrama de barras emisión foliar por tratamiento.

Villaseñor & Luna, (2020) describe la importancia de la fertilización potásica y de nitrógeno sobre la emisión foliar y esta sobre el rendimiento del cultivo, con una confiabilidad en la estimación de un 95% se identificó que al menos una de la media de las variables longitud y diámetro de la raíz superficial en los diferentes tipos de fertilización, fue diferente. Es así como se demostró estadísticamente que los tipos de fertilizaciones influyeron en las medias de las variables medidas (Tabla 11).

**Tabla 11.** ANOVA de un factor raíces superficiales.

|                          |                  | ANOVA             |    |                  |        |      |
|--------------------------|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
|                          |                  | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F      | Sig. |
| Longitud de la raíz (cm) | Entre grupos     | 19,347            | 3  | 6,449            | 4,008  | ,014 |
|                          | Dentro de grupos | 61,138            | 38 | 1,609            |        |      |
|                          | Total            | 80,485            | 41 |                  |        |      |
| Diámetro de la raíz (mm) | Entre grupos     | ,649              | 3  | ,216             | 13,151 | ,000 |
|                          | Dentro de grupos | ,625              | 38 | ,016             |        |      |
|                          | Total            | 1,274             | 41 |                  |        |      |

Debido a que el p-valor fue menor al propuesto con la confiabilidad del 95% se indica entonces que existe diferencias significativas al menos en uno de los tratamientos, rechazándose así la hipótesis nula y aceptando la hipótesis propuesta es decir H1.

Realiza de prueba de Tukey se evidencia que existen dos grupos significativamente diferentes entre sí donde el fertirriego 7,4889 y el fertirriego + edáfico 9,29 son los que varían significativamente entre sí con mayor influencia (Tabla 12).

**Tabla 12.** Prueba POST HOC para la variable longitud de la raíz.

**Longitud de la raíz**

HSD Tukey<sup>a</sup>

| Tratamiento de fertilización | N  | Subconjunto para alfa = 0.05 |      |
|------------------------------|----|------------------------------|------|
|                              |    | 1                            |      |
| Testigo                      | 18 | 74,0389                      |      |
| Edáfico                      | 18 | 76,1611                      |      |
| Fertirriego + Edáfico        | 18 | 78,1778                      |      |
| Fertirriego                  | 18 | 81,5667                      |      |
| Sig.                         |    |                              | ,061 |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 18,000.

Realiza de prueba de Tukey se evidencia que existen dos grupos significativamente diferentes entre sí donde el testigo 1,6978 fue la más diferente en relación con los otros tratamientos evaluados así un diámetro de 1,69 fue diferente al fertirriego + edáfico 1,9593, edáfico 1,9633 y finalmente fertirriego solo que presento los mejores resultados 2,0556 (Tabla 13).

**Tabla 13.** Prueba POST HOC para la variable diámetro de la raíz.

**Diámetro de la raíz**

HSD Tukey<sup>a,b</sup>

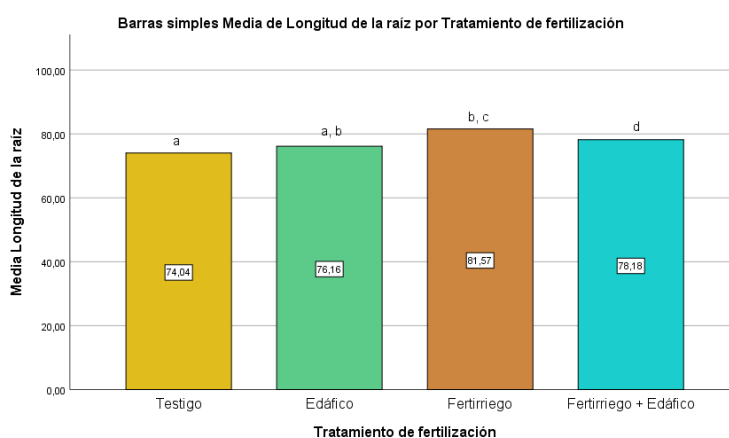
| Tratamiento de fertilización | N  | Subconjunto para alfa = 0.05 |        |
|------------------------------|----|------------------------------|--------|
|                              |    | 1                            | 2      |
| Testigo                      | 9  | 1,6978                       |        |
| Fertirriego + Edáfico        | 15 |                              | 1,9593 |
| Edáfico                      | 9  |                              | 1,9633 |
| Fertirriego                  | 9  |                              | 2,0556 |
| Sig.                         |    | 1,000                        | ,349   |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10,000.

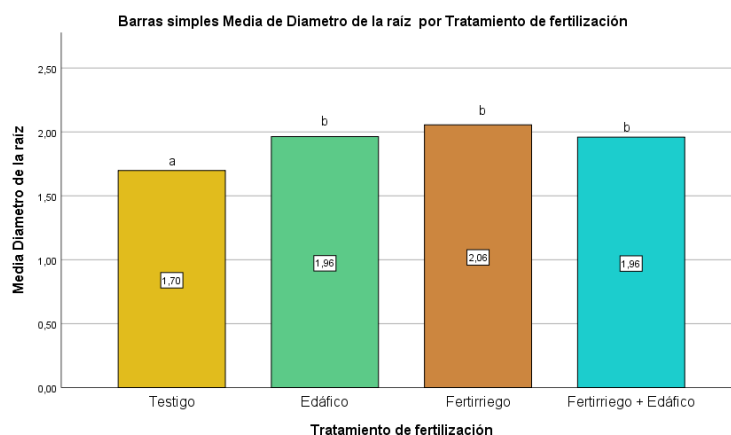
b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

La interpretación gráfica de los datos evidencia la media más alta fue para fertirriego con 81.57 cm, seguido por fertirriego + edáfico con 78.18 cm, consecutivamente edáfico con 76.16 cm, y el testigo con 74.04 cm así se puede aseverar que el mejor tratamiento en cuanto a esta variable fue el fertirriego y el fertirriego + edáfica (Figura 21).



**Figura 21:** Diagrama de barras longitud (cm) de la raíz superficial por tratamiento.

En este sentido una interpretación gráfica de los datos evidencia las aseveraciones realizadas en la prueba estadística debido a que un gráfico de barras indica mediante la comparación de las medias que la más alta fue para fertirriego con 2.06 mm, seguido por fertirriego + edáfico con 1.98 mm, edáfico con 1.90 mm, consecutivamente el testigo con 1.60 mm, así se puede aseverar que el mejor tratamiento en cuanto a esta variable fue el edáfico y la fertiirrigación + edáfica (Figura 22).



**Figura 22:** Diagrama de barras diámetro (mm) de la raíz superficial por tratamiento.

Calvo & Amaya, (2001) describe como la cantidad de raíz influye en la nutrición del cultivo a medida que existe un número de raíces vivas esta permite tener un rendimiento más alto sobre el cultivo de banano, así con una confiabilidad en la estimación de un 95% se concluyó que al menos una de la media de las variables longitud y diámetro de la raíz subsuperficial en los diferentes tipos de fertilización, fue diferente. Es así como se demostró estadísticamente que los tipos de fertilizaciones influyeron en las medias de las variables medidas (Tabla 14).

**Tabla 14.** ANOVA de un factor raíces subsuperficiales.

|                                 |                  | ANOVA             |    |                  |        |      |
|---------------------------------|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
|                                 |                  | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F      | Sig. |
| Longitud de raíz subsuperficial | Entre grupos     | 7225,230          | 11 | 656,839          | 41,721 | ,000 |
|                                 | Dentro de grupos | 944,610           | 60 | 15,743           |        |      |
|                                 | Total            | 8169,840          | 71 |                  |        |      |
| Diámetro de raíz subsuperficial | Entre grupos     | 3,932             | 11 | ,357             | 23,602 | ,000 |
|                                 | Dentro de grupos | ,909              | 60 | ,015             |        |      |
|                                 | Total            | 4,841             | 71 |                  |        |      |

Debido a que el p-valor fue menor al propuesto con la confiabilidad del 95% se indica entonces que existe diferencias significativas al menos en uno de los tratamientos, rechazándose así la hipótesis nula y aceptando la hipótesis propuesta es decir H1.

Realizada la prueba POST HOC de Tukey se evidencia 3 grupos donde se representan la diferencia estadística presentes entre los grupos (Tabla 15).

**Tabla 15.** Prueba POST HOC para la variable longitud de la raíz subsuperficial.

**Longitud de raíz subsuperficial**

HSD Tukey<sup>a</sup>

| Tratamiento x distancia de muestreo | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |         |         |         |         |
|-------------------------------------|---|------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                                     |   | 1                            | 2       | 3       | 4       | 5       |
| Tratamiento 0 muestreo 0.50m        | 6 | 55,1000                      |         |         |         |         |
| Tratamiento 1 muestreo 0.50m        | 6 |                              | 64,5500 |         |         |         |
| Tratamiento 3 muestreo 0.50m        | 6 |                              | 66,3000 |         |         |         |
| Tratamiento 0 muestreo 0.70 m       | 6 |                              | 67,1333 |         |         |         |
| Tratamiento 2 muestreo 0.50m        | 6 |                              | 68,3833 |         |         |         |
| Tratamiento 1 muestreo 0.70 m       | 6 |                              |         | 76,9167 |         |         |
| Tratamiento 0 muestreo 1m           | 6 |                              |         | 77,1000 |         |         |
| Tratamiento 3 muestreo 0.70 m       | 6 |                              |         | 78,3000 | 78,3000 |         |
| Tratamiento 2 muestreo 0.70 m       | 6 |                              |         | 80,6167 | 80,6167 |         |
| Tratamiento 1 muestreo 1m           | 6 |                              |         | 84,3167 | 84,3167 | 84,3167 |
| Tratamiento 3 muestreo 1m           | 6 |                              |         |         | 85,8000 | 85,8000 |
| Tratamiento 2 muestreo 1m           | 6 |                              |         |         |         | 91,2833 |
| <b>Sig.</b>                         |   | 1,000                        | ,873    | ,077    | ,069    | ,122    |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Realizada la prueba POST HOC de Tukey se evidencia 2 grupos donde se representan la diferencia estadística presentes entre los grupos (Tabla 16).

**Tabla 16.** Prueba POST HOC para la variable diámetro de la raíz subsuperficial.

**Diametro de raíz subsuperficial**

HSD Tukey<sup>a</sup>

| Tratamiento x distancia de muestreo | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |   |   |   |   |   |
|-------------------------------------|---|------------------------------|---|---|---|---|---|
|                                     |   | 1                            | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Tratamiento 0 muestreo 0.50m        | 6 | 2,7267                       |   |   |   |   |   |

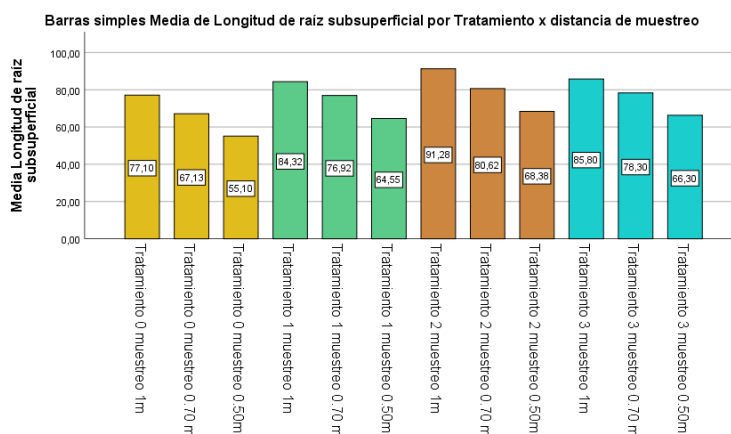


|                               |   |        |        |        |        |        |        |
|-------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tratamiento 1 muestreo 0.50m  | 6 | 2,8783 | 2,8783 |        |        |        |        |
| Tratamiento 3 muestreo 0.50m  | 6 | 2,9000 | 2,9000 | 2,9000 |        |        |        |
| Tratamiento 0 muestreo 0.70 m | 6 | 2,9167 | 2,9167 | 2,9167 |        |        |        |
| Tratamiento 2 muestreo 0.50m  | 6 | 2,9633 | 2,9633 | 2,9633 |        |        |        |
| Tratamiento 3 muestreo 0.70 m | 6 |        | 3,1017 | 3,1017 | 3,1017 |        |        |
| Tratamiento 1 muestreo 0.70 m | 6 |        | 3,1083 | 3,1083 | 3,1083 |        |        |
| Tratamiento 0 muestreo 1m     | 6 |        |        | 3,1333 | 3,1333 | 3,1333 |        |
| Tratamiento 2 muestreo 0.70 m | 6 |        |        |        | 3,2383 | 3,2383 |        |
| Tratamiento 3 muestreo 1m     | 6 |        |        |        | 3,3417 | 3,3417 | 3,3417 |
| Tratamiento 1 muestreo 1m     | 6 |        |        |        |        | 3,3683 | 3,3683 |
| Tratamiento 2 muestreo 1m     | 6 |        |        |        |        |        | 3,5733 |
| Sig.                          |   | ,060   | ,076   | ,068   | ,053   | ,064   | ,072   |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

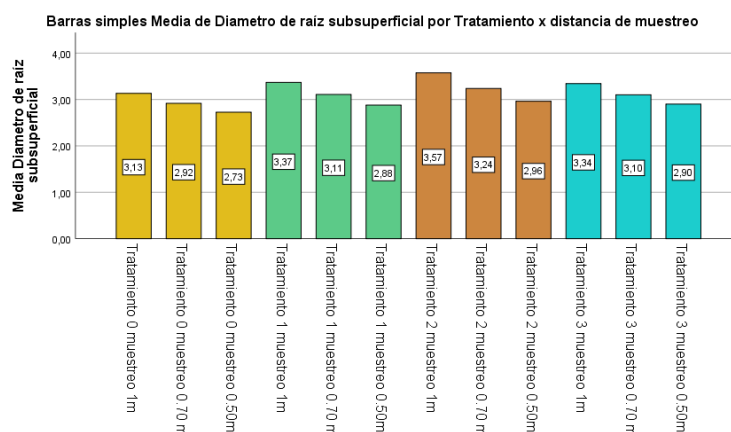
La interpretación gráfica de los datos evidencia que la media más alta se obtuvo en la muestra de la raíz a 1 m de profundidad seguido de 0.70 m y finalmente 0.50, sin considerar los valores obtenidos en cuanto a los tratamientos. El tratamiento 2 de fertirriego presento mayor longitud de raíz en todos los horizontes 91.28 cm, 80.62 cm y 68.38 cm seguido por el tratamiento 3 de fertirrigación + edáfico que tuvo 85.80 cm, 78.30 cm y 66.30 cm y finalmente los tratamientos testigo y edáfico, en el último tratamiento edáfico a 1 m se obtuvo un valor alto con 77.10 cm (Figura 23).



**Figura 23:** Diagrama de barras longitud (cm) de la raíz subsuperficial por tratamiento.

La interpretación gráfica de los datos evidencia la media más alta se obtuvieron a la muestra las raíces a 1 m de profundidad seguido de 0.70 m y finalmente 0.50, comparando los tratamientos se evidencia un comportamiento similar a la longitud de las raíces debido a que los tratamientos de fertirriego con un valor de 3.57 mm y fertirriego + edáfico con 3.34 mm son los que presentan el mejor resultado, en comparación al testigo y edáfico (Figura 24).

En este sentido, (Martínez, 2009) menciona que a medida que el número de raíces aumenta se ve una influencia directa sobre la producción del cultivo, en gran medida se debe a que la absorción de nutrientes y minerales de la solución del suelo es más rápida por fertirrigación.



**Figura 24:** Diagrama de barras diámetro (mm) de la raíz subsuperficial por tratamiento

Para comprender las variaciones entre peso y el número de raíces secundarias, con el fin de no dañar en gran medida el sistema radicular, en las raíces subsuperficiales se tomaron tres muestras de peso descritas en gramos donde la mayor medida se encontró en fertirriego con 70,07 g en el promedio de peso a 1 m, en el promedio de peso a 0,7 m dio 65,63 g y en el 0.5m un promedio de 35,60 g , seguido por edáfico + fertirriego, edáfico y finalmente el testigo con la menor medida de los promedios al igual que el número de raíces secundarias, donde de la misma manera el tratamiento con fertirriego obtuvo el valor más alto de 42. Para las raíces superficiales se tomó tres muestras de peso en gramos, donde la medida más alta se encontró en el tratamiento de fertirriego con un promedio de 57,70 g y el mayor número de raíces secundarias con un valor de 30 (Tabla 17).

**Tabla 17.** Estadístico descriptivo de la variable peso y número de raíces secundarias.

| Tratamiento de fertilización | Profundidad (cm) | Peso (g) |      |      | Número de raíces secundarias | Total, peso (g) | Promedio peso de raíz |
|------------------------------|------------------|----------|------|------|------------------------------|-----------------|-----------------------|
|                              |                  | 1        | 2    | 3    |                              |                 |                       |
| Edáfico                      | 1 m              | 57       | 52,3 | 48   | 37                           | 157,3           | 52,43                 |
|                              | 0,7 m            | 30       | 45,6 | 41,5 | 24                           | 117,1           | 39,03                 |
|                              | 0,5 m            | 30,2     | 38,7 | 37,6 | 22                           | 106,5           | 35,50                 |
|                              | 0 m              | 45,6     | 49,1 | 43   | 20                           | 157,7           | 39,43                 |
| Fertirriego                  | 1 m              | 63       | 72   | 75,2 | 42                           | 210,2           | 70,07                 |
|                              | 0,7 m            | 58,3     | 68,6 | 70   | 35                           | 196,9           | 65,63                 |
|                              | 0,5 m            | 35,1     | 38,2 | 33,5 | 30                           | 106,8           | 35,60                 |
|                              | 0 m              | 50,1     | 56,2 | 48,8 | 30                           | 179,1           | 51,70                 |
| Edáfico + Fertirriego        | 1 m              | 60,2     | 67   | 58,6 | 38                           | 185,8           | 61,93                 |
|                              | 0,7 m            | 50,6     | 46,5 | 45,8 | 26                           | 142,9           | 47,63                 |
|                              | 0,5 m            | 32,3     | 31,1 | 30,3 | 30                           | 93,7            | 31,23                 |
|                              | 0 m              | 46,5     | 52,1 | 45,7 | 26                           | 170,3           | 42,58                 |
| Testigo                      | 1 m              | 31       | 48   | 38   | 23                           | 117             | 39,00                 |
|                              | 0,7 m            | 33       | 43,2 | 27,5 | 18                           | 103,7           | 34,57                 |
|                              | 0,5 m            | 35,5     | 37,6 | 36,4 | 29                           | 109,5           | 36,50                 |
|                              | 0 m              | 41,2     | 35,4 | 38,7 | 20                           | 135,3           | 33,83                 |

Finalmente, con el fin de constatar la influencia entre las variables se realizó una tabla con ayuda del software SPSS para determinar mediante el coeficiente de correlación de Pearson una matriz de proximidades donde se evidencia las siguientes relaciones (Tabla 18), las cuales para una mejor comprensión fueron catalogadas por colores de acuerdo con el índice de correlación, azul excelente, verde bueno, naranja media, amarillo bajo y rojo no existe correlación.

**Tabla 18.** Correlación de Pearson para las variables de estudio.

**Matriz de proximidades**  
Correlación de Pearson entre vectores de valores

|                         | Longitud Subsuperficial | Diámetro Subsuperficial | Longitud Superficial | Diámetro Superficial | Altura | Fuster | Emisión |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|--------|--------|---------|
| Longitud Subsuperficial | 1,000                   | -,542                   | -,720                | ,830                 | -,720  | ,489   | ,256    |
| Diámetro Subsuperficial | -,542                   | 1,000                   | ,816                 | -,602                | ,658   | -,982  | -,891   |
| Longitud Superficial    | -,720                   | ,816                    | 1,000                | -,939                | ,972   | -,700  | -,465   |
| Diámetro Superficial    | ,830                    | -,602                   | -,939                | 1,000                | -,980  | ,466   | ,182    |
| Altura                  | -,720                   | ,658                    | ,972                 | -,980                | 1,000  | -,514  | -,244   |
| Fuster                  | ,489                    | -,982                   | -,700                | ,466                 | -,514  | 1,000  | ,955    |
| Emisión                 | ,256                    | -,891                   | -,465                | ,182                 | -,244  | ,955   | 1,000   |

Esto es una matriz de similitud.

En sentido, se evidencia que la longitud superficial se relaciona al diámetro superficial, el diámetro superficial a su vez con la longitud superficial y la altura de la planta, la longitud de la raíz superficial con el diámetro de la raíz superficial y la altura de la planta, el diámetro de la raíz superficial con la longitud superficial y en menor medida con el fuster, en la emisión foliar una baja correlación, la altura de la planta una buena correlación con el diámetro de la raíz superficial y longitud de la raíz superficial, el fuster tubo una correlación media con la longitud y el diámetro de la raíz superficial y buena correlación con la emisión foliar, la emisión foliar tubo una baja correlación con la longitud superficial y el diámetro de la raíz superficial.

## 5. CONCLUSIONES

- El tratamiento de Fertirriego presento un mayor número de raíces secundarias subsuperficiales con un valor de 42, y superficiales con un valor de 30, también dio el mayor promedio de peso de las raíces subsuperficiales con un valor de 70,07 g y superficiales con 57,70 g.
- Se determinó que el tratamiento de fertirriego permitió tener un mayor desarrollo de raíces superficiales en relación a la longitud con una media de 81.57 cm y una media de diámetro de 2.06 mm.
- En el tratamiento de fertirriego se obtuvo un mayor desarrollo de raíces subsuperficiales, con una longitud media de 91.28 cm y un diámetro con una media de 3.57 mm.
- El tratamiento fertiirrigación + edáfico presento una mayor incidencia en el desarrollo vegetativo de la planta, teniendo una altura media de 1.98 m, un diámetro de fuster de 40.17 cm y una emisión foliar de 0.7.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Al momento de realizar las calicatas asegurarse de no hacerlas cerca de los canales de drenaje dentro de la plantación, para así evitar el volcamiento de la planta.
- Que se efectuó un estudio geoestadístico de la distribución espacial del sistema radicular, con el mismo sistema de fertirriego.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. (2015). EV ALUACIÓN DE FUNGICIDAS ORGÁNICOS y MINERALES EN PLANTAS DE BANANO (*Musa acuminata* AAA) PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). *PROGRAMA DE MAESTRÍA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN AGRICULTURA TROPICAL SOSTENIBLE*, 1(1), 25.
- Blomme, G. (2006). Sistema radical y crecimiento de brotes de banano (*Musa* spp.) en dos zonas agroecológicas de Nigeria. *InfoMusa - Vol. 15 No. 1-2*, 15(2), 6.
- Bravo, E. (2021). *FERTILIZACIÓN EDAFICA EN DRENCH CON ORMUS MARINO EN EL CULTIVO DE BANANO (Musa acuminata AAA)*. 1(1), 29.
- Calvo, C., & Amaya, M. (2001). Cantidad de raíces de banano en los diez cantones productores de Costa Rica. *Revista CORBANA*, 27(1), 47–64.
- Camejo, L. (2010). Tecnología de riego y fertirrigación en ambientes controlados. *Revista Ciencias Técnica Agropecuarias*, 19(1), 95– 97.
- Cañadas, L. (1983). El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. *Mag-Pronareg*, 0(0).
- Capa, B., & Alaña, T. (2016). IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE BANANO ORGÁNICO. CASO: PROVINCIA EL ORO, ECUADOR. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3), 4–8.
- Casanova, E. (2006). EFECTO DE FUENTES ALTERNATIVAS DE FERTILIZANTES CON EL MÉTODO DE LA FERTIRRIGACIÓN SOBRE LA NUTRICIÓN MINERAL Y RENDIMIENTOS DE BANANOS EN UNA FINCA DEL ESTADO ARAGUA, VENEZUELA. *Agronomía Tropical*, 56(3), 2–3.
- Castillo, C. (2005). SELECCIÓN Y CALIBRACIÓN DE INDICADORES LOCALES Y TÉCNICO PARA EVALUAR LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS LADERAS, EN LA MICROCUENCA CUSCAMÁ EL TUMA - LA DALIA MATAGALPA. *UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA*, 1(1), 15.
- Castillo, M., & Sánchez, J. (2013). Principios para la nutrición del cultivo de banano. *Asociación de Bananeros de Colombia*, 2(1), 15.
- Céspedes, A. (2017). FICHA TÉCNICA CULTIVO DE BANANO. *PRÁCTICAS*

*EFFECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE IMPACTOS POR EVENTOS CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE BANANO, 0(0), 56.*

- Espinosa, J. (2002). Estado de la nutrición y fertilización del banano (*Mussa spp.*). *Revista Informaciones Agronómicas*, 48(0), 4–9.
- Espinosa, José. (2008). Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. *International Plant Nutrition Institute*, 1(1), 1–14.
- Galan, V., & Rangel, A. (2017). Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 0(0), 1–22.
- García, F. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. *FACULTAD DE AGRONOMÍA UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA*, 0(0), 68.
- García, L. (2017). METODOLOGÍAS DE CAMPO PARA DETERMINAR PROFUNDIDAD, DENSIDAD APARENTE, MATERIA ORGANICA, INFILTRACIÓN DEL AGUA, TEXTURA Y pH EN EL SUELO. *Grupo SEVEN Nicaragua*, 1(1), 9–10.
- González, J. (2012). Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 3(1), 1–5.
- Huertas Villaruel, E. D. (2016). *EFFECTO DE FUENTES DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE BANANO (Musa acuminata AAA) CON Y SIN REMOCIÓN DEL SUELO. QUININDÉ, ESMERALDAS. 1(1), 57–67.*
- Ibáñez, S. (2006). INCEPTISOLES. *Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y Del Medio Natural*, 1(1), 8.
- INIA. (2006). Los recursos naturales y el INIA. *Semana de La Ciencia y Tecnología*, 1(2), 4–5.
- López, I. (2019). Inceptisoles. *Escuela de Ingeniería En Gestión Ambiental*, 1(1), 11.
- Luna Ramírez, M., & Enríquez del Valle, J. (2010). Efecto del sustrato y fertirriego en el crecimiento inicial de vitro-plantas de *Musa sp.* *Roatán. Naturaleza y Desarrollo*, 8(2), 39–48.
- Martínez, L. (2009). *MANUAL DE FERTIRRIGACIÓN. Agronomía Mesoamericana*, 3(1), 5–6.



- Mazuela, P. (2013). Manual de Fertirriego. *Ediciones Universidad de Tarapacá*, 1(1), 62.
- Navarro, A., & Figueroa, B. (2000). EFECTO DE LA LABRANZA SOBRE LA ESTRUCTURA DEL SUELO, LA GERMINACION Y EL DESARROLLO DEL MAIZ Y FRIJOL. *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal*, 18(1), 61–69.
- Novillo, D., & Carrillo, D. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *TEMAS AGRARIOS*, 23(2), 1–11.
- Ortiz, R., & Lopez, A. (2010). El cultivo del banano. *Fundación Social de Unibán, Colombia*, 1(1), 186.
- Osuna, E. (2006). Efecto de la estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz con dos sistemas de labranza. *Agrociencia*, 14(1), 2–3.
- Peñafiel, J. (2020). Importancia de la fertilización edáfica a base de potasio sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de banano (*Musa × paradisiaca*). *Universidad Técnica de Babahoyo*, 2(1), 29.
- Quevedo, J., & Pontón, A. (2019). 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*, 7(1), 190–197.
- Rodríguez, M. (2014). Comportamiento de la zona radical activa del banano en un Ferrasol bajo riego por goteo superficial y subsuperficial. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias Versión On-Line ISSN 2071-0054*, 23(1), 10.
- Saavedra, J. (2017). EFECTOS DE LAS MALAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS SOBRE EL RETORNO EN PLANTAS DE BANANO (MUSA X PARADISIACA L.) SUBGRUPO CAVENDISH. *UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS*, 0(0), 39.
- Salamanca, A. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona Cafetera Colombiana. *Centro Nacional de Investigaciones de Café*, 56(4), 1–17.
- Sanchez, P. (2005). SELECCIÓN Y CALIBRACIÓN DE INDICADORES LOCALES

Y TÉCNICO PARA EVALUAR LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS LADERAS. *Suelos Del Trópico, Características y Manejo*, 2(1), 103.

Sancho, J. (2012). Análisis Multivariante. *Programa de Formación Continua*, 1(1), 22.

Tejeda, H. (2003). IMPORTANCIA DEL CULTIVO DEL BANANO EN EL ESTADO DE CHIAPAS. *BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA, MÉXICO*, 1(1), 110.

Tusell, F. (2016). Análisis Multivariante. *Estadística: Análisis Multivariante*, 1(1), 15–17.

Ulloa, M. (2016). Fertirriego en Ecuador, presente y futuro. *Congreso Ecuatoriano de La Ciencias Del Suelo*, 1(1), 12.

Villalobos, F. (2017). Fertirrigación. *Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture*, 3(1), 407–424.

Villaseñor, D, & Chabla, J. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Revista Científica Cumbres*, 1(2), 28–34.

Villaseñor, D, & Luna Romero, E. (2020). Respuesta óptima económica de la fertilización potásica sobre variables productivas del banano (*Musa spp.*). *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 36(3), 161–170.

Villaseñor, Diego. (2016). Fundamentos y procedimientos para análisis físicos y morfológicos del suelo. *Universidad Tecnica de Machala*, 1(0), 23–27.

## 8. ANEXOS



**Anexo 1.** Realización de calicatas



**Anexo 2.** Colocación de cinta alrededor de la calicata



**Anexo 3.** Marco de plástico cuadrulado colocado en la calicata



**Anexo 4.** Toma de longitud de las raíces con la ayuda de la cuadrícula



**Anexo 5.** Toma de diámetro de raíces



**Anexo 6.** Raíces subsuperficiales





**Anexo 7.** Raíces superficiales