



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EFFECTO DEL FERTIRRIEGO Y FERTILIZACIÓN EDAFICA EN LA
PRODUCCIÓN DE BANANO, CANTÓN PASAJE-PROVINCIA EL ORO

CASTRO GUEVARA VICTOR BISMARCK
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EFFECTO DEL FERTIRRIEGO Y FERTILIZACIÓN EDAFICA EN LA
PRODUCCIÓN DE BANANO, CANTÓN PASAJE-PROVINCIA EL
ORO

CASTRO GUEVARA VICTOR BISMARCK
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

EFEECTO DEL FERTIRRIEGO Y FERTILIZACIÓN EDAFICA EN LA PRODUCCIÓN
DE BANANO, CANTÓN PASAJE-PROVINCIA EL ORO

CASTRO GUEVARA VICTOR BISMARCK
INGENIERO AGRÓNOMO

CHABLA CARRILLO JULIO ENRIQUE

MACHALA, 27 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA
2021

EFFECTO DEL FERTIRRIEGO Y FERTILIZACIÓN EDÁFICA EN LA PRODUCCIÓN DE BANANO CANTÓN PASAJE PROVINCIA EL ORO

INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

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

El que suscribe, CASTRO GUEVARA VICTOR BISMARK, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EFECTO DEL FERTIRRIEGO Y FERTILIZACIÓN EDAFICA EN LA PRODUCCIÓN DE BANANO, CANTÓN PASAJE-PROVINCIA EL ORO, 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, 27 de septiembre de 2021


CASTRO GUEVARA VICTOR BISMARK
0705443232

DEDICATORIA

A Dios por suministrarme el conocimiento y capacidad necesaria para siempre luchar y alcanzar mis metas anheladas.

Con mucho aprecio a mis Padres Victor Bismark Castro Pastor y Marjorie del Consuelo Guevara Marin quienes con constancia y esfuerzo día a día supieron otorgarme su apoyo incondicional, así como también moral y espiritual.

A mis hermanos, quienes son mi motivación de superación y agradecerles por su constante apoyo y amor fraterno.

AGRADECIMIENTOS

Al término de la presente etapa como estudiante quiero agradecer a la Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias por la cálida acogida durante mi estancia en sus instalaciones.

Al Ing. Julio Enrique Chabla Carrillo, Phd por ser guía y apoyo fundamental durante el transcurso de la investigación.

Al Ing. Victor Chabla Carrillo por permitir el acceso y uso de su predio agrícola Finca Marquez para el presente trabajo de investigación.

A la empresa Yara y su representante al Ing. Gustavo Pazmiño por brindarnos equipos y materiales para realizar el trabajo de investigación.

A mis amigos y colegas Heiner Aguilar, Carlos Armijos, María José Mendoza, Jordy Socola y Adrián Olaya que me han acompañado durante este proceso de formación, dándome su apoyo y ánimos para nunca desistir.

RESUMEN

La nutrición de los cultivos es pilar fundamental en la producción agrícola, en ocasiones se efectúan fertilizaciones sin considerar las condiciones químicas del suelo y los requerimientos de la planta lo que conlleva a una disminución del rendimiento y aumentar los costos de producción. La fertilización edáfica, una de las prácticas más utilizadas en la producción, 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 permitiría lograr alto rendimiento y calidad en las cosechas. Actualmente con el fin de optimizar la nutrición del banano así como aumentar el uso eficiente del riego se proyectó utilizar un sistema de fertirriego que además de optimizar el uso de los fertilizantes y el agua, especialmente en aquellas zonas donde el recurso hídrico comienza a limitarse, es una técnica susceptible de aplicarse en una amplia gama de situaciones ,tanto por las propias características fisiológicas de los cultivos , como las características físicas químicas del suelo y del agua .El presente trabajo de investigación se realizó en una finca bananera planteándose el siguiente objetivo, evaluar el efecto de 3 tipos de fertilización: Fertirriego, fertilización edáfica y la fertilización edáfica-fertirriego a través de sus variables biométricas y su impacto en la producción bananera, el diseño experimental que se utilizó fue bloques completos al azar. Los Bloques fueron constituidos por áreas compactas en la finca y dentro de cada bloque estaban los diversos tratamientos de las unidades experimentales. Se implementó 3 tratamientos de sistemas de aplicación de fertilizante: T1=Fertirriego, T2= Edáfico, T3= Fertirriego + Edáfico y T4=Testigo en un área 0,9 ha. Las variables evaluadas fueron: Emisión foliar (V1-EF), Altura del hijo a la cosecha (V2-AH), Diámetro de fuste (V3-FUST), Peso de racimo (V4-PRM), Peso de raquis (V5-PRQ),Número de manos por racimo (V6-NM), Número de dedos de mano de sol (V7-NDMS),Número de dedos de última mano (V8-NDUM), El análisis estadístico se realizó empleando el software IBM SPSS Estatistics 21, se realizó un análisis exploratorio de los datos , mediante gráfico de cajas y bigotes, posterior un ANOVA Factorial Inter grupos denotando así, que los datos para cada variable medida tuvo diferencias significativas, demás que los tipos de fertilizaciones influyeron en las medias de las variables medidas, se realizó una prueba post-hoc tukey para determinar el mejor tratamiento y establecer si las diferencias entre ellos son o no significativas, de acuerdo a los resultados obtenidos. La investigación determinó que el tratamiento T1-fertirriego y una fertilización combinada T3-fertirriego+edafico, la emisión foliar obtuvo una similar distribución de sus medias de 0.8 hojas por semana, estableciendo diferencias con los demás tratamientos. La altura del hijo tuvo una diferencia significativa entre los tratamientos del fertirriego y una fertilización combinada de fertirriego+edafico, es decir no tuvieron una similar distribución de sus medias, las cuales

fueron de 2.191 metros y 1.968 metros respectivamente, determinando que el fertirriego causó un mayor efecto en la variable. En la media de fuste por cada tratamiento existen diferencias significativas entre la implementación del fertirriego y fertirriego+edáfico, es decir no tuvieron una similar distribución de sus medias, pues se obtuvo un diámetro de fuste del banano de 36,047 y 32,798 centímetros. La variable peso del racimo presentó diferencias significativas entre la implementación del fertirriego y la fertilización combinada de fertirriego-fertilización edáfica; es decir, no tuvieron una similar distribución de sus medias, obteniendo medias de peso de racimo de banano de 73,421 y 68,752 libras respectivamente. Finalmente se puede señalar que el fertirriego fue el tratamiento que dio los mejores resultados en todas las variables biométricas consideradas y por lo tanto la mayor producción.

Palabras Claves: Fertirriego, Sistema de inyección, fertilización edifica, fuste

SUMMARY

Crop nutrition is a fundamental pillar in agricultural production. Sometimes fertilization is carried out without considering the chemical conditions of the soil and the plant's requirements, which leads to a decrease in yield and increases production costs. Edaphic fertilization, one of the most widely used practices in production, combines two important factors during the growth and development phase of crops: efficient nutrition and the management of water sheets in the various stages of crop development. Currently, to optimize banana nutrition and increase the efficient use of irrigation, a fertigation system was designed to optimize the use of fertilizers and water, especially in areas where water resources are beginning to be limited. This technique can be applied in a wide range of situations, both for the physiological characteristics of the crops themselves, as well as the physical and chemical characteristics of the soil and water. The present research work was carried out in a banana farm with the following objective: to evaluate the effect of 3 types of fertilization: Fertigation, edaphic fertilization and edaphic-fertigation fertilization through their biometric variables and their impact on banana production, the experimental design used was randomized complete blocks. The blocks were constituted by compact areas in the farm and within each block were the different treatments of the experimental units. Three treatments of fertilizer application systems were implemented: T1= Fertigation, T2= Edaphic, T3= Fertigation + Edaphic and T4=Testing in an area of 0.9 ha. The variables evaluated were: Leaf emission (V1-EF), Son height at harvest (V2-AH), Stem diameter (V3-FUST), Cluster weight (V4-PRM), Rachis weight (V5-PRQ), Number of hands per cluster (V6-NM), Number of sun hand fingers (V7-NDMS), Number of fingers of last hand (V8-NDUM), Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics 21 software, an exploratory analysis of the data was performed, An exploratory analysis of the data was carried out using box and whisker plots, followed by an intergroup Factorial ANOVA, showing that the data for each variable measured had significant differences, and that the types of fertilization influenced the means of the variables measured. A post-hoc Tukey test was carried out to determine the best treatment and to establish whether the differences between them are significant or not, according to the results obtained. The research determined that the treatment T1-fertigation and a combined fertilization T3-fertigation+edaphic, the leaf emission obtained a similar distribution of their means of 0.8 leaves per week, establishing differences with the other treatments. The height of the son had a significant difference between the treatments of fertigation and a combined fertilization of fertigation + edaphic, that is, they did not have a similar distribution of their means, which were 2.191 meters and 1.968 meters respectively, determining that fertigation caused a greater effect on the variable. In the stem mean for each treatment, there are significant differences between the implementation of fertigation and

fertigation + edaphic, they did not have a similar distribution of their means, since a stem diameter of 36.047 and 32.798 centimeters was obtained. The bunch weight variable presented significant differences between the implementation of fertigation and the combined fertilization of fertigation-fertilization-edaphic fertilization; that is, they did not have a similar distribution of their means, obtaining banana bunch weight means of 73.421 and 68.752 pounds, respectively. Finally, it can be pointed out that fertigation was the treatment that gave the best results in all the biometric variables considered and therefore the highest production.

Keywords: Fertigation, Injection system, fertilization, edification, shaft.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	14
1.1	Objetivo General.....	15
1.2	Objetivo Especifico	15
2	MARCO TEÓRICO.....	16
2.1	Cultivo de Banano en Ecuador	16
2.2	Fases fenológicas.....	16
2.3	Características fisicoquímicas del suelo	17
2.3.1	Características Físicas.....	18
2.3.2	Características Químicas	20
2.4	Fertirriego	22
2.4.1	Beneficios del Fertirriego	22
2.4.2	Fertirriego en Banano	23
2.4.3	Solubilidad y compatibilidad de fertilizantes	24
2.5	Riego Subfoliar.....	26
2.6	Nutrición: función y efecto de los principales nutrimentos del cultivo.....	26
2.6.1	Nitrógeno	26
2.6.2	Fósforo.....	27
2.6.3	Potasio	27
2.6.4	Calcio.....	27
2.6.5	Azufre	28
2.6.6	Boro	28
2.7	Absorción de nutrientes	28
2.7.1	Sistema de inyección	29
3	MATERIALES Y METODOS	30
3.1	Localización y caracterización del área de estudio	30

3.1.1	Ubicación geográfica de la zona de estudio	30
3.1.2	Características climáticas de la zona	30
3.1.3	Características del suelo	31
3.2	Instalación del Sistema de Inyección de Fertilizantes	31
3.3	Diseño experimental	32
3.3.1	Tratamientos	33
3.4	Croquis del experimento.....	35
3.4.1	Especificidades del diseño.....	36
3.5	Manejo del experimento	36
3.5.1	Materiales y herramientas.....	36
3.5.2	Equipos	36
3.6	Variables por medir	36
3.7	Procedimiento estadístico	41
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1	Análisis exploratorio de las diversas variables biométrica del cultivo de banano. 42	
4.2	Estadística descriptiva	47
4.3	ANOVA factorial intergrupos	48
4.4	Prueba post-hoc de Tukey	49
5	CONCLUSIONES	55
6	RECOMENDACIONES.....	56
7	BIBLIOGRAFIA	57
8	ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Densidad real de cada tipo de suelo	19
Tabla 2. Densidad aparente para cada tipo de horizonte	20
Tabla 3. Conductividad Eléctrica de algunos fertilizantes comerciales en una disolución con 0.5 g/l de agua pura	21
Tabla 4. Elementos esenciales para las plantas.	24
Tabla 5. Solubilidad de fertilizantes a 20°C	26
Tabla 6. Absorción de macronutrientes (kg t^{-1}) y micronutrientes (g t^{-1}) por el cultivo de banano por cada tonelada de fruta producida, reportado por diferentes autores	28
Tabla 7 . Características climatológicas de la zona de estudio	31
Tabla 8. Descripción del perfil en la zona de estudio.	31
Tabla 9. Tratamientos aplicados en el estudio.	33
Tabla 10. Factor de estudio en kg ha^{-1} para el tratamiento fertirriego	34
Tabla 11. Factor de estudio en kg ha^{-1} para el tratamiento edáfico.....	34
Tabla 12. Factor de estudio en kg ha^{-1} para el tratamiento fertirriego + edáfico	35
Tabla 13. Prueba de normalidad de datos en función de las variables de estudio.....	46
Tabla 14. Estadísticos descriptivos en función de las variables de estudio	48
Tabla 15. Efecto del factor de estudio sobre las variables medidas	49
Tabla 16. Prueba post-hoc de Tukey en función de las variables de estudio	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama triangular de las clases texturales.....	19
Figura 2. Compatibilidad de fertilizantes solubles aplicados en fertirriego.....	25
Figura 3. Esquema de un sistema de fertirriego.....	29
Figura 4. Ubicación de la zona de estudio. Software SASplanet.....	30
Figura 5. Croquis del experimento. Software SASplanet.....	35
Figura 6. Grados de emisión foliar.....	37
Figura 7. Altura del hijo a la cosecha.....	37
Figura 8. Medición del diámetro del fuste.....	38
Figura 9. Peso de los racimos cosechados.....	38
Figura 10. Raquis del banano.....	39
Figura 11. Número de manos por racimos.....	39
Figura 12. Número de dedos de mano de sol.....	40
Figura 13. Última mano de banano.....	40
Figura 14. Diagrama de caja y bigote de emisión foliar hijo.....	42
Figura 15. Diagrama de caja y bigotes de altura del hijo.....	42
Figura 16. Diagrama de caja y bigotes del fuste.....	43
Figura 17. Diagrama de caja y bigotes del peso del racimo.....	43
Figura 18. Diagrama de caja y bigotes del peso del raquis.....	44
Figura 19. Diagrama de caja y bigotes del número de manos.....	44
Figura 20. Diagrama de caja y bigotes del número de dedos manos del sol.....	45
Figura 21. Diagrama de caja y bigotes del número de dedos de la última mano.....	45
Figura 22. Media de emisión foliar por cada tipo de tratamiento.....	50
Figura 23. Media de la altura de hijo por cada tipo de tratamiento.....	51
Figura 24. Media de fuste por cada tipo de tratamiento.....	51
Figura 25. Media del peso de racimo por cada tipo de tratamiento.....	52
Figura 26. Media del peso de raquis por cada tipo de tratamiento.....	53
Figura 27. Media del número de manos por cada tipo de tratamiento.....	53
Figura 28. Media del número de dedos de la mano del sol por cada tipo de tratamiento.....	54
Figura 29. Media del número de dedos de la última mano por cada tipo de tratamiento.....	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Toma de Ph y CE en Solución nutritiva	63
Anexo 2. Aplicación de Fertilizantes	63
Anexo 3. Control de Sistema de inyección	64
Anexo 4. Aplicación edáfica	64
Anexo 5. Toma de datos del racimo	65
Anexo 6. Prueba de homogeneidad de datos en las diversas variables de estudio	65
Anexo 7. Prueba de aditividad entre los tratamientos y bloques para cada variable de estudio	66
Anexo 8. Esquema del Sistema de Inyección de Fertilizantes.....	66

1 INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa x paradisiaca*) es el cultivo de mayor importancia económico y social de la provincia de El oro y forma parte de la alimentación humana, además de generar ingreso de divisas al país. La superficie sembrada en Ecuador es de 190.381 hectáreas, equivaliendo a un 24.06% de la superficie sembrada en la provincia de El Oro (INEC, 2019).

Esta producción es considerada según el potencial del rendimiento de las variedades que actualmente existe en el mercado y que están influenciadas por las condiciones agroclimáticas de las zonas productivas de la provincia. Lo anterior indica el empleo de ciertas prácticas agrícolas tradicionales y un deficiente uso y maneja de insumos agrícolas.

La nutrición de los cultivos es pilar fundamental en la producción agrícola, en ocasiones se efectúan fertilizaciones sin considerar las condiciones químicas del suelo y los requerimientos de la planta lo que conlleva a una disminución del rendimiento y aumentar los costos de producción. (FAO, 2018).

La fertilización edáfica, una de las prácticas más utilizadas en la producción, que 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 permitiría lograr alto rendimiento y calidad en las cosechas (Casanova & Rivero, 2006).

La fertiirrigación, una técnica agrícola que se ha utilizado en los sistemas de riego localizados de alta frecuencia, permite elevar la eficiencia de aplicación de los fertilizantes por un lado, además que el fraccionamiento de los mismos ayuda a una mejor asimilación por los cultivos, al ser implementados en los sistemas de riego en cada fase de desarrollo (Ulloa, 2016)

El fertirriego permite optimizar el uso de los fertilizantes y el agua, especialmente en aquellas zonas donde el recurso hídrico comienza a limitarse, es una técnica susceptible de aplicarse en distintas situaciones, por lo que está directamente relación con las características fisiológicas de los cultivos y las características físicas químicas del suelo y del agua (Camejo et al., 2010a).

Una correcta aplicación de fertirriego requiere conocer la demanda que exige un cultivo en sus diferentes etapas fenológicas, la calidad de agua, el consumo de agua por los cultivos, la eficiencia de riego, la solubilidad y compatibilidad de los fertilizantes empleados. La curva de absorción de nutrientes de un cultivo define la aplicación de agua y nutrientes en momentos específicos, evitando así posibles deficiencias o lixiviaciones que contamine al cultivo y al medio ambiente (Peña Peralta et al., 2010; E. Rodríguez & Guzmán, 2004).

1.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de 3 tipos de fertilización: fertirriego, fertilización edáfica y la fertilización edáfica-fertirriego a través de sus variables biométricas y su impacto en la producción bananera.

1.2 Objetivo Especifico

-Realizar un análisis de varianzas y pruebas post hoc de las diversas variables biométricas del cultivo de banano, producto de fertirrigación, fertilización edáfica y fertilización edáfica-fertirriego.

-Implementar el uso de tecnología para una agricultura de precisión en los sistemas productivos de cultivo de banano.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Cultivo de Banano en Ecuador

El cultivo de banano es muy popular en Ecuador. Obteniendo el título de ser el primer país exportador de banano en el mundo. Por consiguiente, su producción es de 317,437,040 cajas equivalente a 18.14 kg caja⁻¹ las cuales están distribuidas en un área total de 19, 6673 ha. Su producción en la región Costa cubre un 89%; en la región Sierra 10% y en el Oriente 1% (Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador, 2016).

En la actualidad existe un incremento en las exportaciones del cultivo de banano produciendo 135,43 millones de cajas (AEBE, 2021).

Los principales países donde se exporta el banano es Rusia con el 20.3%, Estados Unidos con el 15.5% y Alemania con un 11.5% (FAO, 2018). El cultivo de banano representa el 12.39% de la superficie total agrícola del Ecuador (INEC, 2015).

2.2 Fases fenológicas

El desarrollo del cultivo de banano es directamente proporcional a la calidad y cantidad de hojas que tenga el sistema foliar. Por lo tanto, este es la principal variable para que tenga una óptima producción. Este cultivo emite entre 35 y 36 hojas durante toda su fase vegetativa y la emisión foliar es aproximadamente de una hoja semanal. Según las condiciones climáticas y nutricionales puede alcanzar hasta 0.6 y 0.8 hojas por semana (Martínez & Cayón, 2011).

– Fase infantil

En esta fase el hijo es completamente dependiente de la madre. Por lo que, este emite de 15 a 22 hojas pequeñas que llegan hasta 10 cm de ancho, se conoce como F10 a la primera hoja con al menos de 10 cm de ancho. El periodo de esta fase oscila entre 120 a 160 días. A mayor número de hojas emitidas entre la F10 y la Fm, mejor será la calidad para la formación del fruto (Delgado Ponton, 2019).

– Fase juvenil

Comúnmente conocida como “fase de retoño o dependiente”, en esta fase el hijo se encuentra bajo la dominancia de la planta madre. La emisión de hojas es cortas, lanceoladas y con un limbo estrecho con un aproximado de 10 cm de ancho denominado hojas F10, que

periódicamente aumentan de tamaño por cada emisión foliar (Robinson & Galán, 2012). La planta madre puede alcanzar de 5 a 6 m de altura con un fuste aproximado de 30 a 50 cm de diámetro (Soto, 2014).

– **Fase vegetativa independiente**

El hijo emite su primera hoja completa y a su vez esto es una relación entre el largo y ancho de la hoja, por lo que se denomina hojas completamente desarrolladas. En esta fase el hijo empieza a desarrollar el proceso de la fotosíntesis. Cuando el hijo ha alcanzado su máximo desarrollo tiene una altura de 2 a 3 metros, este valor es estimado del hijo a la cosecha. Cuya medida se realiza desde la base de la unión con el corno hasta la axila de la última hoja (Acosta & Salinas, 2011).

– **Fase reproductiva**

La última fase fenológica de banano comprende desde que aparece la hoja Fm que es considerada también como el inicio de la diferenciación floral hasta la cosecha del fruto. Al principio de esta etapa la planta ha emitido todas las hojas, pero solo alrededor de la mitad han podido emerger; esta etapa se puede subdividir en dos: hoja Fm a F que dura alrededor de 125 días comprende la floración y de F a C que tiene una duración aproximada de 84 días hasta la cosecha (Soto, 2014). El número de manos por racimo varía desde 6 a 7 manos y el número de dedos de la mano de sol oscila entre 18 a 20. El racimo de banano puede llegar a pesar entre 45 a 70 lb (Delgado et al., 2003). Al raquis del racimo también se le toma el peso encima de la primera mano y a ras de la última cicatriz de este. Tomando el peso fresco total del racimo (raquis y frutos), luego se separaron manos, frutos y raquis para contar las manos y frutos y tomar su peso fresco total (Acosta & Salinas, 2011).

2.3 Características fisicoquímicas del suelo

Los indicadores del suelo ya sean físicos, químicos, permiten que los agricultores y técnicos comprenda los diferentes factores que inciden en forma favorable o negativa en el recurso suelo y así seleccionar de manera efectiva los indicadores, es necesario tener una visión clara, de las características del suelo como un factor importante de la producción así como un recurso no renovable en la preservación del medio ambiente (León et al., 2020)

Las propiedades físicas de la materia se caracterizan por ser medibles sin que altere la estructura atómica, mientras que las propiedades químicas de la materia son aquellas características que resultan en un cambio en la estructura atómica.

Los productores están interesados en comprender como se relacionan las características físicas químicas de los suelos para lograr una mayor la eficiencia de producción de cada área o sector de la finca y poder determinar las razones de las diferencias observadas en la productividad entre ellos, así mismo esto ayuda a comprender la incidencia de las propiedades del suelo que tienen mayor impacto en la producción de cada parcela, y a través de un análisis químico y las propiedades físicas, se puede establecer un manejo adecuado para el cultivo, optimizando el uso de insumos agrícolas (Ritter et al., 2008).

Dado que hay muchas variables relacionadas con el rendimiento de los cultivos, el objetivo principal es encontrar un método que permita la selección de un pequeño número de variables de suelo que puedan representar adecuadamente el rendimiento de banano (Castañeda Sánchez et al., 2014).

2.3.1 Características Físicas

2.3.1.1 Textura

Vélez (2010), menciona que la textura es la distribución de partículas individuales del suelo según su tamaño. Esta propiedad física es una de las más importantes del suelo, debido a que en él se contienen todos los nutrientes esenciales para el desarrollo óptimo de un cultivo. Por este motivo es una determinación imprescindible en el análisis del suelo y su valoración económica.

Mediante un análisis de suelo podemos observar en que condición se encuentra la rigidez, su fuerza de sostenimiento, su facilidad de penetración de las raíces, aireación, capacidad de drenaje, almacenamiento de agua y retención de nutrientes (Rucks et al., 2004). Esto es también conocido como granulometría siendo una característica estable, que permite conocer el suelo en el que estamos produciendo (Sandoval et al., 2012). El porcentaje de cada partícula de arena, limo y arcillas definen 12 clases texturales, las cuales se determinan por medio del diagrama triangular, los cuales representan valores en porcentaje para cada partícula en función al contenido de las muestras (FAO, 2021) (Figura 1).

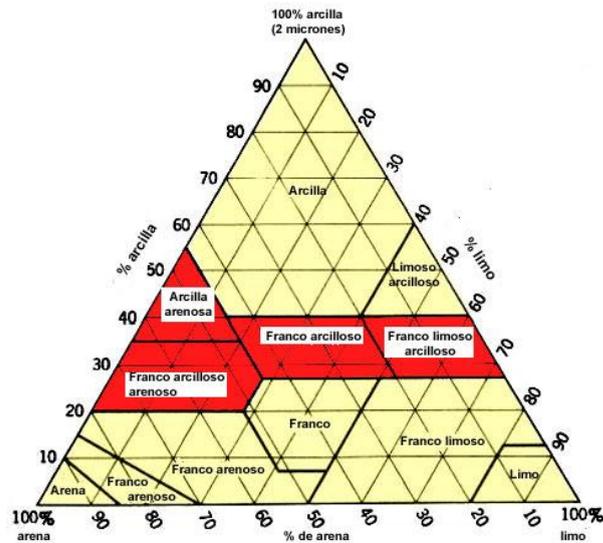


Figura 1. Diagrama triangular de las clases texturales.

Fuente. FAO, (2021).

2.3.1.2 Densidad Real

La densidad real se emplea en distintas expresiones matemáticas, en lo cual se considera el volumen o masa de una muestra de suelo, por lo que es necesaria tener una medición para: llevar a cabo las conversiones de datos base-masa a base-volumétrica y a su vez para el cálculo del volumen de sólidos. Los valores de la densidad real se encuentran entre 2,6 y 2,7 g cm⁻³ por lo que se ha tomado un promedio como valor de referencia 2,65 g cm⁻³. El contenido de materia orgánica y la composición de minerales influyen en la variación de las cantidades de densidad real.

Los valores que puede tomar la densidad real del suelo, varían dependiendo de su composición mineralógica (Villaseñor, 2016).

Además, se entiende por densidad real a la constitución de la fase sólida del suelo, la cual es un valor permanente en su gran mayoría de los minerales arcillo, los mismo que presentan una densidad de 2,65 g cm⁻³ (Tabla 1) (Rojas et al., 2018).

Tabla 1. Densidad real de cada tipo de suelo

Tipo de suelo	Densidad Real (g cm ⁻³)
Arcilloso	2.67-2.90
Limoso	2.65-2.70
Arenoso	2.63-2.67
Orgánico	<2
Volcánico	2-2.50

Fuente. Villaseñor, (2016)

2.3.1.3 Densidad Aparente

Se usa para la conversión de peso a volumen, importante para la evaluación de reservas de nutrientes del suelo y sobre todo establecer de forma óptima la lámina de agua aplicada al suelo y además de estar en relación directa con el grado de compactación cuyos efectos se ve reflejado en diversos aspectos agrícolas, incluyendo el rendimiento de los cultivos y la reducción de la calidad (Batey, 2009).

La densidad aparente, se traduce por tanto un buen indicador en lo referente a la investigación de la calidad del suelo, como también es buena una señal de la resistencia mecánica y por ende al crecimiento de las raíces del suelo. En el suelo con buena textura y un el rango óptimo de densidad aparente para asegurar una buena aeración y desarrollo radicular debería fluctuar entre 0.9 y 1.2 g cm⁻³ (Duval et al., 2015)(Tabla 2).

Tabla 2. Densidad aparente para cada tipo de horizonte

Tipo de horizonte	Densidad aparente (Mg m⁻³)
Horizontes arenosos	1.45 – 1.60
Horizontes arcillosos con estructura	1.05 – 1.10
Horizontes compactados	1.90 – 1.95
Horizontes turbosos	0.25
Valor medio	1.35

Fuente. Duval et al. (2015)

2.3.2 Características Químicas

2.3.2.1 pH

El pH del suelo define como la asimilabilidad de los nutrientes; y los fertilizantes tienen una importante influencia sobre dicho pH depende principalmente del perfil acidificante de la composición química del fertilizante, de su carácter descalcificante o calcificante y de la capacidad taponadora del suelo (Ginés & Mariscal-Sancho, 2002).

2.3.2.2 Conductividad Eléctrica (C.E.)

Existen diversas formas de expresar la salinidad de una solución de suelo, una de ellas permite expresar la cantidad de sales disueltas en una solución. Otra forma es indicar el número de meq/l.

La conductividad eléctrica varía con la temperatura siendo necesario normalizarla a través de un factor de temperatura (f_t) para transformarla en la correspondiente a 25° C.

El procedimiento de medir la conductividad eléctrica del estrato de saturación (EC_e) de un suelo consiste en tomar una muestra y añadirle agua destilada hasta lograr una saturación, para posteriormente extraer el agua de la pasta saturada mediante un sistema de succión a través de un filtro.

La salinidad medida en el extracto de saturación, no es la real de la solución de suelo, siendo necesario estudiar los efectos de la salinidad de los suelos sobre los cultivos debiéndose obtener una CE real del suelo, que será la que estará en contacto con el sistema radicular de las plantas. La salinidad del suelo varía con el contenido de humedad, por ello es necesario medir la salinidad a capacidad de campo y punto de marchitez, lo que permitiría establecer los límites de salinidad del suelo. Para ello además es necesario conocer la porosidad y su capacidad de campo y punto de marchitez, con lo que podría establecerse los límites de salinidad a los que estarían expuestas las plantas (Simón et al., 2013) (Tabla 3).

Tabla 3. Conductividad Eléctrica de algunos fertilizantes comerciales en una disolución con 0.5 g/l de agua pura

Fertilizante	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH
Nitrato de calcio	605	6.6
Nitrato de amonio	850	5.4
Sulfato de amonio	1033	7.5
Nitrato de potasio	693	6.2
Sulfato de potasio	880	5.0
Nitrato de magnesio	448	4.1
Cloruro de potasio	948	4.5

Fuente. Rodríguez & Guzmán, (2004)

2.4 Fertirriego

A pesar del tiempo, el fertirriego ha avanzado a grandes pasos, siendo una tecnología revolucionaria en la producción agrícola con el fin de resolver las demandas de nutrientes del cultivo. Este es un proceso en el cual los fertilizantes son aplicados con el agua de riego. Su principal ventaja es que los nutrientes sean aprovechados de forma rápida e íntegramente por las plantas (Furcal & Barquero, 2013).

Esta tecnología se ha desarrollado desde el siglo XX para mejorar el rendimiento de los cultivos. Son muchos de los beneficios que este sistema brinda, ya que utiliza el agua y nutrientes día a día en forma continua y creciente a medida que avanza su ciclo vegetativo. Por lo tanto, se debe aplicar los nutrientes exactos que necesitan y a su vez potenciar la productividad a través de una aplicación precisa de insumos. Una correcta aplicación de fertirriego requiere conocer la demanda que exige un cultivo en sus diferentes etapas fenológicas, la calidad de agua, el consumo de agua por los cultivos, la eficiencia de riego, la solubilidad y compatibilidad de los fertilizantes empleados. La curva de absorción de nutrientes de un cultivo define la aplicación de agua y nutrientes en momentos específicos, evitando así posibles deficiencias o lixiviaciones que contamine al cultivo y al medio ambiente. Este sistema incrementa notablemente la eficiencia de aplicación de nutriente obteniendo mejores resultados y una mejor calidad (Camejo et al., 2010b).

Esta aplicación de minerales que son enviados por una vía presurizada, produciendo así que el riego del cultivo contenga nutrientes que son de beneficio para el cultivo. En definición, es emplear agua y fertilizantes en forma de rocío a través de los emisores, en la zona de la raíz de la planta según su uso consuntivo y demanda (Senthilkumar et al., 2017).

2.4.1 Beneficios del Fertirriego

Son muchos los beneficios que el sistema de fertirriego proporciona a los cultivos. Este ayuda a la definición de fertilizante en relación al contenido de nutrientes del suelo y a su vez suministrar los contenidos de agua para una condición de suelo específica (Casanova & Rivero, 2006; Rodríguez & Puig, 2012). Con la fertirrigación se suministra las dosis adecuadas y las raíces lo asimilan de forma inmediata. Esta aplicación se realiza fraccionándolo en días a fin de evitar pérdidas y excesos (BassoCarmen et al., 2008). Satisfacer las necesidades del cultivo es prioritario por lo que este sistema se enfoca en dar los requerimientos esenciales en función del estado fenológico (Camejo et al., 2010b).

2.4.2 Fertirriego en Banano

Uno de las principales causas por la que la producción de banano puede ser afectada es el exceso o deficiencia de agua o fertilizantes (Hernández et al., 2007).

Además, la respuesta de las plantas a la fertilización no es uniforme en todos los suelos porque depende del contenido inicial de nutrientes (Furcal & Barquero, 2013), por lo que la plantación demanda de altas dosis de fertilizante, en especial el K^+ . Debido a este suceso es importante determinar las dosificaciones adecuadas de fertilizante en relación al contenido de nutrientes en el suelo, y suministrar los contenidos de agua para una condición de suelo específica (Labarca et al., 2005).

El sistema de fertirriego es relativamente nuevo en el sector agrícola bananero, cuya función principal es permitir riegos a intervalos mucho más corto; esto es directamente proporcional a las características naturales de los suelos los cuales poseen una mayor capacidad de retención y disponibilidad de agua. En el cultivo de banano la frecuencia del fertirriego es de una a dos veces por semana. Este sistema presenta muchas ventajas siendo uno de los más sencillos y económico en la aplicación de fertilizantes, que se ve reflejado en la mayor eficiencia de aplicación de los mismos logrando resultados satisfactorios de este cultivo (Ulloa, 2016).

En los sistemas de riego localizados de alta frecuencial el uso del fertirriego, permite un buen bulbo húmedo, donde concentra los nutrientes aprovechándolos de mejor manera, en razón la concentración de la mayor área radicular del cultivo (G. M. R. Rodríguez & Puig, 2012b). Realizando aplicaciones de fertirriego que satisfagan las necesidades del cultivo dependiendo de su estado fenológico (Camejo et al., 2010b).

2.4.2.1 Plan de Fertirriego para el cultivo de banano

Las aplicaciones de fertirriego deben satisfacer las necesidades del cultivo dependiendo de su estado fenológico (Camejo et al., 2010b).

Un buen manejo de fertilización trae consigo un adecuado plan de fertirriego, siendo necesario considerar las fases fenología del cultivo, que permite conocer el requerimiento nutricional del cultivo y así suministrar diferentes dosis aplicarse a través del fertirriego, que está relacionado con la demanda del cultivo por la eficiencia del fertilizante. Por consiguiente, para poder lograr un adecuado manejo del fertirriego en el cultivo de banano se debe conocer la demanda del cultivo (Ulloa, 2016) (Tabla 4).

Tabla 4. Elementos esenciales para las plantas.

Elemento	Símbolo	Forma de absorción	Concentración en plantas sanas (% de peso seco)
Macronutrientes			
Nitrógeno	N	NO ₃ ⁻ ; NH ₄ ⁺	1-4%
Fósforo	P	HPO ₄ ²⁻ ; H ₂ PO ₂ ⁻	0,1-0,8%
Potasio	K	K ⁺	0,5-6%
Azufre	S	SO ₄ ²⁻	0,05-1%
Magnesio	Mg	Mg ⁺²	0,1-0,8%
Calcio	Ca	Ca ⁺²	0,2-0,35%
Micronutrientes			
Boro	B	BO ₃ ²⁻ ; HPO ₃ ⁻	5-75 ppm
Fierro	Fe	Fe ⁺² ; Fe ⁺³	25-300 ppm
Manganeso	Mn	Mn ⁺²	15-800 ppm
Molibdeno	Mo	MoO ⁻	0,1-5,9 ppm
Cobre	Cu	Cu ⁺²	4-30 ppm
Zinc	Zn	Zn ⁺²	15-100 ppm
Cloro	Cl	Cl ⁻	100-10.000 ppm
Sodio	Na	Na ⁺	trazas

Fuente. Antúnez & Felmer, (2009)

2.4.3 Solubilidad y compatibilidad de fertilizantes

2.4.3.1 Compatibilidad entre fertilizantes

Para una adecuada implementación de fertilizantes es importante conocer la compatibilidad entre ellos, la mezcla entre fertilizantes no compatibles con la interacción de la fertilización con el agua de riego, especialmente si son aguas duras y/o alcalinas, pueden ocasionar la formación de precipitados en el tanque de fertilización y la obturación de goteros y filtros. Para no tener estos problemas se debe realizar una correcta elección de fertilizantes y un adecuado manejo de este.

Es muy común el uso de tanques de fertilización, lo cual permite separa a los fertilizantes que interactúan, como, por ejemplo los fertilizantes con calcio, magnesio y microelementos, de los fertilizantes con fosforo y sulfatos, evitando así la formación de precipitados (Ulloa, 2016).

FERTILIZANTES	Urea	Nitrato de Amonio	Sulfato de amonio	Nitrato de Calcio	Nitrato de magnesio	Fosfato monoamónico	Fosfato monopotásico	Nitrato de potasio	Sulfato de potasio	Cloruro de potasio	Ácido fosfórico	Ácido nítrico	Ácido sulfúrico	Sulfatos Fe, Cu, Mn, Zn	Quelatos
Nitrato de Amonio	c														
Sulfato de amonio	I	c													
Nitrato de Calcio	c	c	I												
Nitrato de magnesio	c	c	c	c											
Fosfato monoamónico	c	c	c	I	I										
Fosfato monopotásico	c	c	c	I	I	c									
Nitrato de potasio	c	c	R	c	c	c	c								
Sulfato de potasio	c	c	R	I	I	c	c	c							
Cloruro de potasio	c	c	c	I	c	c	c	c	R						
Ácido fosfórico	c	c	c	I	I	c	c	c	c	c					
Ácido nítrico	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c				
Ácido sulfúrico	c	c	c	I	I	c	c	c	R	c	c	c			
Sulfatos Fe, Cu, Mn, Zn	c	c	c	I	I	I	c	c	R	c	c	c	c		
Quelatos	c	c	c	R	R	R	c	c	c	c	R	I	c	c	
Sulfato de Magnesio	c	c	c	I	I	I	c	c	R	c	c	c	c	c	c

Figura 2. Compatibilidad de fertilizantes solubles aplicados en fertirriego.
Fuente. Antúnez & Felmer, (2009)

2.4.3.2 Solubilidad

Para incorporar los fertilizantes al agua de riego se debe preparar previamente una solución madre, en donde es importante el grado de solubilidad de los abonos empleados. Esto permite determinar la cantidad máxima de fertilizante a utilizar en un determinado volumen de agua. En este aspecto se debe tener presentes dos factores: La pureza del agua y su temperatura. A mayor pureza y temperatura, mayor será la solubilidad. En diversa literatura se presentan tablas de solubilidad estandarizadas a 20° C para distintos fertilizantes.

La solubilidad de los fertilizantes aumenta en función de la temperatura, uno de los ejemplos más comunes es cuando la temperatura se encuentra a 10°C el porcentaje de K₂SO₄, KNO₃ y KCl son 31, 21 y 9 g/100 g H₂O respectivamente, mientras que a 20°C la solubilidad incrementa a 34,31 y 11 g/100 g H₂O respectivamente (Calvache, 2002). Tomando en cuenta el contenido de K en cada fertilizante, se concluye que a 10°C el porcentaje de K₂O en la solución de K₂SO₄, KNO₃ y KCl será 4.6;8.1 y 14.9% respectivamente(Ulloa, 2016) (Tabla 5).

Tabla 5. Solubilidad de fertilizantes a 20°C

Fertilizante	Solubilidad (g/l)
Nitrato de calcio	1200
Nitrato de amonio	1700
Sulfato de amonio	500
Nitrato de potasio	300
Sulfato de potasio	110
Nitrato de magnesio	550
Cloruro de potasio	350

Fuente. Rodríguez & Guzmán, (2004)

2.5 Riego Subfoliar

El cultivo de banano demanda de grandes inversiones en infraestructura entre ellas el riego. En Ecuador posee un área 55.040 ha sembradas de banano, las cuales en su mayoría disponen de un sistema riego por aspersión subfoliar. El sistema de riego subfoliar es el más adecuado para este cultivo y ha sido uno de lo más recomendados en país de Latinoamérica (Rodríguez et al., 2007).

El diseño e instalación de sistemas de riego tiene un impacto significativo en su costo y rendimiento. Además, se debe implementar un adecuado uso de materiales, esto viene previo indicado por algunas casas comerciales, al momento de calcular: capacidad de la bomba, caudal, diámetro de la tubería, fuga y a su vez la distribución y planificación del riego. Una de las principales consecuencias es que algunos de los productores de banano no llegan a identificar si su sistema de riego es subutilizado o sobre utilizado. Por lo tanto, para poder instalar este diseño se necesita de un técnico con experiencia que garantice una eficiente uniformidad de la distribución de agua y precautelen un excelente funcionamiento del mismo (Holzapfel et al., 2007).

También, se debe tomar en cuenta la velocidad de aplicación de los emisores tomando como base la infiltración de suelo, su patrón de distribución, estas observaciones van en conjunto con las características edafoclimáticas y fitotecnias (Faria et al., 2012; Ortíz et al., 2010; Yacoubi et al., 2012).

2.6 Nutrición: función y efecto de los principales nutrimentos del cultivo

2.6.1 Nitrógeno

Uno de los elementos más importantes encargados del desarrollo del área foliar es el nitrógeno. Por lo tanto, se debe suministra la cantidad adecuada dependientemente de los requerimientos nutricionales del cultivo, una mala implementación del mismo prolonga el período

vegetativo y atrasa la madurez, además, provoca succulencia en las plantas, lo cual facilita la entrada de patógenos (Medina Sánchez, 2008).

Debido a que el proceso de absorción de nitrógeno en la planta es muy corto, este debe ser aplicado como fertilizante soluble lo cual debe estar disponible de forma instantánea para el cultivo e idealmente en forma de nitrato ($N-NO_3^-$), esta es la forma en la cual el cultivo la puede asimilar (Ugarte et al., 2007).

2.6.2 Fósforo

Este elemento es de mucha importancia para distintos procesos como: fotosíntesis, respiración, almacenamiento, transferencia de energía y crecimiento de raíces. El cultivo de banano asimila el P cuando el pH es menor de 7 y cuando este es mayor a 7 la forma de asimilarlo durara más. Por lo tanto, la planta asimila mejor con un pH que este en los rangos de 5.6 a 6.7, lo que implica poder combinarse con los siguientes: Fe, Al y Ca formando fosfatos no asimilables para las plantas (Marschner, 1995; Mejía de Tafur, 2010; Taiz & Zeiger, 2010).

2.6.3 Potasio

El potasio (K) desarrollo diferentes funciones en la planta, las más importantes son las siguientes: fotosíntesis, mejora de tejidos, mejor calidad de frutas y mantiene el equilibrio hídrico de las plantas. A su vez está presente en la actividad de más de 50 sistemas enzimáticos en plantas (Padilla, 2006).

El cultivo de banano requiere de una alta demanda de este elemento, siendo uno de los nutrientes más absorbidos de otros minerales combinados, lo que lo hace un elemento crítico (Mostafa, 2005; Turner et al., 2007).

2.6.4 Calcio

Este es un componente de cada célula vegetal de las plantas. Este se encuentra presente en gran proporción en las paredes celulares de las hojas y tallos de forma concentrada. Por lo tanto, condensan y fortalecen cada parte de la planta (Padilla, 2006) .

El contenido de calcio en la planta oscila entre 0.1% y el 5% mayor del peso seco. La demanda de monocotiledóneas es menor que la de dicotiledóneas (Buchanan et al., 2000; Marschner, 1995; Mejía de Tafur, 2010; Taiz & Zeiger, 2010).

2.6.5 Azufre

Las plantas asimilan el azufre a través de las raíces en forma de sulfato. Al igual que el nitrógeno éste participa en la formación de aminoácidos, coenzimas y proteínas. Un requerimiento adecuado de este elemento para un óptimo crecimiento oscila entre 0,1 a 0,5% (Marschner, 1995).

2.6.6 Boro

La función principal del elemento boro en las plantas es uno de los minerales menos comprendidos, esto se debe a que no es constituyente de ninguna enzima y no afecta la actividad enzimática. Este elemento realiza diversas funciones, como el transporte de azúcar, la síntesis de la pared celular, lignificación, metabolismos carbohidratos, ARN, respiración, etc. Esto indica que puede estar involucrado en varios procesos metabólicos o que funciona como una fitohormona (Sumner et al., 2000).

2.7 Absorción de nutrientes

Es fundamental conocer la curva de absorción de nutrientes de un cultivo, esto permite entender el comportamiento de este y poder llevar un control de cada elemento. Los nutrientes principales de absorción de nutrientes del cultivo de banano son: potasio, nitrógeno, magnesio, calcio y fosforo (Medina Sánchez, 2008)(Tabla 6).

Tabla 6. Absorción de macronutrientes (kg t^{-1}) y micronutrientes (g t^{-1}) por el cultivo de banano por cada tonelada de fruta producida, reportado por diferentes autores

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	5.4	0.6	19.9	2.1	0.4						
	9.0	2.7	35.2	6.0	4.7	0.9	4.500	26.000	600	200	600
	4.3	0.4	15.8	2.3	0.9	0.4					
	8.5	1.1	32.2	4.0	2.0						
	5.0	0.4	12.8	2.7	1.0						
	2.7	0.4	7.6	1.1	1.9						
	7.8	1.0	28.8	4.5	2.5	1.5	120	250	90	7	25
Promedio	6.1	0.9	21.8	3.2	1.9	0.9	2.310	13.125	345	104	313

Fuente. Medina (2008)

2.7.1 Sistema de inyección

La industria agrícola se ve presionada cada vez a producir en espacios pequeños, a desarrollar nuevos genotipos y optimizar los recursos hídricos. A través de los últimos años se ha implementado nuevas tecnologías de riego cuyo objetivo es optimizar los recursos hídricos con fines agrícolas (Castañón, 2000; Darwich, 2006)

Entre muchas tecnológicas innovadoras de riego están los sistemas de riego presurizado y los sistemas de fertirriego los cuales aportan nutrientes a través del flujo del agua a las plantas. Los sistemas de fertirriego han sido una revolución en la agricultura, mejorando técnicas de producción agrícola, que permiten optimizar el uso de fertilizante y a su vez ahorrar el consumo de agua evitando contaminaciones de los acuíferos (Peña Peralta et al., 2010).

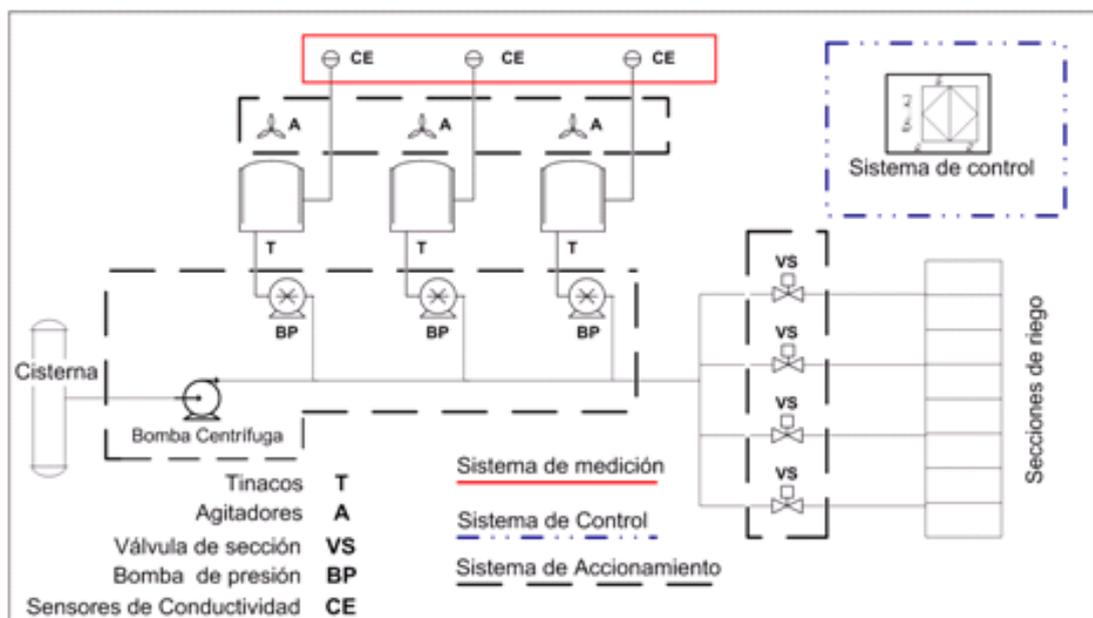


Figura 3. Esquema de un sistema de fertirriego
Fuente. Peña, et.al. (2010)

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y caracterización del área de estudio

EL presente trabajo se realizó en la Finca “La Márque6”, situada en la parroquia La Peaña del cantón Pasaje, en el km 15 de la vía Machala-Pasaje, provincia de El Oro.

3.1.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio

El estudio experimental se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas (Figura 3):

Latitud: 3°19'02.3" S

Longitud: 79°51'15.7" O

Altitud: 20 msnm

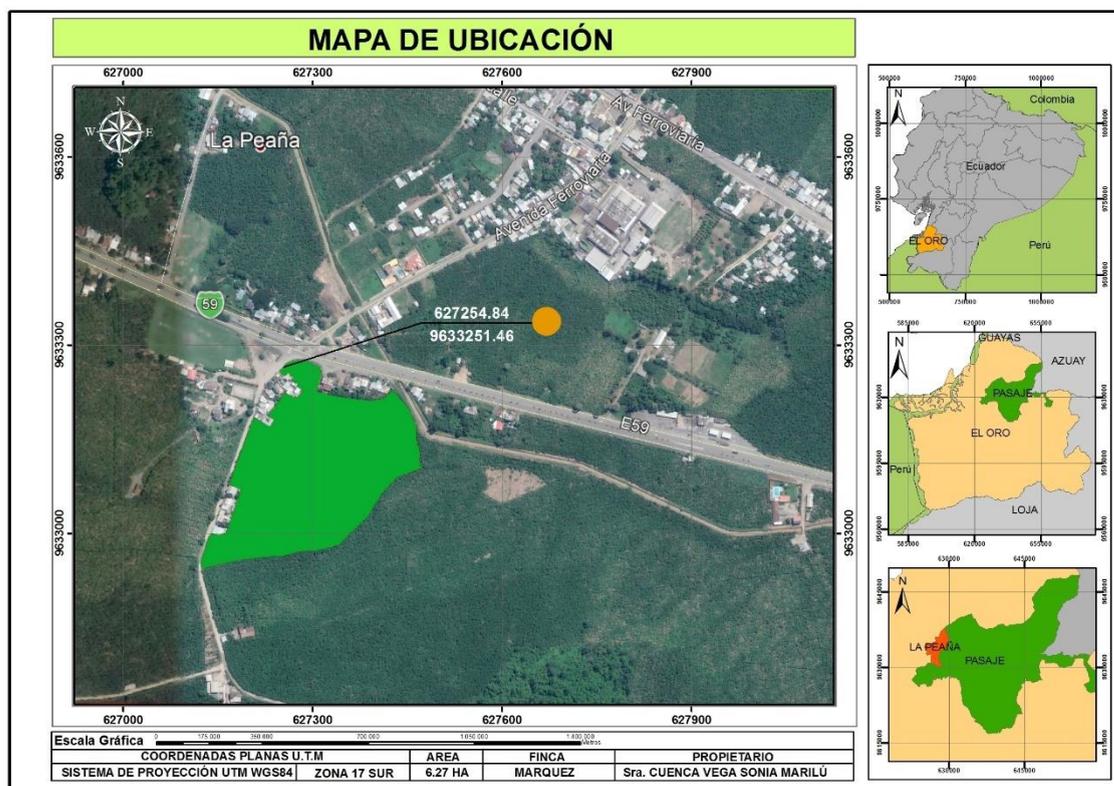


Figura 4. Ubicación de la zona de estudio.

3.1.2 Características climáticas de la zona

El sitio de estudio corresponde a un bosque tropical, con una temperatura promedio que oscila de 22 a 32°C, una precipitación promedio anual de 600 mm, 2.8 promedio de horas sol y una humedad relativa del 83% (Cañadas, 1983). Esta zona pertenece al Cantón Pasaje, se caracterizan por tener suelos de origen aluvial por afectaciones tenidas del río Jubones, su

topografía es plana a ligeramente ondulada. Estos suelos han sido usado en el monocultivo de banano a lo largo de los años (Villaseñor et al., 2015). La zona de estudio cuenta con las siguientes características climáticas (Tabla 7):

Tabla 7 . Características climatologías de la zona de estudio

Régimen térmico	Variación de la humedad	Índice Hídrico	Temperatura °C		Humedad %	Precipitación mm
			Calurosa	Fresca		
Cálido	Gran déficit hídrico en época seca	Subhúmedo	Febrero Mayo 32°C	Junio noviembre 22°C	Julio Septiembre 83%	600

Fuente. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial GAD La Peaña, (2015).

3.1.3 Características del suelo

El suelo que se encuentra en el área experimental presenta las siguientes características taxonómicas: Orden Inceptisol, Suborden: Ustepts, Gran Grupo: Dystrustepts y Subgrupo: Aquic Dystrustepts (Villaseñor et al., 2015) (Tabla 8).

Tabla 8. Descripción del perfil en la zona de estudio.

Horizonte	Profundidad del perfil (cm)	Descripción
A (Ap)	0-33	Color Húmedo 10 YR (4/4), Clase Textural Franco Limoso, Densidad Aparente 1.54 (g cm ⁻³), pH (H ₂ O) 6.8; Conductividad Eléctrica 0.26 (dS m ⁻¹), Materia Orgánica 2.20 %
B (Bw)	33-68	Color Húmedo 10 YR (4/6), Clase Textural Franco Limoso, Densidad Aparente 1.34 (g cm ⁻³), pH (H ₂ O) 7.1; Conductividad Eléctrica 0.10 (dS m ⁻¹), Materia Orgánica 0.02 %
C	60+	Color Húmedo 10 YR (4/8), Clase Textural Arenoso, pH (H ₂ O) 7.2; Conductividad Eléctrica 0.02 (dS m ⁻¹), Materia Orgánica 0.01 %

Fuente. Villaseñor et al, (2015).

3.2 Instalación del Sistema de Inyección de Fertilizantes.

En la adecuación del sistema para fertirriego se construyó a manera de medidor Venturi dos tanques que se utilizarían para las mezclas de los fertilizantes en caso de que no sean

compatibles y a partir de un sistema de flautas se inyecta agua a presión lo que permitía además de disolver los fertilizantes a homogeneizar las soluciones nutritivas aplicada al sistema de riego por aspersión. Todo este sistema era controlado a través de válvulas que regulan la entrada del agua a los tanques, así como la salida de la solución nutritiva que era inyectada al sistema de riego por aspersión subfoliar. Para la aplicación de fertirriego se dividía el tiempo de riego en tres partes, el primer tiempo se lo utilizaba para el humedecimiento superficial del suelo, en el tercio medio se efectuaba la aplicación de los fertilizantes y en el tercio final se complementa el tiempo de riego además de limpiar las tuberías internas y que las soluciones nutritivas que caían sobre las hojas eran lavados y que los nutrientes se incorporen al suelo, asegurando así una aplicación de fertilizantes no solo alrededor de la planta donde se encuentra una gran masa radicular en el subsuelo sino también al sistema radicular horizontal que se extiende a más de un metro.

3.3 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado es bloques completos al azar cuyo objetivo consiste en mantener la variabilidad entre unidades experimentales dentro de un bloque y maximizar las diferencias entre bloques. Si no hay diferencias entre los bloques este diseño no contribuiría mayormente a la precisión para determinar diferencias significativas entre los tratamientos.

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

En el presente estudio se implementó 3 tratamientos de sistemas de aplicación de fertilizante, siendo: Fertirriego, Fertirriego + Edáfico y Edáfico en un área 0,9 ha.

Se suministró distintos productos agrícolas para cada tratamiento, trabajando con el mismo grado nutricional:

- 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 por semana por fertirriego y una vez al mes por fertilización edáfica

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

En cada tratamiento se utilizaron 3 repeticiones teniendo una densidad poblacional de 1400 plantas ha⁻¹ y a su vez los tratamientos se encontraban agrupados por 11 plantas por cada unidad experimental, teniendo la fertilidad como el factor no controlado del experimento.

Para el cálculo de estimación del tamaño de la muestra se utilizó la siguiente formula:

$$n = \frac{N \cdot Z_{\infty}^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (n-1) + Z_{\infty}^2 \cdot p \cdot q}$$

N= Total de población

Z_∞²= Nivel de confiabilidad

p= Proporción esperada (se utilizó 5%= 0.05)

q= 1-p = 1-0.95 = 0.05

d= Precisión (se usó el 5%)

3.3.1 *Tratamientos*

Se realizó un plan nutricional completo con mismo grado nutricional , el trabajo se realizó por módulos abarca 0.9 hectárea

Tabla 9. Tratamientos aplicados en el estudio.

Tratamientos	
T1	Fertirriego
T2	Edáfico
T3	Fertirriego + Edáfico
T4	Testigo

Fuente. El autor.

3.3.1.1 **Tratamiento 1 (T1-FERTI)**

Las concentraciones y fuentes de los elementos aplicados fueron las siguientes: Yara Rega Azutek con 22 kg ha⁻¹, Nitrato de Amonio con 3 kg ha⁻¹, MOP con 9 kg ha⁻¹, Sulfato de Magnesio con 7 kg ha⁻¹ y YaraLive Calcinit con 11 kg ha⁻¹. Los elementos aplicados por tratamiento se pueden observar en la Tabla 10:

Tabla 10. Factor de estudio en kg ha⁻¹ para el tratamiento fertirriego

Fertirriego	
Fertilizantes	Kg ha ⁻¹
Yara Rega Azutek	22
Nitrato de Amonio	3
MOP	9
Sulfato de Magnesio	7
YaraLive Calcinit	11

Fuente. El autor.

3.3.1.2 Tratamiento 2 (T2-EDAF)

Las concentraciones y fuentes de los elementos aplicados fueron las siguientes: Nitrato de Amonio con 42 kg ha⁻¹, Boro con 700 g ha⁻¹, DAP con 8 kg ha⁻¹, MOP con 29 kg ha⁻¹, Sulfato de Zinc con 318 g ha⁻¹, Sulfato de Magnesio con 28 kg ha⁻¹, YaraLive Tropicote con 44 kg ha⁻¹ y YaraLive Tropicote con 44 kg ha⁻¹ (Tabla 11).

Tabla 11. Factor de estudio en kg ha⁻¹ para el tratamiento edáfico.

Edáfico		
Fertilizantes	Kg ha ⁻¹	g ha ⁻¹
Nitrato de Amonio	42	
Boro		700
DAP	8	
MOP	29	
Sulfato de Zinc		318
Sulfato de Magnesio	28	
YaraLive Tropicote	44	
Sulfato de Potasio	53	

Fuente. El autor.

3.3.1.3 Tratamiento 3 (T3-FERT+EDAF)

En el tratamiento fertirriego + edáfico se aplicaron la mezcla de 5 productos, siendo 2 fertilizantes solubles: Yara Rega Azutek y YaraLive Calcinit. Los 3 fertilizantes restante: Nitrato de Amonio, MOP y Sulfato de magnesio su presentación es edáfica (Tabla 12).

Tabla 12. Factor de estudio en kg ha⁻¹ para el tratamiento fertirriego + edáfico

Fertirriego + Edáfico	
Fertilizantes	Kg ha ⁻¹
Yara Rega Azutek	22
Nitrato de Amonio	12
MOP	36
Sulfato de Magnesio	24
YaraLive Calcinit	11

Fuente. El autor

3.4 Croquis del experimento

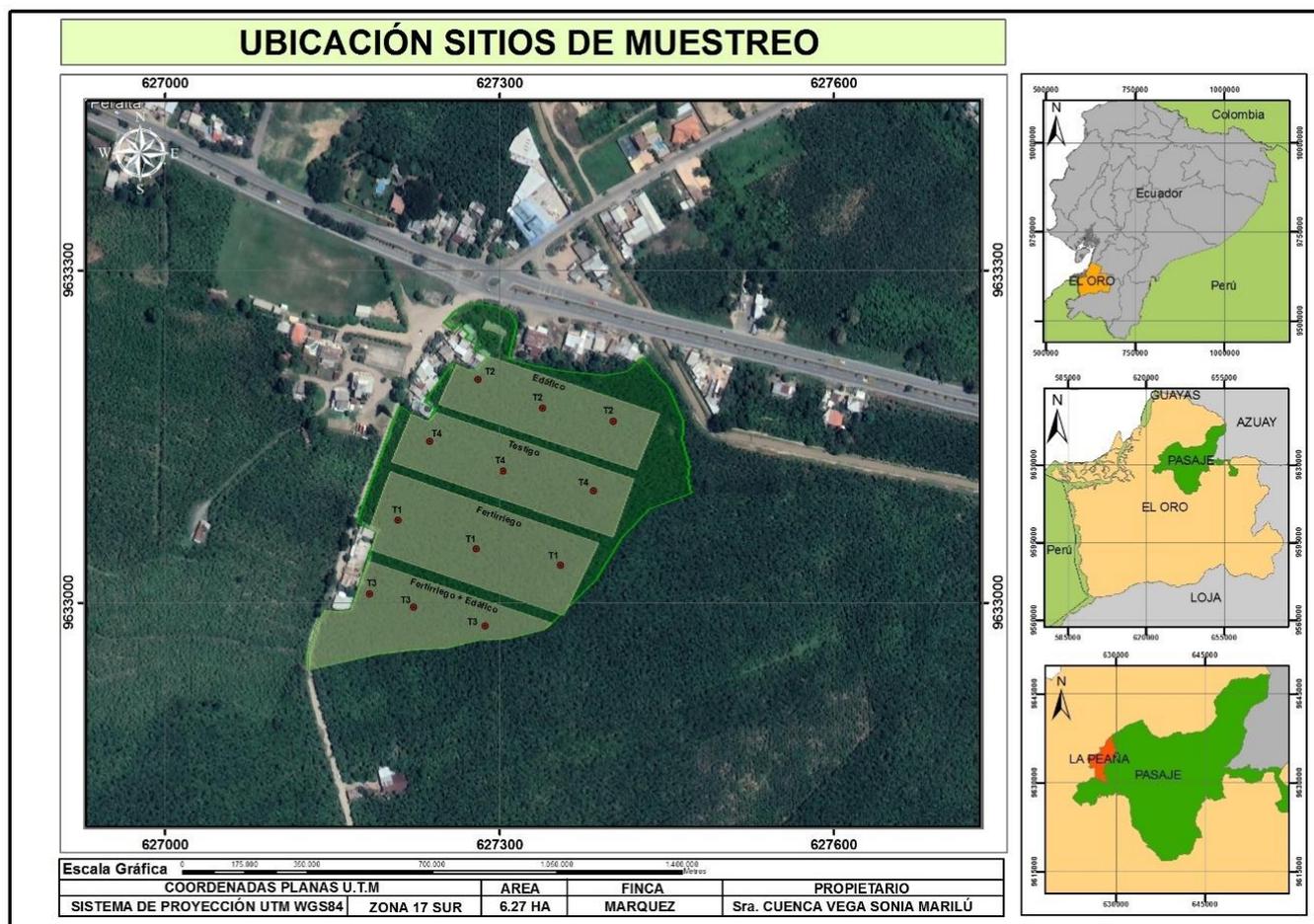


Figura 5. Croquis del experimento.

3.4.1 Especificidades del diseño

Número de Tratamientos: 4

Número de Repeticiones: 3

Número de Unidades Experimentales: 12

Tamaño de la parcela total: 2.7 ha

Plantas por parcela total (plantas): 1400

3.5 Manejo del experimento

Para realizar el experimento se utilizó los siguientes estudios:

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

3.5.1 Materiales y herramientas

Los materiales utilizados para la gestión del estudio fueron los siguientes:

- Estacas
- Piola
- Machete
- Libreta de apuntes
- Lápiz
- Cinta métrica
- Balde

3.5.2 Equipos

Los equipos utilizados para la gestión del experimento fueron los siguientes:

- Balanza
- Sistema de Inyección de fertilizante para riego subfoliar
- Equipo motobomba
- Manómetro
- Calibrador

3.6 Variables por medir

- **Emisión foliar (V1-EM)**

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

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



Figura 6. Grados de emisión foliar

Fuente. Aguilar (2015)

La valoración equivaldría a la emisión foliar actual, se volvió tomar cada 7 días

– **Altura del hijo a la cosecha (V2-AH)**

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



Figura 7. Altura del hijo a la cosecha

Fuente. El autor

– **Diámetro de fuste (V3-FUST)**

Durante el estudio, se procedió a medir la circunferencia con un flexómetro a una altura de 1.5 m (Bravo, 2021). Y a su vez se registraron los datos en el cuadro del formato de evaluación. Esta medición se realizaba de forma semanal.



Figura 8. Medición del diámetro del fuste
Fuente. El autor

– **Peso de racimo (V4-PRM)**

El peso del racimo de banano es directamente proporcional a la edad fisiológica del mismo. Por consiguiente, se debe llevar un control sobre la producción foliar sana, la misma que se ve limitada por una gama de condicionantes fisiológicas y fitosanitaria (Calvo, 2014). Esta variable se realizó mediante el peso de cada racimo cosechado.



Figura 9. Peso de los racimos cosechados
Fuente. El autor

– **Peso de raquis (V5-PRQ)**

El peso del raquis se realiza mediante una balanza graduada a kilogramos. Se desmana el racimo para podre a pesar el raquis (López, 2014).



Figura 10. Raquis del banano
Fuente. El autor

– **Número de manos por racimo (V6-NM)**

Una vez que se cosecha el racimo, se cuenta el número de manos con grado y calidad exportable, al momento de realizar el desmane del racimo (Bravo, 2021).



Figura 11. Número de manos por racimos
Fuente. El autor

– **Número de dedos de mano de sol (V7-NDMS)**

Se cuenta el número de dedos de la mano sol con grado y calidad exportable, al momento de realizar el desmane del racimo (Bravo, 2021).



Figura 12. Número de dedos de mano de sol
Fuente. El autor

– **Número de dedos de última mano (V8-NDUM)**

Una vez realizado el desmane, se cuenta el número de dedos de la última mano con grado y calidad exportable (Bravo, 2021).



Figura 13. Última mano de banano
Fuente. El autor

3.7 Procedimiento estadístico

Se utilizó los análisis de pruebas paramétrica de medio del programa estadístico SPSS versión 22 de prueba para Windows, con una confiabilidad en la estimación del 95% ($\alpha= 0.05$).

La aleatorización e independencia de observaciones, se efectuó al inicio del experimento, pues se distribuyó dentro de cada bloque todos los tratamientos aleatoriamente y se seleccionó 11 observaciones en cada tratamiento lo que nos da un total de 44 observaciones por cada repetición, esto con el fin de garantizar la aleatorización y asegurar la normalidad y homogeneidad de datos en el procesamiento estadístico previo a realizar el análisis de varianza.

El análisis de varianza factorial Inter grupos se efectuó utilizado en un diseño en bloque completos al azar, que contiene tres fuentes de variación, las cuales son: El factor de estudio, los factores no controlados y el error experimental. Se utilizo pruebas post hoc de subconjuntos homogéneos de Tukey para encontrar las diferencias significativas entre tratamientos (García et al., 2011).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis exploratorio de las diversas variables biométrica del cultivo de banano.

Las variables medidas fueron sometidas a un análisis exploratorio de datos para verificar la existencia valores atípicos que pudieran afectar el procesamiento estadístico al cual se sometieron cada una de las variables respuesta. Los datos fueron eliminados para mantener distribuciones normales y variaciones homogéneas, el diagrama de caja y bigotes permite comparar la distribución y dispersión de los datos de las variables biométricas en los diferentes tratamientos.

La emisión foliar más alta es de 1.4 hojas pue se encuentra en el tratamiento de fertirriego, la emisión mínima se encuentra en el testigo con 0.6 hoja, así mismo la mayor dispersión de datos se presenta en el sistema de fertirriego donde se observó mayor homogeneidad y simetría respecto a la mediana 0.8 (Figura 14).

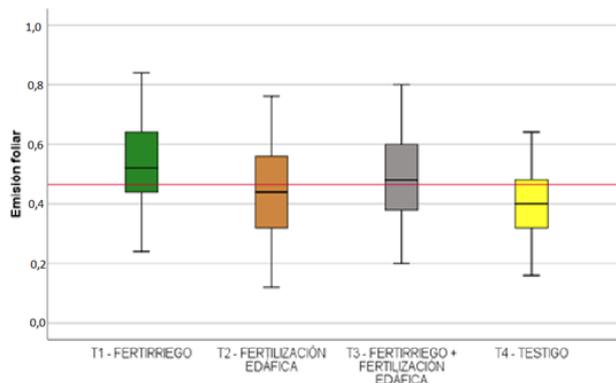


Figura 14. Diagrama de caja y bigote de emisión foliar hijo

La mayor dispersión de datos se encuentra en el tratamiento T1, T3 y T4 con valores máximos de 3.40 en el T1. Existen valores atípicos que no son representativos en la muestra, los valores que se encuentran debajo de la media fueron en los tratamientos 2, 3 y 4. El tratamiento 3 presentó mayor dispersión de datos (Figura 15).

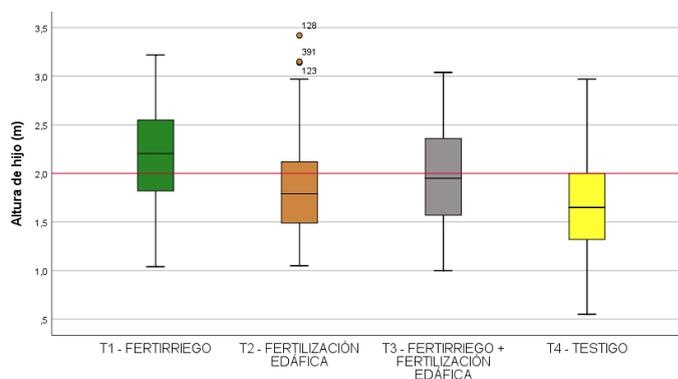


Figura 15. Diagrama de caja y bigotes de altura del hijo.

Al realizar el diagrama de cajas y bigotes se puede evidenciar valores de cuartil 3 por encima de la media para el tratamiento T1, T2 y T3, se observaron valores máximos de 59.20 cm el T1 y valores mínimos de 39.8 cm. En el T3 se observa una mayor dispersión de los datos, además de la existencia de valores atípicos que fueron representativos en la muestra (Figura 16).

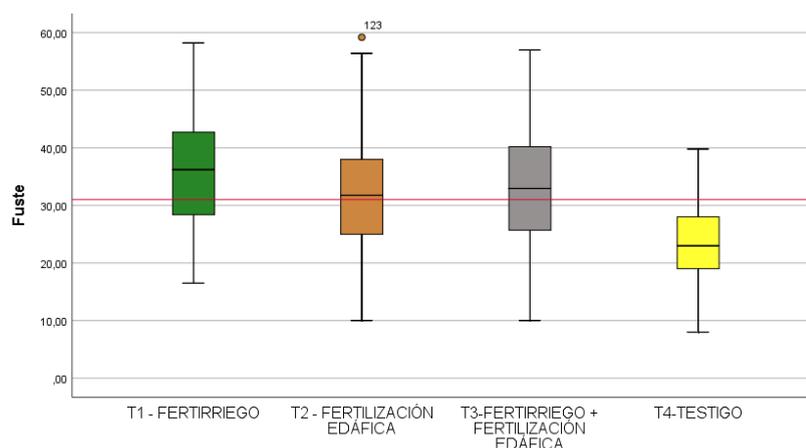


Figura 16. Diagrama de caja y bigotes del fuste

El diagrama de cajas y bigotes en el T1, T2, y T3 demostraron valores de cuartil 3 por encima de la media, con valores máximo en el T1 de 84.90 libras y valor mínimo en T4 de 42.40 libras. En el T4 se pudo observar datos con mayor dispersión y simetría, mientras que en los T1 y T3, se observó sesgos o asimetría negativa, así también se encontraron valores atípicos que fueron representativos para la muestra (Figura 17).

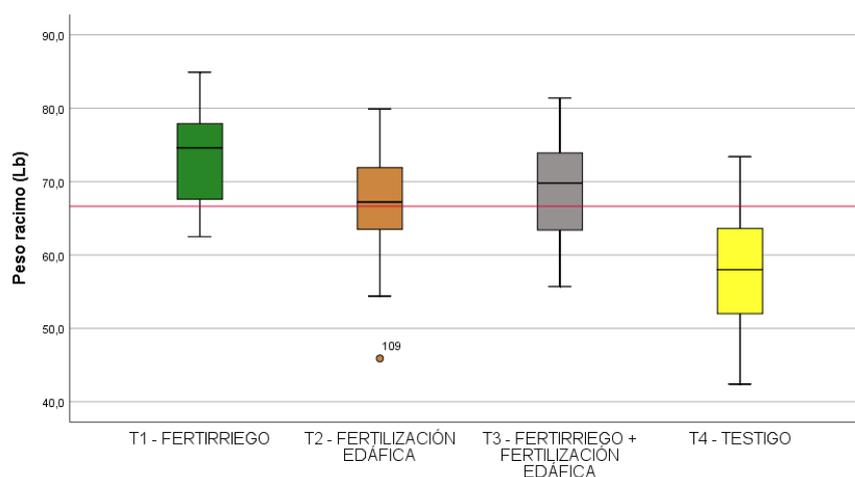


Figura 17. Diagrama de caja y bigotes del peso del racimo

El diagrama de cajas y bigotes del peso del raquis demostró que no existieron valores atípicos que afectan la homogeneidad de datos, pues no fueron representativos para la muestra, se determinó valores máximos de 10.80 libras y valores mínimo de 6.00 libras en los tratamientos, como también se observó mayor dispersión y asimetría en los T1, T2 y T3, como también se observó que la mediana en el T1 está por encima de la media (Figura 18).

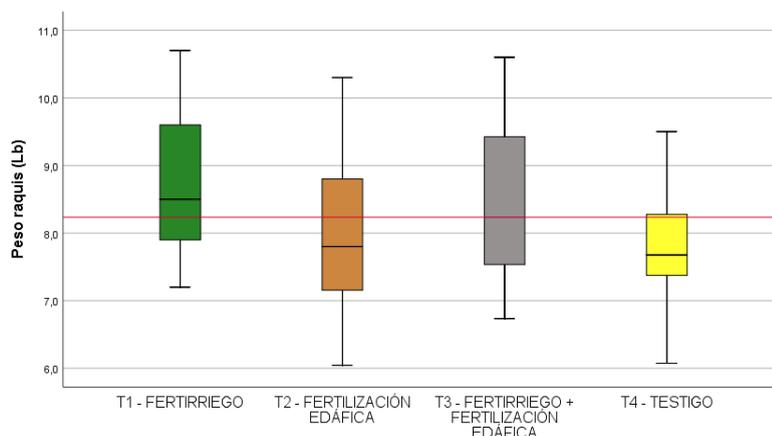


Figura 18. Diagrama de caja y bigotes del peso del raquis

Todos los tratamientos tuvieron medias por encima de la línea de la media con valores máximo de 10 manos por racimo y mínimo de 4 manos por racimo. En el T3 se puede observar que los datos tuvieron un mayor dispersión y simetría. No se presentan valores atípicos que afecten la homogeneidad de los datos, pues no fueron representativos para la muestra (Figura 19).

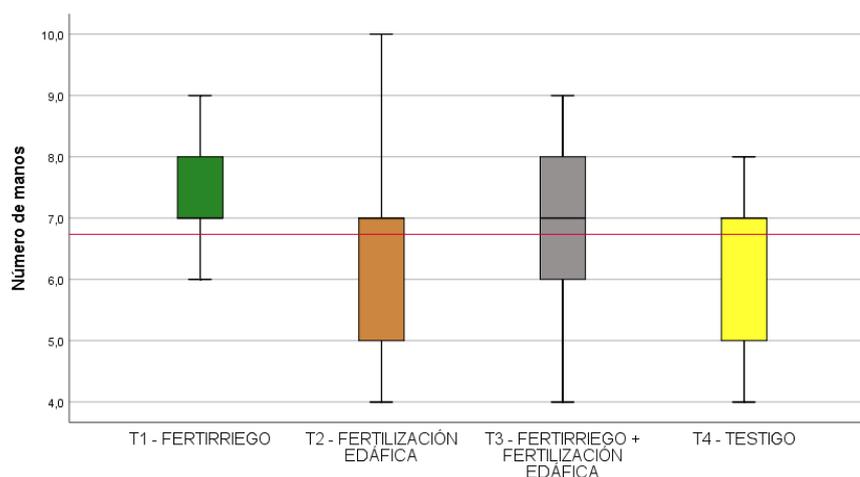


Figura 19. Diagrama de caja y bigotes del número de manos

El diagrama de cajas y bigotes para la variable número de dedos de mano de sol no presentó valores atípicos, el T3 se evidenció una mayor distribución de datos se observó en el diagrama valores superiores 23 dedos por mano y valores mínimo de 12 dedos por mano (Figura 20).

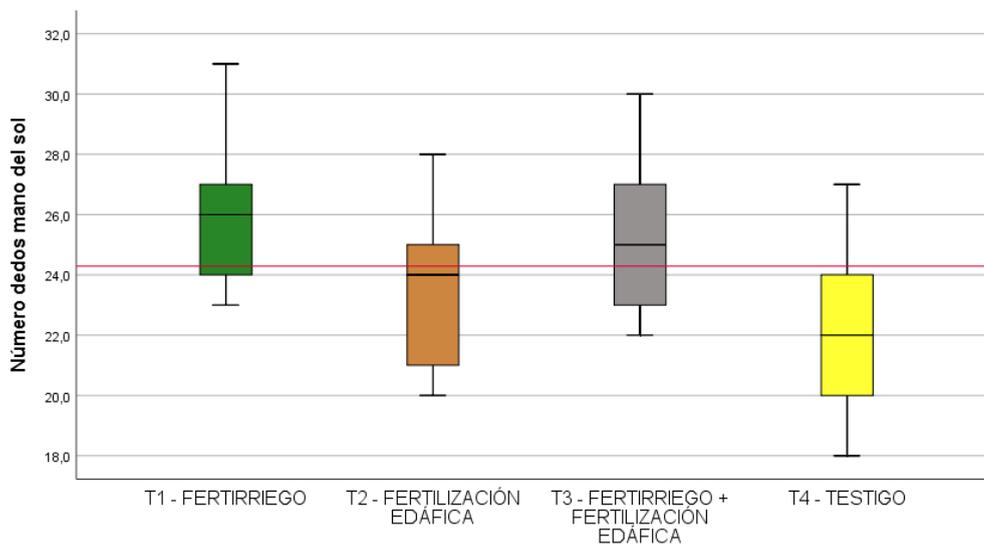


Figura 20. Diagrama de caja y bigotes del número de dedos manos del sol

El diagrama de cajas y bigotes para la variable número de dedos de última mano no presentó valores atípicos, el T3 se evidenció una mayor distribución de datos se observó en el diagrama valores superiores 22 dedos por mano y valores mínimo de 13 dedos por mano (Figura 21).

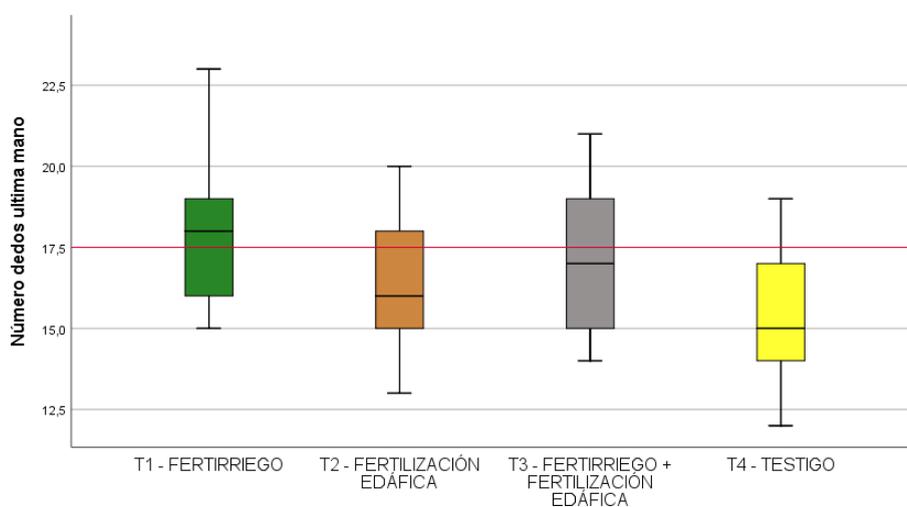


Figura 21. Diagrama de caja y bigotes del número de dedos de la última mano

Antes de realizar la prueba de normalidad, Tabla 15, se procedió a eliminar valores extremos y atípicos obtenidos del diagrama de cajas y bigotes de cada variable. Se realizó la prueba de normalidad de datos por variable, aceptando la hipótesis nula y a su vez denotando que los datos para cada variable medida tuvo una distribución normal debido a que la lectura del p-valor de la prueba de Kolmogórov-Smirnov fue mayor al nivel de significancia alfa predefinido ($\alpha= 0.05$).

Con una confiabilidad estimada de un 95% y un error mínimo de 5% se evidencio que al menos una de las medias de las variables: V1-EMF, V2-AH, V3-FUST, V4-PRM, V5-PRQ, V6-NM, V7-NDMS y V8-NDUM en los diferentes tipos de fertilización, fue diferente. Es así como se demostró estadísticamente que el 95% de los datos de cada una de las variables medidas del banano se encontraban a dos o menos desviaciones estándar de la media (Tabla 13).

Tabla 13. Prueba de normalidad de datos en función de las variables de estudio

Prueba de normalidad de datos							
Variable	Tratamiento	Kolmogórov-Smirnov		Variable	Tratamiento	Kolmogórov-Smirnov	
		Estadístico	p-valor			Estadístico	p-valor
V1-EMF	T1	0,09	0,07	V5-PRQ	T1	0,14	0,09
	T2	0,09	0,08		T2	0,12	0,20
	T3	0,09	0,06		T3	0,12	0,20
	T4	0,08	0,13		T4	0,08	0,20
V2-AH	T1	0,05	0,20	V6-NM	T1	0,09	0,08
	T2	0,06	0,06		T2	0,05	0,20
	T3	0,06	0,08		T3	0,14	0,09
	T4	0,06	0,20		T4	0,13	0,15
V3-FUST	T1	0,06	0,05	V7-NDMS	T1	0,14	0,10
	T2	0,05	0,20		T2	0,15	0,05
	T3	0,05	0,20		T3	0,14	0,12
	T4	0,05	0,20		T4	0,11	0,20
V4-PRM	T1	0,10	0,20	V8-NDUM	T1	0,14	0,10
	T2	0,11	0,20		T2	0,13	0,15
	T3	0,08	0,20		T3	0,13	0,15
	T4	0,08	0,20		T4	0,14	0,12

Se realizó la prueba de homogeneidad de datos para cada variable, aceptando la hipótesis nula, denotando así que los datos para las variables tuvieron varianzas homogéneas debido a que la lectura del p-valor de la prueba de Levene fue mayor al nivel de significancia alfa predefinido.

Con una confiabilidad en la estimación de un 95% y un error mínimo del 5% se concluyó que las variables en los diferentes tipos de fertilización fueron homogéneas. Por lo tanto, se recomendó la utilización de un procedimiento paramétrico (ANOVA factorial Inter grupos) para determinar si existen o no diferencias entre los tratamientos objeto de estudio, ya que se cumplió cada uno de los supuestos en la mayoría de las variables.

Con una confiabilidad en la estimación del 95%, y un error de probabilidad mínimo del 5% se concluye que existe aditividad en los tratamientos y bloques, por lo tanto, no se presentó un efecto de interacción entre los tratamientos y los bloques. Se puede asumir que las unidades experimentales dentro de cada bloque, fueron homogéneas, y entre bloques, fueron heterogéneas, es decir el factor no controlado (fertilidad del suelo) fue correctamente bloqueado, pues no generó diferencias significativas en las variables de los diferentes tipos de fertilización, este modelo fue aditivo entre (mantuvo la tendencia respecto a cada tratamiento dentro del bloque) y así se máximo las diferencias entre bloques y demostró homogeneidad en los tratamientos dentro de cada bloque.

4.2 Estadística descriptiva

La tabla 14 muestra un resumen de la estadística descriptiva de los datos de 8 variables estudiadas, la variable emisión foliar (V1-EMF) se procesaron 1452 datos, con un media T1 0.84, T2 0.78, T3 0.83 y T4 0.68, un coeficiente de variación T1 31.76%, T2 33.51 %, T3 27.05% y T4 36.24%. Altura hijo (V2-ah) se procesaron 792 datos, con una media T1 2.19 m, T2 1.84 M, T3 1.97 M, T4 1.68 M, un coeficiente de variación T1 21.98%, T2 25.23%, T3 25.30% y T4 27.71%. Diámetro de fuste (V3-FUST) se procesaron 792 datos, con una media de T1 36.05 cm, T2 31.65 cm, T3 32.80 cm y T4 23.58 cm, con un coeficiente de variación T1 25.40%, T2 30.79%, T3 30.72% y T4 28.55 %, las variables de producción se procesaron 132 datos, peso del racimo (V4-PRM) con una media de T1 73.42 lb, T2 66.75 lb, T3 68.75 lb y T4 57.63 lb, con un coeficiente de variación de T1 8.86%, T2 10.75 %, T3 10.01 y T4 13.22%, peso de raquis del racimo (V5-PRQ) con una media en T1 8.71lb T2 8.02 lb, T3 8.44 lb y T4 7.76 lb, con un coeficiente de variación de T1 12.14%,T2 14.30%, T3 12.75 % y T4 10.89%, numero de manos por racimo (V6-NM) con una media en T1 7.30, T2 6.61,T3 6.85 y T4 6.18 , coeficiente de variación T1 10.54%, T2 23.31%,T3 20.69 % y T4 18.73, Numero de dedos mano Sol con valores de media de T1 25.91,T2 23.58,T3 25.27 y T4 22.39, con un coeficiente de variación T1 8.49 %, T2 10.50%, T3 9.29% y T4 11.27 %,Numero de dedos ultima mano (V8-NDUM), valores de media de T1 17.91, T2 16.33, T3 17.18 y T4 15.42, coeficiente de variación T1 12.28%, T2 12.59%, T3 12.30% y T4 13.66%.

Tabla 14. Estadísticos descriptivos en función de las variables de estudio

Estadísticos descriptivos									
Variable	Tratamiento	Media	Mediana	Desviación estándar	CV (%)	Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo
V1-EMF	T1	0.84	0.80	0.27	31.76	0.05	0.09	0.20	1,4
	T2	0.78	0.80	0.26	33.51	1.34	2.24	0.40	1,4
	T3	0.83	0.80	0.22	27.05	0.28	0.65	0.20	1,2
	T4	0.68	0.60	0.25	36.24	1.61	4.38	0.20	1,4
V2-AH	T1	2.19	2.21	0.48	21.98	-0.04	-0.78	1.00	3.20
	T2	1.84	1.79	0.46	25.23	0.67	0.36	1.10	3.40
	T3	1.97	1.95	0.50	25.30	0.15	-0.85	1.00	3.00
	T4	1.68	1.65	0.46	27.71	0.17	-0.52	1.00	3.00
V3-FUST	T1	36.05	36.20	9.16	25.40	0.09	-0.87	16.50	58.20
	T2	31.65	31.75	9.74	30.79	0.20	-0.15	10.00	59.20
	T3	32.80	32.95	10.08	30.72	-0.01	-0.65	10.00	57.00
	T4	23.58	23.00	6.73	28.55	0.15	-0.51	8.00	39.80
V4-PRM	T1	73.42	74.60	6.50	8.86	-0.06	-0.96	62.50	84.90
	T2	66.75	67.20	7.18	10.75	-0.72	0.93	45.90	79.90
	T3	68.75	69.80	6.88	10.01	-0.17	-0.81	55.70	81.40
	T4	57.63	58.00	7.62	13.22	0.07	-0.67	42.40	73.40
V5-PRQ	T1	8.71	8.50	1.06	12.14	0.37	-1.15	7.20	10.70
	T2	8.02	7.80	1.15	14.30	0.41	-0.77	6.00	10.30
	T3	8.44	8.24	1.08	12.75	0.35	-0.92	6.70	10.60
	T4	7.76	7.68	0.84	10.89	0.00	-0.34	6.10	9.50
V6-NM	T1	7.30	7.00	0.77	10.54	0.72	0.49	6.00	9.00
	T2	6.61	7.00	1.54	23.31	-0.10	-0.38	4.00	10.00
	T3	6.85	7.00	1.42	20.69	-0.56	-0.35	4.00	9.00
	T4	6.18	7.00	1.16	18.73	-0.76	-0.76	4.00	8.00
V7-NDMS	T1	25.91	26.00	2.20	8.49	0.37	-0.54	23.00	31.00
	T2	23.58	24.00	2.48	10.50	0.26	-0.97	20.00	28.00
	T3	25.27	25.00	2.35	9.29	0.22	-0.90	22.00	30.00
	T4	22.39	22.00	2.52	11.27	0.12	-0.83	18.00	27.00
V8-NDUM	T1	17.91	18.00	2.20	12.28	0.37	-0.54	15.00	23.00
	T2	16.33	16.00	2.06	12.59	-0.14	-1.00	13.00	20.00
	T3	17.18	17.00	2.11	12.30	-0.04	-1.07	14.00	21.00
	T4	15.42	15.00	2.11	13.66	-0.20	-1.09	12.00	19.00

4.3 ANOVA factorial Inter grupos

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: V1-EMF, V2-AH, V3-FUST, V4-PRM, V5-PRQ, V6-NM, V7-NDMS y V8-NDUM 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 15).

Tabla 15. Efecto del factor de estudio sobre las variables medidas

ANOVA factorial intergrupos - Efecto del factor de estudio sobre las variables medidas				
Variables	Tipo III Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P-valor
V1-EMF	5,93	1,98	31,80	0,000
V2-AH	28,01	9,34	41,05	0,000
V3-FUST	16692,83	5564,28	71,14	0,000
V4-PRM	4345,56	1448,52	30,45	0,000
V5-PRQ	17,88	5,96	6,07	0,001
V6-NM	21,72	7,24	7,16	0,000
V7-NDMS	253,85	84,62	15,59	0,000
V8-NDUM	114,03	38,01	8,80	0,000

4.4 Prueba post-hoc de Tukey

Una vez fue identificado que en al menos uno de los tratamientos existió diferencias significativas de cada una de las variables, fue necesario realizar una prueba post-hoc, la cual indicó el mejor tratamiento y denoto si las diferencias entre ellos son o no significativas (Tabla 16)

Tabla 16. Prueba post-hoc de Tukey en función de las variables de estudio

Prueba Post-hoc de Tukey				
Variable	T1	T2	T3	T4
V1-EMF	0,837 a	0,781 b	0,831 a	0,678 c
V2-AH	2,191 a	1,838 c	1,968 b	1,677 d
V3-FUST	36,047 a	31,65 b	32,798 b	23,572 c
V4-PRM	73,421 a	66,745 b	68,752 b	57,627 c
V5-PRQ	8,712 a	8,024 bc	8,438 ab	7,757 c
V6-NM	7,303 a	6,606 bc	6,848 ab	6,182 c
V7-NDMS	25,909 a	23,576 c	25,273 a	22,394 c
V8-NDUM	17,909 a	16,333 bc	17,182 ab	15,424 c

En la figura 22 se denotaron que no existen diferencias significativas entre la implementación del T1-fertirriego y una fertilización combinada de T2-fertirriego-fertilización edáfica, es decir tuvieron una similar distribución de sus medias de 0.8 hojas por semana, lo cual determinó que ambos causaron el mismo efecto sobre la variable V1-EMF. Mientras que el tratamiento donde se realizó una fertilización edáfica demostró medias inferiores a la media general. De tal forma, la emisión de hojas del banano por semana fue mayor al implementar un sistema de inyección de fertilizantes subfoliar o en su defecto un sistema combinado con fertilización edáfica. Martínez y Cayón (2011), manifiestan que el número de hojas está

directamente relacionada con la condiciones climáticas y nutricionales y a su vez estas pueden alcanzar de 0.6 hasta 0.8 hojas por semana y a su vez Robinson (1995), indica que la tasa de emisión foliar es un parámetro principal representativo de un óptimo desarrollo vegetativo del cultivo de banano. Esta variable es directamente proporcional con la temperatura del sitio. Concluyendo que la máxima emisión foliar se evidencia durante la fase infantil y fase juvenil. El promedio de hojas en su fase juvenil es de una hoja cada 10 días.

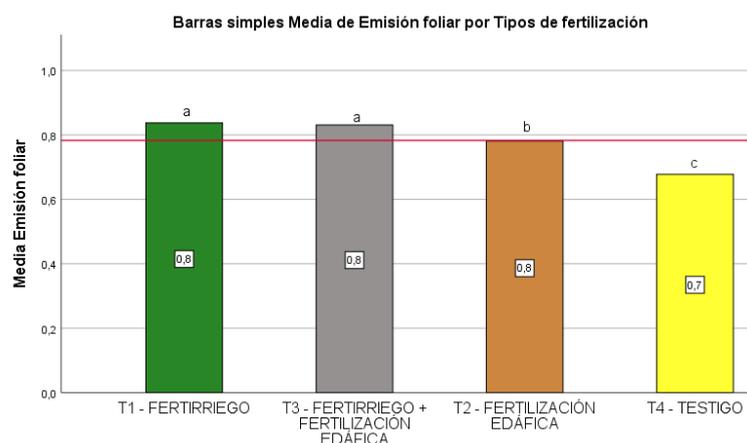


Figura 22. Media de emisión foliar por cada tipo de tratamiento

En la figura 23, se observó que existen diferencias significativas entre la implementación del fertirriego y una fertilización combinada de fertirriego-fertilización edáfica, es decir no tuvieron una similar distribución de sus medias, las cuales fueron de 2.191 metros y 1.968 metros respectivamente, lo cual determinó que el fertirriego causó un mayor efecto en la variable V2-AH. Mientras que los demás tratamientos demostraron medias inferiores y diferentes. De tal forma que se dedujo que la altura del banano era mayor al implementar un sistema de inyección de fertilizantes subfoliar. Acosta y Salinas (2011). Esta tecnología se ha desarrollado para mejorar el rendimiento de los cultivos. Son muchos los beneficios que este sistema brinda, ya que utiliza el agua y nutrientes día a día en forma continua y creciente a medida que avanza su ciclo vegetativo (Camejo et al., 2010b). indican que cuando el hijo ha alcanzado su máximo desarrollo tiene una altura de 2 a 3 metros, este valor es estimado del hijo a la cosecha. Cuya medida se realiza desde la base de la unión con el cormo hasta la axila de la última hoja.

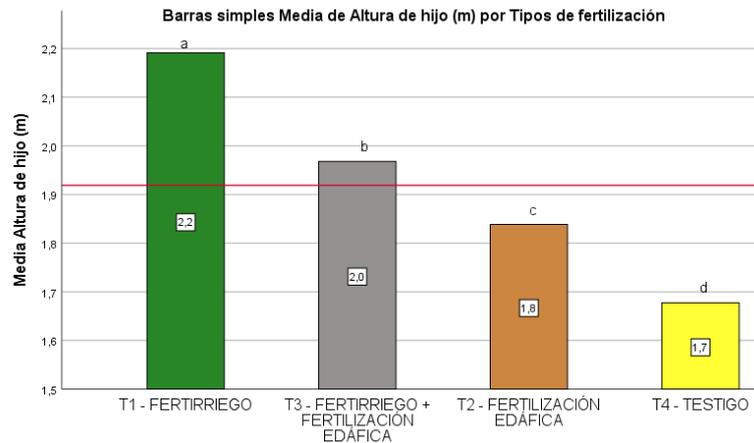


Figura 23. Media de la altura de hijo por cada tipo de tratamiento

Se observó en la figura 24 que existen diferencias significativas entre la implementación del fertirriego y una fertilización combinada de fertirriego-fertilización edáfica, es decir no tuvieron una similar distribución de sus medias, pues se obtuvo un diámetro de fuste del banano de 36,047 y 32,798 centímetros respectivamente, lo cual determinó que el fertirriego causó un mayor efecto en la variable V3-FUST. Mientras que los demás tratamientos demostraron medias inferiores y diferentes. De tal forma que se dedujo que el fuste del banano fue mayor al implementar un sistema de inyección de fertilizantes, con la fertirrigación se suministran las dosis adecuadas y las raíces lo asimilan de forma inmediata. Esta aplicación se realiza fraccionando en días a fin de evitar pérdidas y excesos (Basso Carmen et al., 2008). Estos resultados pueden contrastarse con Soto (2014), el cual indica que el diámetro del fuste puede alcanzar de 30 a 50 cm.

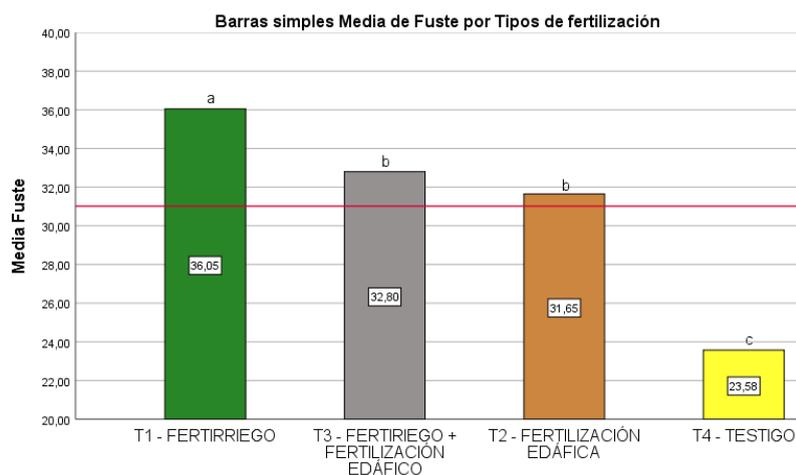


Figura 24. Media de fuste por cada tipo de tratamiento

Se observó en la figura 25 que existen diferencias significativas entre la implementación del fertirriego y una fertilización combinada de fertirriego-fertilización edáfica, es decir no

tuvieron una similar distribución de sus medias, obteniendo medias de peso de racimo de banano de 73,421 y 68,752 libras respectivamente, lo cual determino que el fertirriego causo un mayor efecto en la variable V4-PRM. Mientras que los demás tratamientos demostraron medias inferiores y diferentes. De tal forma que se puede deducir que el fuste del banano fue mayor al implementar el Fertirriego se ve reflejado en la mayor eficiencia de aplicación de estos logrando resultados satisfactorios de este cultivo (Ulloa, 2016). Lo que coincide con Delgado et al. (2013), manifestado que el peso del racimo de banano puede llegar a pesar entre 45 a 70 lb.

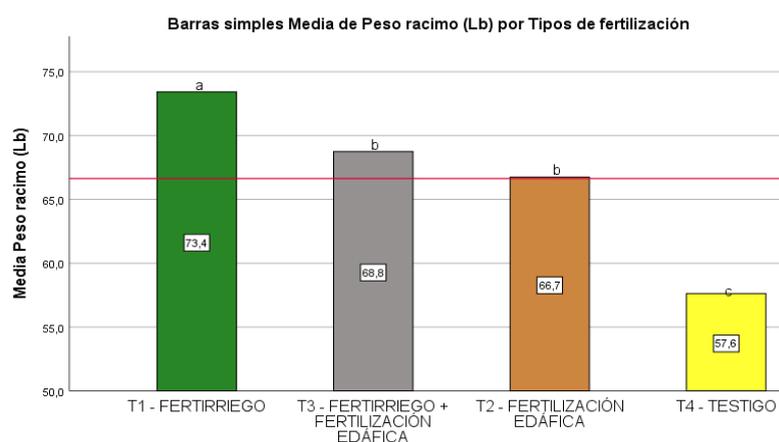


Figura 25. Media del peso de racimo por cada tipo de tratamiento

Se observó en la figura 26 que existen diferencias significativas entre la implementación del fertirriego y una fertilización combinada de fertirriego-fertilización edáfica, es decir no tuvieron una similar distribución de sus medias, obteniendo medias de peso de raquis del banano de 8,712 y 8,438 libras respectivamente, lo cual determinó que el fertirriego causó un mayor efecto en la variable V5-PRQ. Mientras que los demás tratamientos demostraron medias inferiores y diferentes. De tal forma que se puede deducir que el peso de raquis del banano fue mayor al implementar un sistema de inyección de fertilizantes subfoliar.

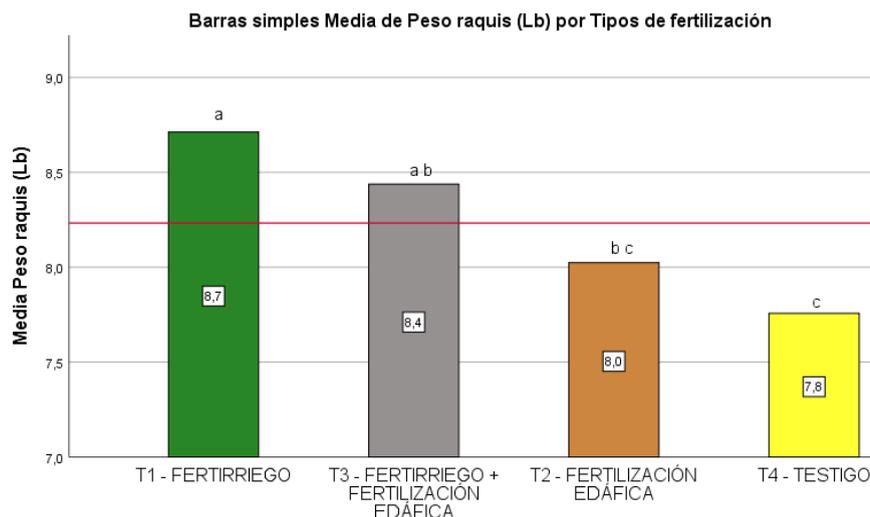


Figura 26. Media del peso de raquis por cada tipo de tratamiento

Se observó en la figura 27 que existen diferencias significativas entre la implementación del fertirriego y una fertilización combinada de fertirriego-fertilización edáfica, es decir no tuvieron una similar distribución de sus medias, obteniendo medias de número de manos del banano de 7 y 6 respectivamente, lo cual determinó que el fertirriego causó efecto en la variable V6-NM. Mientras que los demás tratamientos demostraron medias inferiores y diferentes. De tal forma que se puede deducir que el número de manos del banano en periodo de cosecha fue mayor al implementar un sistema de inyección de fertilizantes subfoliar. Delgado et al. (2013), manifiesta que el número de manos por racimo varía desde 6 a 7 manos.

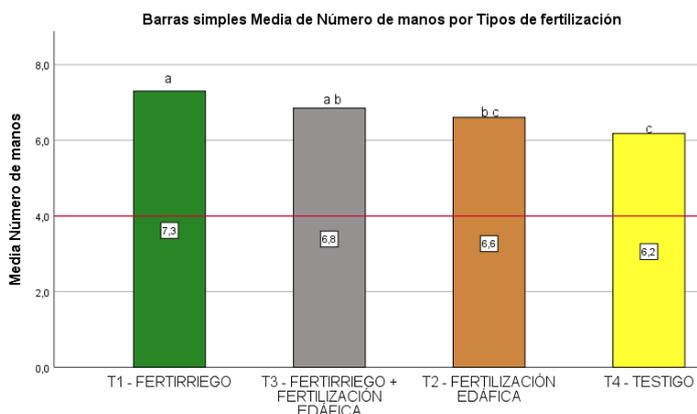


Figura 27. Media del número de manos por cada tipo de tratamiento

En la figura 28 se observó que no existen diferencias significativas entre la implementación del fertirriego y una fertilización combinada de fertirriego-fertilización edáfica, es decir tuvieron una similar distribución de sus medias, obteniendo medias de número de dedos 26 y 25 dedos respectivamente, lo cual determinó que ambos causaron el mismo efecto sobre la variable V7-NDMS. Mientras que el tratamiento donde se realizó una fertilización edáfica demostró medias

inferiores a la media general. De tal forma que el número de dedos de la mano sol del banano en periodo de cosecha fue mayor al implementar un sistema de inyección de fertilizantes subfoliar o en su defecto un sistema combinado con fertilización edáfica. Lo que coincide Delgado et al. (2013), el cual indica que el número de dedos de la mano de sol oscila entre 18 a 20 manos.

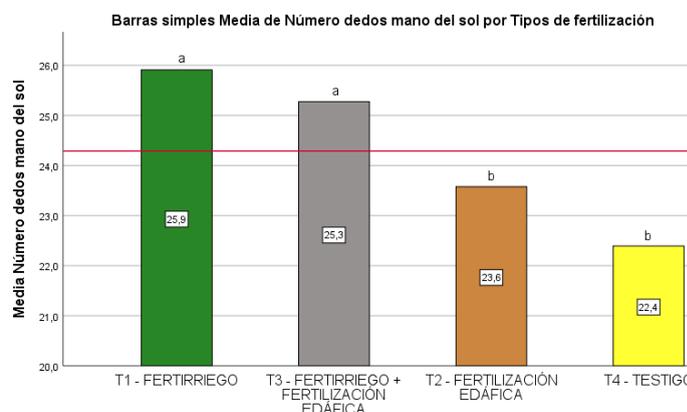


Figura 28. Media del número de dedos de la mano del sol por cada tipo de tratamiento

En la figura 29 se denotaron que no existen diferencias significativas entre la implementación del fertirriego y una fertilización combinada de fertirriego-fertilización edáfica, es decir tuvieron una similar distribución de sus medias, obteniendo medias de número de dedos de la última mano del racimo de banano de 18 y 17 dedos respectivamente, lo cual determinó que el fertirriego causó un efecto sobre la variable V8-NDUM. Mientras que el tratamiento donde se realizó una fertilización edáfica demostró medias inferiores a la media general. De tal forma que el número de dedos de la última mano del banano en periodo de cosecha fue mayor al implementar un sistema de inyección de fertilizantes subfoliar.

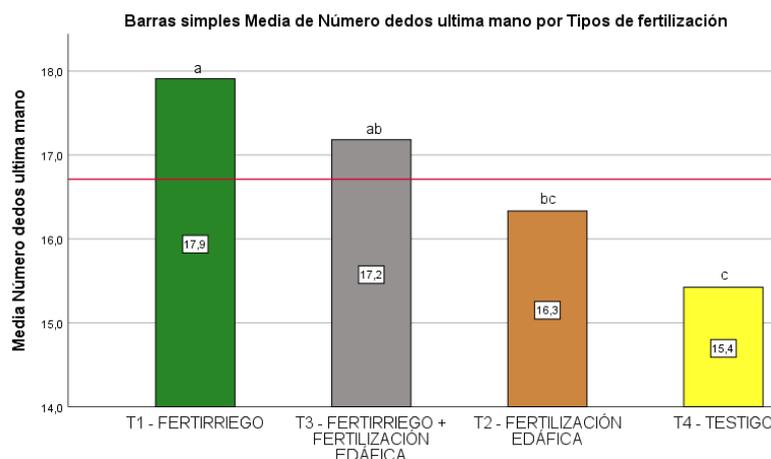


Figura 29. Media del número de dedos de la última mano por cada tipo de tratamiento.

5 CONCLUSIONES

- El Tratamiento Fertirriego presento mayor incidencia en el desarrollo vegetativo de la planta, teniendo una emisión foliar promedio de 0,8 por semana, la altura del hijo presento una media de 2.2 m y el diámetro del fuste del hijo una media de 36.047 cm.

- Las variables de producción: peso del racimo, numero de manos, numero de dedos de la mano de sol y numero de dedos de ultima mano presentaron medias por encima de la media general en los tratamientos fertirriego y edáfico-fertirriego.

- El sistema de inyección de fertilizantes permite fraccionar los ciclos de fertilización, absorbiendo nutrientes de manera constante que son asimilados de forma rápida por la planta, lo que se evidencio en el desarrollo del cultivo de banano.

6 RECOMENDACIÓN

Concluido el presente trabajo de investigación el autor se permite efectuar las siguientes recomendaciones:

-Que se continúe con el trabajo de investigación en el semestre que no se desarrolló este trabajo registrando las mismas variables y bajar el intervalo de riego máximo 7 días, y en la medida que sea posible fraccionar la lámina de agua de aplicada en este periodo de tiempo.

-Que se efectuó un estudio con el mismo sistema de fertirriego el comportamiento del sistema radical del cultivo de banano tanto a nivel superficial como subsuperficial.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, A. M. M., & Salinas, D. G. C. (2011). Dinámica del crecimiento y desarrollo del banano (Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(2). file:///C:/Users/USER/Downloads/Dinámica de crecimiento y desarrollo de banano. Martinez y Cayon. Gran Enano y Valery (2).pdf
- AEBE, A. de E. de B. del E. (2021). *Exportaciones mensuales de banano*. http://www.aebe.com.ec/wp-content/uploads/2018/06/AE_EstadisticasPublicas_Mar18.pdf
- Aguilar, A. (2015). *Evaluación de fungicidas organicos y aceites minerales en plantas de Banano para el control de Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet)*.
- Antunez, A., Reckmann, O., & Hirzel, J. (2009). Nodo tecnológico de riego en el secoano Región de O'higgins fase II. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*.
- Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador. (2016). *Exportaciones mensuales de banano*.
- BassoCarmen, Villafañe, R., Torres, S., & Díaz, J. (2008). Evaluación de la uniformidad del riego y efecto del fertirriego nitrogenado en un huerto de lechosa (Carica papaya L.). *Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela*. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612008000200004&script=sci_arttext
- Batey, T. (2009). Soil compaction and soil management—a review. *Soil Use and Management*, 25(4), 335–345.
- Bravo, E. A. (2021). *FERTILIZACIÓN EDAFICA EN DRENCH CON ORMUS MARINO EN EL CULTIVO DE BANANO (Musa acuminata AAA)*. Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR.
- Buchanan, B., Gruissem, W., & Jones, R. (2000). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. *American Society of Plant Physiologists, Rockville*, 1367.
- Calvache, M. (2002). El Riego en Ecuador. Manejo del agua: Principales fundamentos. *Memorias Del VIII Congreso Ecuatoriano de Las Ciencias Del Suelo. SECS*, 15.
- Calvo, A. (2014). Efecto del desmane intensivo sobre el desarrollo del racimo de banano. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 85–98.
- Camejo, L. E., Duarte, L. S., Companioni, J. L., & Paneque, P. (2010a). Tecnología de riego y fertirrigación en ambientes controlados. *Revista Ciencias Técnica Agropecuarias*, 19(1), 95–97.
- Camejo, L. E., Duarte, L. S., Companioni, J. L., & Paneque, P. (2010b). Tecnología de riego y fertirrigación en ambientes controlados. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(1), 95–

- Cañadas, L. (1983). *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. Mag-Pronareg.
- Casanova, O. E., & Rivero, C. (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, ISSN 0002-192X.*, 56(3):325-344.
- Castañeda Sánchez, D. A., Jaramillo Jaramillo, D. F., & Cotes Torres, J. M. (2014). Selección de propiedades del suelo espacialmente relacionadas con producción en el cultivo de banano. *Ciencia Del Suelo*, 32(1), 85–94.
- Castañón, G. (2000). Ingeniería del Riego, Utilización Racional del Agua. *ITES Paraninfo, Magallanes, Madrid, Españ*, 50–61.
- Darwich, N. (2006). Manual de Fertilidad de Suelos y Uso de Fertilizantes. *Buenos Aires, Argentina*, 24–52.
- Delgado, E., González, O., Moreno, N., & Romero, D. (2003). Efecto del desmane sobre el peso del racimo y las dimensiones del fruto del híbrido de plátano FHIA 21 (Musa AAAB). *Bioagro*, 15(1), 17–22.
- Delgado Ponton, A. (2019). *Maceración del pseudotallo en banano utilizando microorganismos de montaña en combinación con fertilizantes químicos para estimular el crecimiento del retorno* [Universidad Tecnica de Machala]. http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11349%0Ahttp://repositorio.utmachala%0A.edu.ec/bitstream/48000/13852/3/DE00006_TRABAJODETITULACION2.pdf%0D
- Duval, M. E., Galantini, J. A., Martínez, J. M., López, F. M., & Wall, L. G. (2015). *Evaluación de la calidad física de los suelos de la región pampeana: efecto de las prácticas de manejo*.
- FAO. (2018). *Situación del mercado del banano*. http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Bananas/Documents/Spanish_December_2017_update.pdf
- FAO. (2021). *El método del triángulo textural para determinar las clases texturales básicas*. Textura Del Suelo. http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm
- Faria, L. C., Beskow, S., Colombo, A., & Oliveira, H. F. . (2012). Modelagem dos efeitos do vento na uniformidade da irrigação por aspersão: aspersores de tamanho médio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(2), 133–141.
- Furcal, B. P., & Barquero, B. A. (2013). Respuesta del plátano a la fertilización con P, K y S durante el primer ciclo productivo. *Agronomía Mesoamericana, ISSN 1021-*, 24(2): 317-327.

- García, J. A., Castillo, A., Ramírez, M., Rendón, G., & Larqué, M. U. (2011). Comparación de los procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnett, HSU y Bechhofer para selección de medias. *Agrociencia*, 35(1), 79–86. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/92>
- Ginés, I., & Mariscal-Sancho, I. (2002). Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo. *Fertiberia SA de CV España*, 9.
- Hernández López, V. M., Vargas Vázquez, M. L. P., Muruaga Martínez, J. S., Hernández Delgado, S., & Mayek Pérez, N. (2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común: Avances y perspectivas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(2), 95–104. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000200002&lng=es&tlng=es.
- Hernández, Y., Marín, M., & García, J. (2007). Respuesta en el rendimiento del plátano (Musa AAB cv. Hartón) en función de la nutrición mineral y su ciclo fenológico. Parte I. Crecimiento y producción. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 24(4), 607–626.
- Holzapfel, E. A., Pardo, X. M., Paz, V. P., Rodrigues, A., Orrego, X. C., & López, M. . (2007). Análisis técnico-económico para selección de aspersores. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11(6), 557–563.
- Huertas, E. D. (2016). *ECTO DE FUENTES DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE BANANO (Musa acuminata AAA) CON Y SIN REMOCIÓN DEL SUELO. QUININDÉ, ESMERALDAS*. [UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8189/1/T-UCE-0004-47.pdf>
- INEC. (2015). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Informe_ejecutivo_ESPAC_2016.pdf
- INEC. (2019). *Visualizador de estadísticas agropecuarias del Ecuador*. <http://157.100.43.205/lcds-samples/testdriveremoteobject/main.html#app=44e4&a24-selectedIndex=1>, 15 de octubre de 2011.
- Labarca, M., Sosa, L., Esparza, D., Nava, C., Fernandez, L., & Villar, A. (2005). Evaluación de la colocación del fertilizante en la planta madre una vez cosechada sobre las variables de crecimiento y producción en el cultivo del plátano Harton (Musa AAB). *Revista de La Facultad de Agronomía*, 22(44), 416–428.
- León, J. B., Unda, S. B., & Batista, R. M. G. (2020). Evaluación de los índices de calidad del suelo de diversos cultivos en diferentes condiciones topográficas. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 31(1), 182–190.

- López, A. U. (2014). *ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS ALTERNATIVAS NUTRICIONALES INYECTADAS EN PLANTAS DE BANANO (Musa AAA) EN EL CANTÓN MILAGRO, PROVINCIA DEL GUAYAS*. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. *Academic Press, New York, NY, USA*, 889.
- Martínez, A., & Cayón, G. (2011). Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano (Musa AAA Simmonds cvs . Gran Enano y Valery). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64(7), 6055–6064. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n2/v64n2a03.pdf%0D>
- Medina Sánchez, L. (2008). *ELABORACIÓN DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS EN UNA PLANTACIÓN ESTABLECIDA DE BANANO (Musa sp. AAA) VARIEDAD WILLIAMS EN SIQUIRRES, COSTA RICA*. UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.
- Mejía de Tafur, M. S. (2010). Conceptos sobre Fisiología de Absorción y Funciones de los Minerales en la Nutrición de Plantas. In *Universidad Nacional de Colombia*.
- Mostafa, E. A. M. (2005). Response of Williams banana to different rates of nitrogen and potassium fertilizers. *Journal of Applied Sciences Research*, 1, 67–71.
- Ortíz, J. N., De Juan, J. A., & Tarjuelo, J. . (2010). Analysis of water application uniformity from a centre pivot irrigator and its effect on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield". *Biosystems Engineering*, 105(3), 367–379.
- Padilla, W. G. (2006). Nutricion mineral de cultivos. *Grupo Clínica Agrícola de Ecuador*. <https://silo.tips/download/nutricion-mineral-de-cultivos>
- Peña Peralta, M. Á., Hahn Schlam, F., & Yam Tzec, J. A. (2010). Inyección de fertilizante con bombas de paletas y control por conductividad eléctrica en soluciones madre para fertirriego. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3), 35–42.
- Ritter, C., Dicke, D., Weis, M., Oebel, H., Piepho, H. P., Büchse, A., & Gerhards, R. (2008). An on-farm approach to quantify yield variation and to derive decision rules for site-specific weed management. *Precision Agriculture*, 9(3), 133–146.
- Robinson, J. C. (1995). Systems of cultivation and management. In *In Gowen* (S. ed. Ban).
- Robinson, J. C., & Galán, V. (2012). *Plátanos y bananas*. (Editorial). [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=mAv3EQAcgZ8C&oi=fnd&pg=PA23&dq=Robinson,+J.,+%26+Galán+Saúco,+V.+\(2012\).+Plátanos+y+banana&ots=7BrTvy--Z_&sig=zKl1q1_A_BFnkcMZc9m_6TLaTN0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=mAv3EQAcgZ8C&oi=fnd&pg=PA23&dq=Robinson,+J.,+%26+Galán+Saúco,+V.+(2012).+Plátanos+y+banana&ots=7BrTvy--Z_&sig=zKl1q1_A_BFnkcMZc9m_6TLaTN0#v=onepage&q&f=false)
- Rodríguez, E., & Guzmán, M. (2004). Características de los fertilizantes para su uso en la fertirrigación. *Ferti-Riego: Tecnologías Y Programación En Agroplasticultura*, September,

191–202.

- Rodríguez, G. M. R., & Puig, E. O. (2012a). Comportamiento hidráulico de los sistemas de riego por goteo superficial y sub superficial. *Revista Científicas Técnicas Agropecuarias*, 21(3), 23–28.
- Rodríguez, G. M. R., & Puig, E. O. (2012b). Comportamiento hidráulico de los sistemas de riego por goteo superficial y sub superficial. *Revista Científicas Técnicas Agropecuarias*, ISSN 1010-2760, 21(3):23-28.
- Rodríguez, M., Rey, R., Torralba, V., Puig, O., & Acevedo, R. (2007). Riego por aspersión de baja intensidad en el cultivo del banano con el empleo del miniaspersor Mamkad 2255 «pruebas de laboratorio». *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 12(1), 86–88.
- Rojas, L., Cajiao, A., & Rivera, K. (2018). Estudio y análisis presuntivo de la fertilidad microbiana del suelo de un cultivo de maíz (*Zea mays*) en Pamplona, Norte de Santander. *BISTUA Revista de La Facultad de Ciencias Básicas*, 16(1), 3–12.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). Propiedades físicas del suelo. *Universidad de La República: Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay*.
- Sandoval, M., Dorner, J., Seguel, O., Cuevas, J., & Rivera, D. (2012). Métodos de análisis físicos del suelo. *Publicaciones-Departamento de Suelos y Recursos Naturales*.
- Senthilkumar, M., Ganesh, S., Srinivas, K., Panneerselvam, P., Nagaraja, A., & Kasinath, B. L. (2017). Fertigation for effective nutrition and higher productivity in banana-a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(7), 2104–2122.
- Simón, M., Peralta, N. R., & Costa, J. L. (2013). Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. *Asociación Argentina de La Ciencia Del Suelo*.
- Soto, M. (2014). *Bananos, conceptos básicos* (Tecnológico).
- Sumner, M. E., Grunes, D. L., & Wilkinson, S. R. (2000). Nutrient interactions in soil and plant nutrition. *Handbook of Soil Science*, 89–112.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology 5 th ed*. Sinauer Associates Inc. Publishers.
- Turner, D. W., Fortescue, J. A., & Thomas, D. S. (2007). Environmental physiology of the bananas (*Musa spp.*). *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), 463–484.
- Ugarte, M. B., Belmar, C. A., & Holwerda, H. T. (2007). Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de Especialidad Pimiento. [Http://Www.Sqm-Vitas.Com/Portals/0/Pdf/CropKits/SQM-Crop_Kit_Pepper_L-ES.Pdf](http://Www.Sqm-Vitas.Com/Portals/0/Pdf/CropKits/SQM-Crop_Kit_Pepper_L-ES.Pdf), 104. <https://doi.org/10.1093/acref/9780192803511.013.0949>
- Ulloa, M. C. (2016). Fertirriego en Ecuador, presente y futuro. *Quito: Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo*. <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Fertirriego-en-Ecuador.pdf>

- Vélez, J. (2010). Curso de Edafología. *Universidad Técnica de Machala – Facultad de Ciencias Agropecuarias. Machala, Ecuador.*, 179.
- Villaseñor, D. (2016). *Fundamentos y procedimientos para análisis físicos y morfológicos del suelo* [Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/10690>
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Revista Científica Cumbres*, 8. file:///C:/Users/User 13-11-2019/Downloads/ART-0080-Characterización-física-y-clasificación-taxonómica-de-algunos-suelos.pdf
- Yacoubi, S., Zayani, K., Slatni, A., & Playán, E. (2012). "Assessing Sprinkler Irrigation Performance Using Field Evaluations at the Medjerda Lower Valley of Tunisia. *Engineering*, 4(10), 682–691.

8 ANEXOS

Anexo 1. Toma de Ph y CE en Solución nutritiva



Anexo 2 .Aplicación de Fertilizantes



Anexo 3 .Control de Sistema de inyección



Anexo 4. Aplicación edáfica



Anexo 5. Toma de datos del racimo



Anexo 6. Prueba de homogeneidad de datos en las diversas variables de estudio

Prueba de Homogeneidad de datos				
Variab	Estadístico de Levene basado en la media	gl1	gl2	p-valor
V1-EMF	5,47	3,00	392,00	0,05
V2-AH	1,18	3,00	788,00	0,32
V3-FUST	12,66	3,00	788,00	0,10
V4-PRM	0,28	3,00	128,00	0,84
V5-PRQ	1,90	3,00	128,00	0,13
V6-NM	2,08	3,00	128,00	0,09
V7-NDMS	0,41	3,00	128,00	0,75
V8-NDUM	0,02	3,00	128,00	1,00

Anexo 7. Prueba de aditividad entre los tratamientos y bloques para cada variable de estudio

Prueba de aditividad entre los Tratamientos y los Bloques				
Variables	Tipo III Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P-valor
V1-EF	0,55	0,28	4,43	0,11
V2-AH	0,68	0,34	1,49	0,23
V3-FUST	2662,63	1331,31	17,02	0,05
V4-PRM	378,43	189,21	3,98	0,08
V5-PRQ	14,13	7,07	7,20	0,60
V6-NM	74,61	37,30	36,90	0,07
V7-NDMS	47,29	23,64	4,36	0,12
V8-NDUM	30,47	15,24	3,53	0,30

Anexo 8. Esquema del Sistema de Inyección de Fertilizantes

