



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

INCIDENCIA DEL INTERVALO DE RIEGO EN SISTEMA DE  
IRRIGACIÓN SUBFOLIAR, APLICANDO FERTIRRIEGO Y  
FERTILIZACIÓN EDÁFICA EN LA PRODUCCIÓN DE BANANO

AGUILAR MACAS HEINER FABIAN  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Incidencia del intervalo de riego en sistema de irrigación subfoliar,  
aplicando fertirriego y fertilización edáfica en la producción de  
banano**

**AGUILAR MACAS HEINER FABIAN  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**MACHALA  
2021**



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

Incidencia del intervalo de riego en sistema de irrigación subfoliar, aplicando fertirriego y fertilización edáfica en la producción de banano

AGUILAR MACAS HEINER FABIAN  
INGENIERO AGRÓNOMO

CHABLA CARRILLO JULIO ENRIQUE

MACHALA, 26 DE ABRIL DE 2021

MACHALA  
2021

# INCIDENCIA DEL INTERVALO DE RIEGO, EN SISTEMA DE IRRIGACIÓN SUBFOLIAR, APLICANDO FERTIRRIEGO Y FERTILIZACIÓN EDÁFICA, EN LA PRODUCCIÓN BANANERA.

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

0%

INDICE DE SIMILITUD

1%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1

[www.redpav-fpolar.info.ve](http://www.redpav-fpolar.info.ve)

Fuente de Internet

<1%

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía

Activo

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

El que suscribe, AGUILAR MACAS HEINER FABIAN, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Incidencia del intervalo de riego en sistema de irrigación subfoliar, aplicando fertirriego y fertilización edáfica en la producción 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.

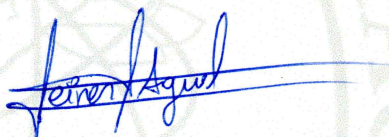
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

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

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

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

Machala, 26 de abril de 2021



**AGUILAR MACAS HEINER FABIAN**  
0704791334

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación dedico primeramente a Dios y la Virgencita del Cisne por bendecirme durante toda mi vida.

A mis padres Jorge Fabian Aguilar Macas y Mercy Leonor Macas Poma quienes me han sabido guiar y apoyar día a día para ser una persona de bien, dándome amor incondicional y ayudándome a cumplir mis metas.

A mis abuelos quienes siempre han estado ahí para darme amor y enseñanza durante toda mi vida, en especial a mi Lolita que desde el cielo siempre me guía y bendice para alcanzar mis objetivos.

A mis hermanos Ainara y Andrés quienes son mi motivación de superación, los cuales amo con todo mi corazón.

Al resto de mi familia quienes han contribuido para conseguir este logro académico.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Técnica de Machala por darme enseñanza durante todos estos años para ser un profesional

De manera muy especial a mi tutor de tesis, al Ing. Julio Chabla Carrillo PhD, por haberme brindado sus conocimientos durante mi formación académica, siendo un gran maestro y amigo todos estos años.

Al Ing. Salomón Barrezueta PhD, Ing. Jose Quevedo Guerrero, por los conocimientos impartidos al realizar mi trabajo de investigación

Al Ingeniero Víctor Chabla por brindarnos la finca “Marquez” para poder realizar la investigación

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

A mis amigos Carlos Armijos, Víctor Castro, Carlos Quezada, Edison Cueva, Kleber Cruz por el apoyo y ayuda brindada durante toda la realización de la investigación.

## RESUMEN

### **INCIDENCIA DEL INTERVALO DE RIEGO EN SISTEMA DE IRRIGACIÓN SUBFOLIAR, APLICANDO FERTIRRIEGO Y FERTILIZACIÓN EDÁFICA EN LA PRODUCCIÓN DE BANANO.**

#### **Autor**

Heiner Fabian Aguilar Macas

#### **Tutor**

Julio Chabla Carrillo, PhD

El agua constituye un componente limitante muy importante dentro de la agricultura, además de la nutrición, lo que ocasiona que su falta o exceso provoque disminuciones en el desarrollo y producción de los cultivos, para poder compensar estas necesidades hídricas y nutricionales de los cultivos se ha utilizado sistemas de riego complementarios y un buen tipo de fertilización. El banano es una planta que requiere mucho de agua y de nutrientes para obtener una fruta de calidad internacional. La necesidad de incrementar el rendimiento y determinar la incidencia de los intervalos de riego con diferentes tipos de fertilización en el cultivo de banano, se realizó el trabajo de investigación, en la Finca “Marquez” ubicada en la parroquia la Peaña del cantón Pasaje. El diseño experimental que se utilizó fue en bloque completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, seleccionando cuatro módulos de riego diferentes: T0= Testigo; T1= 2 riegos por semana de 1 hora y 30 minutos + fertilización edáfica; T2= 2 riegos por semana de 2 horas + Fertirriego; T3= 1 riego por semana de 3 horas + Fertirriego y Fertilización edáfica. Las variables evaluadas fueron: Altura de planta madre (Apm), Altura de hijo (Ah), Emisión foliar del hijo (Efh), Peso de racimo (Prm), Peso de raquis (Prq), Numero de manos (Nm), Número de dedos mano del sol (Ndms), Número de dedos ultima mano (Ndum), Largo de dedo mano del sol (Ldms), Largo de dedo última mano (Ldum), Largo de dedo última mano (Ldum), Grado de mano del sol (Gms) y Grado de última mano (Gum). La determinación de la infiltración se realizó mediante la prueba física con anillos de Munz para los diferentes tratamientos. El análisis estadístico se utilizó el software IBM SPSS Estatistics 21, se efectuó un gráfico exploratorio de cajas y bigotes para visualizar el comportamiento de cada variable, posteriormente el análisis de varianza (Anova) y prueba de Tukey para determinar las diferencias significativas y los diferentes



subconjuntos y por último el análisis descriptivo para comparar y determinar los mejores tratamientos. De acuerdo a los resultados obtenidos se evidencio que el rendimiento se incrementa al aplicar 2 riegos por semana de 2 horas con asociación de la fertirrigación (T2), presentando mejor incidencia en el desarrollo y producción de banano, con altura de madre e hijo de 4,08 y 2,11 metros respectivamente, además de una emisión foliar de 0,8 hojas por semana que a diferencia del tratamiento testigo que presento menor media con un valor de 3,67 para altura madre y 1,59 m, de acuerdo a la producción el T2 presento un peso de racimo mayor con 75,6 Lb con un numero promedio de 8,20 manos, de las cuales la mano del sol y la última presentaron un total de dedos de 27,60 y 15,80 respectivamente, mientras que de menor producción fue el testigo con un peso de racimo de 46,9 Lb con una media de 5 manos, con 24,60 dedos la primera mano y la última con 15,80 dedos. Por medio de las pruebas de infiltración se determinó que el tratamiento 3 presenta una mayor tasa de infiltración con 52,79 mm/hora, de acuerdo a la tabla de propiedades físicas se identificó que se encuentra dentro de los parámetros de infiltración para un suelo franco arenoso.

**Palabras claves:** Riego, fertirriego, intervalo, fertilización edáfica, infiltración

## **ABSTRACT**

### **INCIDENCE OF IRRIGATION INTERVAL IN SUBFOLIAR IRRIGATION SYSTEM, APPLYING FERTIGATION AND SOIL FERTILIZATION IN BANANA PRODUCTION.**

**Author:**

Heiner Fabian Aguilar Macas

**Tutor:**

Julio Chabla Carrillo PhD.

Water is a very important limiting component in agriculture, in addition to nutrition, which means that its lack or excess causes decreases in the development and production of crops. In order to compensate for these water and nutritional needs of crops, complementary irrigation systems and a good type of fertilization have been used. Banana is a plant that requires a lot of water and nutrients to obtain a fruit of international quality. Given the need to increase the yield and determine the incidence of some irrigation intervals with different types of fertilization in the banana crop, the research work was carried out at the "Marquez" farm located in the parish of La Peaña in the Pasaje canton, the experimental design used in the field was a completely randomized block with four treatments and three replications, carried out in four different modules: T0= Control; T1= 2 irrigations per week of 1 hour and 30 minutes + soil fertilization; T2= 2 irrigations per week of 2 hours + Fertigation; T3= 1 irrigation per week of 3 hours + Fertigation and soil fertilization. The variables evaluated were: Height of mother plant (Apm), Height of son (Ah), Leaf emission of son (Efh), Cluster weight (Prm), Rachis weight (Prq), Number of hands (Nm), Number of fingers sun hand (Ndms), Number of fingers last hand (Ndum), Finger length sun hand (Ldms), Finger length last hand (Ldum), Finger length last hand (Ldum), Grade of sun hand (Gms) and Grade of last hand (Gum). Infiltration was determined using the physical test with Munz rings for the different treatments. The statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics 21 software, using exploratory box and whisker plots to visualize the behavior of each variable, followed by analysis of variance (Anova) and Tukey's test to determine the significant differences and the different subsets, and finally the descriptive analysis to compare and determine the best treatments. According to the results obtained, it is evident that the yield increases when applying 2 irrigations per week of 2 hours with fertigation association (T2),

presenting better incidence in the development and production of banana, with height of mother and child of 4.08 and 2.11 meters respectively, in addition to a leaf emission of 0.8 leaves per week, unlike the control treatment that presented a lower average with a value of 3, 67 for mother height and 1.59 m, according to production, T2 presented a higher bunch weight with 75.6 Lb with an average number of 8.20 hands, of which the sun hand and the last one had a total of 27.60 and 15.80 fingers respectively, while the control had a lower production with a bunch weight of 46.9 Lb with an average of 5 hands, with 24.60 fingers in the first hand and 15.80 fingers in the last one. By means of the infiltration tests it was determined that treatment 3 presented a higher infiltration rate with 52.79 mm/hour, according to the table of physical properties it was identified that it is within the infiltration parameters for a sandy loam soil.

**Keywords:** Irrigation, fertigation, interval, soil fertilization, infiltration.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Objetivo General .....	14
1.2. Objetivos Específicos.....	14
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	15
2.1. Importancia del banano en el Ecuador .....	15
2.2. Requerimientos edafoclimaticos del banano.....	15
2.3. Riego .....	15
2.3.1. Riego subfoliar.....	16
2.3.1.1. Ventajas del riego subfoliar.....	16
2.3.1.2. Desventajas del riego subfoliar .....	16
2.3.2. Importancia de la irrigación.....	17
2.3.3. Factores a considerar en el uso del agua para riego.....	17
2.3.4. Riego en banano.....	17
2.4. Gestión de riego .....	18
2.4.1. Diseño agronómico .....	18
2.4.2. Determinación del régimen de riego.....	18
2.4.3. Evapotranspiración (ET <sub>o</sub> ).....	19
2.4.4. Coeficiente del evapotranspiración de cultivo (K <sub>c</sub> ) .....	19
2.4.5. Evapotranspiración de cultivo (ET <sub>c</sub> ) .....	20
2.4.6. Necesidades de riego .....	20
2.4.7. Lámina de riego .....	20
2.4.8. Intervalo de riego .....	21
2.4.9. Tiempo de riego .....	21
2.5. Fertilización.....	21
2.5.1. Fertilización en banano .....	22

2.6.	Fertirriego.....	22
2.6.1.	Ventajas del fertirriego .....	23
2.6.2.	Desventajas del fertirriego .....	23
2.6.3.	Características de los fertilizantes para el fertirriego.....	23
2.6.3.1.	Solubilidad.....	23
2.6.3.2.	Compatibilidad .....	24
2.7.	Eficiencia del uso del fertilizante .....	25
2.8.	Infiltración.....	26
2.8.1.	Velocidad de infiltración .....	26
2.8.2.	Infiltración básica .....	26
2.8.3.	Infiltración acumulada .....	27
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1.	Materiales.....	28
3.1.1.	Localización.....	28
3.1.2.	Características del sitio de investigación .....	28
3.1.3.	Materiales de campo .....	29
3.1.4.	Material genético .....	29
3.1.5.	Tratamientos .....	29
3.1.6.	Factores evaluados .....	29
3.2.	Metodología .....	30
3.2.1.	Planteamiento del diseño experimental .....	30
3.2.2.	Aplicación de fertilizantes para fertirriego y fertilización edáfica .....	30
3.2.3.	Metodología para la determinación del regimen de riego .....	31
3.2.3.1.	Evapotranspiración .....	31
3.2.3.2.	Evapotranspiración de cultivo .....	31
3.2.3.3.	Calculo de lámina neta .....	31
3.2.3.4.	Intensidad pluviométrica .....	31

3.2.4.	Aplicación de tiempos y lamina de riego.....	32
3.2.5.	Metodología para infiltración de agua .....	32
3.3.	Análisis estadístico.....	33
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	34
4.1.	Determinación del intervalo optimo.....	34
4.2.	Determinación de la infiltración de agua en el suelo en el área de estudio .....	40
5.	CONCLUSIONES.....	42
6.	BIBLIOGRAFÍA .....	43
7.	ANEXOS .....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Grado de solubilidad de algunos fertilizantes a 20° C.....	24
<b>Tabla 2:</b> Eficiencia de uso de nutrientes en fertirriego y fertilización tradicional.....	25
<b>Tabla 3:</b> Tratamientos y descripción.....	29
<b>Tabla 4:</b> Cálculo de ETo mediante el programa Cropwat 8.0 .....	31
<b>Tabla 5:</b> Tiempos y láminas de riego aplicados a diferentes módulos .....	32
<b>Tabla 6:</b> Prueba de normalidad de datos de Shapiro Wilk.....	35
<b>Tabla 7:</b> Anova de un factor en variables de estudio.....	36
<b>Tabla 8:</b> Prueba Post hoc de Tukey .....	36
<b>Tabla 9:</b> Estadísticos descriptivos para variables de desarrollo.....	37
<b>Tabla 10:</b> Estadísticos descriptivos para variables de producción.....	39
<b>Tabla 11:</b> Prueba de infiltración para los diferentes tratamientos .....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Compatibilidad de los fertilizantes solubles utilizados en el fertirriego.....	25
<b>Figura 2:</b> Variación de la velocidad de infiltración de acuerdo a la textura del suelo...	26
<b>Figura 3:</b> Curva de infiltración acumulada y velocidad de infiltración.....	27
<b>Figura 4:</b> Ubicación de la finca Marquez .....	28
<b>Figura 5:</b> Diagrama de caja y bigotes de cada variable de estudio en diferentes tratamientos.....	34
<b>Figura 6:</b> Curva de infiltración básica y acumulada.....	41



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Datos meteorológicos de la granja Santa Inés .....	50
<b>Anexo 2:</b> Cálculo de Evapotranspiración programa Cropwat 8.0.....	50
<b>Anexo 3:</b> Medición de intensidad pluviométrica del aspersor .....	51
<b>Anexo 4:</b> Medición de distancia entre laterales y aspersores .....	51
<b>Anexo 5:</b> Toma de muestras de suelo.....	52
<b>Anexo 6:</b> Instalación de tanques para fertirriego.....	52
<b>Anexo 7:</b> Etiquetado de tratamientos .....	53
<b>Anexo 8:</b> Etiquetado de plantas.....	53
<b>Anexo 9:</b> Aplicación de fertirriego.....	54
<b>Anexo 10:</b> Aplicación de fertilización edáfica .....	54
<b>Anexo 11:</b> Aplicación de riego.....	55
<b>Anexo 12:</b> Medición de variable altura de hijo .....	55
<b>Anexo 13:</b> Medición de variable grado de dedo.....	56
<b>Anexo 14:</b> Medición de variable peso de racimo .....	56
<b>Anexo 15:</b> Prueba de infiltración con anillos de Muntz .....	57
<b>Anexo 16:</b> Tabla de las propiedades físicas del suelo. ....	57

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el impacto ambiental es cada vez más evidente, en la agricultura se refleja en el agua para riego que cada vez es menos, a esto se le suma el impacto de los fertilizantes, por lo cual es importante saber cuándo regar y que cantidad regar, así mismo que forma y cantidad de fertilizante suministrar en la planta.

El banano es uno de los cultivos que aporta mayor ingresos en la economía del Ecuador. Este cultivo requiere mucha demanda del recurso hídrico y una buena nutrición en cada fase del cultivo. Por ende una disminución o aumento del recurso hídrico en el suelo provoca una baja producción de raíces y por este motivo limita el crecimiento y producción al no poder absorber los nutrientes (Castro & Chiquillo, 2016).

Para un adecuado uso del agua para el desarrollo de la agricultura, donde las precipitaciones son erráticas y la escasez de agua es constante, es muy importante implementar una programación de riego para un uso de agua más eficaz, donde se define el cronograma de riego y las cantidades de agua a proporcionar o la definición de intervalos y tiempos de riego (Cisneros & Yemane, 2009).

Saber las características de intervalo de riego es muy importante, pues este le permite ajustarse a sus condiciones de tecnología de riego y así estar listo para pelear las posibles demandas climáticas que se puedan dar, de manera que pueda cubrir la demanda hídrica y que el cultivo no sienta el estrés en determinadas fases fenológicas (Avalos & Pacheco, 2012).

Los sistemas de riego son de gran importancia dentro de la seguridad alimentaria y aumento en la producción de los cultivos (Cifuentes, 2020). El riego por aspersión ha evolucionado de manera rápida, mejorando su eficiencia en la aplicación del recurso hídrico con una amplia automatización, de forma que se recude la ayuda de mano de obra en campo (Caicedo, Balmaseda, et al., 2015).

La fertilización en banano es una de las actividades más importantes dentro de este cultivo, ya que de una buena nutrición depende en su mayoría, que la fruta cumpla con los requerimientos de calibres y calidades internacionales (Usaga et al., 2008). Por ende el uso adecuado de los fertilizantes ha ayudado al aumento de los rendimientos de los cultivos y como resultado, se han conseguido progresos en la rentabilidad del sistema

productivo, por lo cual en el banano el uso del fertilizante debe ser administrado según los requerimientos del cultivo en su fase vegetativa (Vivas et al., 2018).

Frente al aumento de déficit de los recursos hídricos que son netamente destinados a la agricultura y el elevado costo de los productos agrícolas como los fertilizantes, resulta necesario encontrar alternativas tecnológicas que disminuyan los costos de producción y al mismo tiempo, incrementar los rendimientos. Por tal motivo el fertirriego es una solución para equilibrar de manera adecuada el agua y los nutrientes (Díaz et al., 2010).

El fertirriego ha permitido tener un incremento considerable en la producción, debido a la optimización del manejo y aprovechamiento del agua y nutrientes. Este sistema se ha adaptado a suelos marginales, con pendientes fuertes pero de climas idóneos (Calvache, 2008).

### **1.1.Objetivo General**

Analizar el mayor impacto del intervalo de riego aplicando fertirrigación y fertilización edáfica en la producción de banano a través de sus parámetros biométricos para incrementar su rendimiento.

### **1.2.Objetivos Específicos**

Determinar el intervalo de riego óptimo en 3 tipos de fertilización mediante tres tiempos de riego para determinar su incidencia en el desarrollo vegetativo y la producción de banano.

Evaluar el comportamiento de infiltración de agua en los diferentes tratamientos por medio de pruebas físicas para determinar la zona de mayor y menor tasa de infiltración.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1.Importancia del banano en el Ecuador**

En la actualidad la producción de banano es uno de los productos rentables y extendidos en Latinoamérica y el Caribe, siendo el rubro de ingresos económicos más representativos en el Ecuador, gracias a su calidad, sabor y alto valor nutricional se ha convertido en una fruta muy apetecible en muchos países (Zhiminaicela et al., 2020)

El crecimiento de la producción bananera en el mundo ha sido exponencial, con exportaciones de 20,2 millones de toneladas en 2019, siendo Ecuador y Filipinas los países de mayor exportación de banano en el mundo, con una estimación de 135 millones de toneladas para el 2028 en exportación de banano (FAO, 2020).

### **2.2.Requerimientos edafoclimaticos del banano**

El cultivo de banano requiere mucho de agua de 1800 a 3000 mm durante todo el año bien distribuidos, una humedad relativa que no pase del 80%, además el banano se desarrolla bien en altitudes de 0 a 300 msnm y con una luminosidad de 1000 a 1500 horas luz en el año, debido a que mayor hora luz mejor será la producción (Soto, 2014).

Cigales & Pérez, (2011) indican que el banano requiere suelos de textura franca y profundos, con estructuras que le admitan un buen drenaje, con pH ligeramente alcalinos y levemente ácidos.

### **2.3.Riego**

El riego es una práctica agrícola que ayuda a cubrir la escasez de las precipitaciones para una determinada necesidad hídrica de las plantas en un área específica. El manejo del riego fija cuando y cuanto hay que regar, según las exigencias de agua por parte del cultivo y las características edafoclimaticas (González et al., 2020).

Regar es uno de los métodos agronómicos más importantes, que ayuda a alcanzar el mayor progreso agrícola de las plantas aumentando sus rendimientos. La aplicación de riego es la incorporación de agua al suelo con el fin de aportar la humedad necesaria para el desarrollo de las plantas (Velasco, 2013).

El riego es de gran importancia y por tal motivo el uso de manera adecuada del agua para aumentar la eficiencia del riego es vital para una sostenibilidad productiva y ambiental,

necesariamente en zonas donde el agua para riego no satisface la demanda (Rocha et al., 2017).

### **2.3.1. Riego subfoliar**

Los sistemas de riego por aspersión o subfoliar tienen su origen a comienzos del siglo XX, donde en sus inicios su costo era muy elevado pero al pasar los años su precio fue disminuyendo y su eficiencia fue mejorando con una amplia distribución, de tal forma que se reduce la mano de obra. Su funcionamiento es aplicar agua de forma de lluvia a través del paso a presión por tuberías y distribuidas al suelo por los aspersores (Caicedo, Balmaseda, et al., 2015).

El riego por aspersión es uno de los sistemas más utilizados en la introducción de agua en forma de gotas de lluvia al suelo, para su manejo es necesario conocer si el riego por aspersión cumplen con los requerimientos actuales del cultivo al cual se lo implementa y cuáles son sus ventajas y desventajas a comparación de otros sistemas de riego (Montero et al., 2012).

#### **2.3.1.1. Ventajas del riego subfoliar**

Cisneros et al., (2014) mencionan las siguientes ventajas del riego subfoliar:

- Permite un ahorro más eficiente de agua a diferencia del sistema de riego superficial
- Utilización de poca mano de obra
- Se pueden utilizar pequeños caudales de agua
- Puede ser empleado en cualquier tipo de suelo y poco profundos
- Permite trabajar en lugares de topografías irregulares
- Eficiencia de aplicación muy alta (80%)
- Permite un lavado de sales más eficiente y reducción de la pérdida de fertilizantes por lixiviación.

#### **2.3.1.2. Desventajas del riego subfoliar**

Cisneros et al., (2014) mencionan las siguientes desventajas del riego subfoliar:

- Costo de instalación elevada
- Costo de motores de combustión o motores eléctricos muy elevados

- El sistema no se adecua a suelos de baja infiltración (<3mm/h)
- Lugares con vientos fuertes y excesivos causa una disminución de la eficiencia de aplicación

### **2.3.2. Importancia de la irrigación**

El mal uso del agua en la agricultura hace que se desperdicie un 50% en el riego, esto se debe por evaporación, calidad de agua, los canales de riego, salinización de agua entre otros. El riego debe encaminarse a un uso más eficiente, en procesos de cálculo de dosis de riego que se debe suministrar al suelo según sus condiciones climáticas y de suelo (Castellón et al., 2015).

La importancia de la irrigación nace a partir de la demanda alimentaria en el mundo y la dificultad de sembrar en zonas donde los suelos son muy secos. En un 40 % los suelos donde se cultivan son húmedos, un 40% son zonas secas donde el riego puede aumentar la producción en tres veces más; el 15% son suelos semi-secos donde la irrigación puede duplicar la producción y un 5% son zonas intermedias es decir donde la producción de alimentos sin riego es casi imposible (Ganchozo & Rosado, 2015).

### **2.3.3. Factores a considerar en el uso del agua para riego**

El uso eficaz del agua para riego es uno de los factores principales para poder asegurar la producción alimentaria, además de otros factores a considerar en el agua de riego que son la composición química, el porcentaje de sales, las características químicas y físicas del suelo, las características climatológicas y el método de riego a manejar en la plantación (Salazar et al., 2014).

### **2.3.4. Riego en banano**

El banano es una planta muy sensible a la escasez hídrica, por lo que necesita altos volúmenes de agua para que responda positivamente es sus fases de desarrollo (R. Martínez, 2013). Es un cultivo de alto crecimiento, con poca capacidad de extracción de agua y alta demanda de consumo de agua, además de su poca profundidad de raíces con debilidad a la penetración en el suelo son algunas de las limitantes para su desarrollo y producción óptima (Cigales & Pérez, 2011). La calidad del agua con que se realiza el riego puede llegar a impactar a alturas de producción de banano, su mala calidad puede inducir a disminuciones en la infiltración, así como la cantidad de sales presentes, además

varias investigaciones, la necesidades hídricas del banano van de 2,5 a 8 mm/día (Santacruz & Santacruz, 2020).

El cultivo de banano es muy susceptible al estrés hídrico y es uno de los factores abióticos que más limita al cultivo Cedeño et al., (2020) por lo cual requiere mucha agua y su producción tiende a crecer linealmente con la transpiración, de lo cual depende del recurso de agua en el suelo, que puede compensarse con el riego. Cuando la evapotranspiración es alta y la precipitaciones son bajas el uso del riego es fundamental y requiere que se lo maneje de manera adecuada, ya que su uso es limitado, lo cual es un inconveniente para la producción de banano, en suelos tropicales y subtropicales, donde son susceptibles al cambio del clima (Rocha et al., 2017).

## **2.4.Gestión de riego**

### **2.4.1. Diseño agronómico**

El diseño agronómico se lo realiza a partir de los requerimientos hídricos de las plantas de acuerdo a la climatología del lugar, el riego tiene criterios a partir del tipo de suelo y la eficiencia del riego, así como el número y el tiempo de riego que se necesita en cada ciclo vegetativo (Camejo et al., 2017).

Todo sistema de riego presurizado es necesario efectuar un diseño agronómico para su correcta utilización del agua en cuanto a la aplicación (Demin, 2014). El diseño agronómico es muy importante en el transcurso de mejorar la eficiencia del riego, para incrementar los beneficios y bajar los costos. El diseño agronómico se basa en diferentes factores como lo son el clima, el suelo y el cultivo, para poder realizar los diferentes cálculos para efectuar un riego adecuado (Holzapfel et al., 2009).

El diseño agronómico es el cálculo que ha de garantizar que el sistema de riego es capaz de abastecer los requerimientos de cultivo, durante el tiempo clave, regando un área de suelo que será necesario para un correcto desarrollo de la planta, es decir lo que se busca es establecer ¿Cómo, dónde y cuánto se debe regar? con lo cual obtenemos las demandas de riego, los intervalos y tiempo de riego (Gracia, 2000).

### **2.4.2. Determinación del régimen de riego**

El cálculo del diseño agronómico es decir la determinación de régimen de riego de una plantación donde se establece la lámina de riego y el intervalo de riego se lo realiza a

través de programa Cropwat 8.0 a partir de datos climatológicos de la zona, datos del cultivo, suelo y el riego establecido (Pérez & Domínguez, 2019).

Los datos para determinar el régimen de riego son los siguientes:

- Temperatura media
- Humedad relativa
- Velocidad del viento
- Horas luz
- Precipitación mensual
- Coeficiente de cultivo (Kc)
- Profundidad radicular (m)
- Tipo de suelo
- Porcentaje de capacidad de campo (CC)
- Porcentaje de punto de marchitez permanente (PMP)
- Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)
- Descarga de aspersor
- Separación entre laterales y aspersores

#### **2.4.3. Evapotranspiración (ET<sub>o</sub>)**

La evapotranspiración potencial es el complemento de las pérdidas de humedad por evaporación que tiene el suelo y además por la transpiración que realizan las plantas. La ET<sub>o</sub> se la puede determinar a través de varios métodos, siendo el más utilizado el de Penmmán & Monteith aceptado por la FAO, que es calculado por el programa CROPWAT a través de variables climatológicas como la temperatura, horas luz, humedad relativa, precipitaciones y velocidad del viento (FAO, 2006)

#### **2.4.4. Coeficiente del evapotranspiración de cultivo (K<sub>c</sub>)**

Es el total de agua perdida a la que los cultivos se exponen en las diferentes etapas vegetativas, y este está relacionado con el área foliar de manera directa. La variedad, el tipo de planta y la fase de desarrollo son componentes que se deben considerar al momento de calcular la ET<sub>c</sub> que se desenvuelven en superficies grandes y bien manejadas (FAO, 2006).



#### **2.4.5. Evapotranspiración de cultivo (ETc)**

La ETc es la demanda evaporativa de la atmósfera sobre las plantas que se desarrollan en áreas grandes sobre ambientes óptimos de agua en el suelo, con propiedades adecuadas tanto de manejo como de ambiente, y que llegan a la producción potencial sobre condiciones climatológicas dadas (FAO, 2006)

#### **2.4.6. Necesidades de riego**

La determinación de las necesidades de riego para las plantas es un parámetro fundamental para una correcta programación del riego (Gonsaga et al., 2013). La programación de riego consiste en la planificación de planes de riego y se presenta en diferentes etapas a conocer: la primera es la estimación de cantidades de agua que se encuentra en la captación de agua, segundo es la valoración de un plan de cultivos y como último es las necesidades de riego del sistema. Para poder tener una buena utilización del agua se necesita hacer un buen plan de riego, considerando las condiciones climáticas (Arteaga et al., 2011).

Las necesidades hídricas de riego de las plantas se fundamentan en el cálculo de la evapotranspiración (ETo) de cada zona específica, a partir de los datos climatológicos de la zona. La ETo es una variable fundamental que encierra la pérdida de agua de las pérdidas de agua por la evaporación que tiene el suelo y además por la transpiración que realizan las plantas, la cual ayuda en la preparación de calendarios de riego y así ahorrar el agua durante el ciclo del cultivo, para obtener una producción que se desea (Santiago et al., 2012).

#### **2.4.7. Lámina de riego**

La lámina de aplicación de riego es el total que se va a suministrar de agua en el riego por cada superficie. Se puede medir en mm de agua o como m<sup>3</sup>/ha. Para poder calcular la lámina de agua se toman en cuenta el volumen de acumulación en el suelo de agua determinada por la CC y el PMP, así mismo se considera la profundidad radicular de las plantas y las características físicas del suelo (Gavilánez & Farias, 2019).

El cálculo de correctas láminas de riego es muy importante para el correcto uso del agua en los cultivos y para poder garantizar la sostenibilidad del agroecosistema. La gran mayoría de la responsabilidad del mal uso del agua cumple al mal cálculo de las láminas de riego por el desconocimiento de la determinación del Kc o la ETo de cultivo, por lo

que conlleva aplicar láminas de riego grandes, que restringen la aeración del suelo (Daza et al., 2016).

#### **2.4.8. Intervalo de riego**

Para mejorar la eficiencia del riego en el campo agrícola, es necesario calcular el gasto diario de agua por superficie, y así poder establecer el día oportuno de riego y la lámina adecuada por aplicar (Jiyane & Zermeño, 2003). El intervalo de riego es el tiempo que transcurre de un riego a otro, es decir el tiempo que transcurrirá desde que la lámina de agua suministrada hasta que es consumida, referido en días (Velasco, 2013).

En el momento que las lluvias sean escasas, se requerirá del riego para suministrar al cultivo el agua necesaria, por lo cual se deben estimar intervalos de riego para evitar que el cultivo se estrese. Al aplicar intervalos de riego prolongados, debido a que el total de humedad en el suelo es pequeña, la evaporación disminuye rápidamente. Pero para poder calcular una dosis de riego no solo dependerá del intervalo de riego sino también de la evapotranspiración, del total de humedad en el suelo y el nivel freático (Santos et al., 2010).

#### **2.4.9. Tiempo de riego**

La programación de tiempo de riego, da una aproximación muy puntual del comportamiento real de la cantidad de humedad en el suelo, lo cual ayuda en la toma de decisiones de cuándo y cuánto regar con una mayor eficiencia. Su cálculo se da de acuerdo a la lámina de riego bruta de aplicación sobre la intensidad pluviométrica de los aspersores (Servín et al., 2017).

### **2.5.Fertilización**

La fertilización es uno de los procesos más importantes dentro de un cultivo, porque una nutrición correcta depende en gran escala de si la fruta cumple con el nivel y la calidad del mercado internacional (Usaga et al., 2008). El adecuado uso de los fertilizantes ha ayudado al aumento de los rendimientos de los cultivos y como resultado, se han logrado mejoras en la producción provocando una rentabilidad más eficiente. Por lo tanto es de suma importancia que la fertilización sea de acuerdo a los requerimientos del cultivo, además de tomar en cuenta las condiciones edáficas de la zona (Vivas et al., 2018).

### **2.5.1. Fertilización en banano**

En el cultivo de banano su demanda nutricional es alta, por lo cual, el uso de cantidades adecuadas de fertilización es clave para obtener rendimientos adecuados, además de conservar los equilibrios fisiológicos para su correcto funcionamiento por parte de la planta de banano. El nutriente de mayor demanda por el cultivo de banano es el potasio (K), a diferencia de otros como son el nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, debido a su importancia en procesos fisiológicos (Villaseñor et al., 2020).

Las plantas de banano son muy exigentes en la nutrición en comparación con otros cultivos, principalmente nitrógeno y potasio. La fertilización de K y N en el cultivo de banano se puede realizar de manera proporcional 2:1 o 3:1, por cual, la cantidad de potasio es 2 a 3 veces la cantidad de nitrógeno (Ratke et al., 2012).

Según Guimarães et al. (2020), la buena producción de banano depende de altas dosis de nutrientes como nitrógeno demandando 200 kg, fósforo 80 kg y potasio 400 kg en el año. Por lo tanto el manejo de la fertilización es muy importante dentro de la producción bananera, debido que inciden directamente en aspectos morfológicos de la planta como la altura de planta y el área foliar (Torres et al., 2019).

### **2.6.Fertirriego**

El fertirriego es un sistema de suministro de fertilizantes con alta solubilidad en el agua por medio del riego que permite proporcionar nutrientes a la planta que van directamente al bulbo de humedecimiento, lugar donde se encuentran la mayor cantidad de raíces absorbentes, lo cual este sistema permite una mayor eficiencia del uso del agua y fertilizante, mejorando su repartición y colocación (Quesada & Bertsch, 2012).

Para poder implementar un sistema de fertirriego se debe saber bien conocer bien las necesidades que requiere el cultivo en cada fase fenológica para poder obtener un máximo rendimiento por parte de la planta (Calvache, 2008).

Saber los requerimientos nutricionales en cada fase fenológica es indispensable para poder optimizar la fertilización y contribuir al aumento en la producción de banano (Calvache et al., 2014). La fase de mayor interés para la nutrición de banano es la vegetativa, ya que en esta fase se forman las raíces, se desarrolla el pseudotallo, el hijo y salen la mayoría de las hojas (Furcal & Barquero, 2014).

### **2.6.1. Ventajas del fertirriego**

Casanova & Rivero, (2006) establecen las siguientes ventajas del fertirriego:

- Permite eficiencia y uniformidad en la aplicación de nutrientes al suelo
- Preparación de soluciones más fáciles de manejar y aplicar
- Incorpora la cantidad y concentración necesaria a un cultivo según su necesidad nutricional.
- Los costos se reducen al controlar la dosis que se aplica.
- Disminuye el proceso de lixiviación de fertilizantes hacia aguas subterráneas y por ende la contaminación.
- Humedecimiento únicamente a un volumen específico del suelo, donde se encuentran las raíces más activas.
- Reducción de mano de obra e impacto ambiental.

### **2.6.2. Desventajas del fertirriego**

Peña et al., (2010) establecen las siguientes desventajas del fertirriego:

- Alto costo de implementación de fertirriego
- Personal capacitado para la implementación del sistema de fertirriego
- Mantenimiento continuo por personal capacitado para evitar daño como el taponamiento de aspersores.

### **2.6.3. Características de los fertilizantes para el fertirriego**

Los fertilizantes que se utilizan en la fertirrigación exigen que deben ser principalmente solubles en el agua y compatibles, además de la utilización de sistemas de bombeo para la introducción de estos fertilizantes. Los fertilizantes con mayor solubilidad para el fertirriego son: nitrato de amonio, sulfato de potasio, fosfato amónico, nitrato de potasio, urea, sulfato de magnesio, etc. (Deras, 2019).

#### **2.6.3.1. Solubilidad**

Esta es una de las características químicas principales de los fertilizantes dentro de la fertirrigación, el cual se debe conocer muy bien para manejar con exactitud estos productos en el riego. La temperatura, la presión y el pH son los factores que influyen

dentro de la solubilidad de un fertilizante, siendo la temperatura la más importante ya que a mayor temperatura mayor solubilidad (Zelada, 2017).

Para poder añadir un fertilizante al agua de riego se debe conocer la solubilidad del fertilizante que previamente se prepara en una solución madre, lo cual determina la cantidad de fertilizante y agua que se va a utilizar. Se toman en cuenta dos componentes, que son la temperatura y la pureza, ya que a mayor temperatura y pureza, mayor será solubilidad del fertilizante. En la tabla 1 se presenta la solubilidad estandarizada a 20 °C para diversos fertilizantes según varios autores (Rodríguez & Guzmán, 2004).

**Tabla 1:** Grado de solubilidad de algunos fertilizantes a 20° C

Fertilizante	Solubilidad (g/l)
<b>Nitrato de amonio</b>	1700
<b>Sulfato de amonio</b>	500
<b>Urea</b>	500
<b>Nitrato de potasio</b>	300
<b>Sulfato de potasio</b>	110
<b>Sulfato de magnesio</b>	700
<b>Nitrato de magnesio</b>	550

**Fuente:** Rodríguez & Guzmán (2004).

### **2.6.3.2. Compatibilidad**

Los fertilizantes son sales y al mezclar aquellos que no son compatibles puede provocar una reacción de precipitación es decir formar compuestos insolubles en el tanque de fertilización y la obstrucción de aspersores y filtros y disminuyendo la aplicación de nutrientes (Zelada, 2017).

Según Antúnez & Felmer (2009), mencionan que cuando se mezclan fertilizantes simples se debe tener en cuenta que los ingredientes que se mezclan sean químicamente compatibles (Figura 1).

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	R	I	c	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 1:** Compatibilidad de los fertilizantes solubles utilizados en el fertirriego.

**Fuente:** Antúnez & Felmer, (2009)

## 2.7.Eficiencia del uso del fertilizante

Proteger el suelo y distribuir bien los nutrientes es saber aplicar bien la dosificación de fertilizante además de utilizar un sistema adecuado para su aplicación. Es por este motivo que se debe conocer cómo se envuelven los nutrientes en el mecanismo suelo-planta.

El fertirriego ha venido creciendo durante los años en eficiencia de uso de nutrientes de los fertilizantes por las plantas, frente a la fertilización tradicional (Tabla 2). Esto se debe a que el fertirriego aplica la dosificación directa donde se encuentran la mayoría de las raíces (Calvache, 2008).

**Tabla 2:** Eficiencia de uso de nutrientes en fertirriego y fertilización tradicional

Nutriente	Fertilización tradicional (%)	Fertirriego (%)
<b>N</b>	15-50	50-80
<b>P</b>	5-30	30-40
<b>K</b>	30-40	40-60
<b>S</b>	20-50	50-80
<b>Ca</b>	30-40	40-60
<b>Mg</b>	30-40	40-60
<b>Micronutrientes</b>	5-20	30-50

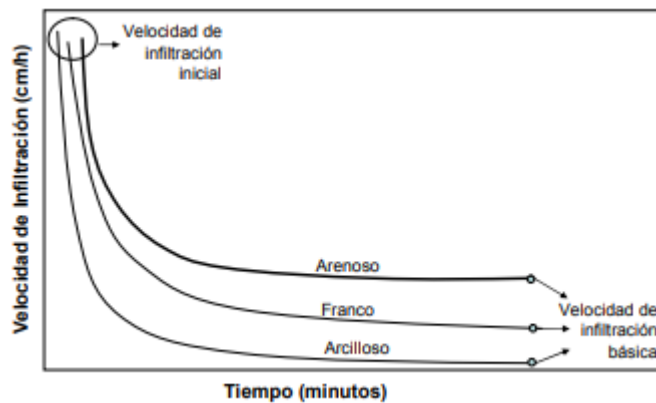
**Fuente:** Calvache (2008).

## 2.8. Infiltración

El término infiltración se refiere a la entrada de agua en forma vertical, la cual puede mostrar escasa igualdad en el terreno, además de una gran pérdida de agua por escorrentía o percolación (Delgadillo & Pérez, 2016). La infiltración se la relaciona de acuerdo a la conductividad hidráulica del suelo. Además está relacionada con la potencia de la acción capilar y la potencia de gravedad. Cuando los micros poros se mueven al agua aun contra la fuerza de la gravedad se efectúa la acción capilar (Carnero & Carnero, 2018).

### 2.8.1. Velocidad de infiltración

Se define la velocidad de infiltración como la atracción de agua desde la superficie del terreno hasta su interior, es decir el tiempo que tarda en infiltrarse en agua en el terreno. Se puede enunciar en mm/h y cm/h (Delgadillo & Pérez, 2016). El cálculo de velocidad de infiltración es muy importante para la agricultura, accede a tener una referencia de cómo se comporta la escorrentía, el contenido de agua de los acuíferos, la programación del riego y la erosión (Rodríguez et al., 2008).



**Figura 2:** Variación de la velocidad de infiltración de acuerdo a la textura del suelo

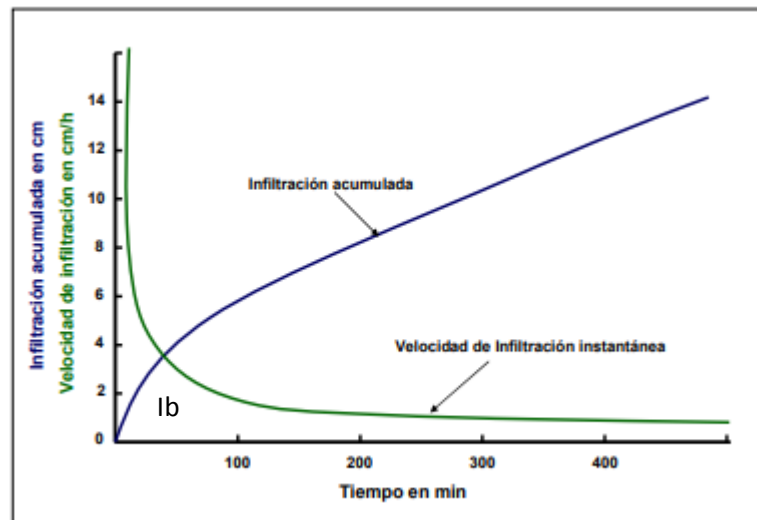
**Fuente:** Delgadillo & Pérez, (2016)

### 2.8.2. Infiltración básica

Se define como infiltración básica a la infiltración del agua hacia el interior del terreno en el momento que la diferenciación se relaciona con el tiempo y esta a su vez es lenta, de manera que la constante de velocidad de infiltración en suelos que se encuentren en su total a capacidad de campo (Moro et al., 2005).

### 2.8.3. Infiltración acumulada

La infiltración acumulada se refiere al agua acumulada desde el instante que se introduce en el interior del terreno, teniendo una pendiente decreciente y una forma curvilínea (Figura 3). El valor va a obedecer del total de humedad inicial y de la infiltración, así la estructura y la textura del suelo (Pizarro et al., 2015).



**Figura 3:** Curva de infiltración acumulada y velocidad de infiltración

**Fuente:** Delgadillo & Pérez, (2016)

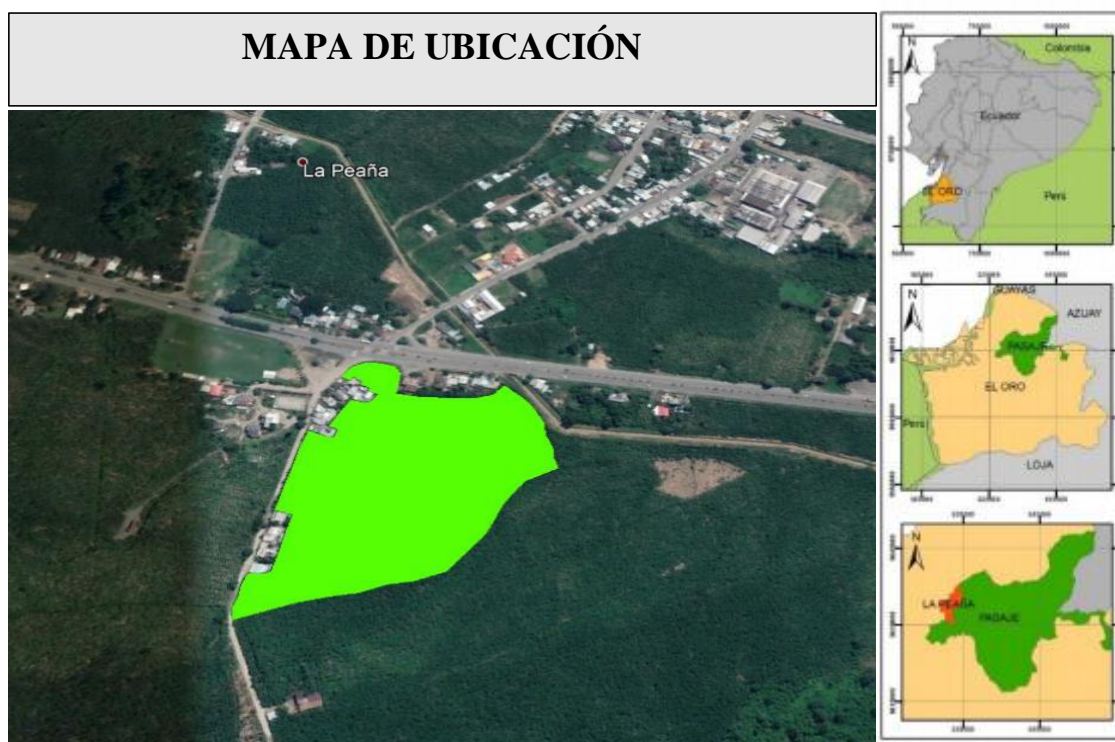


### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Materiales

##### 3.1.1. Localización

El trabajo de investigación se ejecutó en la parroquia de la Peaña perteneciente a la ciudad de Pasaje, en la finca con nombre “Marquez”, que se encuentra en la vía Machala-Pasaje, ubicada en las coordenadas geográficas 3°19'02.3"S y 79°51'15.7"W, a una altura de 20 msnm.



**Figura 4:** Ubicación de la finca Marquez

**Fuente:** Google Earth

##### 3.1.2. Características del sitio de investigación

El sitio de investigación escogida se encuentra áreas de bosque tropical con una temperatura promedio de 22 a 32 °C, con precipitaciones reunidas de enero a abril y una humedad relativa del 83%.

Las características del suelo de área experimental se encuentran con grupos aluviales, se localiza en zonas de llanura de sedimentación con topografía llana a ligeramente ondulada, estos suelos son de uso bananero por mucho tiempo (Villaseñor et al., 2015).

### 3.1.3. Materiales de campo

Cinta métrica, flexometro, calibrador, balanza, etiquetas, cámara fotográfica, bomba de agua, aspersores, tanques de fertirriego, fertilizante, gps, pluviómetro, anillos infiltrómetros de muntz, baliza.

### 3.1.4. Material genético

Para esta investigación se utilizaron un total 120 plantas de banano del Clon Cavendish gigante del subgrupo Cavendish ubicadas en los módulos de riego seleccionados.

### 3.1.5. Tratamientos

Los tratamientos se dividieron en 4 con 3 repeticiones con un total de 10 plantas por repetición (Tabla 3)

**Tabla 3:** Tratamientos y descripción

Tratamiento	Descripción	Plantas evaluadas
<b>T0</b>	Testigo	30
<b>T1</b>	2 riegos por semana / 1 hora y 30 minutos de riego + Fertilización edáfica	30
<b>T2</b>	2 riegos por semana/ 2 horas de riego + Fertirriego	30
<b>T3</b>	1 riego por semana/ 3 horas de riego + Fertirriego + Fertilización edáfica	30

### 3.1.6. Factores evaluados

- Altura de planta madre(Apm)
- Altura de hijo (Ah)
- Emisión foliar hijo ( Efh)
- Peso de racimo (Prm)
- Peso de raquis (Prq)
- Número de manos (Nm)
- Número de dedos mano del sol (Ndms)

- Número de dedos de última mano (Ndum)
- Longitud de dedo de mano del sol (Ldms)
- Longitud de dedo de último mano (Ldum)
- Grado de mano de sol (Gms)
- Grado de última mano (Gum)

### **3.2. Metodología**

#### **3.2.1. Planteamiento del diseño experimental**

Para este trabajo de investigación se estableció un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones.

**H0**= La aplicación de intervalos de riego con diferentes tipos de fertilización muestran igualdad en la producción y desarrollo de banano

**H1**= La aplicación de intervalos de riego con diferentes tipos de fertilización muestran diferencias en la producción y desarrollo de banano.

#### **3.2.2. Aplicación de fertilizantes para fertirriego y fertilización edáfica**

**T0**= Aplicación según el productor, testigo

**T1**= Se fertilizo mediante aplicación edáfica cada mes; Nitrato de amonio 33 gr.+ Muriato de potasio (MOP) 23 gr + Sulfato de Magnesio 22 gr + Sulfato de potasio 42 gr + Yara tropicote 35gr + Sulfato de Zinc 0,25 gr + Boro 0,55 gr + Fosfato diamonico (DAP) 6 gr.

**T2**= Se fertilizo mediante aplicación de fertirriego cada semana; Yara Azutek 70 gr + N de amonio 10 gr + Muriato de potasio (MOP) 29 gr + Sulfato de Magnesio 22 gr + Yara Calcinit 35 gr

**T3**= Se realizó la fertilización mediante aplicación edáfica (mes) y fertirriego (semana); Fertirriego: Yara Azutek 70 gr + Yara Calcinit 35 gr; Fertilización edáfica: Nitrato de amonio 10 gr + Muriato de potasio (MOP) 29 gr + Sulfato de Magnesio 22 gr.

### 3.2.3. Metodología para la determinación del régimen de riego

#### 3.2.3.1. Evapotranspiración

Mediante el programa Cropwat versión 8.0 se realizó el cálculo de la evapotranspiración de la zona (Tabla 4), con referencia de los datos meteorológicos de la estación de la granja Santa Inés (Anexo 1).

**Tabla 4:** Cálculo de ETo mediante el programa Cropwat versión 8.0

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>ETo (mm/día)</b>	3,00	3,16	3,42	3,34	2,80	2,35	2,28	2,37	2,39	2,33	2,40	2,74

#### 3.2.3.2. Evapotranspiración de cultivo

Para el cálculo de la ETc se tomó como dato la evapotranspiración mayor calculada por el programa Cropwat 8.0 y el coeficiente de cultivo (Kc), establecido por (FAO, 2006) para el cultivo de banano en el segundo año de producción.

$$ETc = ETo * Kc \quad (1)$$

$$ETc = 3,42 \text{ mm/día} * 1,2 = 4,104 \text{ mm/día}$$

#### 3.2.3.3. Cálculo de lámina neta

Se determina mediante la siguiente ecuación

$$Ln = \left( \frac{CC-PMP}{100} \right) * Da * Pr * 100 \quad (2)$$

Dónde: **Ln** = Lamina neta (mm) **CC**= Capacidad de campo **PMP**= Punto de marchitez permanente **Da**= Densidad aparente **Pr**= Profundidad radicular (m)

Al reemplazar los valores el resultado es:

$$Ln = \left( \frac{26-12}{100} \right) * 1,365 * 0,5 * 100$$

$$Ln = 9,6 \text{ mm}$$

#### 3.2.3.4. Intensidad pluviométrica

$$Ip = \frac{Q*1000}{Se*Sl} \quad (3)$$

Dónde: **Ip**= Intensidad pluviométrica **Q**= Descarga del aspersor (m<sup>3</sup>/h) **Se**= Separación entre aspersores **Sl**= Separación entre laterales

$$Ip = \frac{0,78 * 1000}{12 * 13}$$

$$Ip = 5,00 \text{ mm/h}$$

### 3.2.4. Aplicación de tiempos y lamina de riego

**Tabla 5: Tiempos y láminas de riego aplicados a diferentes módulos**

Martes				Viernes			
Turnos	Módulos	Tiempo	Lamina mm	Turnos	Módulos	Tiempo	Lamina mm
1	1-3	1h30m	7,5 mm	1	1-3	1h30m	7,5 mm
2	2	1h30m	7,5 mm	2	2	1h30m	7,5 mm
3	4	3h	15 mm	3	4	0h	0 mm
4	5	2h	10 mm	4	5	2h	10 mm
5	6	1h30m	7,5 mm	5	6	1h30m	7,5 mm
6	7	1h30m	7,5 mm	6	7	1h30m	7,5 mm

### 3.2.5. Metodología para infiltración de agua

La infiltración acumulada se calcula según las ecuaciones de los modelos teóricos que se denotan a continuación:

$$\text{Modelo de Kostiakov: } I = aT^b \quad (4)$$

Dónde: **i**= Infiltración acumulada (mm/h) **T**= tiempo transcurrido **a**= Coeficiente de velocidad de infiltración cuando el tiempo es igual a 1 **b**= Parámetro adimensional

La infiltración básica se calcula de acuerdo al tiempo básico, como lo denotan las ecuaciones siguientes:

$$\text{Infiltración básica: } Ib = 60abT^{(b-1)} \quad (5)$$

$$\text{Tiempo básico: } Tb = -600(b-1) \quad (6)$$

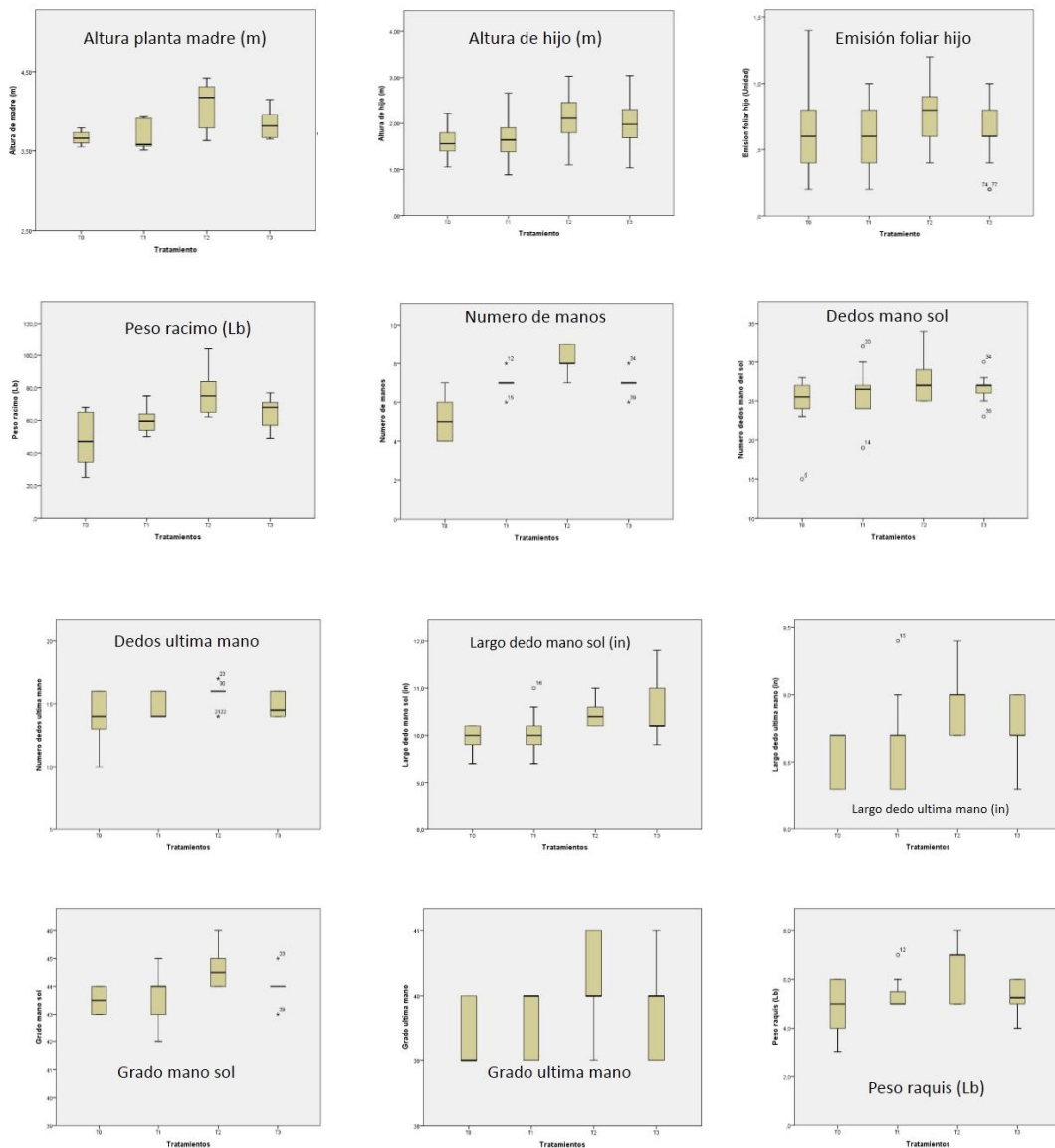
### **3.3. Análisis estadístico**

Cada variable de desarrollo vegetativo y producción se realizó un análisis exploratorio a través de diagramas de caja y bigote mediante el software IBM SPSS STATISTICS 21 para encontrar y eliminar valores atípicos en cada variable evaluada, además de identificar las variables con mayor dispersión y distribución. De igual manera, se realizó la prueba normalidad de datos de Shapiro-Wilk para verificar si existe una distribución de datos normal. Para conocer si existen diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó análisis de varianza (Anova), posteriormente se realizó las prueba Post Hoc de Tukey para identificar los de subconjuntos homogéneos con un nivel de significancia de 0,05. La estadística descriptiva de las variables de estudio se realizó mediante el cálculo de media, mínimo, máximo y coeficiente de variación.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Determinación del intervalo óptimo

Como resultado del análisis exploratorio de los conjuntos de datos se observó presencia de valores atípicos en 8 variables de estudio (**Figura 5**), tales como: Emisión foliar del hijo, Numero de manos, Dedos de la mano del sol, Dedos de la última mano, Largo de dedo última y mano del sol (in), Grado de mano del sol y Peso de raquis. Dichas observaciones fueron identificadas y separadas con el objetivo de no afectar la representatividad de la muestra.



**Figura 5:** Diagrama de caja y bigotes de cada variable de estudio en diferentes tratamientos

De acuerdo a la mediana indican una mayor dispersión las variables altura de planta madre, altura de hijo, emisión foliar, peso de racimo para el tratamiento 2, mientras que las variables número de manos, dedos de mano del sol y última mano, largo de dedo de mano del sol, grado mano del sol presentan una mayor distribución para los tratamientos testigo, 1 y 3.

De acuerdo a la prueba de normalidad de datos de Shapiro-Wilk los datos expresaron que siguen una distribución normal para cada variable de estudio, ya que el nivel de significancia de todas las variables es mayor a p-valor establecido (0,05) **Tabla 6.**

**Tabla 6:** Prueba de normalidad de datos de Shapiro Wilk

Variable	Tratamiento	Shapiro-Wilk		Variable	Tratamiento	Shapiro-Wilk	
		Estad.	Sig			Estad.	Sig
<b>Altura planta madre(m)</b>	T0	,931	<b>,462</b>	<b>Numero dedos mano sol</b>	T0	,750	<b>,064</b>
	T1	,736	<b>,055</b>		T1	,951	<b>,678</b>
	T2	,858	<b>,073</b>		T2	,838	<b>,052</b>
	T3	,914	<b>,309</b>		T3	,938	<b>,531</b>
<b>Altura de hijo(m)</b>	T0	,985	<b>,322</b>	<b>Numero dedos ultima mano</b>	T0	,876	<b>,117</b>
	T1	,988	<b>,492</b>		T1	,686	<b>,051</b>
	T2	,988	<b>,497</b>		T2	,764	<b>,065</b>
	T3	,992	<b>,804</b>		T3	,713	<b>,101</b>
<b>Emisión foliar del hijo</b>	T0	,880	<b>,063</b>	<b>Largo dedo mano sol (in)</b>	T0	,781	<b>,108</b>
	T1	,913	<b>,176</b>		T1	,916	<b>,328</b>
	T2	,890	<b>,183</b>		T2	,781	<b>,078</b>
	T3	,890	<b>,085</b>		T3	,879	<b>,126</b>
<b>Peso racimo (Lb)</b>	T0	,917	<b>,334</b>	<b>Largo dedo ultima mano (in)</b>	T0	,594	<b>,100</b>
	T1	,952	<b>,688</b>		T1	,849	<b>,057</b>
	T2	,884	<b>,146</b>		T2	,793	<b>,072</b>
	T3	,927	<b>,416</b>		T3	,823	<b>,097</b>
<b>Peso raquis (Lb)</b>	T0	,886	<b>,152</b>	<b>Grado mano sol</b>	T0	,655	<b>,540</b>
	T1	,623	<b>,056</b>		T1	,885	<b>,149</b>
	T2	,787	<b>,070</b>		T2	,781	<b>,108</b>
	T3	,872	<b>,107</b>		T3	,658	<b>,220</b>
<b>Numero de manos</b>	T0	,859	<b>,074</b>	<b>Grado ultima mano</b>	T0	,640	<b>,060</b>
	T1	,658	<b>,080</b>		T1	,640	<b>,300</b>
	T2	,794	<b>,112</b>		T2	,833	<b>,136</b>
	T3	,658	<b>,053</b>		T3	,833	<b>,136</b>

El Anova de un factor intersujetos(Tabla 7), nos permite establecer la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de estudio, en todas las variables de desarrollo vegetativo se observó que sus valores de significancia son menores



al p-valor=0,05, por lo que se evidencia que si existe diferencias significativas entre tratamientos, mientras que en las variables de producción demuestra que existe diferencias significativas en variables como; Prm, Prq, Nm, Ldms, Ldum y Gms; mientras que en la variables: Ndms, Ndum y Gum; no existe diferencias significativas entre tratamientos.

**Tabla 7:** Anova de un factor en variables de estudio

Variable	Suma de Cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Apm (m)</b>	2,512	0,399	9,024	<b>0,005</b>
<b>Ah (m)</b>	80,846	6,553	41,089	<b>0,000</b>
<b>Efh</b>	10,783	0,421	9,294	<b>0,007</b>
<b>Prm (Lb)</b>	9354,275	1562,019	10,042	<b>0,000</b>
<b>Prq (Lb)</b>	42,975	5,846	6,584	<b>0,018</b>
<b>Nm</b>	70,400	18,089	36,000	<b>0,000</b>
<b>Ndms</b>	378,975	24,850	1,694	0,230
<b>Ndum</b>	81,100	7,294	3,065	0,052
<b>Ldms (in)</b>	9,340	0,928	3,671	<b>0,015</b>
<b>Ldum (in)</b>	3,050	0,272	3,017	<b>0,028</b>
<b>Gms</b>	22,975	2,616	4,709	<b>0,009</b>
<b>Gum</b>	17,500	1,373	2,384	0,115

En las variables que se observó diferencias significativas se realizó un prueba post hoc de Tukey para determinar los subconjuntos homogéneos (**Tabla 8**). En las variables de desarrollo vegetativo se evidencia dos subconjuntos (a y b), resultando más representativo el Tratamiento 2 (2 riegos por semana de 2 horas). Para la variables de producción se pudo comprobar que existen hasta 3 subconjuntos, pero también dando como más representativo al tratamiento 2.

**Tabla 8:** Prueba Post hoc de Tukey

Variable	T0	T1	T2	T3
<b>Apm (m)</b>	3,67 a	3,7 a	<b>4,08 b</b>	<b>3,85 b</b>
<b>Ah (m)</b>	1,59 a	1,66 a	<b>2,11 b</b>	<b>1,99 b</b>
<b>Efh</b>	0,6 a	0,6 a	<b>0,8 b</b>	0,7 a
<b>Prm (Lb)</b>	46,9 a	60,1 ab	<b>75,6 c</b>	65,1 bc
<b>Prq (Lb)</b>	4,9 a	5,35 a	<b>6,5 b</b>	5,3 a
<b>Nm</b>	5,00 a	7,00 b	<b>8,20 c</b>	7,00 b
<b>Ldms (in)</b>	9,96 a	10,08 a	<b>10,48 b</b>	<b>10,48 b</b>
<b>Ldum (in)</b>	8,58 a	8,68 ab	<b>8,92 b</b>	8,71 ab
<b>Gms</b>	43,5 a	43,8 a	<b>44,6 b</b>	44,0 ab

En la **Tabla 9** se puede evidenciar claramente que el tratamiento 2, presentó mejor media para altura de planta madre (4,08 m) y altura de hijo (2,11 m), el cual obtuvo 2 riegos por semana de 2 horas, además de la aplicación de fertilizante por fertirriego logrando que la planta madre e hijo tengan una mayor altura en comparación con los demás tratamientos. El tratamiento de menor media fue el testigo con un valor de 3,67 para altura madre y 1,59 m el hijo, que en comparación con el T2, se puede notar un gran diferencia entre medias, generando gran diferencia positiva en el crecimiento de la planta madre e hijo de banano. El banano requiere mucho del agua lo que incide que se aplique un intervalo con una adecuada lámina de riego que no cause una afectación del desarrollo de la planta, de tal forma que una buena aplicación de riego en función de la humedad del suelo, no causa una disminución en el desarrollo y rendimiento del banano según Caicedo, Balsameda, et al., (2015). El del tipo de fertilización influye mucho en el desarrollo, atribuyéndole a que el fertirriego y el suministro de agua adecuado inciden el crecimiento de banano como lo menciona Castro & Chiquillo, (2016). Esto se debe a que el fertirriego aplica la dosificación directa donde se encuentran la mayoría de las raíces, y hace que tenga un mejor aprovechamiento de los nutrientes y por ende un mejor desarrollo (Calvache, 2008).

El tratamiento 2 emitió 0,8 hojas por semana, seguido del tratamiento 3 con una emisión foliar de 0,7 hojas por semana, mientras que el tratamiento 1 y testigo con una emisión foliar de 0,6 hojas por semana. Varias investigaciones demuestran que la falta de agua restringe el desarrollo de las hojas como lo menciona Santacruz & Santacruz, (2020). El desarrollo vegetativo y producción de banano depende del desarrollo de las hojas, con una buena humedad en el suelo el desarrollo es de 0,8 a 1 hoja/semana, mientras que con poca humedad va entre 0,4 a 0,6 hoja/semana (Martínez & Cayón, 2011).

**Tabla 9:** Estadísticos descriptivos para variables de desarrollo

Tratamiento	Variable	Promedio	CV (%)	Min	Max
T0	Apm (m)	<b>3,67</b>	2,20	3,55	3,79
	Ah (m)	<b>1,59</b>	16,29	1,05	2,23
	Efh	<b>0,60</b>	36,87	0,20	1,00
T1	Apm (m)	3,70	5,12	3,51	3,93
	Ah (m)	1,66	23,37	0,88	2,66
	Efh	0,61	33,78	0,20	1,00
T2	Apm (m)	<b>4,08</b>	7,14	3,63	4,42
	Ah (m)	<b>2,11</b>	21,07	1,10	3,03
	Efh	<b>0,8</b>	23,07	0,40	1,20

	Apm (m)	3,85	4,65	3,65	4,15
T3	Ah (m)	1,99	22,93	1,03	3,04
	Efh	0,7	30,83	0,20	1,00

En la **Tabla 10** se puede observar las variables de producción en los diferentes tratamientos, de acuerdo a esta el de mayor peso de racimo (104 lb) se encuentra en el tratamiento 2, además de presentar una mejor media con 75,6 lb el cual obtuvo 2 riegos por semana de 2 horas además de una fertilización por fertirriego, continuado del tratamiento 3 con una media 65,1 lb, el tercer mejor tratamiento fue el T3 con una media de 60,1 lb mientras que tratamiento testigo obtuvo la media más baja con 46,9 lb, indicando que la aplicación de un intervalo adecuado y una buena fertilización inciden en el peso del racimo en relación al testigo.

El riego adecuado y la aplicación de un buen tiempo de riego incrementa el peso del racimo en hasta un 30 %, en relación a un riego con déficit, lo cual muestra la importancia del agua para proceso metabólico y producción de banano, por lo que se ha determinado que el cultivo presenta altas valores de transpiración y demanda de agua según lo menciona Cedeño et al., (2020). De acuerdo a Alves et al., (2020) un intervalo de riego de dos días da un peso de fruto mayor y por ende a un mayor rendimiento y mayor eficacia del aprovechamiento del agua.

Según el número de manos el mejor tratamiento es el T2 con una media de 8,20, además con el valor más alto de 9 manos, mientras tanto el tratamiento testigo presenta el de menor media con 5 manos por racimo. De acuerdo a lo que menciona Guzmán, (2011), quien argumenta que el número de manos es igual para todas las variedades, pero este se puede alterar debido a irregularidades hídricas y nutricionales.

De acuerdo al número de dedos de la mano del sol se obtuvo el valor más alto el T2 con una media de 27,60 dedos y con un largo de 10,48 pulgadas, mientras que el de menor media fue el tratamiento testigo con un número de dedos de 24,60 y con un largo de 9,96 pulgadas. Mientras que la última mano de igual manera el que mejor respuesta dio fue el T2 con una media de 15,80 dedos y con un largo de 8,92 pulgadas.

Según el grado de la primera mano se mantuvo dentro de los estándares de exportación, dando como mejor media de grado al tratamiento 2 con 44,60 grados y con valores máximos de hasta 46, mientras que el grado de la última mano se mantuvo entre los

tratamientos entre 39 y 40. . Según Pardo & Novillo, (2016) el grado mínimo de exportación es de 39-40 y el grado máximo es de 45-46 grados

**Tabla 10:** Estadísticos descriptivos para variables de producción

Tratamiento	Variable	Promedio	CV (%)	Min	Max
<b>T0</b>	<b>Prm (Lb)</b>	46,900	33,98	25,0	68,0
	<b>Prq (Lb)</b>	4,900	20,29	3,0	6,0
	<b>Nm</b>	5,00	21,08	4	7
	<b>Ndms</b>	24,60	14,99	15	28
	<b>Ndum</b>	14,00	14,68	10	16
	<b>Ldms (in)</b>	9,960	2,81	9,4	10,2
	<b>Ldum (in)</b>	8,580	2,25	8,3	8,7
	<b>Gms</b>	43,50	1,21	43	44
	<b>Gum</b>	39,40	1,31	39	40
<b>T1</b>	<b>Prm (Lb)</b>	60,100	12,85	50,0	75,0
	<b>Prq (Lb)</b>	5,350	12,50	5,0	7,0
	<b>Nm</b>	7,00	6,73	6	8
	<b>Ndms</b>	26,10	13,57	19	32
	<b>Ndum</b>	14,70	6,45	14	16
	<b>Ldms (in)</b>	10,080	4,60	9,4	11,0
	<b>Ldum (in)</b>	8,680	3,95	8,3	9,4
	<b>Gms</b>	43,80	2,10	42	45
	<b>Gum</b>	39,60	1,30	39	40
<b>T2</b>	<b>Prm (Lb)</b>	<b>75,600</b>	17,64	62,0	104,0
	<b>Prq (Lb)</b>	<b>6,550</b>	17,05	5,0	8,0
	<b>Nm</b>	<b>8,20</b>	7,71	7	9
	<b>Ndms</b>	<b>27,60</b>	9,84	25	34
	<b>Ndum</b>	<b>15,80</b>	6,54	14	17
	<b>Ldms (in)</b>	<b>10,480</b>	3,14	10,2	11,0
	<b>Ldum(in)</b>	<b>8,920</b>	2,52	8,7	9,4
	<b>Gms</b>	<b>44,60</b>	1,57	44	46
	<b>Gum</b>	<b>40,10</b>	1,84	39	41
<b>T3</b>	<b>Prm (Lb)</b>	65,100	13,24	49,0	77,0
	<b>Prq (Lb)</b>	5,300	11,93	4,0	6,0
	<b>Nm</b>	7,00	6,73	6	8
	<b>Ndms</b>	26,60	6,91	23	30
	<b>Ndum</b>	14,90	6,67	14	16
	<b>Ldms (in)</b>	10,480	5,98	9,8	11,8
	<b>Ldum (in)</b>	8,710	2,94	8,3	9,0
	<b>Gms</b>	44,00	1,07	43	45
	<b>Gum</b>	39,90	1,85	39	41

#### 4.2. Determinación de la infiltración de agua en el suelo en el área de estudio

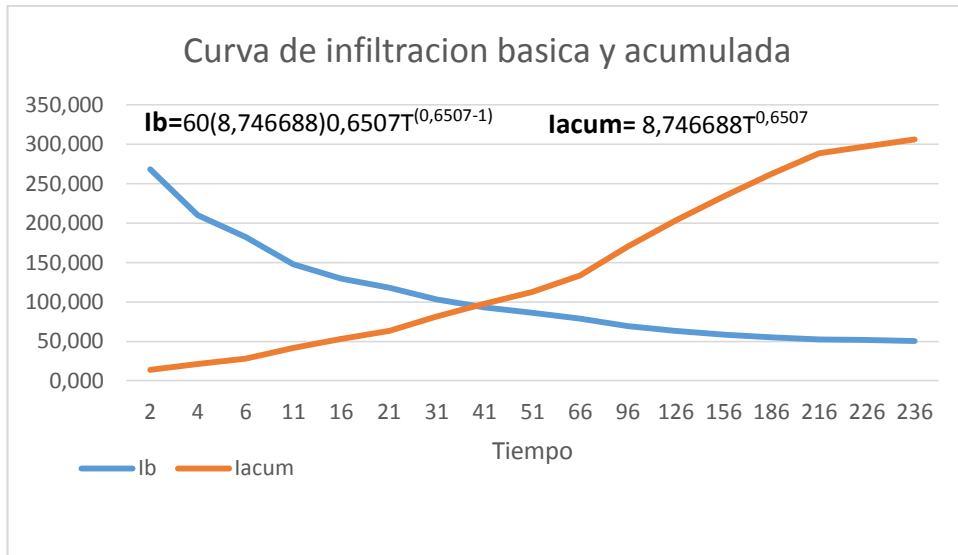
Como resultado de las pruebas físicas de infiltración (Tabla 11) se observó la mayor velocidad de infiltración básica en el Tratamiento 3 con un valor de 52,8 mm/h, situación que se corrobora por medio de la tabla de resumen de las propiedades físicas del suelo (Anexo 16), la cual asigna un rango de infiltración de 13 mm/h a 76 mm/h para la clase textural franco arenosa, dicha clase fue determinada por Cueva, (2020), en la misma área de estudio. De igual manera el resto de los valores para infiltración básica se encuentran en dicho rango para los diferentes tratamientos.

**Tabla 11:** Prueba de infiltración para los diferentes tratamientos

<b>N</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>Tb (min)</b>	<b>Ib (mm/h)</b>
<b>T3</b>	0,6507	8,74668804	209,58	<b>52,8</b>
<b>T2</b>	0,6452	8,62855049	212,88	49,9
<b>T1</b>	0,6425	8,57865491	214,5	48,5
<b>T0</b>	0,633	8,47718438	220,2	44,5

Martínez et al., (2015), en su trabajo experimental logró una infiltración básica de 53,8 mm/h en suelo donde la compactación es baja, el agua se infiltra de manera más rápida que a diferencia de suelos duros sin estructura. En el trabajo experimental se observó una infiltración básica con valores similares, situación que se esperaba puesto que al ser un suelo de clase textural franco arenosa existe predominancia de partículas grandes las cuales no cuentan con propiedades de retener humedad y no definen una estructura en el suelo, por ende la velocidad con que se infiltra y se mueve el agua en el suelo es clasificada como alta puesto que se observó valores mayores a 40 mm/h. situación que también se puede atribuir a que el T3 obtuvo una menor frecuencia de riego en comparación con los demás tratamientos que se aplicó un intervalo de riego más corto conteniendo mayor humedad al momento de la realización de las pruebas.

De acuerdo a la curva de infiltración (**Figura 6**), se muestra el comportamiento de la infiltración básica y acumulada de acuerdo al tiempo transcurrido, al inicio el proceso de infiltración básica es alta, debido a que el gradiente hidráulico es alto, pero a medida que se va regando el suelo, la infiltración básica va disminuyendo, caso contrario pasa con la infiltración acumulada que aumenta con el transcurso de los minutos.



**Figura 6:** Curva de infiltración básica y acumulada

## 5. CONCLUSIONES

El intervalo de 2 riegos por semana con 2 horas cada riego en asociación con la fertirrigación (T2) presentó mayor incidencia en el desarrollo vegetativo de la planta, alcanzando alturas de 4,08 y 2,11 metros en la madre e hijo respectivamente, y una mejor emisión foliar con 0.8 hojas por semana.

En cuanto a la producción, el T2 también presentó los mejores resultados con pesos de racimo de 75,6 lb con un número promedio de 8.20 manos. De las cuales la mano del sol y la última presentaron un total de dedos de 27,60 y 15,80 respectivamente.

En los tratamientos evaluados, la infiltración que mayor velocidad de infiltración fue el T3 con un valor de 52,8 mm/hora y el de menor infiltración fue el Tratamiento testigo con un valor de 44,5 mm/h, pero todos los tratamientos se encuentran en un mismo rango permisible según la tabla de propiedades físicas del suelo que van desde 13 mm/h a 76 mm/h para un suelo franco arenoso.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Alves, G., Alves, J., Cotrim, C., Rodrigues, S., & Arantes, A. de M. (2020). Physiological and productive characteristics of the banana “prata-anã” subjected to different irrigation intervals and emitter heights. *Acta Scientiarum - Agronomy*, 42, 1–8. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v42i1.44000>
- Antúnez, A., & Felmer, S. (2009). *Boletín del nodo tecnológico de riego en secano region de O`Higgins* (Instituto de Investigaciones Agropecuarias (ed.); N° 190).
- Arteaga, R., Ángeles, V., & Vázquez, M. (2011). Programa Cropwat Para Planeación Y Manejo Del Recurso Hídrico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(2), 179–195.
- Avalos, J., & Pacheco, J. (2012). Programación del riego de la caña de azúcar en la provincia de Villa Clara, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(4), 61–66.
- Caicedo, O., Balmaseda, C., & Proaño, J. (2015). Evaluación hidráulica del riego por aspersión subfoliar en banano (*Musa paradisiaca*) en la finca San José 2, provincia Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1), 38–43.
- Caicedo, O., Balsameda, C., & Proaño, J. (2015). Programación del riego del banano ( *Musa paradisiaca* ) en finca San José 2 , Los Ríos , Ecuador. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(2), 18–22.  
<http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v24n1/rcta051115.pdf>
- Calvache, M. (2008). Fertirriego en Ecuador, presente y futuro. *X Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo*, May, 12p.
- Calvache, M., Avellan, L., & Cobeña, N. (2014). Extracción de Micronutrientes según la Fenología del Plátano Barraganete ( *Musa paradisiaca* L. ) . *VII Congreso Sudamericano de Agronomía*, March, 11p.
- Camejo, L., Duarte, L., & Guerra, G. (2017). Diseño agronómico en máquinas de pivote central, rendimientos, ahorro de agua y energía. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(2), 3–16.
- Carnero, E., & Carnero, G. (2018). Análisis numérico de infiltración de agua en un suelo residual no saturado utilizando la curva de retención de agua. *Revista de*



- Investigaciones Altoandinas*, 20(4), 439–450.  
<https://doi.org/10.18271/ria.2018.421>
- Casanova, E., & Rivero, C. (2006). Efecto de fuentes alternativas de fertilizantes con el método de la fertirrigación sobre la nutrición mineral y rendimiento de bananos en una finca del estado Aragua, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 56(3), 325–344.  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2006000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Castellón, J., Bernal, R., & Hernández, M. (2015). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*, 19(1), 39–50.
- Castro, G., & Chiquillo, H. (2016). Evaluación de tres alternativas de fertiriego en el establecimiento del cultivo de plátano (musa paradisiaca/harton cv) en el Yopal, Casanare. *Ingeniería y Región*, 16(2), 49–55.  
<https://doi.org/10.25054/22161325.1298>
- Cedeño, G., Guzman, Á., Zambrano, H., Vera, L., Valdivieso, C., & López, G. (2020). Effect of planting density and complementary irrigation on the morpho-phenology, yield, profitability, and efficiency of banana fertilization. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 483–492. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2020.04.03>
- Cifuentes, C. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de fertirriego por microaspersión con inyector venturi en cultivo de cacao ubicado en el recinto San Antonio Cantón Urdesa*. Universidad Agraria Del Ecuador.
- Cigales, M., & Pérez, O. (2011). Variabilidad de suelos y requerimiento hídrico del cultivo de banano en una localidad del Pacífico de México. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 15(3), 21–31.
- Cisneros, E., González, A., García, A., Placeres, Z., & Jiménez, E. (2014). Evaluación y propuesta de medidas en diferentes técnicas de riego por aspersión para un uso eficiente del agua. In *Revista Ingeniería Agrícola* (Vol. 4, Issue 1, pp. 22–28).
- Cisneros, E., & Yemane, E. (2009). Influencia de la programación del riego en los rendimientos del cítrico en la finca “Shemshemia.” *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(4), 59–54.
- Cueva, E. (2020). *Análisis geoestadístico y multivariado de atributos físicos de un suelo*

- en cultivo de banano finca Márquez La Peaña Cantón Pasaje* [Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15512>
- Daza, M., Jurado, J., & Torres, V. (2016). Efecto de aplicación de diferentes láminas de riego en estevia (*stevia rebaudiana bert.*) bajo invernadero. *Temas Agrarios*, 20(1), 81–90. <https://doi.org/10.21897/rta.v20i1.750>
- Delgadillo, O., & Pérez, L. (2016). Medición de infiltración del agua en el suelo: Método de doble anilla. In *Texto de apoyo para capacitación en riego*.
- Demin, P. (2014). *Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: métodos de riego : fundamentos , usos y adaptaciones* (INTA (ed.); 1st ed.). [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_aportes\\_para\\_el\\_mejoramiento\\_del\\_manejo\\_de\\_los\\_sistemas\\_de\\_riego.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf)
- Deras, J. (2019). *Evaluación de cuatro programas de nutrición en la producción de banano en la finca Guadalupana, San Manuel Cortés, Honduras*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Díaz, C., Ajete, M., González, F., Bonet, C., & Sierra, L. (2010). Dosificación de fertilizante para el fertirriego del tomate protegido en Ciego de Ávila. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3), 12–16.
- FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. In *Estudio FAO Riego y Drenaje 56*. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4529143>
- FAO. (2020). Análisis del mercado de banano: resultados preliminares 2019. *FAO*. <http://www.fao.org/3/ca7567es/CA7567ES.pdf>
- Furcal, P., & Barquero, A. (2014). Fertilización del platano con nitrógeno y potasio durante el primer ciclo productivo. *Agronomía Mesoamérica*, 25(2), 267–278.
- Ganchozo, R., & Rosado, E. (2015). *Estudio de tres frecuencias de riego por goteo sobre la producción de camote (Ipomoea batatas. L) en el valle del río Carrizal*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Gavilánez, F., & Farias, S. (2019). Método del Cenirómetro como alternativa de programación de riego por aspersión en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*). *Acta Agronómica*, 68(1), 29–34. <https://doi.org/10.15446/acag.v68n1.70370>

- Gonsaga, L., Pego, A., Gontijo, K., Montoani, B., De Carvalho, M., De Sá Junior, A., & Lismar, W. (2013). FAO Penman-Monteith equation for reference evapotranspiration from missing data. *Idesia*, 31(3), 39–48.
- González, O., Montaña, A., López, E., Sánchez, S., Zambrano, D., Macias, L., & Herrera, M. (2020). Irrigation water productivity in selected crops from central region of Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 29(1), 56–63.
- Gracia, M. (2000). Diseño agronómico del riego localizado. *Agrotécnica*, 6, 61–64.
- Guimarães, G., Cantú, R., Scherer, R., Beltrame, A., & Haro, M. (2020). Banana crop nutrition: Insights into different nutrient sources and soil fertilizer application strategies. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 44, 1–14.  
<https://doi.org/10.36783/18069657rbc20190104>
- Guzmán, S. (2011). *Evaluación de la productividad del agua en el cultivo de banano (Musa Spp) para la región del Magdalena por medio de la variación de tres coeficientes de cultivo (kc) (tesis maestría)* [Universidad Nacional de Colombia].  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/3926/>
- Holzapfel, E., Pannunzio, A., Lorite, I., De Oliveira, A., & Farkas, I. (2009). Design and management of irrigation systems. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 69(1), 17–25. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392009000500003>
- Jiyane, J., & Zermeño, A. (2003). Aplicación del enfoque de evapotranspiración a equilibrio en la agricultura de riego en zonas áridas. *Agrocencia*, 37(6), 553–563.
- Martínez, A., & Cayón, G. (2011). Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano ( Musa AAA Simmonds cvs . Gran Enano y Valery). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64(7), 6055–6064.
- Martínez, J., Vaca, V., Esteller, M., González, A., Arriaga, M., & Gutiérrez, F. (2015). Mean Infiltration Speed in a Vertisol Under Different Tillage Systems. *Terra Latinoamericana*, 33(1), 95–99.
- Martínez, R. (2013). Efecto del riego deficiente controlado en la productividad del banano. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(2), 51–55.
- Montero, L., Jiménez, E., & Cun, R. (2012). Influencia del riego con aspersor de largo alcance y diferentes boquillas sobre el rendimiento del plátano CEMSA ¾ en

- sistema de plantación extradenso. *Revista Ingeniería Agrícola*, 2(2), 42–45.
- Moro, E. C., Ingaramo, O. E., Venialgo, C. A., & Gutierrez, N. C. (2005). Infiltración en un Argiustol Udico con diferentes sistemas de uso en el Departamento 9 de Julio – Chaco. *Agrotecnia*, 14(14), 14. <https://doi.org/10.30972/agr.014430>
- Pardo, C., & Novillo, E. (2016). Proceso de control de calidad para el banano de exportación en finca bananera. *Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana*, 1, 1–15. <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/ec/2016/finca-bananera.html>
- Peña, M., Hahn, F., & Yam, J. (2010). Inyección de fertilizante con bombas de paletas y control por conductividad eléctrica en soluciones madre para fertirriego. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3), 35–42.
- Pérez, R., & Domínguez, J. (2019). Irrigation Regime for Crops in Manabí, Ecuador: Proposal for Five Permanent Crops. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(4), 63–72.
- Pizarro, R., Flores, J., Martínez, E., & Sanguesa, C. (2015). Curvas de Infiltración. In *Módulo 3: Curvas de infiltración*. [http://www.uach.cl/externos/epicforce/pdf/guias\\_y\\_manuales/eias/manuales/c\\_modulo\\_curva\\_infiltracion.pdf](http://www.uach.cl/externos/epicforce/pdf/guias_y_manuales/eias/manuales/c_modulo_curva_infiltracion.pdf)
- Quesada, G., & Bertsch, F. (2012). Fertirriego en el rendimiento de híbridos de tomate producidos en invernadero. *Agronomía Mesoamericana*, 23(1), 117–128.
- Ratke, R., Santos, S., Pereira, H., De Souza, E., & Carbone, M. (2012). Desenvolvimento e produção de bananeiras thap maeo e prata-anã com diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássic. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(1), 277–288. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000100037>
- Rocha, M., Sérgio, R., De Magalhães, A., Ferreira, E., & Mara, P. (2017). Gas exchange in “BRS Princesa” banana (*Musa spp.*) under partial rootzone drying irrigation in the north of Minas Gerais, Brazil. *Acta Agronomica*, 66(3), 378–384. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.55056>
- Rodríguez, A., Aristizábal, A., & Camacho, J. (2008). Variabilidad espacial de los modelos de infiltración de Philip y Kostiakov en un suelo Ándico. *Engenharia Agrícola*, 28(1), 64–75. <https://doi.org/10.2331/suisan.35.791>

- Rodríguez, E., & Guzmán, M. (2004). Características de los fertilizantes para su uso en la fertirrigación. *Ferti-Riego: Tecnologías Y Programación En Agroplasticultura*, September, 191–202.
- Salazar, R., Rojano, A., & Lorenzo, I. (2014). La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 5(2), 177–183.
- Santacruz, G., & Santacruz, E. (2020). Evaluación del desempeño del riego por aspersión en lotes con cultivo de banana en Chiapas, México. *Siembra*, 7(2), 001–013. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.1712>
- Santiago, S., Arteaga, R., Sangerman, D., Cervantes, R., & Navarro, A. (2012). Evapotranspiración de referencia estimada con Fao-Penman-Monteith , Priestley-Taylor , Hargreaves y RNA. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(8), 1535–1549.
- Santos, L., Valero, J., Picornell, R., & Tarjuelo, J. (2010). *El Riego Y Sus Tecnologías* (Europa-América (ed.); 1st ed.).
- Servín, M., Tijerina, L., Medina, G., Palacios, O., & Flores, H. (2017). Sistema para programar y calendarizar el riego de los cultivos en tiempo real. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2), 423. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.61>
- Soto, M. (2014). *Bananas 1; Conceptos Básicos* (Editorial Tecnológica de Costa Rica (ed.); Primera Ed).
- Torres, J., Magnitskiy, S., & Sánchez, J. (2019). Effect of fertilization with N on height, number of leaves, and leaf area in banana (Musa AAA Simmonds, cv. Williams). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 13(1), 9–17. <https://doi.org/10.17584/rcch.2019v13i1.8440>
- Usaga, C., Castañeda, D., Franco, A., Gómez, F., & Lopera, A. (2008). Efecto de la micorrización y la fertilización en la acumulación de biomasa en plantas de banano (. *Revista Facultad Nacioanal de Agronomía Medellín*, 61(1), 4269–4278.
- Velasco, E. (2013). “Evaluación de uniformidad y eficiencia de riego en tres módulos de riego por aspersión en el cultivo del cacao, en el sector de Maranniyoc-Echarati.” Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación

taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Cumbres*, 1, 28–34.

<http://investigacion.utmachala.edu.ec/cumbres/index.php/Cumbres/article/view/15>

Villaseñor, D., Noblecilla, Y., Luna, E., Molero, R., Barrezuela, S., Huarquilla, W., González, C., & Garzón, J. (2020). Respuesta óptima de la fertilización potásica sobre variables productivas del banano (*Musa spp.*). *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 36(2), 161–170. <https://doi.org/10.29393/CHJAAS36-14RODV80014>

Vivas, J., Robles, J., González, I., Álava, D., & Meza, M. (2018). Fertilización del plátano con nitrógeno, fósforo y potasio en cultivo establecido. *Dominio de Las Ciencias*, 4(1), 633–647. <https://doi.org/10.23857/dc.v4i1.772>

Zelada, O. (2017). *Instalación de un sistema de riego por microaspersión para banano orgánico Fundo el Monte, distrito Tamarindo- Paita- Piura*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Zhiminaicela, J., Quevedo, J., & García, R. (2020). La producción de banano en la provincia de El Oro y su impacto en la agrobiodiversidad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3), 189–195.

<http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/327>

## 7. ANEXOS

Estación: SANTA INES- UTM					
Latitud: 3° 17' 16" S			Longitud: 79° 54' 55" W		
Provincia: El Oro					
Estación Meteorológica SANTA INES UTM					
Meses	T(°C) /media/mensual	HR (%)	Viento (Km/h)	Heliofanía (h/día)	Precipitación (mm/mes)
Enero	26,15	81	1,61	3,22	105,23
Febrero	26,46	81	1,41	3,48	177,62
Marzo	26,82	80	1,34	4,41	139,42
Abril	26,83	80	1,49	4,60	84,61
Mayo	26,04	82	1,21	3,54	34,42
Junio	24,52	85	1,17	2,46	16,25
Julio	23,48	86	1,28	2,27	12,72
Agosto	22,99	86	1,44	2,13	11,50
Septiembre	23,11	86	1,40	1,64	11,46
Octubre	23,34	86	1,40	1,15	17,39
Noviembre	23,86	85	1,39	1,54	19,82
Diciembre	25,41	81	1,40	2,67	40,70

Anexo 1: Datos meteorológicos de la granja Santa Inés

The screenshot shows the 'ETo Penman-Monteith Mensual' software interface. The location is set to Ecuador, Estación SANTA INES -UTM, with an altitude of 6 m, latitude 3.17° S, and longitude 79.54° W. The main table displays monthly data for various meteorological parameters and ETo.

Mes	Prom Temp °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	26.1	81	39	3.2	14.3	3.00
Febrero	26.5	81	34	3.5	15.0	3.16
Marzo	26.8	80	32	4.4	16.4	3.42
Abril	26.8	80	36	4.6	16.0	3.34
Mayo	26.0	82	29	3.5	13.4	2.80
Junio	24.5	85	28	2.5	11.4	2.35
Julio	23.5	86	31	2.3	11.3	2.28
Agosto	23.0	86	35	2.1	11.9	2.37
Septiembre	23.1	86	34	1.6	11.8	2.39
Octubre	23.3	86	34	1.1	11.2	2.33
Noviembre	23.9	85	33	1.5	11.7	2.40
Diciembre	25.4	81	34	2.7	13.3	2.74
Promedio	24.9	83	33	2.8	13.1	2.72

Anexo 2: Calculo de Evapotranspiración programa Cropwat 8.0



**Anexo 3:** Medición de intensidad pluviométrica del aspersor



**Anexo 4:** Medición de distancia entre laterales y aspersores





**Anexo 5:** Toma de muestras de suelo



**Anexo 6:** Instalación de tanques para fertirriego



**Anexo 7:** Etiquetado de tratamientos



**Anexo 8:** Etiquetado de plantas





**Anexo 9:** Aplicación de fertirriego



**Anexo 10:** Aplicación de fertilización edáfica



**Anexo 11:** Aplicación de riego



**Anexo 12:** Medición de variable altura de hijo





**Anexo 13:** Medición de variable grado de dedo



**Anexo 14:** Medición de variable peso de racimo



### Anexo 15: Prueba de infiltración con anillos de Muntz

TABLA 7.4. TABLA RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Textura del suelo	Filtración <sup>1</sup> y permeabilidad cm/hora $I_f$	Total espacio poroso % $W$	Peso específico aparente $d_a$ $A_s$	Capacidad del campo % $FC$ $C_c$	Marchitez permanente % $PW$ $(\gamma_{11} \rho)$	Humedad total utilizable <sup>2</sup>		
						Peso seco % $P_w = FC - PW$	Volumen % $P_v = P_w A_s$	cm/m $d = \frac{P_w}{100} A_s D$
Arenoso	5 (2.5-25.5)	38 (32-42)	1,65 (1,55-1,80)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	8 (6-10)	8 (7-10)
Franco-arenoso	2,5 (1,3-7,6)	43 (40-47)	1,50 (1,40-1,60)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	12 (9-15)	12 (9-15)
Franco	1,3 (0,8-2,0)	47 (43-49)	1,40 (1,35-1,50)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	17 (14-20)	17 (14-19)
Franco-arcilloso	0,8 (0,25-1,5)	49 (47-51)	1,35 (1,30-1,40)	27 (23-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	19 (16-22)	19 (17-22)
Arcillo-arenoso	0,25 (0,03-0,5)	51 (49-53)	1,30 (1,25-1,35)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)	21 (18-23)	23 (18-23)
Arcilloso	0,5 (0,01-0,1)	53 (51-55)	1,25 (1,20-1,30)	35 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	23 (20-25)	23 (20-25)

NOTA: Los intervalos normales son consignados entre paréntesis.

1. Los intervalos filtración real varían mucho con la estructura del suelo y su estabilidad estructural, incluso más aún de lo indicado en esta columna.

2. La humedad fácilmente utilizable representa un 75 % de la totalmente utilizable.

### Anexo 16: Tabla de las propiedades físicas del suelo.