



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

Efecto de intervalo de riego con fertirriego y fertilización edáfica en cultivo de banano

**PRADO DIAZ MILENA MADELAINE
INGENIERA AGRONOMA**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**Efecto de intervalo de riego con fertirriego y fertilización edáfica en
cultivo de banano**

**PRADO DIAZ MILENA MADELAINE
INGENIERA AGRONOMA**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

**Efecto de intervalo de riego con fertirriego y fertilización edáfica
en cultivo de banano**

**PRADO DIAZ MILENA MADELAINE
INGENIERA AGRONOMA**

CHABLA CARRILLO JULIO ENRIQUE

**MACHALA
2023**

Trabajo Experimental Milena Prado.docx

por Madelaine PRADO DIAZ

Fecha de entrega: 06-mar-2024 12:32p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2313405504

Nombre del archivo: Trabajo_Experimental_Milena_Prado.docx (7.04M)

Total de palabras: 15570

Total de caracteres: 82411

Trabajo Experimental Milena Prado.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	docplayer.es Fuente de Internet	1%
2	doczz.net Fuente de Internet	1%
3	colposdigital.colpos.mx:8080 Fuente de Internet	1%
4	pdfslide.net Fuente de Internet	1%

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%

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

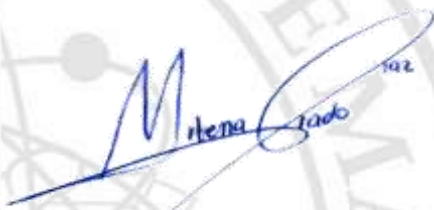
La que suscribe, PRADO DIAZ MILENA MADELAINE, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado Efecto de intervalo de riego con fertirriego y fertilización edáfica en cultivo de banano, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

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

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

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

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



Milena Prado Diaz

PRADO DIAZ MILENA MADELAINE

0706382132

DEDICATORIA

A Dios, cuya infinita misericordia y guía han iluminado mi camino en cada etapa de este viaje académico. A mis amados Padres Rómulo Prado Rivera y María Diaz Jaramillo, quienes desde el inicio me brindaron su inquebrantable apoyo, aliento y sacrificio, siendo mi mayor inspiración y motivación. A mis queridos hermanos Nury Johanna, Edwin Fabian y María Lissette Prado Diaz y mi adorada sobrinita Romina Ruiz Prado, quienes me llenaron mi vida de amor y alegría, haciéndome perseverar en la búsqueda de mis metas.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profunda gratitud a todas las personas que han contribuido de manera especial a la realización de este trabajo de tesis. En primer lugar, a mis padres, Rómulo Prado Rivera y María Díaz Jaramillo y a mis hermanos Nury Johana, Edwin Fabian, María Lissette Prado Díaz, quienes han sido mi fuente de apoyo y amor incondicional a lo largo de este arduo proceso. Su dedicación y sacrificio han sido la fuerza motriz detrás de mis logros académicos.

Así mismo, deseo expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Machala, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios superiores en un ambiente de excelencia.

Agradezco especialmente a mi tutor de tesis, Ing. Julio Enrique Chabla Carrillo, Phd, por ser guía y apoyo fundamental, por su orientación experta, paciencia y dedicación a lo largo de este proyecto, sus conocimientos y sabios consejos han sido fundamentales para el desarrollo de trabajo.

A mis amigos, *Mateo Iñiguez* y *Vladimir Cabrera* quienes compartieron conmigo los desafíos y las alegrías de este proceso. Su colaboración, ideas y compañerismo fueron esenciales para el éxito de este proyecto.

A mis amigos, quienes han estado a mi lado en cada etapa de este viaje. Su apoyo incondicional, palabras de aliento y momentos compartidos han hecho que este camino sea más llevadero y memorable.

RESUMEN

La importancia de la nutrición adecuada en la producción agrícola, especialmente en el cultivo de banano. Se destaca que la aplicación de fertilizante sin considerar las características del suelo y las necesidades de las plantas puede llevar a una discriminación en la productividad y un aumento en los costos de producción.

Se implemente nuevas estrategias de fertilización que incluye la combinación de nutrientes clave y la utilización de sistemas de fertirriego. La fertirrigación permite una corrección rápida y eficaz de desequilibrios nutricionales, garantizando la calidad de la solución aplicada y contribuyendo al ahorro de agua y prevención de la contaminación de acuíferos.

La fertilización edáfica, una de las prácticas más comunes en la producción agrícola, integra dos aspectos cruciales durante el ciclo de crecimiento y desarrollo de los cultivos: la nutrición eficaz y el control del riego de diferentes etapas del cultivo. Un manejo adecuado de estos elementos puede conducir a la obtención de cosechas de alta calidad y rendimiento.

Actualmente, con el fin de optimizar y mejorar la nutrición del banano y aumentar la eficiencia en el uso del riego, se ha propuesto la implementación de un sistema de fertirriego. Este sistema no solo optimiza el uso de fertilizantes y agua, especialmente en regiones donde el recurso hídrico es limitado, sino que también es una técnica adaptable a una variedad de situaciones. Esto se debe tanto a las características fisiológicas de los cultivos como a las propiedades físicas – químicas del suelo y del agua. En el presente trabajo de investigación se realizó en una finca bananera planteando el siguiente objetivo, evaluar el mayor impacto de intervalo de riego aplicando 3 dosis de fertirrigación y una dosis de fertilización edáfica a través de sus variables biométricas y su impacto en la producción bananera, el diseño 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 sistema de aplicación de fertilizante: T1 – 100% Fertirriego, T2 – 75% Fertirriego, T3 – Fertirriego y T4 – Edáfico en un área de 1,6 ha. Las variables evaluadas fueron: Emisión foliar (V1-Ef), altura de la planta (V2-Ap), Número de hojas (V3-Nh), Diámetro de fuste (V4-Df), Peso del racimo (V5-Par), Peso del raquis (V6-Prq), Número de manos por racimo (V7-Nmr), Peso de la mano por racimo (V8-Pmr), Número de dedos de mano por racimo (V9-Ndmr), Longitud de la mano por racimo (V10-Lmr), Grado de la fruta (V11-Gf). El análisis estadístico se realizó empleando el software IBM SPSS Estadística 21, se realizó un análisis exploratorio de los datos para cada variable medida tuvo diferencias significativas, además que los tipos de fertilizantes influyeron en las medias de las variables medias, se realizó una prueba post-hoc Tukey para determinar el mejor tratamiento y establecer

si las diferencias entre ellas son o no significativas, de acuerdo a los resultados obtenidos. La investigación determino que el T1- 100% Fertirriego, la Altura de la planta, mediante la comparación de las medias, que la mayor se registró en el T1 con una altura de 3,32 m, seguido por el T2 con una altura de 2,96 m, seguido por el T3 con una media de altura de 2,57 m, y finalmente el T4 con 2,46. Esto sugiere que los tratamientos de fertirriego con una concentración de 100% de la dosis establecida fueron los más efectivos. En la media de fuste se puede decir que los tratamientos más efectivos en relación con esta variable fueron T1-100% Fertirriego con 48,05, y T2-50% Fertirriego con 47,85. Peso de racimo de banano que es uno de los cultivos de mayor relevancia debido a la importancia económica y para medir la productividad de la misma se evidencio que el T1 presento la mejor media de peso de 53,86 lb, se puede inferir que la implementación de fertirriego resulto en un aumento en el tamaño del fuste de banano, refleja a una mayor eficiencia en la aplicación de este método. Finalmente se puede señalar que el fertirriego fue el T1-100% Fertirriego dio los mejores resultados en todas las variables biométricas consideradas y por lo tanto de buena producción.

SUMMARY

The importance of proper nutrition in agricultural production, especially in banana cultivation. It is highlighted that the application of fertilizer without considering the characteristics of the soil and the needs of the plants can lead to discrimination in productivity and an increase in production costs.

New fertilization strategies are implemented that include the combination of key nutrients and the use of fertigation systems. Fertigation allows a rapid and effective correction of nutritional imbalances, guaranteeing the quality of the applied solution and contributing to water savings and prevention of aquifer contamination.

Soil fertilization, one of the most common practices in agricultural production, integrates two crucial aspects during the crop growth and development cycle: effective nutrition and irrigation control of different stages of the crop. Proper handling of these elements can lead to high-quality, high-yielding harvests.

Currently, in order to optimize and improve banana nutrition and increase efficiency in the use of irrigation, the implementation of a fertigation system has been proposed. Not only does this system optimize fertilizer and water use, especially in regions where water resources are limited, but it is also a technique adaptable to a variety of situations. This is due both to the physiological characteristics of the crops and to the physical-chemical properties of the soil and water. In the present research work was carried out in a banana farm with the following objective, to evaluate the greatest impact of irrigation interval by applying 3 doses of fertigation and a dose of edaphic fertilization through its biometric variables and its impact on banana production, the design that was used was randomized complete blocks. The Blocks were made up of compact areas on the farm and within each block were the various treatments of the experimental units. 3 fertilizer application system treatments were implemented: T1 – 100% Fertigation, T2 – 75% Fertigation, T3 – Fertigation and T4 – Edaphic in an area of 1.6 ha. The variables evaluated were: Leaf emission (V1-Ef), plant height (V2-Ap), Number of leaves (V3-Nh), Stem diameter (V4-Df), Cluster weight (V5-Par), Rachis weight (V6-Prq), Number of hands per cluster (V7-Nmr), Hand weight per cluster (V8-Pmr), Number of fingers per cluster (V9-Ndmr), Hand length per cluster (V10-Lmr), Fruit grade (V11-Gf). The statistical analysis was carried out using the IBM SPSS Estadistics 21 software, an exploratory analysis of the data was carried out for each variable measured had significant differences, in addition to the types of fertilizers influencing the means of the mean variables, a post-hoc tukey test was

performed to determine the best treatment and establish whether or not the differences between them are significant. according to the results obtained. The research determined that the T1-100% Fertigation, the height of the plant, by comparing the averages, which was the highest recorded in the T1 with a height of 3.32 m, followed by the T2 with a height of 2.96 m, followed by the T3 with a mean height of 2.57 m, and finally the T4 with 2.46. This suggests that fertigation treatments with a concentration of 100% of the established dose were the most effective. In the mean of the stem, it can be said that the most effective treatments in relation to this variable were T1-100% Fertigation with 48.05, and T2-50% Fertigation with 47.85. Weight of banana bunch that is one of the most relevant crops due to its economic importance and to measure its productivity it was evidenced that T1 presented the best average weight of 53.86 lb, it can be inferred that the implementation of fertigation resulted in an increase in the size of the banana stem, reflects greater efficiency in the application of this method. Finally, it can be pointed out that fertigation was T1-100% Fertigation gave the best results in all biometric variables considered and therefore of good production.

INDICE DE FIGURA

Figura 1	Diagrama Triangular de las clases texturales	15
Figura 2	Compatibilidad de los fertilizantes solubles utilizados en fertirriego	23
Figura 3	Incompatibilidad entre fertilizantes	23
Figura 4	Esquema de un sistema de riego	28
Figura 5	Ubicación de la zona de estudio	29
Figura 6	Ubicación de Muestreo	34
Figura 7	Grado de emisión Foliar	35
Figura 8	Diagrama de cajas y bigotes de la Emisión Foliar (hijo).	38
Figura 9	Diagramas de cajas y bigotes de Altura de planta	39
Figura 10	Diagrama de caja y bigotes de Numero de hojas	39
Figura 11	Diagrama de cajas y bigotes del diámetro de fustes	40
Figura 12	Diagrama de caja y bigote de peso de racimo	40
Figura 13	Diagrama de caja y bigote de peso del raquis	41
Figura 14	Diagrama de caja y bigote de numero de mano por racimo	41
Figura 15	Diagrama de caja y bigote de Peso de la mano por racimo	42
Figura 16	Diagrama de caja y bigote de Numero de dedos de mano por racimo	42
Figura 17	Diagrama de caja y bigote de Longitud de dedo de la mano por racimo	43
Figura 18	Diagrama de caja y bigote Grado de la fruta.	43
Figura 19	Media de emisión foliar por cada tipo de tratamiento	49
Figura 20	Media de altura de planta por cada tipo de tratamiento.	49
Figura 21	Media de numero de hojas por cada tratamiento.	50
Figura 22	Media de diámetro de fuste por cada tipo de tratamiento	50
Figura 23	Media de peso de racimo por cada uno de los tratamientos.	51
Figura 24	Media de peso de raquis por cada uno de los tratamientos	52
Figura 25	Media de numero de mano por racimo en cada uno de los fertilizantes	52
Figura 26	Media de numero de dedos por mano de racimo	53
Figura 27	Media de numero de peso de la mano de racimo	53
Figura 28	Media de longitud de dedos de mano por racimo en cada uno de los tratamientos	54
Figura 29	Media Grado de fruta en cada uno de los tratamientos	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Densidad aparente de cada tipo de horizonte.	16
Tabla 2 Valores de Densidad real según el tipo de suelo	16
Tabla 3 Conductividad Eléctrica de ciertos fertilizantes comerciales en una solución con 0.5 g/l de agua pura	18
Tabla 4 Elementos esenciales para las plantas.	21
Tabla 5 Solubilidad de algunos fertilizantes a 20 ° C	24
Tabla 6 La capacitación de macronutrientes (kg t-1) y micronutrientes (g t-1) por parte del cultivo de banano por cada tonelada de fruta generada, según registros de distintos investigadores.	27
Tabla 7 Tratamientos aplicados en el estudio	31
Tabla 8 Factor del estudio en kg ha-1 para el tratamiento Fertirriego 100%	32
Tabla 9 Factor del estudio en kg ha-1 para el tratamiento Fertirriego 75%	32
Tabla 10 Factor del estudio en kg ha-1 para el tratamiento Fertirriego 50%	32
Tabla 11 Factor de estudio en kg ha-1 para el tratamiento edáfico	33
Tabla 12 El Autor	34
Tabla 13 Variables Biométricas	37
Tabla 14 Prueba de normalidad de datos en función a las variables biométricas.	45
Tabla 15 Estadísticos descriptivos en función a las variables biométricas	47
Tabla 16 ANOVA factorial inter grupos – Efecto del factor de estudio sobre las variables medidas	48
Tabla 17 Prueba de Post hoc de Tukey en función a las variables	48

INDICE DE FUENTE

Fuente 1 (FAO, 2021)	15
Fuente 2 (Duval, Galantini, Martinez , Lopez, & Wall, 2015)	16
Fuente 3 (Duval, Galantini, Martinez , Lopez, & Wall, 2015)	16
Fuente 4 (Rodríguez & Guzmán, 2004)	18
Fuente 5 (Antunez B & Felmer E, 2009)	21
Fuente 6 (Antunez B & Felmer E, 2009)	23
Fuente 7 (Guzman & Diaz , 2004)	23
Fuente 8 (Guzman & Diaz , 2004)	24
Fuente 9 (Medina Sanchez, 2008)	27
Fuente 10 (Peña Peralta, Hahn Schlam, & Yam Tzec, 2010)	28
Fuente 11 El Autor	29
Fuente 12 El autor	31
Fuente 13 El Autor	32
Fuente 14 El Autor	32
Fuente 15 El Autor	33
Fuente 16 El Autor	33
Fuente 17 (Aguilar Macas, 2021)	35

INDICE DE CONTENIDO

1.	13
1.1 Objetivo General	7
1.2 Objetivo específico	7
2 MARCO TEÓRICO	7
2.1 Cultivo de Banano en Ecuador	7
2.2 Fases de fenológicas del desarrollo del cultivo	7
2.2.1 ¡Error! Marcador no definido.	
2.3 Características física químicas del suelo requeridas por el cultivo	9
2.3.1 Características físicas	9
2.3.2 Características químicas	12
2.4 Fertirriego	13
2.4.1 Ventajas y desventajas de fertirriego	14
2.4.2 Fertirriego en Banano	15
2.4.3 Solubilidad y compatibilidad de fertilizantes	16
2.5 Riego subfoliar	19
2.7 Nutrición: Función y efecto de los principios nutrientes del cultivo.	20
2.7.1 Nitrógeno	20
2.7.2 Fosforo (P)	20
2.7.3 Potasio (K)	20
2.7.4 Calcio.	21
2.6.5 Azufre (S)	21
2.6.6 Boro	21
2.7 Absorción de nutrientes.	22
3 MATERIALES Y METODOS	23
3.1 Localización y caracterización del área de estudio.	23

3.1.1 Ubicación Geográfica (Mapa de Ubicación)	23
3.1.2 Características del clima de la zona	24
3.1.3 Características físicas de suelo	24
3.2 Instalación del sistema de Inyección de Fertilizantes.	24
3.3 Diseño experimental	24
3.3.1 Tratamientos.	26
3.4 Croquis del experimento	28
3.4.1 Especificidades del diseño	28
3.5 Manejo del experimento	29
3.5.1 Equipos	29
3.6 Variables a medir	29
4. RESULTADO Y DISCUSION	32
4.1 Análisis exploratorio de las diversas variables biométricas del cultivo de banano.	32
4.3 ANOVA Factorial Inter grupo	40
4.4 Prueba post -hoc de Tukey	41
5. CONCLUSIONES	48
Bibliografía	49

1. INTRODUCCION

La base fundamental de la producción agrícola radica en la nutrición de los cultivos. A veces, se aplican fertilizantes sin tener en cuenta las características químicas del suelo y las necesidades de la planta, lo que resulta en una reducción en la productividad y un aumento en los gastos de producción.

En el contexto de la fertilización del cultivo de banano, se presenta un desafío significativo. Los fertilizantes se administran directamente al suelo, lo que provoca la pérdida de nutrientes y minerales debido a la lixiviación y volatilización. Esta pérdida de elementos nutritivos ocasiona una insuficiente aplicación de fertilizantes, lo que, a su vez, disminuye la producción debido a la carencia de nutrientes. En consecuencia, los hijuelos o renuevos experimentan dificultades en su desarrollo, lo que impacta negativamente en la vitalidad genética de las generaciones futuras. Esto refleja en la obtención de racimos defectuosos y en la necesidad de un periodo de tiempo prolongado para lograr cosechas adecuadas. (Jimenez Cañar, 2021)

La calidad del cultivo de banano es esencialmente influenciada por la aplicación de nutrientes clave como nitrógeno, fósforo y potasio (N – P – K), así como por la adición de micronutrientes. Actualmente, se ha implementado en las plantaciones de banano nuevas estrategias de fertilización que incluyen la combinación de estos nutrientes como minerales, dosificaciones diferentes y la incorporación de nuevos productos. Estas prácticas de fertilización actualizada proporcionan una nutrición más consistente para el crecimiento de las plantas de banano, lo que a su vez aumenta la eficiencia en la cosecha de la fruta. (Montenegro Vera, 2022)

Los sistemas de fertirriego están inaugurando una era revolucionaria en las prácticas de producción agrícola, puesto que posibilitan la optimización de la aplicación de fertilizantes y el ahorro de agua, al mismo tiempo que previenen la contaminación de acuíferos. (Peña Peralta, Hahn Schlam, & Yam Tzec, 2010)

La técnica de fertirrigación se utiliza para abordar de manera rápida y eficaz cualquier carencia de nutrientes que puede surgir durante el crecimiento de los cultivos. A través de la fertirrigación, se puede controlar y corregir desequilibrios nutricionales que se produzcan debido a la aplicación continua y prolongada de ciertos nutrientes y a la omisión de otros, ya sea por problemas de compatibilidad, insolubilidad equilibrada que se mezcla con la solución del suelo, manteniendo su capacidad de disolución, bajos niveles de salinidad y asegurando la calidad de la solución aplicada. (Padilla, 2016)

1.1 Objetivo General:

Evaluar el mayor impacto de intervalo de riego aplicando 3 dosis de fertirrigación y una dosis de fertilización edáfica a través de sus variables biométricas y su impacto en la producción bananera.

1.2 Objetivo específico

Establecer el momento adecuado para el riego en tres condiciones de fertilización diferentes, utilizando tres horarios de riego distintos, con el propósito de evaluar su impacto en el crecimiento de las plantas de banano y su producción.

Llevar a cabo un estudio de las diferencias en las variables biométricas del cultivo de banano resultantes de la fertirrigación y la fertilización del suelo, utilizando análisis de varianza y pruebas post hoc para identificar diferencias significativas.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Cultivo de Banano en Ecuador

El cultivo de banano tiene una presencia en Ecuador, nación que se destaca como el principal exportador mundial de esta fruta. Esta posición privilegiada se refleja en una producción mundial impresionante, alcanzando la cifra de 317,437,040 cajas, cada una con un peso promedio de 18.14 kg. Estas cajas son distribuidas en un área total de 19,673 hectáreas. La mayor parte de la producción banano se encuentra en la región Costa, representando el 89% del total, mientras que la región Sierra contribuye con el 10% y el Oriente con el restante 1%. (Cañar & Carlos, n.d.)

2.2 Fases de fenológicas del desarrollo del cultivo

El ciclo fenológico del cultivo de banano puede ser en tres principales etapas, que inicia con la fase inicial, correspondiente a la fase 1, y culmina en la fase reproductiva de la planta, identificada como la fase 3. La duración promedio de este ciclo fenológico oscila en torno a los 404 días, siendo esta temporalidad determinada por diversos factores tales como la variedad cultivar, la altitud, latitud y las condiciones edafoclimáticas específicas presentes en cada una de las regiones productivas. (Vargas)

2.2.1 Descripción general de las fases fenológicas:

El desarrollo del cultivo de banano es directamente proporcional a la calidad y cantidad de hojas que tenga el sistema foliar. De este modo, este modo constituye la variable primordial para garantizar una producción óptima. Durante su fase vegetativa, este cultivo genera entre 35

y 36 hoja en un total, con una tasa de emisión foliar cercana a una hoja semanal. Sin embargo, bajo condiciones climáticas y nutricionales favorables, esta tasa puede aumentar hasta alcanzar entre 0.6 y 0.8 hojas por semana. (Martínez Acosta & Cayón Salinas, 2011)

- **Fase infantil**

Durante esta etapa el hijuelo se encuentra en una condición de dependencia absoluta de la planta madre. Por lo tanto, este se desarrolla entre 15 y 22 hojas pequeñas, con un ancho que puede alcanzar hasta el 10 cm. Es importante destacar que se designa como F10 a la primera hoja que logra alcanzar entre ancho mínimo. La duración de esta fase varía entre 120 y 160 días. Cuantas más hojas se emitan entre la F10 y la última hoja formada (Fm), mayor será la calidad del desarrollo para la posterior formación del fruto. (Delgado Pontón, 2019).

- **Fase juvenil**

Frecuentemente referida como la “fase de retoño dependiente”, durante esta misma, el brote se encuentra subyugado bajo la dominancia de la planta matriz. La emisión foliar se caracteriza por hojas cortas, lanceoladas, con un limbo estrecho de aproximadamente 10 cm de ancho, conocidas como hojas F10, las cuales aumentan periódicamente de tamaño con cada nueva emisión. La planta matriz puede alcanzar una altura de 5 a 6 m, con un fuste de aproximadamente de 30 a 50 cm de diámetro. (Robison & Galán Saucó, 2012)

- **Fase vegetativa independiente**

La fase de desarrollo vegetativo comienza a partir del estadio F10 y culmina con la inducción floral, que ocurre una vez que la planta ha producido entre 12 y 14 hojas después de alcanzar el estadio F1. Durante este periodo, se observa un aumento en las dimensiones longitudinales y transversales del sistema foliar, aunque su relación se mantiene constante. (Castillo, Sánchez Torres, & Javier, 2012)

- **Fase reproductiva**

La fase de floración que se inicia con la aparición de la hoja FM, marca el comienzo de la diferencia de la diferenciación floral y se extiende hasta la maduración y cosecha del fruto. al inicio de este periodo como la planta producida todas las hojas, pero solo alrededor de la mitad han logrado emerger. aparte esta etapa puede subdividirse en dos sub fases: desde la hoja FM hasta la fase F como que abarca aproximadamente 125 días e incluye el periodo de floración, y desde la fase F hasta la fase C, que tiene una duración aproximada de 84 días hasta la cosecha.

El cultivo de banano exhibe un ciclo de transición, caracterizado por la Copa coexisten de diferentes estadios en una misma planta. Esto implica la presencia simultánea de una planta madre en producción, un hijo desarrollado y una nueva brotación o “nieto”. (Vargas Céspedes, William , Morales, & Vignola, 2017)

2.3 Características física químicas del suelo requeridas por el cultivo

Los diversos indicadores edáficos, que pueden abarcar aspectos físicos o químicos, capacitan a los agricultores y técnicos para comprender los distintos factores que inciden de forma positiva o negativa en la calidad del suelo. Para seleccionar estos indicadores de forma eficiente, es crucial contar con un claro entendimiento de las características del suelo, el cual representa un recurso indispensable para la producción agrícola y coma a su vez, es un recurso no renovable que desempeña un papel primordial en la preservación del medio ambiente. (Barrera Leon, 2020)

Las propiedades físicas de la materia son atributos cuantificables que no alteran la estructura atómica, diferencia de las propiedades químicas, las cuales provocan cambios en la disposición molecular.

Los agricultores buscan comprender la relación entre las características físicas y químicas del suelo con el fin de mejorar la eficiencia de producción en cada sector de su finca. Esto les permite identificar las causas de las disposiciones de las disparidades en la productividad entre distintas áreas y comprender como las propiedades del suelo influyen en la producción de cada parcela. Al llevar a cabo un análisis químico y evaluar las propiedades físicas del suelo, pueden desarrollar un manejo adecuado de los cultivos y optimizar el uso de insumos agrícolas. (CASTRO GUEVARA , 2021)

2.3.1 Características físicas

2.3.1.1 Textura

La textura del suelo denota la proporción relativa de partículas de diferentes tamaños, tales como arena, limo y arcilla. Este parámetro guarda estrecha relación con la manejabilidad del suelo, su capacidad de retención y circulación de agua y aire, así como la velocidad de infiltración hídrica. (FAO, 2021)

La textura del suelo es vital para procesos físicos, químicos y biológicos, afectando propiedades como plasticidad, permeabilidad y fertilidad. Las partículas de arena, aunque menos activas, mejoran la circulación del aire y el drenaje del agua al aumentar el tamaño de poros.

Por el contrario, las partículas de limo, con un tamaño que oscila entre 0.002 y 0.05 mm, sufre una intemperización más acelerada y liberan una mayor cantidad de nutrientes solubles esenciales para el desarrollo vegetal en comparación con la arena. Los suelos de textura limosa retienen una proporción significativa de agua disponible para las plantas. Estas partículas de limo presentan una textura suave, similar al polvo y tienden a no cohesionarse ni adherirse a otras partículas. (Maldonado Paucar, 2016)

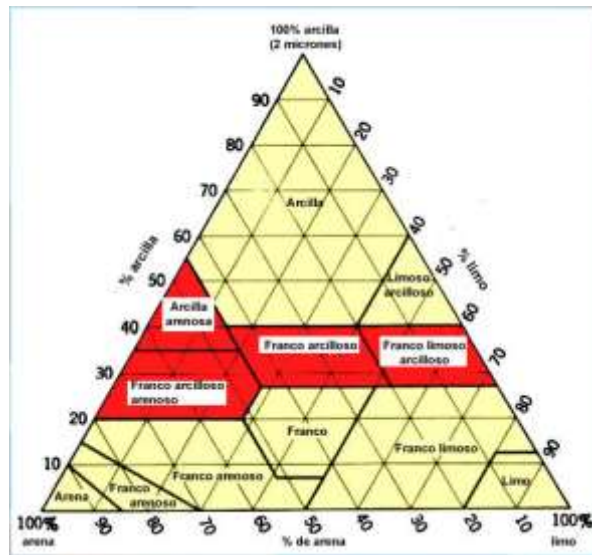


Figura 1 Diagrama Triangular de las clases texturales

Fuente 1 (FAO, 2021)

2.3.1.2 Densidad aparente

La densidad aparente, expresada en (g.cm-3 o t.m-3), se define como relación entre la masa del suelo y su volumen, siendo un indicador de la comparación del suelo que refleja la proporción entre el espacio sólido y el espacio poros. Entre paramero resulta crucial en la evolución de la resistencia del suelo a la penetración de las raíces, y el fundamental para conservación de datos de concentración tanto en masa como en volumen. Dicha densidad se encuentra en una amplia aplicación en el ámbito de la fertilidad del suelo y la gestión de fertilizante en sistemas de cultivos extensivos. Es importante destacar que la densidad aparente exhibe variaciones significativas según la estructura del suelo y su contenido de materia orgánica, siendo estas fluctuaciones especialmente marcadas de manera estacional debido a prácticas agrícolas como la labranza y las variaciones en la humedad del suelo, particularmente en suelo de arcilla expandida. (Villaseñor Ortiz, 2016)

Tipo de Horizonte

Densidad aparente (mg m⁻³)

Horizonte Arenoso	1.45 – 1.60
Horizonte arcilloso con estructura	1.05 – 1.10
Horizontes compactados	1.90 – 1.95
Horizontes turbosos	0.25
Valor medio	1.35

Tabla 1 Densidad aparente de cada tipo de horizonte.

Fuente 2 (Duval, Galantini, Martinez, Lopez, & Wall, 2015)

2.3.1.3 Densidad real

La densidad real del suelo se define como la relación entre la masa y el volumen de todas las partículas sólidas presentes en el. Se expresa como relación entre la masa de partículas (Ms) y el volumen (Vs), excluyendo los espacios porosos entre dichas partículas. Esta medida es fundamental en diversas expresiones matemáticas que le describen el volumen o la masa de una muestra en el suelo. Su determinación es crucial para la conservación precisa de datos al granel y para el cálculo del volumen sólido del suelo, así como para la evolución de su porosidad total o volumen de poros. Además, se emplea en la resolución de conteos de partículas líquidas.

En los suelos minerales predominantes, la densidad real generalmente oscila dentro del rango de 2,6 a 2,7 Mg m⁻³, con un promedio cercano a 2,65 Mg m⁻³. Estas variaciones en la densidad real se encuentran estrechamente asociada al contenido de materia orgánica y a la composición mineral de dichos suelos. (Villaseñor Ortiz, 2016)

TIPO DE SUELO	RANGO DE DENSIDAD REAL (MG m⁻³)
Limoso	2.63 – 2.67
Arenoso	2.63 – 2.67
Arcilloso	2.67 – 2.90
Orgánico	< 2.00
Volcánico	2.00 – 2.50

Tabla 2 Valores de Densidad real según el tipo de suelo

Fuente 3 (Duval, Galantini, Martinez, Lopez, & Wall, 2015)

2.3.1.4 Porosidad total

La porosidad total se define como el volumen vacío no ocupado por materia sólida, ya sea mineral u orgánica, sin importar si está saturado con agua o aire en el momento de medición, se representa mediante la siguiente ecuación. (Castillo Cerna, 2005)

$$Pt = 1 - \left(\frac{da}{dr}\right) \times 100$$

Donde:

Pt = Porosidad Total

Da = Densidad aparente.

Dr = Densidad real

2.3.1.5 Microporosidad

Los microporos del suelo, aquellos con un diámetro menor de 30 micras, contiene la mayor proporción del agua retenida, ya que son los responsables de su retención. Estos microporos facilitan un flujo capilar notablemente lento. (Melendez Oviedo, 2021)

2.3.2 Características químicas

2.3.2.1 pH

El índice de acidez del suelo es una medida que señala la concentración de iones hidrogeno en la solución del suelo y juega un papel fundamental de diversos aspectos pedológicos, lo cual incide significativamente en el desarrollo vegetal. Cuando los suelos muestran valores de pH extremadamente altos o bajos, pueden ocasionar toxicidad y dañar el sistema radicular de las plantas de banano, lo que conlleva considerables pérdidas en la producción si no se realiza un tratamiento adecuado para ajustar el pH de los suelos destinados al cultivo de banano. (Vera Arana , 2018)

2.3.2.2 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es un parámetro que indica la concentración de sales en el suelo y juega un papel crucial en el desarrollo de las plantas. El exceso de sales en el suelo puede dificultar el crecimiento de las plantas y tener un impacto negativo en la actividad microbiana en el suelo. (Aguilar Mora & Quille Caiza , 2021)

El agua pura o limpia exhibe baja conductividad eléctrica. Sin embargo, su capacidad de conducción aumenta significativamente cuando contiene sales disueltas, siendo esta relación directa con la concentración de sales presentes. Esta característica se emplea para determinar la salinidad mediante la medición de la conductividad eléctrica, expresada en S m⁻¹. Por lo general, la mayoría de las aguas utilizadas para riego presentan conductividades eléctricas inferiores a 0.1 S m⁻¹, mientras que las aguas subterráneas tienden a mostrar valores mas

elevados. Para una expresión más práctica de estos valores, se recurre a unidades como dicisiemen y micrasiemen ($1 \text{ dS m}^{-1} = \mu\text{S cm}^{-1}$). (García, 2012).

Fertilizante	C.E $\mu\text{S/cm}$	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

Tabla 3 Conductividad Eléctrica de ciertos fertilizantes comerciales en una solución con 0.5 g/l de agua pura

Fuente 4 (Rodríguez & Guzmán, 2004)

2.3.2.3 Tolerancia a cultivo de sales

La capacidad de resistencia a la salinidad del suelo es un carácter poligénico que puede heredar, implicando respuesta a situaciones de estrés asociadas al exceso de iones y la presión osmótica a nivel celular. La mayoría de las especies son más susceptibles a la salinidad durante las etapas de germinación y emergencia, que durante las fases posteriores de conocimiento y desarrollo. Los efectos de salinidad varían dependiendo de la fase de crecimiento y la duración del estrés. En algunas especies, la tolerancia a la salinidad durante la germinación no guarda relación con la tolerancia en la etapa de producción de frutos. (Holguín Ríos, 2011)

2.4 Fertirriego

El fertirriego representa un avance tecnológico en la agricultura que tiene como objetivo abordar dos necesidades esenciales de las plantas: la entrega de nutrientes y el suministro de agua. En esencia, el fertirriego consiste en la aplicación de fertilizantes de manera simultánea con el riego, lo que presenta una ventaja significativa al permitir que las plantas aprovechen de manera eficiente y completa de los nutrientes suministrados. (Deras Izaguirre, 2019).

Es importante tener un entendimiento de las propiedades del agua que se utilizara en el fertirriego, ya que esto facilita la determinación de la cantidad y la manera de suministrarla a las plantas para lograr una absorción óptima de nutrientes. (Mazuela Aguila & De La Rivera Morales, 2013).

Cuando se administra el fertirriego en el cultivo de banano, se da preferencia a las fases vegetativa. Esto se debe a que, durante esta etapa, la planta desarrolla tanto sus sistemas de raíces como el pseudotallo, y también es cuando se forman la mayoría de las hojas. (Furcal Beriguete & Barquero Padilla, 2014).

Además, dado que la nutrición mineral de las plantas no depende en gran medida de la composición del suelo, es una razón suficiente para sugerir que, en tales circunstancias, es aconsejable ajustar la solución nutritiva de maneja personalizada para cada planta y, aun mas precisamente, para su fase de desarrollo fenológico particular (Mazuela Aguila & De La Rivera Morales, 2013).

2.4.1 Ventajas y desventajas de fertirriego

Entre las ventajas se pueden mencionar:

- ✓ Dosificación racional de los fertilizantes
- ✓ Ahorro considerable de agua
- ✓ Utilización de agua de riego de baja calidad
- ✓ Nutrición optimizada del cultivo y por lo tanto aumento de rendimiento y calidad de los frutos
- ✓ Control de la contaminación
- ✓ Mayor eficiencia y rentabilidad de los fertilizantes
- ✓ Alternativas en la utilización de diversos tipos de fertilizantes: simples, complejos cristalinos, disoluciones concentradas

Fabricación "a la carta" de fertilizantes concentrados adaptados a un cultivo, suelo o sustrato, agua de riego y condiciones climáticas durante todos y cada uno de los días del ciclo del cultivo

- ✓ Automatización de la fertilización

Dentro de algunas desventajas podemos citar:

- ✓ Alto costo inicial de la infraestructura
- ✓ Posible obturación de los goteros del sistema de riego
- ✓ Debe de ser manejado por personal especializado

Las desventajas de los sistemas de fertirriego son compensadas de sobra por las ventajas del mismo, y por otra parte pueden tener una solución simple. El costo inicial se puede amortizar en poco tiempo y la obturación de goteros se puede evitar si se sigue una tecnología de

fertirriego adecuada. El problema de la formación de personal se puede resolver mediante cursos de formación y obras de divulgación escritas por especialistas que puedan informar de sus propias experiencias (Gonzalez Argandar, 2007).

2.4.2 Fertirriego en Banano

Una de las razones fundamentales que pueden influir en la producción de banano es el exceso o la escasez de agua y fertilizantes. (Hernandez, Marin, & Garcia, 2007).

Además, la reacción de las plantas a la fertilización no se presenta de manera consistente en todos los tipos de suelos debido a que esta vinculada al nivel inicial de nutrientes en el suelo (Furcal Beriguete & Barquerero Badilla, 2013). Por lo tanto, se requiere cantidades significativas de fertilizantes, especialmente potasio (K^+), para el cultivo, lo que subraya la importancia de establecer las cantidades adecuadas de fertilizantes de acuerdo con el contenido de nutrientes en el suelo y proporcionar la cantidad de agua necesaria según las condiciones específicas del suelo (Labarca, et al., 2005).

El sistema de fertirriego, una innovación relativamente reciente en la industria del cultivo de banano, tiene como objetivo principal habilitar riegos a intervalos mucho más frecuentes, lo cual se relaciona directamente con las propiedades naturales de los suelos que cuentan con una mayor capacidad de retención y liberación de agua. En la agricultura del banano, se realiza el fertirriego de una a dos veces por semana. Este enfoque tiene múltiples beneficios y se destaca por su simplicidad y rentabilidad en la administración de los fertilizantes, lo que conduce a una mayor efectividad en la entrega de nutrientes y, en la última instancia, a la obtención de resultados exitosos en el cultivo (Calvache Ulloa, 2008)

2.4.2.1 Programación de fertirriego en cultivo de Banano

Un plan apropiado de fertirriego, que involucra la fertilización mediante el riego, tiene en cuenta los siguientes pasos (Calvache Ulloa, 2008):

- **Reconocer las etapas de desarrollo del cultivo:** Es esencial, ya que permite comprender estas fases y su duración en días, lo que facilita el cálculo de cuando se deben agregar más o menos nutrientes durante el riego.
- **Definir la dosis necesaria de nutrientes:** Para delimitar la dosis, se realiza un cálculo con la fórmula de balance.
- **Demanda del cultivo:** Se refiere al nivel de nutrientes en el cultivo, y esto implica evaluar la relación entre la cantidad de materia seca presente en los frutos y la concentración de nutrientes en esa materia seca.

- **Aporte del suelo:** Considerar que existe una relación directa entre el tamaño del sistema de raíces y la cantidad de nutrientes utilizados como una forma de determinar la contribución efectiva de los nutrientes aplicados en el cultivo.
- **Eficiencia en la utilización del fertilizante:** Es esencial realizar una comparación entre la fertilización convencional y el fertirriego, y verificar los niveles de nutrientes para determinar su efectividad.
- **Asignación de fertilizantes:** En cada fase del cultivo implica la distribución de todas las cantidades necesarias durante los riegos correspondientes a cada etapa, siempre teniendo en cuenta que se supere el nivel de salinidad tolerable por el cultivo.

Elemento	Símbolo	Forma de absorción	Concentración en plantas sanas (% de peso seco)
Macronutrientes			
Nitrógeno	N	NO_3^- ; NH_4^+	1-4%
Fosforo	P	HPO_4 ; H_2PO_2	0,1 - 0,8 %
Potasio	K	K_+	0,5 - 6%
Azufre	S	SO_4^{-2}	0,1 - 0,8%
Magnesio	Mg	Mg^{+2}	0,2 - 0,35%
Calcio	Ca	Ca^{+2}	
Micronutrientes			
Boro	B	BO_3^{-2} ; HPO_3^-	5- 75 ppm
Hiero	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

Tabla 4 Elementos esenciales para las plantas.

Fuente 5 (Antunez B & Felmer E, 2009)

2.4.3 Solubilidad y compatibilidad de fertilizantes

2.4.3.1 Compatibilidad entre fertilizantes

Los fertilizantes están compuestos por sales que, al entrar contacto con el agua, se descomponen en iones, incluyendo aniones y cationes. En la solución, diversos iones pueden interactuar y, bajo ciertas condiciones, pueden precipitar formando compuestos insolubles. Esto implica el riesgo de que estos nutrientes no estén asimilables para las raíces o, peor aún, que obstruyan los sistemas de riego, disminuyendo así eficacia en la administración de los nutrientes. Las interacciones más frecuentes. (Zelada Comeca, 2017):



Debida a la composición iónica de los fertilizantes, se abre la posibilidad de interacciones mutuas que conduzcan a la formación de precipitados, lo cual podría redundar en una merma de la eficiencia y, en ocasiones, en obstrucciones en los sistemas de riego. Una de las incompatibilidades iónicas más relevantes, tanto en condiciones de aridez como el ser combinadas con agua, constituye un aspecto de considerable importancia a tener en cuenta. (Guzman & Diaz , 2004).

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

C: Compatible R: Se reduce la solubilidad I: Incompatible

Figura 2 Compatibilidad de los fertilizantes solubles utilizados en fertirriego

Fuente 6 (Antunez B & Felmer E, 2009)

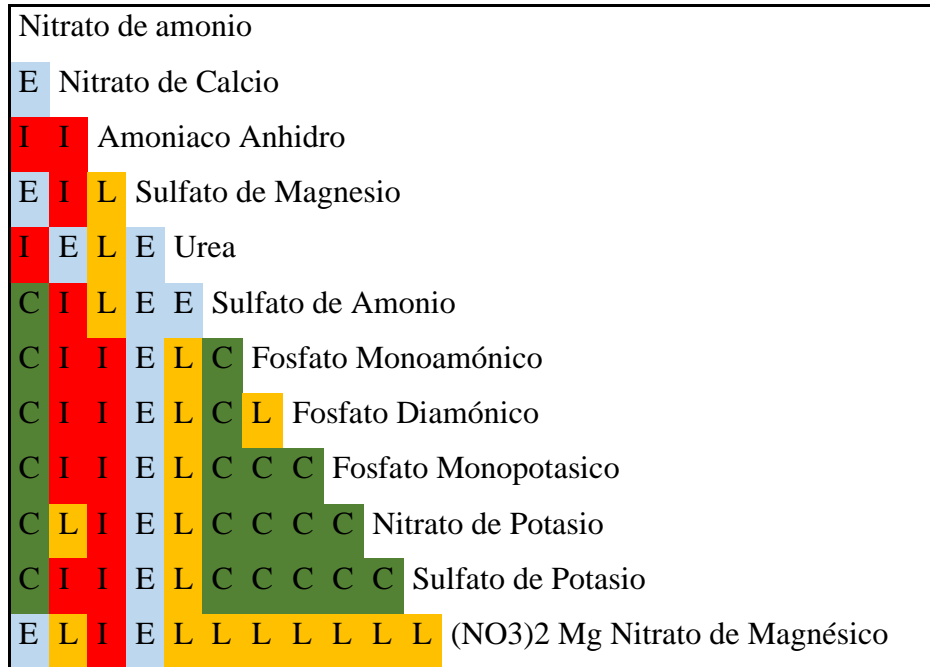


Figura 3 Incompatibilidad entre fertilizantes

Fuente 7 (Guzman & Diaz, 2004)

C: Mezcla 100% compatible en seco y en estanque **I:** Mezcla Incompatible en seco y en estanque. No realizar **E:** Mezcla compatible solo en estanque al momento de inyectar **L:** Mezcla de compatibilidad limitada en seco y en agua. Uso limitado

2.4.3.2 Solubilidad

Según (Martinez Sanchez, 2020) la solubilidad, definida como la aptitud de un fertilizante para disolverse en el agua de riego, se encuentra condicionada por tres variables fundamentales: temperatura, pH y presión. Las complicaciones asociadas al pH indican que el intervalo optimo en la solución debería situarse entre 6 y 6,5, con el propósito de alcanzar una dilución y estabilidad adecuadas que prevengan la eventual formación de obstrucciones.

Las características primordiales de los fertilizantes o productos empleados en la fertiirrigación radican en su capacidad de solubilización en agua. En efecto, los productos introducidos en el agua de riego deben generar una solución nutritiva efectiva, minimizando cualquier peligro de que los nutrientes se tornen insolubles. Por consiguiente, la comprensión de la solubilidad en agua de estos productos constituye un dato fundamental para llevar a cabo una gestión eficiente del proceso de riego. (Zelada Comeca, 2017).

Fertilizantes	Solubilidad (g/l)
Nitrato de Calcio	1200
Nitrato de amonio	1700
Sulfato de Amonio	500
Urea	500
Nitrato de Potasio	300
Sulfato de potasio	110
Fosfato Monopotasico	200
Fosfato Monoamónico	200
Sulfato de Magnesio	700
Nitrato de Magnesio	550
Cloruro de Potasio	350
Bórax	50

Tabla 5 Solubilidad de algunos fertilizantes a 20 ° C

Fuente 8 (Guzman & Diaz , 2004)

2.5 Riego subfoliar

El cultivo de banano requiere significativas inversiones en infraestructura, siendo el sistema de riego uno de los aspectos claves. En Ecuador, donde se cultiva un área de 55,040 ha, la mayoría de las plantaciones emplean sistemas de riego por aspersion subfoliar. Este método ha demostrado ser altamente adecuado para el cultivo de banano y es ampliamente recomendado en países de América Latina (Rodriguez, Rey, Torralba, Puig, & Acevedo, 2007).

El diseño e instalación de sistemas de riego tiene un impacto significativo en su costo y desempeño. Es fundamental implementar un uso adecuado de materiales, tal como lo recomiendan algunas empresas especializadas, al calcular la capacidad de la bomba, el caudal, el diámetro de la tubería y prevención de fugas, así como la planificación y distribución del riego. Una consecuencia importante es que muchos productores de banano no logran determinar sus sistemas de riego están siendo subutilizado o sobre utilizado. Por lo tanto, para garantizar la eficacia del diseño, se requiere la intervención de un técnico experimentado que asegure una distribución uniforme del agua y garantice un funcionamiento óptimo del sistema (Holzapfel et al., 2007).

Además, es crucial considerar la velocidad de aplicación de los emisores, teniendo en cuenta la tasa de infiltración del suelo y su patrón de distribución. Estas observaciones deben realizarse en consonancia con las características edafoclimáticas y fitotecnia del entorno (Faria et al., 2012).

2.7 Nutrición: Función y efecto de los principios nutrientes del cultivo.

2.7.1 Nitrógeno

El nitrógeno es un factor crítico en el crecimiento de las hojas en una planta. Por consiguiente, es esencial proporcionar la cantidad adecuada de nitrógeno según las necesidades nutricionales del cultivo. Una aplicación deficiente de nitrógeno puede extender el periodo vegetativo a 27 y retrasar la maduración de las plantas, además de inducir succulencia, lo que hace que las plantas sean más vulnerables a las infecciones por patógenos (Torres Bazurto, 2016).

2.7.2 Fosforo (P)

El fósforo es un elemento fundamental para el desarrollo de las plantas y no puede ser reemplazado por ningún otro nutriente. Es esencial para que las plantas completen su ciclo de producción de manera normal, ya que desempeña un papel crucial en el crecimiento de las raíces, hojas, flores y frutos. Además, contribuye a aumentar la resistencia de las plantas a las heladas y sequías. El fósforo también juega un papel importante en el desarrollo del sistema de raíces, en la formación del tejido leñoso, así como la fructificación, formación y maduración de los frutos, y es esencial en la formación de las semillas (Perez Sarabia, 2011).

Es fundamental subrayar que el fosfato es su forma (PO_4) desempeña un papel significativo en las células ya que participa activamente en la fotosíntesis y también actúan como componente esencial en el ADN y el ARN, los cuales son necesarios para los procesos relacionados con la división en el ciclo celular (Huertas Villarruel, 2016).

2.7.3 Potasio (K)

El potasio cumple diversas funciones cruciales en la planta, entre las cuales destacan: impulsar la fotosíntesis. Mejorar la calidad de los tejidos vegetales y de las frutas, y mantener el equilibrio hídrico de las plantas. Además, participa activamente en más de 50 sistemas enzimáticos en las plantas (CASTRO GUEVARA, 2021).

En el cultivo del banano, el potasio desempeña un papel fundamental al mantener adecuadamente hidratada la planta y al regular la apertura de las estomas. Se puede afirmar que el potasio es uno de los elementos más críticos en la nutrición del banano. La falta de potasio conduce a la producción de frutas de menor peso, con dimensiones reducidas, más delgadas y

altamente susceptible a la maduración temprana. Además, la deficiencia de este elemento representa el factor nutricional que causa el mayor perjuicio a la industria bananera a nivel nacional (Huertas Villarruel, 2016).

2.7.4 Calcio.

El calcio desempeña un papel esencial al convertir el nitrógeno nítrico ($N-NO_3$) en formas requeridas para la síntesis de proteínas, y también participa en la activación de numerosos sistemas enzimáticos que controlan el crecimiento de la planta (Perez Sarabia, 2011).

En la planta de banano, las concentraciones más altas de iones de calcio (Ca^{2+}) se localizan en el peciolo, las hojas y el pseudotallo, y estas concentraciones tienden a aumentar a medida que la planta se desarrolla, especialmente hacia el final de su periodo vegetativo (Diaz, Cayon, & Mira, 2007).

2.6.5 Azufre (S)

Para que las plantas puedan utilizar este elemento, debe estar presente en formas reducidas de azufre. Este azufre atraviesa un proceso de oxidación, desde su estado reducido hasta su estado oxidado, gracias a la acción de microorganismos presentes en el suelo (Huertas Villarruel, 2016).

En los programas de fertilización recientes, se ha observado un aumento en la importancia de este elemento. El azufre (S) suele estar presente en cantidades inferiores a lo considerado adecuado en la mayoría de los análisis foliares realizados en plantas de banano.

De igual manera, en la observación en terreno es posible identificar los síntomas distintivos de la carencia de este elemento, especialmente en plantaciones recién establecidas, lo que proporciona una indicación de la gravedad del problema (Lopez, 1994).

2.6.6 Boro

El boro es un micronutriente crucial para el desarrollo y la producción de las plantas, desempeñando un papel esencial en la formación de frutos, la división celular y movilización de azúcares y almidones. Además, tiene un impacto significativo en la absorción de fósforo y cloruros, también actúan como un regulador en la relación entre el potasio y el calcio en las plantas (Perez Sarabia, 2011).

El nivel óptimo de boro en el follaje se sitúa entre 20 y 30 mg/kg. Prácticamente todos los suelos destinados al cultivo de banano en el continente muestran deficiencias de boro, variando en grados de intensidad. Para corregir esta deficiencia, se recomienda aplicar ácido bórico vía foliar, preferiblemente en cantidades inferiores a 0.5 – 1 kg/ha/año. En caso de ser necesario

aplicarlo al suelo, se sugiere utilizar entre 4 y 6 kg de bórax por hectárea al año, dependiendo de la gravedad de la deficiencia y los niveles presentes en el suelo (Gauggel & Arevalo, 2010).

2.7 Absorción de nutrientes.

Resulta esencial adquirir conocimiento acerca de la curva de absorción de nutrientes de un cultivo, ya que esto facilita la comprensión del comportamiento del mismo y posibilita la supervisión individualizada de cada elemento. Los nutrientes primordiales en la absorción por parte del cultivo de banano son; potasio, nitrógeno, magnesio, calcio y fósforo. (Medina Sanchez, 2008)

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	5,4	0,6	19,9	2,1	0,4						
	9	2,7	35,2	6	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	2						
	5	0,4	12,8	2,7	1						
	2,7	0,4	7,6	1,1	1,9						
	7,8	1	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	62,3	13125	345,0	103,5	312,5

Tabla 6 La capacitación de macronutrientes (kg t-1) y micronutrientes (g t-1) por parte del cultivo de banano por cada tonelada de fruta generada, según registros de distintos investigadores.

Fuente 9 (Medina Sanchez, 2008)

2.7.1 Sistema de inyección

La industria agrícola enfrenta una creciente presión para producir en espacios reducidos, desarrollar nuevos genotipos y optimizar los recursos hídricos. En los últimos años, se han introducido nuevas tecnologías de riego con el propósito de maximizar el uso eficiente del agua en la agricultura (Catañón, 2000).

Entre las numerosas tecnologías innovadoras de riego se destacan los sistemas de riego presurizado y los sistemas de fertirriego, que suministran nutrientes a las plantas mediante el flujo del agua. Estos sistemas de fertirriego han representado una verdadera revolución en la agricultura al mejorar técnicas de producción agrícola. Permiten optimizar el uso de fertilizantes y, al mismo tiempo, reducir el consumo de agua, evitando así la contaminación de los acuíferos (Peña Peralta, Hahn Schlam, & Yam Tzec, 2010).

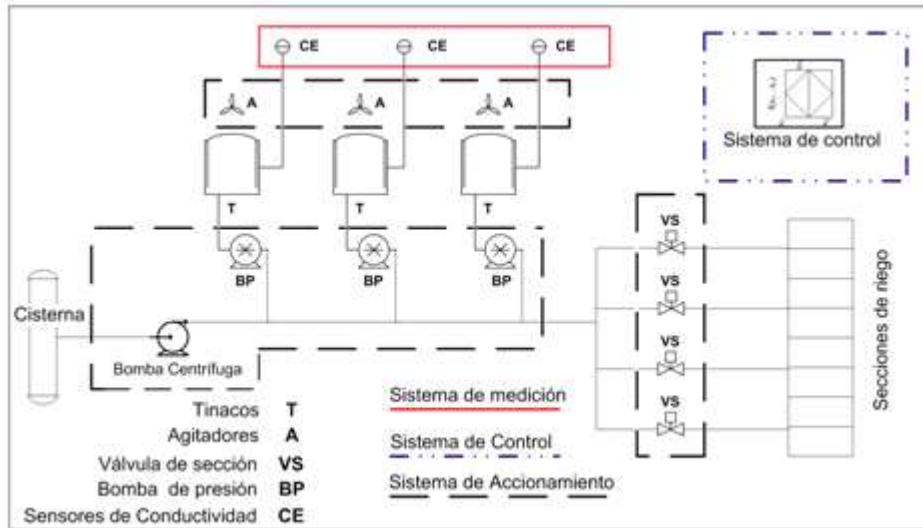


Figura 4 Esquema de un sistema de riego

Fuente 10 (Peña Peralta, Hahn Schlam, & Yam Tzec, 2010)

3 MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización y caracterización del área de estudio.

En el presente trabajo experimental se llevó a cabo en la Finca “La Flor“, la cual está ubicada en la parroquia La Peaña del cantón Pasaje provincia de El Oro

3.1.1 Ubicación Geográfica (Mapa de Ubicación)

En el área de estudio se encuentra ubicado las siguientes coordenadas geográficas:

Datum: WGS 84; Zona 17 Sur

Latitud: 3 3°18’52” S

Longitud: 79°51’37” W

Altitud: 20 msnm

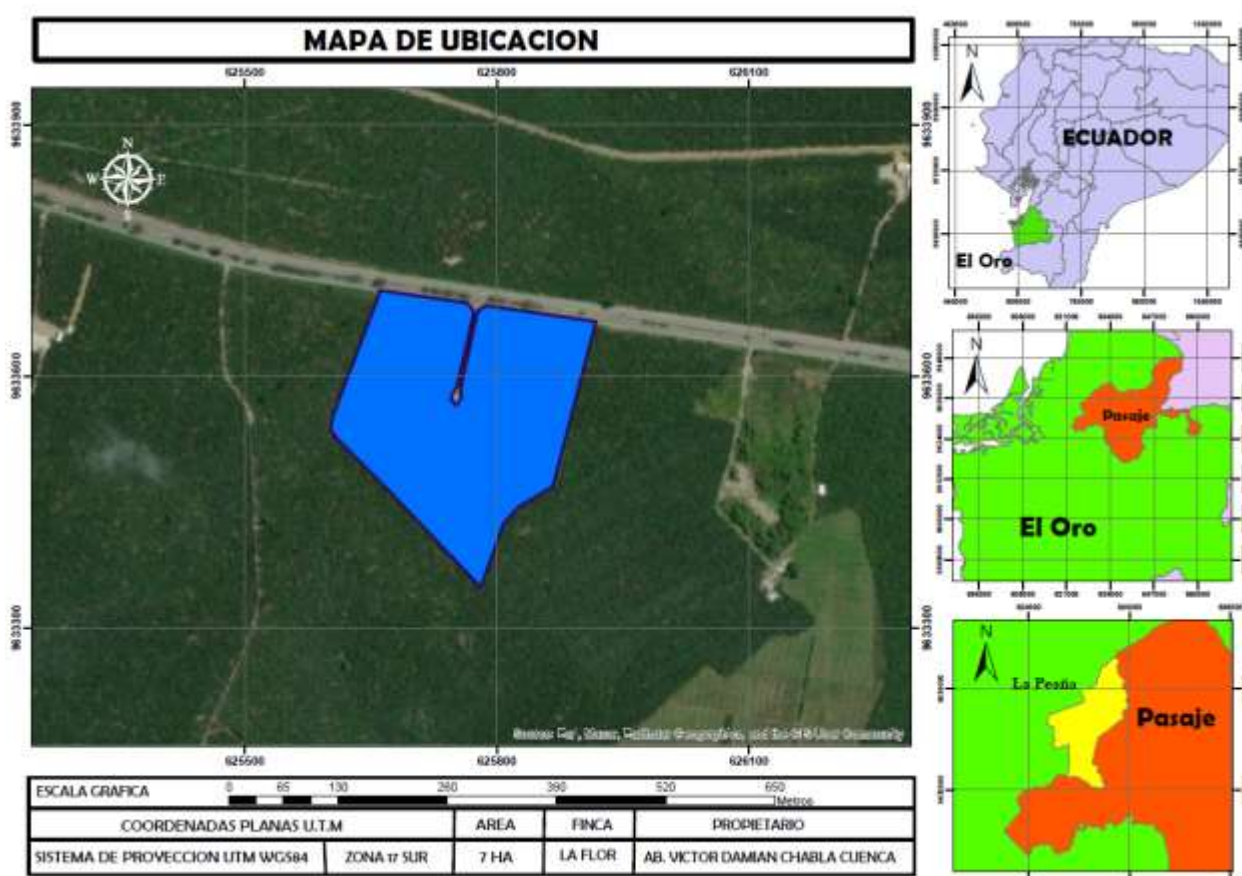


Figura 5 Ubicación de la zona de estudio

Fuente 11 El Autor

3.1.2 Características del clima de la zona

La ubicación de investigación se encuentra en un ecosistema de bosque tropical, donde la temperatura mensual promedio es de 26°C, la precipitación anual varía entre 200 – 1000 mm, se registra un promedio de 2.8 horas de radiación solar al día, y la humedad relativa alcanza un nivel del 83%. Además, en esta área, los suelos tienen un origen aluvial debido a la influencia del río Jubones (Cañadas Cruz, 1983).

3.1.3 Características físicas de suelo

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 homogenizar las soluciones nutritivas aplicada al sistema de riego por aspersión. Todo este sistema era controlado a través de válvulas que regulan la entrada de agua a los tanques, así como la salida de solución nutritiva que era inyectada al sistema de riego por aspersión subfoliar. Para la aplicación de fertirriego, el tiempo de riego se dividía en tres

etapas distintas. En la primera fase se destinaba a humedecer superficialmente en el suelo. En la segunda, se llevaba a cabo la aplicación de los fertilizantes. Finalmente, en la tercera etapa, se complementaba el tiempo de riego, además de proceder la limpieza de tuberías internas. Esto aseguraba que las soluciones nutritivas que caían sobre las hojas fueran lavadas, permitiendo que los nutrientes se incorporan al suelo. Este enfoque garantizaba una distribución óptima de los fertilizantes, no solo alrededor de la planta, donde se concentra una gran masa radicular en el subsuelo, sino también hacia el sistema radicular horizontal, que se extiende a más de un metro de distancia.

3.3 Diseño experimental

Se empleo un diseño experimental de bloques completos al azar con el propósito de controlar la variabilidad entre las unidades experimentales dentro de cada bloque y, al mismo tiempo, maximizar las diferencias entre los diferentes bloques. En el caso de que no existan diferencias notables entre los bloques, este diseño no aportaría significativamente a la precisión en la detección de diferencias significativas entre los tratamientos.

Los bloques se formaron utilizando zonas específicas en la finca, y en cada bloque se ubicaron los diferentes tratamientos de las unidades experimentales. Este enfoque permitió reducir y gestionar la variabilidad en el error experimental, lo que a su vez condujo a una mayor precisión en los resultados obtenidos.

En el presente estudio se implementó 4 tratamientos de aplicación de fertilizantes, siendo: Fertirriego 100%, Fertirriego 75% y Fertirriego 50% y Edáfico utilizado como testigo en un área 1.2 ha.

Se suministro distintos fertilizantes agrícolas para cada tratamiento, trabajando con el mismo grado nutricional:

- ✓ Fertirriego 100%: (Yara Rega Azutek, Nitrato de Amonio, Muriato de Potasio (MOP) , sulfato de Magnesio, YaraLive Calcinit)
- ✓ Fertirriego 75%: (Yara Rega Azutek, Nitrato de Amonio, Muriato de Potasio (MOP) , sulfato de Magnesio, YaraLive Calcinit)
- ✓ Fertirriego 50%: (Yara Rega Azutek, Nitrato de Amonio, MOP, Sulfato de Magnesio, YaraLive Calcinit)
- ✓ Edáfico: (Yara Rega Azutek, Nitrato de Amonio, Muriato de Potasio (MOP) , sulfato de Magnesio, YaraLive Calcinit)



Cada uno de los tratamientos se ejecutó con 3 repeticiones, considerando una densidad poblacional de 1400 plantas por ha⁻¹, y a su vez tratamientos se agruparon por 50 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:

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

N: Total de población

Z_{∞²}: Nivel de confiabilidad

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

q: 1-p = 1.095 = 0.05

d: Precisión (se usó el 5%)

3.3.1 Tratamientos.

Se implemento un programa nutricional integral con un nivel de nutrientes uniforme, y el trabajo se llevó a cabo en módulos que cubrían una extensión de 1.2 ha cada uno.

Tratamiento	
T1	Fertirriego 100%
T2	Fertirriego 75%
T3	Fertirriego 50%
T4	Edáfico

Tabla 7 Tratamientos aplicados en el estudio

Fuente 12 El autor

3.3.1.1 Tratamiento 1 (T1 – Fertirriego 100%)

Las concentraciones y fuentes de los elementos aplicados fueron los siguientes: Yara Rega Azutek con 22,5 kg ha⁻¹, Nitrato de Amonio con 3,75 kg ha⁻¹, MOP con 4 kg ha⁻¹, Sulfato de Magnesio con 7,50 kg ha⁻¹ y YaraLive Calcinit con 10,75 kg ha⁻¹. (Tabla 8).

T1 – Fertirriego 100%

Fertilizantes	Kg ha⁻¹
Yara Rega Azutek	22,5
Nitrato de Amonio	3,75
MOP	4
Sulfato de Magnesio	7,50
YaraLive Calcinit	10,75

Tabla 8 Factor del estudio en kg ha-1 para el tratamiento Fertirriego 100%

Fuente 13 El Autor

3.3.1.2 Tratamiento 2 (T2 – Fertirriego 75%)

En el tratamiento fertirriego se aplicaron la mezcla de 5 productos, siendo 2 fertilizantes solubles: Yara Rega Azutek con 17 kg ha⁻¹, Nitrato de Amonio con 2,81 kg ha⁻¹, MOP con 6,75 kg ha⁻¹, Sulfato de Magnesio con 5,60 kg ha⁻¹ y YaraLive Calcinit con 8,25 kg ha⁻¹. (Tabla 9)

T2 – Fertirriego 75%	
Fertilizantes	Kg ha⁻¹
Yara Rega Azutek	17
Nitrato de Amonio	2,81
MOP	6,75
Sulfato de Magnesio	5,60
YaraLive Calcinit	8,25

Tabla 9 Factor del estudio en kg ha-1 para el tratamiento Fertirriego 75%

Fuente 14 El Autor

3.3.1.3 Tratamiento 3 (T3 – Fertirriego 50%)

Las concentraciones y fuentes de los elementos aplicados fueron los siguientes: Yara Rega Azutek con 17 kg ha⁻¹, Nitrato de Amonio con 2,81 kg ha⁻¹, MOP con 6,75 kg ha⁻¹, Sulfato de Magnesio con 5,60 kg ha-1 y YaraLive Calcinit con 8,25 kg ha-1. (Tabla 10)

T3 – Fertirriego 50%	
Fertilizantes	Kg ha⁻¹
Yara Rega Azutek	17
Nitrato de Amonio	2,81
MOP	6,75
Sulfato de Magnesio	5,60
YaraLive Calcinit	8,25

Tabla 10 Factor del estudio en kg ha-1 para el tratamiento Fertirriego 50%

Fuente 15 El Autor

3.3.1.4 Tratamiento 4 (T4 – Edáfico)

La concentraciones y fuentes de elementos aplicados fueron las siguientes: Nitrato de Amonio con 44 kg ha⁻¹, Fosfato Diamonico (DAP) con 8 kg ha⁻¹, Muriato de Potasio (MOP) con 74 kg ha⁻¹, NitraBoro con 44 kg ha⁻¹, Sulfato de Magnesio con 30 kg ha⁻¹, Sulfato de Zinc 2 kg ha⁻¹, Boro con 2 kg ha⁻¹. (Tabla 11)

T4 – Edáfico	
Fertilizantes	Kg ha⁻¹
Nitrato de Amonio	44
DAP	8
MOP	74
NitraBoro	44
Sulfato de Magnesio	30
Sulfato de Zinc	2
Boro	2

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

Fuente 16 El Autor

3.4 Croquis del experimento

3.4.1 Especificidades del diseño

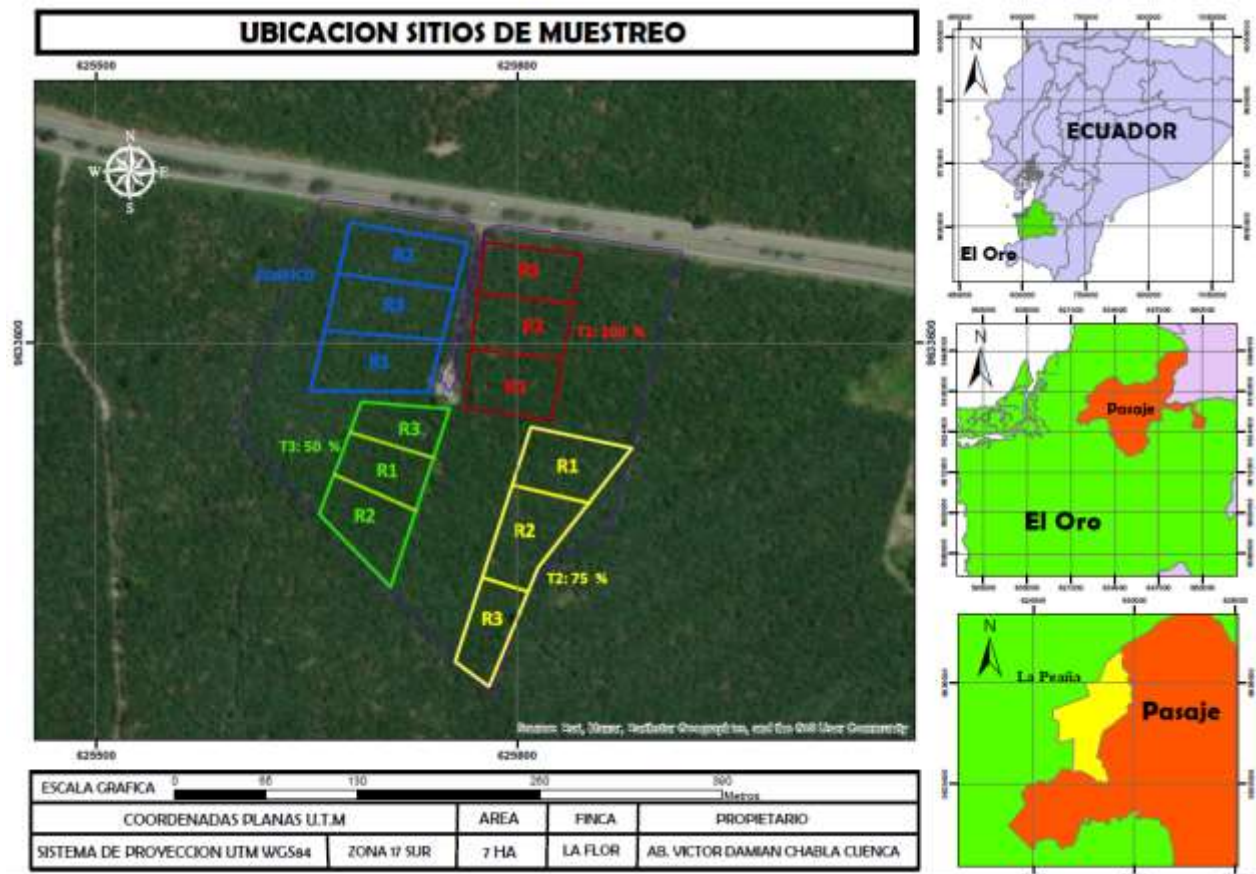


Figura 6 Ubicación de Muestreo

Tabla 12 El Autor

Numero de tratamientos: 4

Numero de repeticiones: 3

Número de Unidades Experimentales: 600

Tamaño por parcela: 1.2 ha

Plantas por parcela total (plantas): 1400

3.5 Manejo del experimento

Para realizar el experimento se va utilizar los siguientes estudios:

- Análisis de suelo
- Macro y micronutrientes
- Dosis de riego
- Fertilizantes a utilizar

3.5.1 Equipos

Los equipos a utilizar para el manejo del experimento son los siguientes:

- Balanza
- sistema de inyección de fertilizante para riego subfoliar
- equipo motobomba
- manómetro
- calibrador

3.6 Variables a medir

✓ Emisión Foliar (V1 – EF)

Para establecer el ritmo de la emisión foliar que es el desarrollo de la hoja candela se valora de acuerdo a la siguiente escala de Brum.

- Estadio 0: Hoja candela aproximadamente de 10 cm por longitud
- Estadio 2: Hoja candela más grande. Pero aún no alcanza su desarrollo completa.
- Estadio 4: Hoja candela completamente libre.
- Estadio 6: El lado izquierdo ya está abierto y su apertura ocurren 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 7 Grado de emisión Foliar

Fuente 17 (Aguilar Macas, 2021)

✓ Altura de la planta (V2 – Ap)

Según Tello Lopez (2021), se midió la altura del hijo desde el corno hasta la “V” de la última hoja de las plantas a evaluar en cada unidad de tratamiento.

✓ Números de hojas (V3 – Nh)

Se contabilizó el número total de las hojas, que están presentes en la planta esto se hizo en todas las repeticiones. Se consideró como hoja número 1, la más joven completamente

expandida siguiendo la filotaxia de la planta, esto se realizó cada 30 días. (Rivas Toapanta, 2020)

✓ **Diámetro de fuste (V4 – Df)**

Este dato se determinó al medir el diámetro del pseudotallo de las plantas muestreadas de cada unidad experimental, se evaluó a la altura de un metro desde el nivel del suelo; para esta medición se utilizó una cinta métrica, y se expresaron los resultados en centímetros. (Ibarra Anchundia, 2020)

✓ **Peso bruto de racimo (V5 – Pra)**

Se procedió a pesar los racimos después de la cosecha, de las 50 plantas, para esto se utilizó una balanza y se expresó los resultados en kilogramos. (Ibarra Anchundia, 2020)

✓ **Peso de raquis (V6 – Prq)**

El peso del raquis se evalúa mediante una balanza digital. Se desmana el racimo para proceder pesar el raquis.

✓ **Numero de manos por racimo (V7 – Nmr)**

Se realizó mediante el conteo de las manos de plátano que contenía cada uno de los racimos de las plantas evaluadas.

✓ **Peso de la mano por racimo (V8- Pmr)**

Después de obtener el peso bruto de los racimos, se extrajo el raquis y se procedió al pesaje de las manos de banano, se expresó los resultados en kilogramos.

✓ **Numero de dedos de la mano de racimo (V9 – Ndmr)**

Esto se determinó mediante el conteo del número de dedos exportables de cada uno de los racimos de las plantas evaluadas.

✓ **Longitud del dedo de la mano del racimo (V10 – Ldmr)**

Se llevo a cabo la medición de la distancia desde el punto de conexión del pedúnculo hasta la punta de la fruta, utilizado como guía un dedo de la parte media del racimo recién recolectado. Esta medición se realizó utilizando una cinta métrica y se registraron los resultados en centímetros

✓ **Grado de la fruta (V11 – Gf)**

Se realizo la medición de la parte más ancha de la fruta, por el cual se tomó como referencia el dedo intermedio de abajo de la mano del sol recién cosechado, para esto se usó un calibrado y los resultados se expresaron en milímetros.

Variables	Código
Emisión foliar	V1-Ef
Altura de la planta	V2-Ap
Numero de hojas	V3-Nh
Diámetro de fuste	V4-Df
Peso de Racimo	V5-Pra
Peso de Raquis	V6-Prq
Número de manos por racimo	V7-Nmr
Peso de la mano por racimo	V8-Pmr
Numero de dedos de mano por racimo	V9-Ndmr
Longitud de dedos por la mano de racimo	V10-Ldmr
Grado de la fruta	V11-GF

Tabla 13 Variables Biométricas

4. RESULTADO Y DISCUSION

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

Las variables medidas fueron sometidas a un proceso de análisis exploratorio de datos para verificar la existencia de valores atípicos que pudieran afectar el procedimiento estadísticas al cual se sometieron las variables. Se procedió a suprimir ciertos datos con el fin de preservar en distribuciones normales y asegurar homogeneidad en las variaciones. La utilización de diagramas y caja de bigotes facilita la comparación de la distribución y dispersión de las variables biométricas entre los distintos tratamientos.

En la figura 8 se observa que la dispersión de los datos de la variable emisión foliar (V-EF) en el T1 y T4 presenta una distribución simétrica de acuerdo a la media. Se visualiza en T2 y T3 que la media está por debajo de la mediana con asimetría negativa.

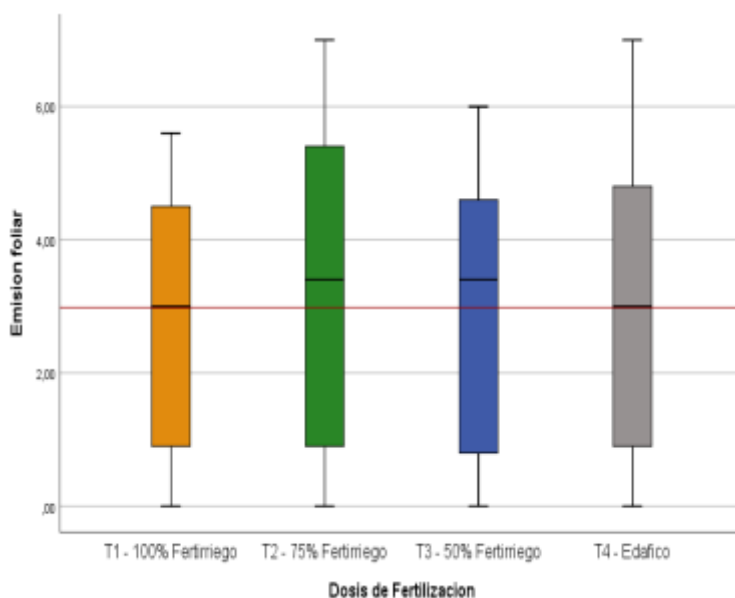


Figura 8 Diagrama de cajas y bigotes de la Emisión Foliar (hijo).

La mayor dispersión de los datos se presenta en el T1 con los valores mínimos de 2,50 m máximos de 3,6m con asimetría positiva, es importante resaltar que los 4 tratamientos se encuentran por encima de la media establecida. El T2 y T3 presenta la mayor dispersión de los datos en el cuartil 3 denotando una asimetría negativa. (Figura 9)

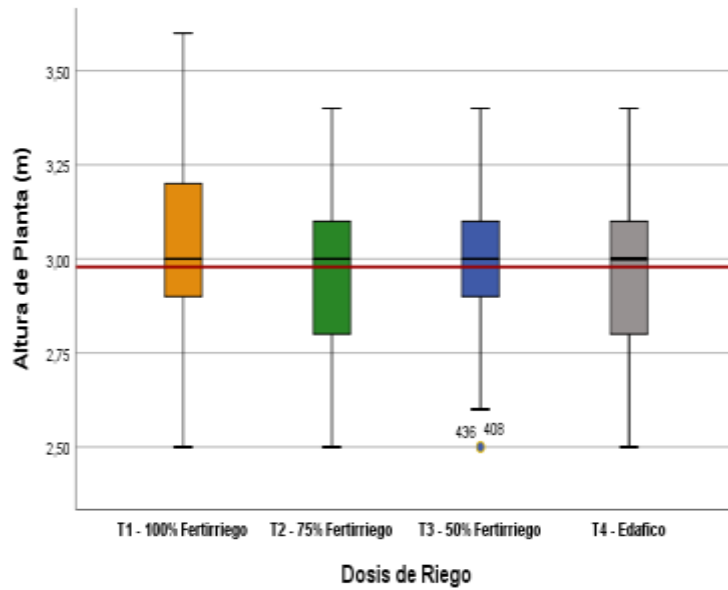


Figura 9 Diagramas de cajas y bigotes de Altura de planta

Se observa en el diagrama de caja del Número de hojas en la figura 10 que la mayor dispersión de los datos se manifiesta en el T3, también se visualiza valores extremos en el T1 y T4 que son representativos en la muestra. (Figura 10)

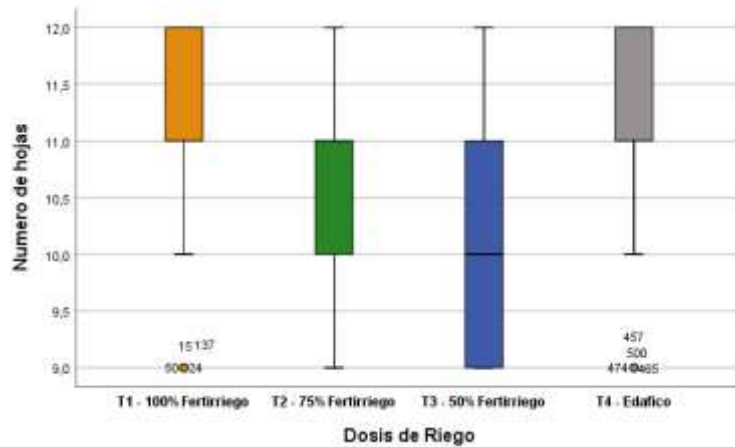


Figura 10 Diagrama de caja y bigotes de Numero de hojas

En la figura 11, se aprecia que el valor T4 está por debajo de la media, con una dispersión de datos normal. Por el contrario, en los casos de T1 y T2, se observan valores del segundo cuartil por encima de la media, y el T3. Es crucial resaltar que el T1 exhibe datos atípicos que resultaron representativos en la muestra.

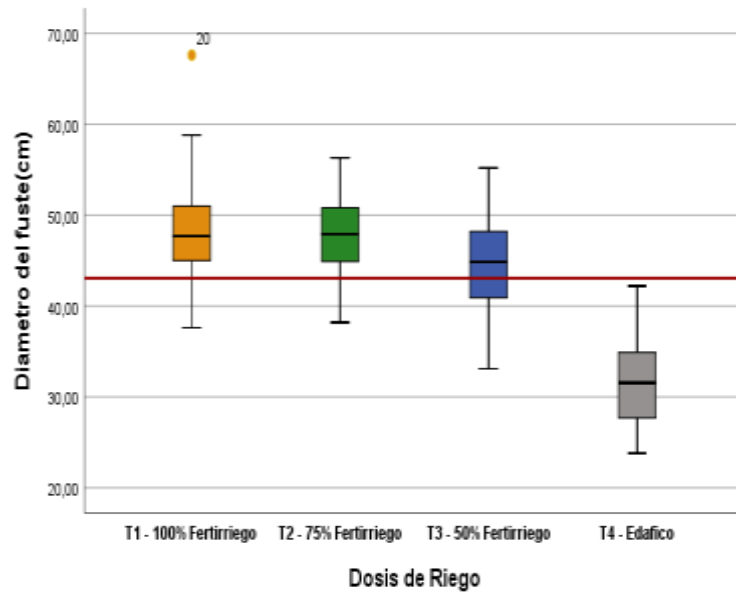


Figura 11 Diagrama de cajas y bigotes del diámetro de fustes

En el diagrama de cajas y bigotes en el T1 y T2 presentaron valores por encima de la media sin embargo el T1 presenta una asimetría negativa y el T2 una asimetría positiva. Por otro parte el T3 y el T4 mostraron valores por debajo de la media y siendo el T4 el que manifestó mayor dispersión de los datos con una asimetría ligeramente negativa (Figura 12)

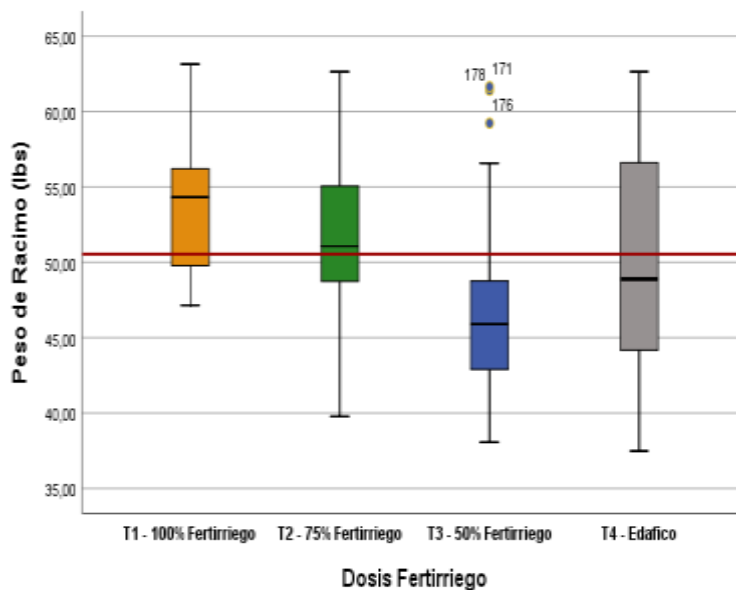


Figura 12 Diagrama de caja y bigote de peso de racimo

En el diagrama de cajas y bigotes del peso de raquis (Figura 13) se muestran valores extremos en el T1 y valores atípicos en el T3 que son representativos en la muestra, se determinaron valores máximos de 8,40 lb en los tratamientos. Se observó mayor dispersión de los datos en el T2 y T4

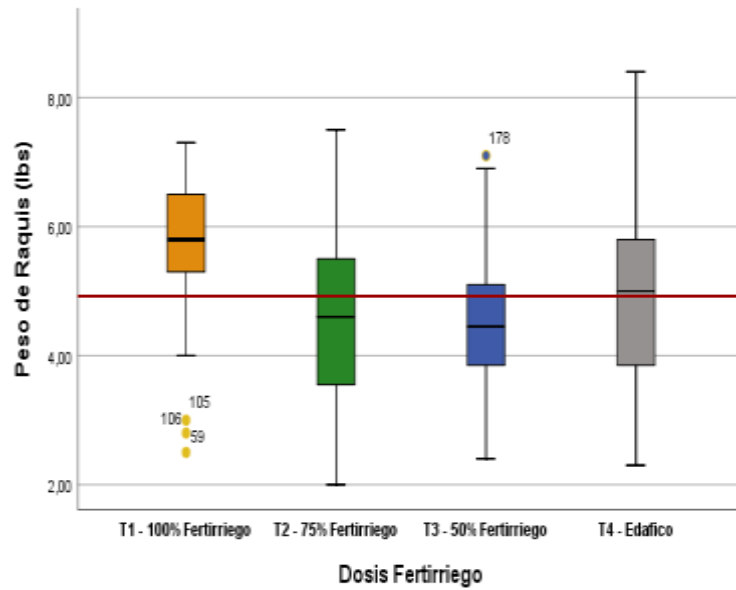


Figura 13 Diagrama de caja y bigote de peso del raquis

En la figura 14 en el diagrama de cajas del número de manos se observa que en T1 y T4 presenta valores atípicos que son representativas en la muestra, En el T2 y T3 los valores se encuentran más dispersos por debajo de la media mostrando mayor dispersión de los datos inter cuartiles en estos tratamientos.

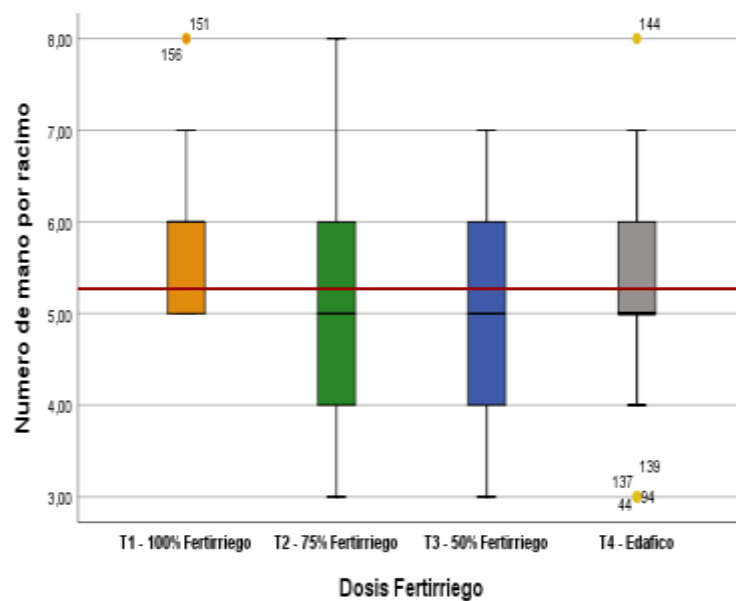


Figura 14 Diagrama de caja y bigote de numero de mano por racimo

En la figura 15 en el diagrama de cajas del peso de la mano por racimo se puede observar que la mayor dispersión de los datos se presenta en el T2 y T3, se observa de manera general en los 4 tratamientos que la mediana se encuentra por debajo de la media.

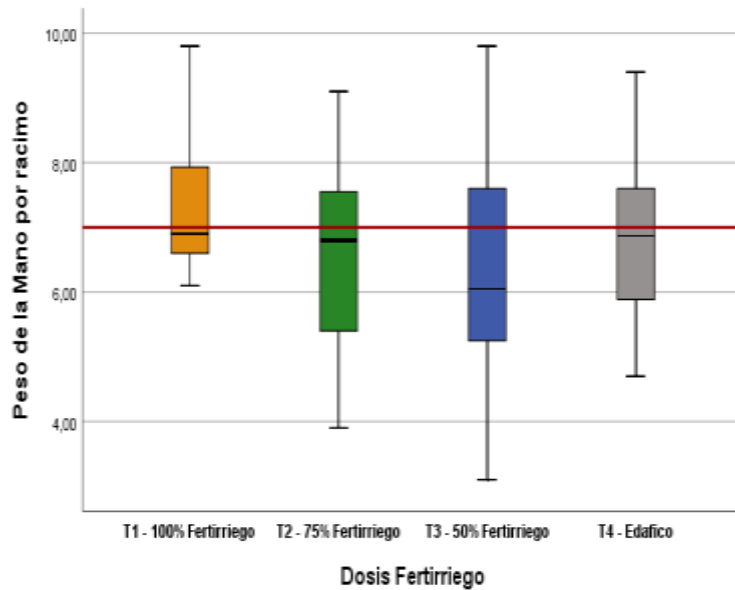


Figura 15 Diagrama de caja y bigote de Peso de la mano por racimo

Se observa la menor dispersión de los datos en el T1 y T2 presentándose valores atípicos en el T1 también es importante recalcar que los datos se encuentran por encima de la media. La mayor dispersión de los datos se presentó en el T3 y T4 respectivamente manifestando la mayor cantidad de datos dispersión por debajo de la media (Figura 16).

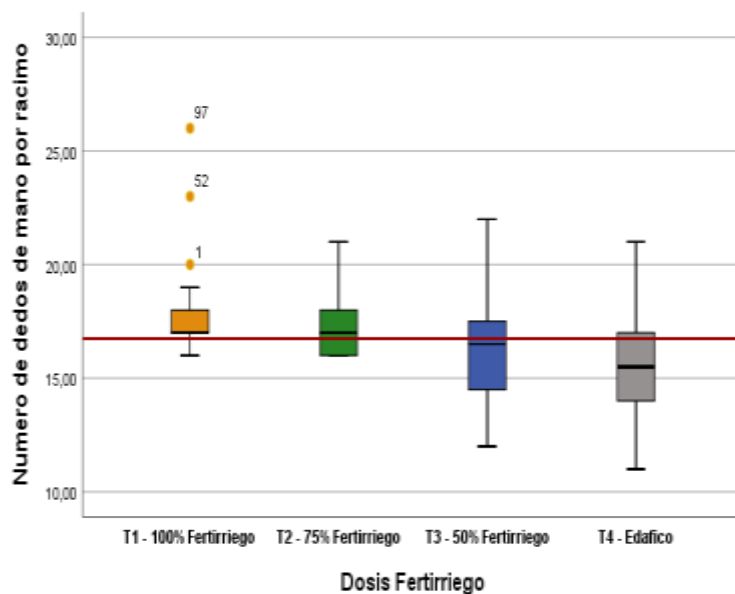


Figura 16 Diagrama de caja y bigote de Numero de dedos de mano por racimo

En el diagrama de cajas y bigotes de longitud de dedo de la mano se presentó valores atípicos que fueron representativos en la muestra T1 y T4. En el T3 se presenta la mayor dispersión de los datos por debajo de la media y en el T1 se observa que los datos están menos dispersos por encima del medio. (Figura 17).

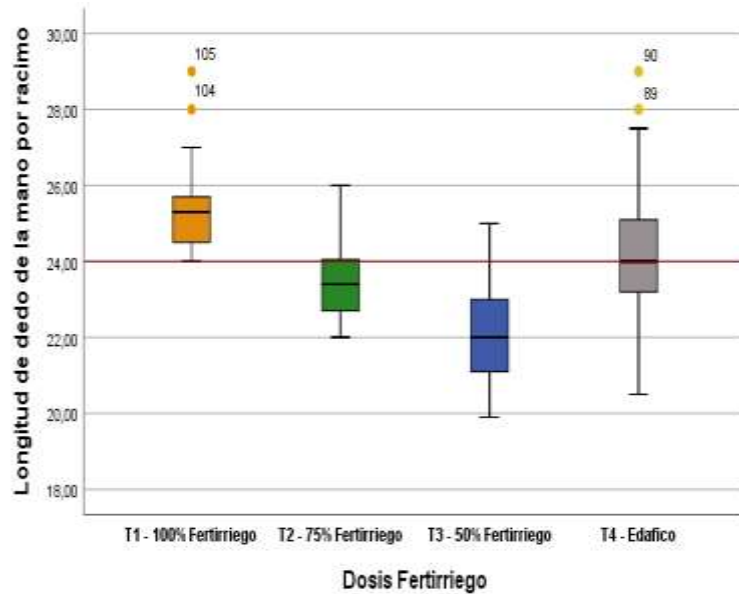


Figura 17 Diagrama de caja y bigote de Longitud de dedo de la mano por racimo

En el diagrama de cajas y bigotes del grado de fruta se visualiza que el T1 y el T3 presenta la mayor dispersión de los datos por debajo de la media, también se observa datos atípicos en el T1 que son representativos en la muestra. En el T2 y T4 los datos se manifiestan con mayor dispersión por encima de la media con datos máximos 48 (Figura 18)

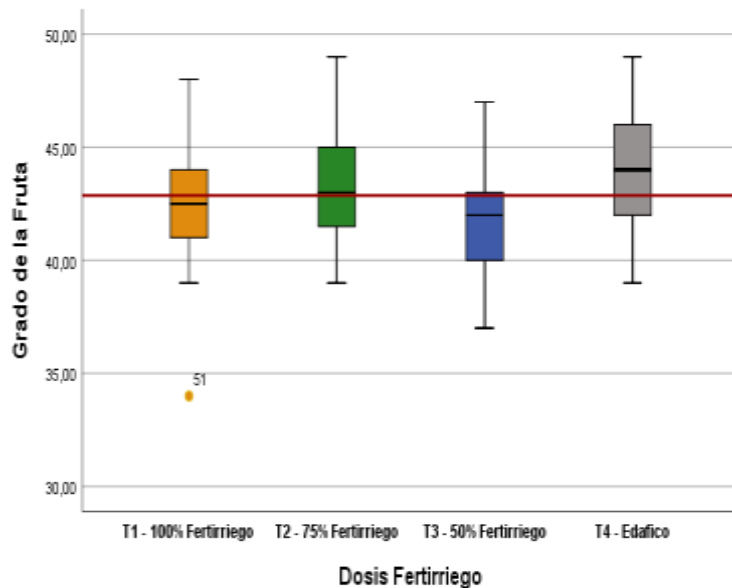


Figura 18 Diagrama de caja y bigote Grado de la fruta.

Antes de realizar la prueba de normalidad, Tabla 14, 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 en al menos una de las variables estudiadas presenta diferencias.

Pruebas de normalidad							
Variable	Tratamiento	Kolmogórov-Smirnov		Variable	Tratamiento	Kolmogórov-Smirnov	
		Estadístico	Sig.			Estadístico	Sig.
V1-Ef	T1	0,131	0,000	V7-Nmr	T1	0,261	0,000
	T2	0,156	0,000		T2	0,194	0,000
	T3	0,164	0,000		T3	0,216	0,000
	T4	0,125	0,000		T4	0,171	0,001
V2-Ap	T1	0,084	0,000	V8-Pmr	T1	0,220	0,000
	T2	0,103	0,000		T2	0,106	,200*
	T3	0,123	0,000		T3	0,088	,200*
	T4	0,097	0,000		T4	0,080	,200*
V3-Nh	T1	0,208	0,000	V9-Ndmr	T1	0,333	0,000
	T2	0,183	0,000		T2	0,255	0,000
	T3	0,160	0,000		T3	0,156	0,005
	T4	0,207	0,000		T4	0,153	0,007
V4-Df	T1	0,057	0,000	V10-Ldmr	T1	0,142	0,017
	T2	0,059	0,000		T2	0,125	0,060
	T3	0,031	0,009		T3	0,096	,200*
	T4	0,034	0,002		T4	0,095	,200*
V5-Pra	T1	0,150	0,009	V11-Pms	T1	0,093	,200*
	T2	0,091	,200*		T2	0,176	0,001
	T3	0,141	0,019		T3	0,130	0,041
	T4	0,131	0,039		T4	0,111	0,187
V6-Prq	T1	0,148	0,010				
	T2	0,084	,200*				
	T3	0,080	,200*				

T4	0,073	,200*
-----------	-------	-------

Tabla 14 Prueba de normalidad de datos en función a las variables biométricas.

Con una confiabilidad en la estimación del 95%, y un error de probabilidad mínimo del 5% se concluye que existe aditivita en los tratamientos y bloqueos, por lo tanto, no se presentó un efecto de interacción entre los tratamientos y los bloques. Se puede asumir que las unidades experimentadas 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 genero diferencias significativas en las variables de los diferentes tipos de fertilización, este modelo fue aditivo entre (mantuvo la tendencia respecto a cada tratamiento dentro de bloque) y así se máximo las diferencias entra bloques y demostró homogeneidad en los tratamientos dentro de cada bloque .

4.2 Estadística Descriptiva

La tabla15 muestra un resumen de la estadística descriptiva de los datos de 11 variables estudiadas, la variable emisión foliar (V1 – Ef) se procesaron 120 datos, con una media T1 2,80, T2 3,19, T3 2,91 y T4 3,02, un coeficiente de variación T1 66,37%, T2 70,16%, T3 65,55% y T4 69,61%. Altura de la planta (V2 - Ap) se procesaron 600 datos, con una media T1 3,09 m, T2 2,96 m, T3 2,95 m y T4 2,96 m, un coeficiente de variación T1 47,07%, T2 49,10%, T3 13,52% y T4 14,70%. Numero de hojas (V3 – Nh) se procesaron 600 datos, con una media T1 10,86, T2 10,23, T3 9,55 y T4 10,89, un coeficiente de variación T1 14,73%, T2 18,28%, T3 18,43% y T4 20,84%. Diámetro de fuste se procesaron 600 datos, con una media T1 48,02 cm, T2 47,62 cm, T3 44,78 cm y T4 32,59 cm, un coeficiente de variación T1 17,20%, T2 18,63%, T3 17,22% y T4 15,76%. Peso de racimo (V5 – Pra) se procesaron 192 datos, con una media T1 51,30 lb, T2 51,48 lb, T3 51,48 lb y T4 51,83 lb, un coeficiente de variación T1 12,34%, T2 11,27%, T3 11%,75% y T4 12,04%. Peso de raquis (V6 – Prq) se procesaron 192 datos, con una media T1 4,97 lb, T2 4,59 lb, T3 4,57 lb y T4 4,87 lb, un coeficiente de variación T1 24,93%, T2 28,98%, T3 25,60% y T4 27,48%. Numero de mano por racimo (V7 – Nmr) se procesaron 192 datos, con una media T1 5,50, T2 4,97, T3 5,04 y T4 5,32, un coeficiente de variación T1 20,87%, T2 25,06%, T3 21,24 % y T4 23,30%. Peso de la mano por racimo (V8 – Pmr) se procesaron 192 datos, con una media T1 6,9 lb, T2 6,51 lb, T3 6,58 lb y T4 6,81 lb, un coeficiente de variación T1 18,93%, T2 20,26%, T3 19,67% y T4 6,87%. Numero de dedos de mano por racimo (V9 – Ndmr), se procesaron 192 datos, con una media T1 16,23, T2 15,54, T3 16,46 y T4 15,79, un coeficiente de variación T1 14,33%, T2 15,36%, T3 11,88% y T4 12,73%. Longitud de dedo de mano por racimo (V10 – Ldmr), se procesaron 192 datos, con

una media T1 24,00, T2 23,36, T3 23,18, T4 24,16, un coeficiente de variación T1 7,37%, T2 10,12%, T3 9,09% y T4 7,82%. Grado de la fruta (V11 – Gf) se procesaron 192 datos, con una media T1 42,56, T2 43,17, T3 41,85 y T4 43,88, un coeficiente de variación T1 5,95%, T2 5,24%, T3 5,77% y T4 (5,31(

Estadísticos Descriptivos

Variable	Tratamiento	Media	Mediana	DE (σ)	CV (%)	Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo
V1-EF	T1	2,80	3,00	1,86	66,37	-0,14	-1,42	0,00	5,60
	T2	3,19	3,40	2,24	70,16	-0,05	-1,53	0,00	7,00
	T3	2,91	3,40	1,91	65,55	-0,26	-1,43	0,00	6,00
	T4	3,02	3,00	2,10	69,61	-0,02	-1,37	0,00	7,00
V2-Ap	T1	3,09	3,09	1,46	47,07	15,35	254,79	0,00	29,00
	T2	2,96	3,09	1,45	49,10	-0,65	-0,30	1,64	3,93
	T3	2,95	3,00	0,40	13,52	-0,67	0,27	1,49	3,80
	T4	2,96	3,02	0,44	14,70	-0,65	-0,03	1,64	3,93
V3-Nh	T1	10,86	11,00	1,60	14,73	-1,86	7,44	1,00	14,00
	T2	10,23	11,00	1,87	18,28	-0,89	0,31	4,00	13,00
	T3	9,55	10,00	1,76	18,43	-0,57	0,12	4,00	13,00
	T4	10,89	11,00	2,27	20,84	-1,44	4,98	1,00	14,00
V4-Df	T1	48,02	48,90	8,26	17,20	-0,88	1,57	0,00	88,09
	T2	47,62	48,92	8,87	18,63	-0,77	1,47	2,80	67,09
	T3	44,78	44,94	7,76	17,33	-0,19	-0,44	24,30	65,00
	T4	31,59	31,49	4,98	15,76	0,10	-0,64	20,40	45,16
V5-Pra	T1	51,30	51,07	6,33	12,34	-0,01	-1,16	40,82	62,64
	T2	51,48	50,68	5,80	11,27	0,08	-1,11	41,28	62,64
	T3	51,48	50,68	6,05	11,75	-0,01	-1,17	41,28	61,64
	T4	51,83	51,97	6,24	12,04	-0,05	-1,26	41,28	61,64
V6-Prq	T1	4,97	5,00	1,24	24,93	0,05	-0,76	2,50	7,30
	T2	4,59	4,60	1,33	28,98	0,32	-0,53	2,00	7,50
	T3	4,54	4,50	1,16	25,60	0,17	-0,11	2,00	7,10
	T4	4,87	5,00	1,34	27,48	0,22	-0,17	2,30	8,40
V7-Nmr	T1	5,50	6,00	1,15	20,87	-0,04	-0,09	3,00	8,00
	T2	4,97	5,00	1,25	25,06	0,25	0,07	3,00	8,00
	T3	5,04	5,00	1,07	21,24	0,13	-0,48	3,00	7,00

V8-Pmr	T4	5,32	5,00	1,24	23,30	-0,21	-0,41	3,00	8,00
	T1	6,98	6,90	1,32	18,93	0,22	-0,40	4,10	9,80
	T2	6,51	6,80	1,32	20,26	-0,19	-0,77	3,90	9,10
	T3	6,58	6,60	1,29	19,67	0,19	-0,40	4,10	9,80
V9-Ndmr	T4	6,81	6,87	1,16	17,08	0,20	-0,54	4,70	9,40
	T1	16,23	16,00	2,33	14,33	2,13	6,59	13,00	26,00
	T2	15,54	16,00	2,39	15,36	1,40	7,20	10,00	26,00
	T3	16,46	17,00	1,96	11,88	-0,02	0,46	12,00	22,00
V10-Ldmr	T4	15,79	15,50	2,01	12,73	0,17	0,03	11,00	21,00
	T1	24,00	23,90	1,77	7,37	0,58	0,43	21,00	29,00
	T2	23,36	23,30	2,37	10,12	-0,61	2,23	15,30	28,00
	T3	23,18	23,00	2,11	9,09	-0,54	1,87	16,40	28,00
V11-Gf	T4	24,16	24,00	1,89	7,82	-0,24	2,02	18,00	29,00
	T1	42,56	42,50	2,53	5,95	-0,46	1,55	34,00	48,00
	T2	43,17	43,00	2,26	5,24	0,72	0,24	39,00	49,00
	T3	41,85	42,00	2,41	5,77	0,24	-0,22	37,00	47,00
	T4	43,88	44,00	2,33	5,31	0,12	-0,68	39,00	44,00

Tabla 15 Estadísticos descriptivos en función a las variables biométricas

4.3 ANOVA Factorial Inter grupo

Se realizó el ANOVA por cada una de las variables, donde la hipótesis es nula fue aceptada, presentando así que los datos de las variables estudiadas tuvieron diferencias significativas, aunque sea uno de los tratamientos, debido a la lectura del p-valor de la prueba de normalidad fue menor al nivel de significancia alfa predefinido. Es así como se demostró estadísticamente que los tipos de fertilización influyeron en las medias de las variables medidas.

ANOVA factorial inter grupos – Efecto del factor de estudio sobre las variables medidas

Variables	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p - valor
V1- Ef	20,435	6,812	1,643	0,178
V2 - Ap (cm)	0,331	0,110	2,676	0,046
V3 - Nh	199,698	66,566	71,364	0,000
V4 - Df (cm)	27540,151	9180,050	471,807	0,000

V5 - Pra	1319,538	439,846	13,800	0,000
V6 - Prq	44,683	14,894	10,448	0,000
V7 - Nmr	19,167	6,389	5,205	0,002
V8 - Pmr	25,371	8,457	5,227	0,002
V9 - Ndmr	107,604	35,868	11,969	0,000
V10 - Ldmr	298,750	99,583	46,882	0,000
V11 - Gf	106,771	35,590	6,243	0,000

Tabla 16 ANOVA factorial inter grupos – Efecto del factor de estudio sobre las variables medidas

4.4 Prueba post -hoc de Tukey

Una vez que se identificó que al menos uno de los tratamientos existió diferencias significativas de cada una de las variables, fue necesario realizar una prueba Post-hoc, la cual indico el mejor tratamiento y denoto si las diferencias entre ellos son o no significativas.

Prueba Post Hoc de Tukey				
Variable	T1	T2	T2	T4
V1 - Ef	5,233a	5,2a	4,43b	3,983c
V2 - Ap	3,31a	2,96b	2,57c	2,46d
V3 - Nh	10,96a	10,31b	9,6c	11,02ad
V4 - Df	48,0507	47,8460	44,7747	31,5340
V5 - Pra	53,86a	51,66ab	49,95bd	46,68c
V6 - Prq	6,79a	4,72bc	3,24d	4,53bc
V7 - Nmr	6,27a	5,25b	4,77b	4,23c
V8 - Pmr	7,29ab	6,51bc	6,33bc	6,81ab
V - Ndmr	17,88a	16,48b	15,75b	14,08c
V - Ldmr	25,31a	23,51b	21,86c	24,16d
V- Gf	42,56bc	43,17abc	41,84bc	43,87ab

Tabla 17 Prueba de Post hoc de Tukey en función a las variables

En la figura 19 se observó que no hay diferencias significativas entre la aplicación del T1 – 100% Fertirriego y el T2 – 75% Fertirriego. Es decir, ambas tuvieron una distribución similar de sus medidas de 5,2 hojas hasta la última semana que se recolecto la información en campo, lo que indica que ambos tratamientos causaron efectos similares en la variable V1-Ef. Martínez y Cayón (2011) indican que el número de hojas están influenciado por las condiciones climáticas y nutricionales, y sugieren que este puede variar entre 0.6 y 0.8 hojas por semana. Por otro lado, el tratamiento que solo recibió fertilizantes edáfica mostro medias inferiores a la

media general, resultados que concuerdan con Suquilanda Diego (2020), donde evidencio que la media más baja de emisión foliar se concentró en el tratamiento de fertilizante edáfica.

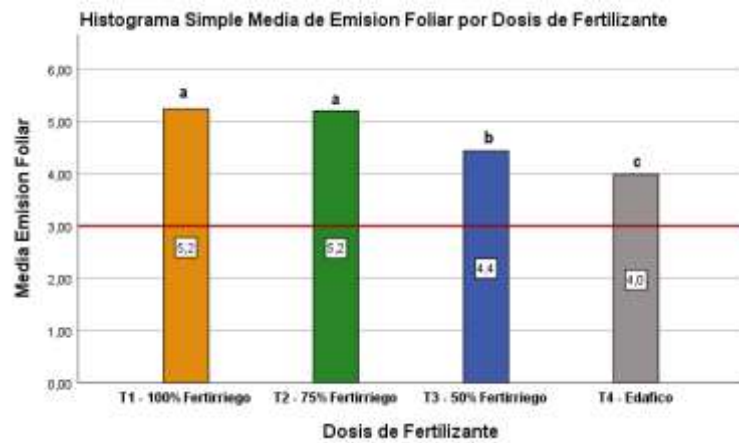


Figura 19 Media de emisión foliar por cada tipo de tratamiento

En este contexto, un análisis visual de los datos respalda las conclusiones obtenidas en el análisis estadístico. Un gráfico de barras revela, mediante la comparación de las medias, que la mayor altura se registró en el T1 con una altura de 3,32 m, seguido por el T2 con una altura de 2,96 m, seguido por el T3 con una media de altura de 2,57 m, y finalmente el grupo testigo que en este caso es el T4 con 2,46 m. Esto sugiere que los tratamientos de fertirriego con una concentración del 100% de la dosis establecida fueron los más efectivos en relación con esta variable (Figura 20). En consonancia, Luna & Enríquez del Valle (2010) señalan que dosificar correctamente los tratamientos conduce a un cultivo con características óptimas, y este enfoque proporciona la mejor respuesta en el cultivo de banano.

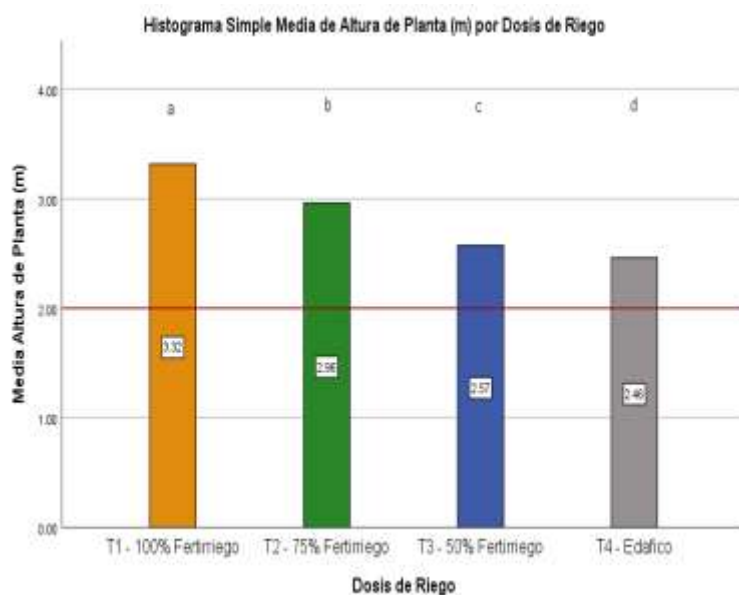


Figura 20 Media de altura de planta por cada tipo de tratamiento.

En la figura 21 presenta que la variable Numero de Hojas presento variación en el T2 y T3 con una media de 10 hojas en relación al demás tratamiento que presenta. Denotando así que la T1 con una concentración del 100% de fertirriego y el T4 que es fertilización edáfica indicaron mayor impacto en la variable.

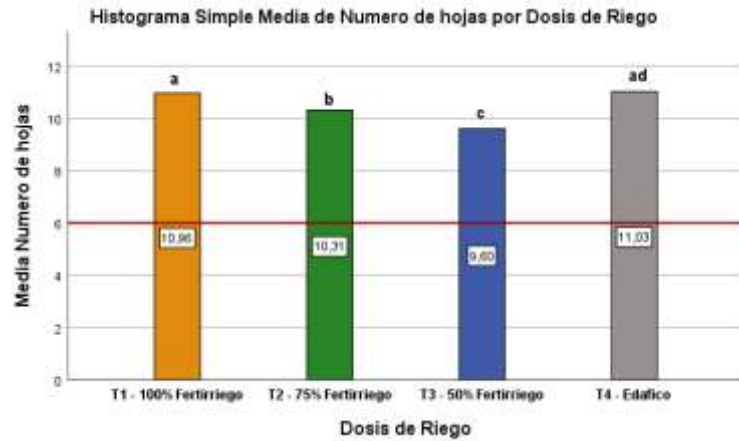


Figura 21 Media de numero de hojas por cada tratamiento.

La representación gráfica de los datos muestra que la altura media más alta se observó en el T1 – 100 % Fertirriego, con 48,05, seguido por el T2 – 75% Fertirriego con 47,85, luego por el T3 – 50% Fertirriego solo con 44,77 cm, y finalmente el grupo testigo que es el T4 – Edáfico con 31,51 cm. Por lo tanto, se puede concluir que los tratamientos más efectivos en relación con esta variable fueron T1 y el T2 (ver figura 22). Espinoza (2002) observa la utilización de un sistema de inyección de fertilizantes subfoliar resulta en un mayor crecimiento del fuste del banano. Este sistema ofrece varios beneficios, ya que proporciona agua y nutrientes de manera continua y progresiva a lo largo del ciclo vegetativo (Carnejo, 2010).

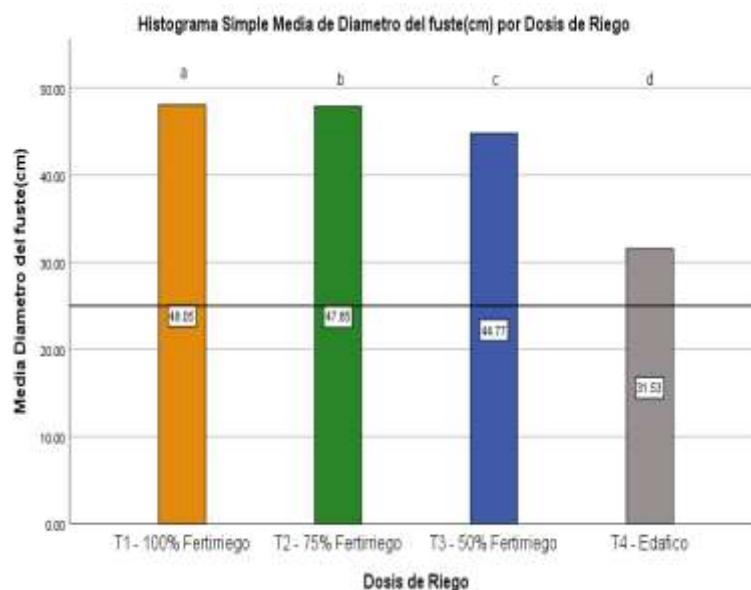


Figura 22 Media de diámetro de fuste por cada tipo de tratamiento

En cambio, en el peso del racimo de banano que es uno de los cultivos de mayor relevancia debido a la importancia económica y para medir la productividad de la misma se evidencio que el T1 presento la mejor media de peso de 53,86 lb, seguido por el T2 de 51,67 lb, luego el T4 Edáfico con 49,96 y finalmente el T3 con una media de 46,69 lb. Por lo tanto, se puede inferir que la implementación del fertirriego resulto en un aumento en el tamaño del fuste del banano, lo que se refleja en una mayor eficiencia en la aplicación de este método y en la obtención de resultados satisfactorios en el cultivo (Ulloa, 2016). Esta observación está en línea con lo expresado por Delgado et al. (2013), quienes señalan que el peso del racimo de banano puede oscilar entre 45 y 70 libras.

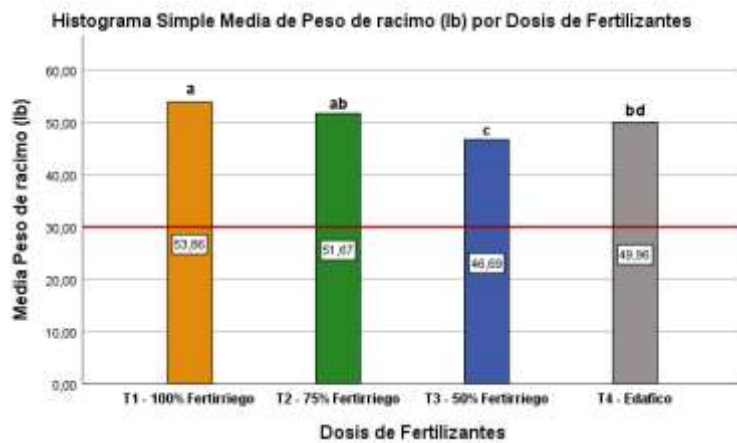


Figura 23 Media de peso de racimo por cada uno de los tratamientos.

Se observo en la figura 24 que existe diferencias significativas entre la implementación de las diferentes dosis y concentraciones de fertirriego y fertilización edáfica, es decir no tuvieron una similar distribución de sus medias, obteniendo la mayor media de peso de raquis del banano en el T1 con un peso 6,79 lb. 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 el mayor al implementar un sistema de inyección de fertilizantes subfoliar con 100% de concentración de fertirriego.

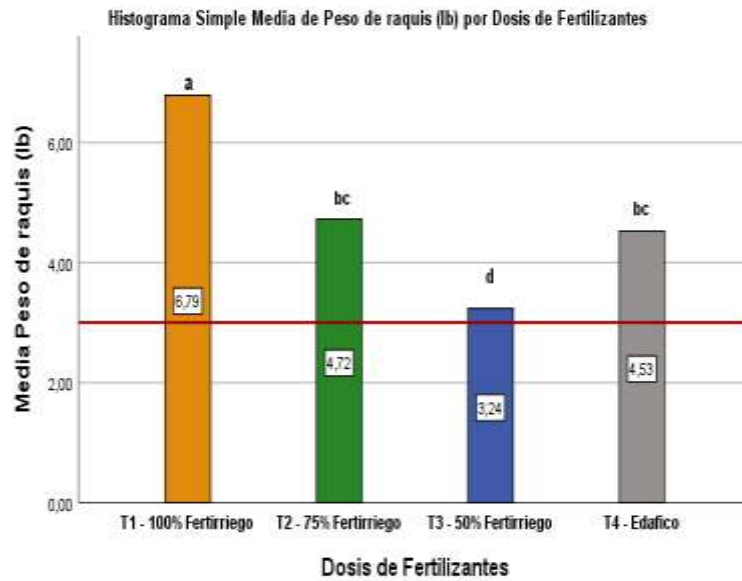


Figura 24 Media de peso de raquis por cada uno de los tratamientos

Dentro de los tratamientos evaluados para la variable número de mano se identificó que el T1 presento la media más alta con 6,27, seguido por el T2 con 5,25 como media, T3 con 4,77 la cual se agrupo estadísticamente dentro del T4 con una media de 4,23.

Por lo tanto, se puede inferir que, durante el periodo de la cosecha, el número de manos de banano fue mayor cuando se empleó un sistema de inyección de fertilizantes subfoliares con concentraciones mayores. Delgado et al. (2013) indican que el número de racimo puede variar entre 6 y 7 manos (Figura 25).

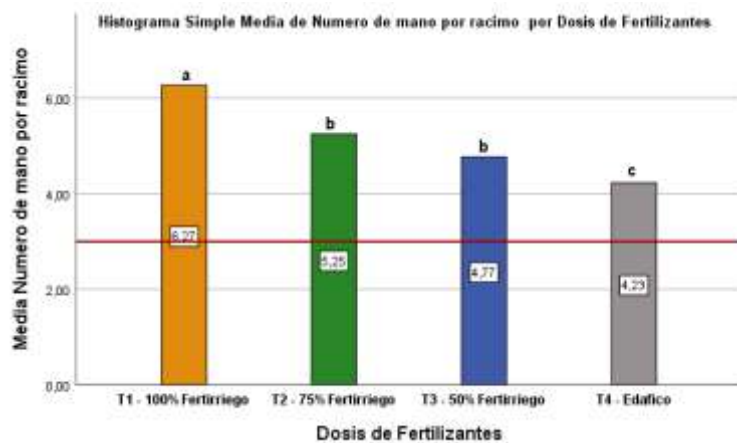


Figura 25 Media de numero de mano por racimo en cada uno de los fertilizantes

El número de dedos en la mano indica que de acuerdo por las pruebas de POST HOC se presentaron diferencias significativas entre si siendo la media más alta el T1 con 17,88, seguido por el T2 con 16,48, T3 con una media de 15,75 y finalmente el T4 con la menor media 14,08.

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 fertilizante subfoliar.

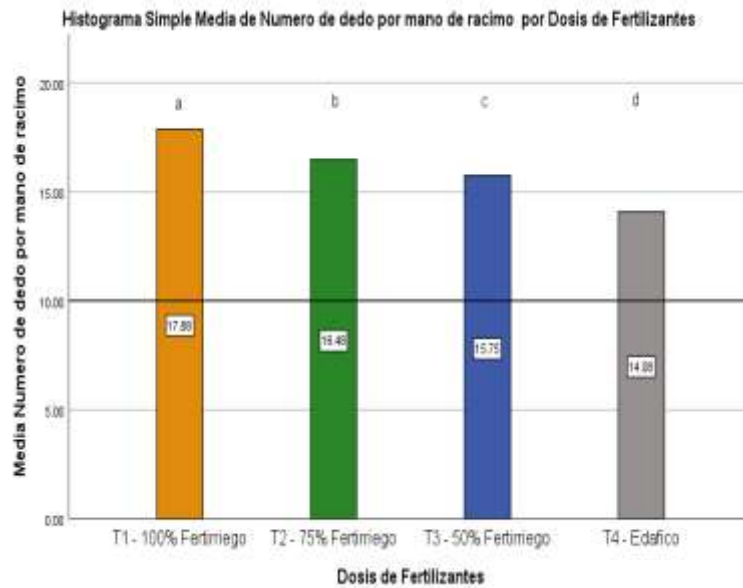


Figura 26 Media de numero de dedos por mano de racimo

Dentro de los tratamientos evaluados para la variable peso de la mano en la figura 27 se identificó que el T1 y T4 presentaron la media más alta con 7,29 lb y 6,81 lb respectivamente, seguido por los tratamientos T2 y T3 con una media más baja. Lo que denota el fertirriego con una concentración del 100% y una fertilización edáfica representaron un método más eficaz en esta variable.

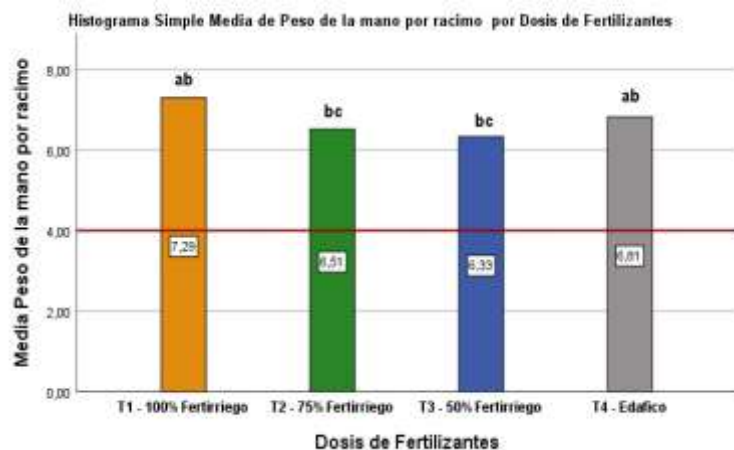


Figura 27 Media de numero de peso de la mano de racimo

En la figura 28, se puede apreciar que la mayor longitud alcanzada se obtuvo en el T1 con una media de 25,31 cm, seguido del T4 con una media de 24,16 cm y el T2 con una media de 23,51, mientras que la media más baja se visualizó en el T3 con una media de 21,58 cm. Estos resultados de los tratamientos T1, T2 y T4 coinciden con lo mencionada por Ulloa (2015),

quien establece que la longitud óptima para un fruto de exportación no debe ser inferior a 23 cm.

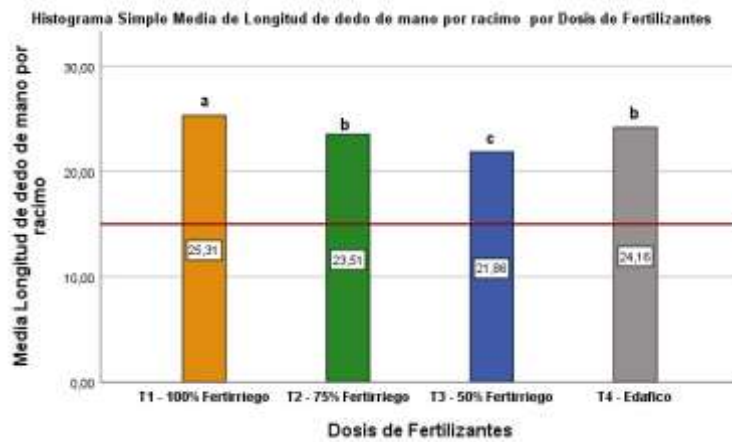


Figura 28 Media de longitud de dedos de mano por racimo en cada uno de los tratamientos

El Grado de la fruta indica que de acuerdo por las pruebas de POST HOC se presentaron diferencias significativas entre si siendo la media más alta el T4 con 43,87, seguido el T2 con 43,17, el T1 con una media de 42,46 y finalmente el T3 con la menos media 41,05. Estos datos están dentro del rango óptimos de grado de la fruta según Novillo Delgado (2016) que indica que el grado de la fruta debe tener 39 a 40 mínimo y 46 a 47 máximo.

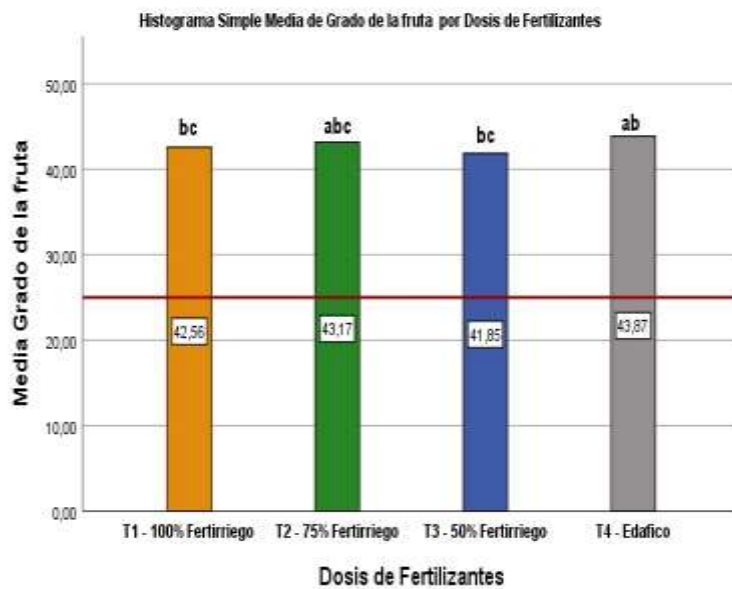


Figura 29 Media Grado de fruta en cada uno de los tratamientos

5. CONCLUSIONES

La evaluación de los tratamientos T1 y T2 como los más efectivos en el estudio de fertirriego en diferentes dosis de muestra que existe un potencial significativo para optimizar el rendimiento de la producción bananera mediante la manipulación del intervalo de riego y la aplicación de fertilizantes. Este hallazgo sugiere la importancia de implementar las estrategias específicas de manejo del agua y nutrientes en los cultivos de plátano para maximizar tanto las variables biométricas como la producción, lo que puede tener implicaciones positivas tanto económicas como ambientales para los productores de banano.

Los resultados revelan que el fertirriego con una concentración de los fertilizantes al 100 % (T1) y al 75% (T2) emergieron como las estrategias más efectivas para promover el crecimiento y la producción óptimas de las plantas de banano. Esto sugiere que la sincronización del riego con las condiciones de fertilización es esencial para maximizar el rendimiento del cultivo. Establecer el momento adecuado para el riego bajo diferentes condiciones de fertilizantes y horarios de riego que permite una gestión más precisa de los recursos hídricos y nutricionales, lo que podría traducirse en mejoras significativas en la calidad y cantidad de la producción de banano. Estos hallazgos ofrecen una guía valiosa para los agricultores en la optimización de sus prácticas de riego y fertilización, con el potencial de aumentarla rentabilidad y sostenibilidad de los cultivos de banano.

El análisis de varianza y las pruebas de post hoc han identificado diferencias estadísticamente significativas entre el diferente tratamiento, lo que respalda la importancia de elegir cuidadosamente los métodos de riego y fertilización para optimizar la producción de banano.

BIBLIOGRAFÍA

- Vargas Céspedes, A., W. W., Morales, M., & Vignola, R. (2017, Diciembre). FICHA TÉCNICA CULTIVO DE BANANO. Retrieved from Ministerio de Agricultura y Ganadería: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8205.pdf>
- Aguilar Macas, H. F. (2021). Incidencia del intervalo de riego en sistema de irrigación subfoliar, aplicando fertirriego y fertilización edáfica en la producción de banano. Trabajo de tesis. Universidad Tecnica de Machala, Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16535/1/TTUACA-2021-IA-DE00001.pdf>
- Aguilar Mora, C. G., & Quille Caiza , E. M. (2021). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y SALUD DEL SUELO DE LOS RÍOS ZAMORA Y ZAMORA HUAYCO, SUBCUENCA DEL RÍO ZAMORA, CANTÓN LOJA – ECUADOR. Trabajo de Titulacion. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, Quito. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19651>
- Antunez B, A., & Felmer E, S. (2009). Boletín del Nodo de Riego en el Secano. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Retrieved from <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7272/NR36468.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Barrera Leon, J. (2020). EVALUACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DEL SUELO DE DIVERSOS CULTIVOS EN DIFERENTES CONDICIONES TOPOGRÁFICAS. Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, 3(1), 9. Retrieved from <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/248/289>
- Calvache Ulloa, M. (2008). FERTIRRIEGO EN ECUADOR, PRESENTE Y FUTURO. X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, 12. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/301766196_FERTIRRIEGO_EN_EL_ECUADOR
- Cañadas Cruz, L. (1983). El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador. Quito: Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG). Retrieved from <https://www.ipgh.gob.ec/portal/index.php/biblioteca-menu/novedades-bibliograficas/456-el-mapa-bioclimatico-y-ecologico-del-ecuador>

- Castillo Cerna, C. M. (2005). SELECCIÓN Y CALIBRACIÓN DE INDICADORES LOCALES Y TÉCNICO PARA EVALUAR LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS LADERAS, EN LA MICROCUENCA CUSCAMÁ EL TUMA - LA DALIA MATAGALPA, 2005. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria, Managua. Retrieved from <https://repositorio.una.edu.ni/1094/>
- Castillo, M., Sanchez Torres, J. J., & J. D. (2012). Principios para la nutrición del cultivo de Banano. Asociación de Bananeros de Colombia. Retrieved from Biblioteca Digital Agropecuaria de Colombia: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/19656>
- CASTRO GUEVARA , V. B. (2021). EFECTO DEL FERTIRRIEGO Y FERTILIZACIÓN EDAFICA EN LA PRODUCCIÓN DE BANANO, CANTÓN PASAJE-PROVINCIA EL ORO. Trabajo de Titulación. Universidad técnica de Machala, Machala. Retrieved from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/19719>
- Catañón, G. (2000). Ingeniería del Riego, Utilización Racional del Agua. Magallanes, Madrid, España: ITES Paraninfo.
- Delgado Ponton, A. M. (2019). Maceración del pseudotallo en banano utilizando microorganismos de montaña en combinación con fertilizantes químicos para estimular el crecimiento del retorno. Trabajo Experimental. Universidad Técnica de Machala, Machala. Retrieved from Universidad Técnica de Machala: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13844>
- Deras Izaguirre, J. R. (2019). Evaluación de cuatro programas de nutrición en la producción de banano en la finca Guadalupana, San Manuel Cortés, Honduras. Trabajo de tesis. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Zamorano. Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/1d794670-dd92-44b8-b48d-c5351819e868/content>
- Diaz, A., Cayon, G., & Mira, J. J. (2007). Metabolismo del calcio y su relación con la "mancha de madurez" del fruto de banano. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 8. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652007000200010#:~:text=En%20el%20cultivo%20del%20banano,de%20los%20frutos%20para%20la
- 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. Revista Ciencias Agronómicas. Retrieved from <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/11587>

FAO. (1997). Valoración de los bosques: contexto, problemas y directrices. Obtenido de Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.: <https://www.fao.org/3/v7395s/v7395s00.htm#Contents>

FAO. (2021). Retrieved from Propiedades Físicas del Suelo: https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm

Furcal Beriguete, P., & Barquero Padilla, A. (2014). Fertilización del plátano con nitrógeno y potasio durante el primer ciclo productivo. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 12. Retrieved from https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212014000200005&script=sci_abstract&tlng=es

Furcal Beriguete, P., & Barquero Padilla, A. (2013). Respuesta del Plátano a la fertilización con P, K Y S. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2), 11. Retrieved from https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212013000200008&script=sci_abstract&tlng=es

García, A. (2012). Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 10. Retrieved from [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDDD85257A2F005EF91B/\\$FILE/6%20Art.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDDD85257A2F005EF91B/$FILE/6%20Art.pdf)

Gauggel, C., & Arevalo, G. (2010). FERTILIZACIÓN EN BANANO. ZAMORANO: ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA. Retrieved from https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/Gauggel_and_gauggel_fertilizacion_en_banano.pdf

González Argandar, C. (2007). EL USO DE FERTILIZANTES LÍQUIDOS PARA EL FERTIRRIEGO. Tesis de Grado. CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA, Saltillo. Retrieved from <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/356/1/Crispin%20Gonzalez%20Argandar.pdf>

- Guzman, M., & Diaz , R. (2004). CARACTERÍSTICAS DE LOS FERTILIZANTES PARA SU USO EN LA FERTIRRIGACIÓN. TECNOLOGÍAS Y PROGRAMACIÓN EN AGROPLASTICULTURA. Retrieved from 257416472_CARACTERISTICAS_DE_LOS_FERTILIZANTES_PARA_SU_USO_EN_LA_FERTIRRIGACION
- Hernandez, Y., Marin, M., & Garcia, J. (2007). Respuesta en el rendimiento del plátano (Musa AAB cv. Hartón) en función de la nutrición mineral y su ciclo fenológico. Revista de la Facultad de Agronomía, 24(4), 20. Retrieved from http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000400001
- Holguin Rios, A. (2011). Germinacion del Hibrido Comercial de Zacate Buffel (AN17PS) y otros Hibridos Experimentales bajo condiciones de salinidad. Trabajo de Tesis. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO", Buenavista. Retrieved from <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1490/T19019%20HOLGUIN%20RIOS%2c%20ANGEL%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huertas Villarruel, E. D. (2016). EFECTO DE FUENTES DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE BANANO (Musa acuminata AAA) CON Y SIN REMOCIÓN DEL SUELO. QUININDÉ, ESMERALDAS. TRABAJO DE GRADO. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, Quito. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8189/1/T-UCE-0004-47.pdf>
- Ibarra Anchundia, M. A. (2020). Evaluación de dos formas de aplicación y cuatro dosis de un fertilizante químico, sobre el rendimiento del cultivo de plátano barraganete (Musa paradisiaca L.). Trabajo de titulación. Universidad de las Fuerzas Armadas, Santo Domingo. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/22324/1/T-ESPESD-003099.pdf>
- INTAGRI. (2017). Propiedades Físicas del Suelo y el Crecimiento de las Plantas. Obtenido de Serie Suelos.: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/propiedades-fisicas-del-suelo-y-el-crecimiento-de-las-plantas>
- Jimenez Cañar, J. C. (2021). EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS EN LAS PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO Y SU INCIDENCIA EN LA

- PRODUCCION DE BANANO. Trabajo de titulación. Universidad Técnica de Machala, Machala. Retrieved from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17477/1/TTUACA-2021-IA-DE00059.pdf>
- Labarca, M., Sosa, L., Esparza, D., Nava, C., Fernández, L., & Villae, 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(4). Retrieved from http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182005000400009
- Lopez, A. (1994). EL AZUFRE EN LA NUTRICION DEL CULTIVO DE BANANO EN COSTA RICA. *CORBANA*, 18(40), 5. Retrieved from [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/8F19F825B478AA888525801300565668/\\$FILE/Art%204.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/8F19F825B478AA888525801300565668/$FILE/Art%204.pdf)
- Maldonado Paucar, D. A. (2016). EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE HEXAMETAFOSFATO DE SODIO $\text{NaPO}_3)_6$, EN LA DETERMINACIÓN DE TRES TIPOS TEXTURALES DE SUELO, MEDIANTE EL METODO DE BOUYOCOS. Tesis de Grado. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, Quito. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8135/1/T-UCE-0004-42.pdf>
- Martínez Acosta, A., & Cayón Salinas, D. G. (2011). Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano (Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(2), 10. Retrieved from *Revista Facultad Nacional de Agronomía*: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n2/v64n2a03.pdf%0D>
- Martínez Sánchez, C. (2020). Fertilizantes para fertirriego: conceptos y propiedades. Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco, Tabasco. Retrieved from <https://www.riego.mx/files/webinars/webinar13.pdf>
- Mazuela Aguila, P. C., & De La Rivera Morales, F. (2013). Manual de Fertirriego. Universidad Tarapaca. Retrieved from <http://sb.uta.cl/libros/30846%20manual%20fertirriego%20web.pdf>
- Medina Sánchez, L. (2008). Elaboración de curvas de absorción de nutrientes en una plantación establecida de banano (Musa sp. AAA) variedad Williams en Siquirres. San

Jose, Costa Rica. Retrieved from <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UCR.000015298>

Melendez Oviedo, H. H. (2021). EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UN SUELO CULTIVADO CON CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) BAJO LA APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS. Trabajo de Grado. Universidad del Valle, Santiago de Cali. Retrieved from <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/7820>

Montenegro Vera, D. W. (2022). EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA ENRIQUECIDA CON MICRONUTRIENTES EN LA ETAPA INICIAL DEL CULTIVO DE BANANO (*Musa AAA*), MILAGRO. TRABAJO EXPERIMENTAL. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, MILAGRO. Retrieved from <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MONTENEGRO%20VERA%20DOUGLAS%20WLADIMIR.pdf>

Padilla, W. (2016). NUTRICIÓN MINERAL DE CULTIVOS. Grupo Clínica Agrícola de Ecuador. Retrieved from <https://silo.tips/download/nutricion-mineral-de-cultivos>

Peña Peralta, M. A., 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), 9. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542010000300007&script=sci_abstract

Perez Sarabia, V. F. (2011). PLAN DE FERTIRRIGACIÓN EN EL CULTIVO DE MORA DE CASTILLA CON ESPINAS (*Rubus glaucus* B), CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA. TRABAJO DE INVESTIGACIÓN. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, CEVALLOS. Retrieved from https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/881/1/Tesis_t006agr.pdf

Rivas Toapanta, K. O. (2020). “USO DEL NUTRIENTE TRANSLAMINAR, EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DEL BANANO (*Musa AAA*) VARIEDAD WILLIAMS CANTÓN VALENCIA, LOS RÍOS”. Trabajo de tesis. UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO, Valencia. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/e9b7da8b-c9c8-4cb2-9793-cfb9f38dd898>

- Robison, J., & Galan Sauco, V. (2012). Platanos y Bananas. Mundi-Prensa. Retrieved from Plátanos y bananas. (Editorial).: <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484765424/platanos-y-bananas>
- Rodriguez, 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 campo”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(2), 73-77. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/932/93216217.pdf>
- Tello Lopez, L. A. (2021). Evaluación de la influencia de la edad de la madre a la cosecha en la calidad del retorno en la producción del banano. Trabajo de titulación. Universidad de las Fuerzas Armadas, Santo Domingo. Retrieved from <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25979/1/T-ESPESD-003158.pdf>
- Torres Bazarro, J. (2016). ABSORCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y ACUMULACION DE NITROGENO EN BANANO VARIEDAD WILLIAMS EN DOS CICLOS DE PRODUCCION EN ZONA HUMEDA TROPICAL. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogota. Retrieved from <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/56829/jaimetorresbazarro.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Urriola, L. (2020). ¿Por qué estudiar las propiedades físicas del suelo? *Revista Científica Semilla del Este*, 1(1), 3. Retrieved from ¿Por qué estudiar las propiedades físicas del suelo?: http://portal.amelica.org/ameli/journal/343/3431370003/html/#redalyc_3431370003_ref18
- Vera Arana , V. A. (2018). Estudio de la fertilización edáfica en cultivo establecido de banano en la Hacienda Isabel María. Trabajo de Titulación. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO, Babahoyo. Retrieved from <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5445/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villaseñor Ortiz, D. (2016). Fundamentos y procedimientos para analisis fisicos y morfológicos del suelo. Universidad Tecnica de Machala. Retrieved from Universidad Tecnica de Machala:

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10690/1/FUNDAMENTOS%20Y%20PROCEDIMIENTOS.pdf>

Zelada Comeca, O. (2017). INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN PARA BANANO ORGÁNICO FUNDO EL MONTE, DISTRITO TAMARINDO – PAITA – PIURA. Trabajo monografico. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, Lima. Retrieved from <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3375>

Cañar, J., & Carlos, J. (n.d.). *FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA MACHALA 2021*.

Faria, L. C., Beskow, S., Colombo, A., & Oliveira, H. F. E. de. (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). <https://doi.org/10.1590/s1415-43662012000200002>

Holzapfel, E. A., Pardo, X. M., Paz, V. P. da S., Rodrigues, A., Orrego, X. C., & Lopez, M. A. (2007). Análisis técnico-económico para selección de aspersores. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11(6). <https://doi.org/10.1590/s1415-43662007000600002>

Rodríguez, E., & Guzmán, M. (2004). Características de los fertilizantes para su uso en la fertirrigación ©. *Ferti-Riego: Tecnologías Y Programación En Agroplasticultura*, September.

ANEXOS



