



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 15 mayo 2024

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad: Pitalito

El (Los) suscrito(s):

\_\_\_\_\_ Eliecer Gasca Carvajal \_\_\_\_\_, con C.C. No. 1083930373 \_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado Titulado **DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (*MUSA AAB SIMMONDS*) BAJO INVERNADERO EN LA VEREDA EL TEJAR DEL MUNICIPIO DE TIMANÁ, HUILA**

presentado y aprobado en el año 2024 como requisito para optar al título de

\_\_\_\_\_ Ingeniero Agrícola \_\_\_\_\_;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Eliecer Gasca Carvajal

Firma: Eliecer Gasca C.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:**

**DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (*MUSA AAB SIMMONDS*) BAJO INVERNADERO EN LA VEREDA EL TEJAR DEL MUNICIPIO DE TIMANÁ, HUILA**

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Gasca Carvajal	Eliecer

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Beltrán Díaz	Jhon Jairo
Osorio Peralta	Héctor Mauricio

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Ingeniero Agrícola

**FACULTAD:** Ingeniería

**PROGRAMA O POSGRADO:** Ingeniería Agrícola

**CIUDAD:** Pitalito

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2024 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 39 p.

**TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):**

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



Diagramas  Fotografías  Grabaciones en discos \_\_\_ Ilustraciones en general  Grabados \_\_\_ Láminas \_\_\_  
Litografías \_\_\_ Mapas  Música impresa \_\_\_ Planos  Retratos \_\_\_ Sin ilustraciones \_\_\_ Tablas o Cuadros

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento: Microsoft Office

**MATERIAL ANEXO:** PLANOS, INFORMACIÓN CLIMATICA, DATOS DE MUESTRA.

**PREMIO O DISTINCIÓN** (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

	<u>Español</u>	<u>inglés</u>		<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1.	<u>plátano</u>	<u>Banana</u>	6.	_____	_____
2.	<u>riego</u>	<u>Irrigation</u>	7.	_____	_____
3.	<u>microaspersión</u>	<u>Microspray</u>	8.	_____	_____
4.	_____	_____	9.	_____	_____
5.	_____	_____	10.	_____	_____

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

En Colombia, la producción de musáceas ha sido una actividad de suma importancia, tanto en la economía campesina y familiar como para la subsistencia de pequeños productores que establecen policultivos con café (*Coffea*), cacao (*Theobroma Cacao*), yuca (*Manihot Esculenta*) y frutales, cubriendo un área del 87% en este tipo de sistema tradicional asociado y en monocultivos tecnificados un área del 13%. Para el caso específico del departamento del Huila, hay establecidas aproximadamente 30.000 hectáreas de plátano, donde se producen aproximadamente 80.000 toneladas al año.

De igual forma, a nivel general, el cultivo de plátano es constantemente afectado por factores que limitan su reproducción y producción, por ejemplo: la sensibilidad a bajas temperaturas, sequía por déficit de lluvias y la salinidad del suelo, lo que provoca pérdidas significativas. En este sentido, evidenciando la importancia del cultivo para la región y las distintas problemáticas que se generan a partir de una mala obtención de los colinos, este trabajo realizado bajo la modalidad de pasantía tiene como objetivo principal diseñar un



sistema de riego por microaspersión para la producción de semilla de plátano dominico hartón (*Musa Aab Simmonds*) bajo invernadero en la vereda el tejear del municipio de Tímaná, Huila.

El proyecto requerirá una inversión inicial de \$4.545,345 para su implementación. Dicha inversión monetaria del nuevo sistema de riego en el invernadero se justificaría debido a la obtención de ganancias para el primer año de \$25.723.649 por lo tanto a los 5 años se tendría ganancias anuales promedio de \$17.538.175 esta diferencia se presenta por la devaluación monetaria, el incremento de los costos y el deterioro en la infraestructura entre otros, con este proceso se aspira obtener un punto de equilibrio una vez se tengan vendidas 747 unidades de colino de plátano.

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

In Colombia, the production of musaceae has been an activity of utmost importance, both in the peasant and family economy and for the subsistence of small producers who establish polycultures with coffee (*Coffea*), cocoa (*Theobroma Cacao*), cassava (*Manihot Esculenta*) and fruit trees, covering an area of 87% in this type of associated traditional system and in technical monocultures an area of 13%. In the specific case of the department of Huila, there are approximately 30,000 hectares of bananas established, where approximately 80,000 tons are produced per year.

Likewise, at a general level, banana cultivation is constantly affected by factors that limit its reproduction and production, for example: sensitivity to low temperatures, drought due to rainfall deficit and soil salinity, which causes significant losses. In this sense, evidencing the importance of the crop for the region and the different problems that are generated from poor obtaining of the hills, this work carried out under the internship modality has as its main objective to design a micro-sprinkler irrigation system for the Dominican hartón banana seed production (*Musa Aab Simmonds*) under a greenhouse in the El Tejar village of the municipality of Tímaná, Huila.

The project will require an initial investment of \$4,545,345 for its implementation. Said monetary investment of the new irrigation system in the greenhouse would be justified due to the obtaining of profits for the first year of \$25,723,649, therefore after 5 years there would be average annual profits of \$17,538,175, this difference is presented by the devaluation monetary, the increase in costs and the deterioration in infrastructure among others, with this process the aim is to obtain a break-even point once 747 units of plantain hills have been sold.



### APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: Marlio Bedoya Cardoso

Firma:

Nombre Jurado: Javier Eduardo Bonilla Perdomo

Firma:

**DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN PARA LA  
PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN  
(*MUSA AAB SIMMONDS*) BAJO INVERNADERO EN LA VEREDA EL  
TEJAR DEL MUNICIPIO DE TIMANÁ, HUILA**

Trabajo de grado presentado al departamento de Ingeniería Agrícola  
como requisito para optar al título de: Ingeniero Agrícola

Autor

Eliecer Gasca Carvajal: Código 20162150771

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Agrícola

Pitalito, Huila, Colombia. 2023

Firma



---

Director: Jhon Jairo Beltrán Díaz

Firma



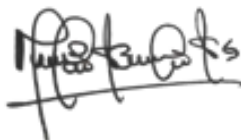
---

Codirector: Héctor Mauricio Osorio Peralta

Nota de aceptación

---

Firma



---

Jurado: Marlio Bedoya Cardoso

Firma



---

Jurado: Javier Eduardo Bonilla Perdomo

# **DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (*MUSA AAB SIMMONDS*) BAJO INVERNADERO EN LA VEREDA EL TEJAR DEL MUNICIPIO DE TIMANÁ, HUILA**

## **RESUMEN**

En Colombia, la producción de musáceas ha sido una actividad de suma importancia, tanto en la economía campesina y familiar como para la subsistencia de pequeños productores que establecen policultivos con café (*Coffea*), cacao (*Theobroma Cacao*), yuca (*Manihot Esculenta*) y frutales, cubriendo un área del 87% en este tipo de sistema tradicional asociado y en monocultivos tecnificados un área del 13%. Para el caso específico del departamento del Huila, hay establecidas aproximadamente 30.000 hectáreas de plátano, donde se producen aproximadamente 80.000 toneladas al año. Sin embargo, gran parte de esta área de producción se siembra con los colinos (semilla) que el agricultor obtiene del cultivo de su vecino, o de plantas que encontró en otra finca, entre otras fuentes, las que son obtenidas de manera informal y sin ninguna garantía alguna de la sanidad y calidad del material, arriesgando el cultivo, la inversión y la productividad (González, 2023).

De igual forma, a nivel general, el cultivo de plátano es constantemente afectado por factores que limitan su reproducción y producción, por ejemplo: la sensibilidad a bajas temperaturas, sequía por déficit de lluvias y la salinidad del suelo, lo que provoca pérdidas significativas. En este sentido, evidenciando la importancia del cultivo para la región y las distintas problemáticas que se generan a partir de una mala obtención de los colinos, este trabajo realizado bajo la modalidad de pasantía tiene como objetivo principal diseñar un sistema de riego por microaspersión para la producción de semilla de plátano dominico hartón (*Musa Aab Simmonds*) bajo invernadero en la vereda el tejar del municipio de Tímaná, Huila; y la implementación de programas validados a nivel internacional como Soil Water Characteristics, Cropwat y Epanet. Además, determinar las variables y requerimientos necesarios para el correcto diseño del sistema de riego.

Los datos se hidroclimáticos se obtuvieron de la estación meteorológica Sevilla posteriormente se determinó la evapotranspiración ETo con el software Cropwat y con el *Soil Water Characteristics* se determinaron las características del suelo los que se emplearon para el diseño agronómico. Respecto a los análisis realizados en campo como fueron textura estructura, capacidad de campo, densidad aparente, expresan poca variación con respecto al software, lo que permite determinar que la información generada por los diferentes programas es confiable para el análisis de requerimientos hídricos de la zona de estudio. Así mismo, mediante la simulación en el programa Epanet, se determina de manera eficiente y confiable el cumplimiento del sistema de riego en cuanto a las velocidades y presiones requeridas por los diferentes componentes del sistema. Cabe destacar que este último, también se realizó con el uso de Excel con el objeto de verificar lo simulado con Epanet.

El proyecto requerirá una inversión inicial de \$4.545,345 para su implementación. Dicha inversión monetaria del nuevo sistema de riego en el invernadero se justificaría debido a la obtención de ganancias para el primer año de \$25.723.649 por lo tanto a los 5 años se

tendría ganancias anuales promedio de \$17.538.175 esta diferencia se presenta por la devaluación monetaria, el incremento de los costos y el deterioro en la infraestructura entre otros, con este proceso se aspira obtener un punto de equilibrio una vez se tengan vendidas 747 unidades de colino de plátano.

***Palabras clave:*** Plátano, Riego, Microaspersión

# **DESIGN OF A MICRO-SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF DOMINICO HARTÓN BANANA SEEDS (MUSA AAB SIMMONDS) UNDER A GREENHOUSE IN THE EL TEJAR VILLAGE OF THE MUNICIPALITY OF TIMANÁ, HUILA**

## **SUMMARY**

In Colombia, the production of musaceae has been a very important activity, both in the peasant and family economy and for the subsistence of small producers who establish polycultures with coffee (*Coffea*), cocoa (*Theobroma Cacao*), cassava (*Manihot Esculenta*) and fruit trees, covering an area of 87% in this type of associated traditional system and in technical monocultures an area of 13%. In the specific case of the department of Huila, there are approximately 30,000 hectares of bananas established, where approximately 80,000 tons are produced per year. However, a large part of this production area is planted with the colinos (seed) that the farmer obtains from his neighbor's crop, or from plants that he found on another farm, among other sources, which are obtained informally and without no guarantee of the health and quality of the material, risking cultivation, investment and productivity.

Likewise, at a general level, banana cultivation is constantly affected by factors that limit its reproduction and production, for example: sensitivity to low temperatures, drought due to rainfall deficit and soil salinity, which causes significant losses. In this sense, evidencing the importance of the crop for the region and the different problems that are generated from poor obtaining of the hills, this work carried out under the internship modality has as its main objective to design a micro-sprinkler irrigation system for the production of Dominican hartón banana seed (*Musa Aab Simmonds*) under a greenhouse in the El Tejar village of the municipality of Tímaná, Huila; and the implementation of internationally validated programs such as Soil Water Characteristics, Cropwat and Epanet. Additionally, determine the variables and requirements necessary for the correct design of the irrigation system.

The hydroclimatic data were obtained from the Seville meteorological station, then the evapotranspiration  $E_{To}$  was determined with the Cropwat software and with the Soil Water Characteristics the soil characteristics were determined, which were used for the agronomic design. Regarding the analyzes carried out in the field, such as texture, structure, field capacity, apparent density, they express little variation with respect to the software, which allows us to determine that the information generated by the different programs is reliable for the analysis of water requirements of the area. study. Likewise, through simulation in the Epanet program, the compliance of the irrigation system is determined efficiently and reliably in terms of the speeds and pressures required by the different components of the system. It should be noted that the latter was also carried out with the use of Excel in order to verify what was simulated with Epanet.

With the results of the simulation, it was verified that the system design was efficient. Then the architectural design and implementation cost analysis were carried out, it was determined that the irrigation system will require an initial investment of \$4,545,345 pesos. for its

implementation. Said monetary investment of the new irrigation system in the greenhouse would be justified because the profits for the first year would be \$25,723,649 pesos and which after 5 years would have annual profits on average of \$17,538,175 pesos; After the implementation of the seedbed, it is expected to have a break-even point of the 747 units of banana coli produced, which is equivalent to \$4,482,507.

.

Keywords: Banana, Irrigation, Microspray

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con (Ardila-Castillo, 2022), en Colombia, la producción de musáceas ha sido un sector de suma importancia, tanto en la economía campesina y familiar como para la subsistencia de pequeños productores que establecen policultivos con café (*Coffea*), cacao (*Theobroma Cacao*), yuca (*Manihot Esculenta*) y frutales, cubriendo un área del 87% en este tipo de sistema tradicional asociado y en monocultivos tecnificados un área del 13% (Martínez-Covalada et al., 2005).

La (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022) sostiene que actualmente el país con mayor rendimiento mundial (ton/ha) es República Dominicana presentando indicadores de 21,7 ton/ha, así mismo, en el continente africano se concentra el 60% de la producción mundial con cerca de 24 millones de toneladas, seguido de América con un 27%, registrando 10,5 millones de toneladas, Colombia ocupa el 5 lugar en producción mundial con un rendimiento de 8.8 ton/ha por lo cual se aprecia gran potencial en producción con el que cuenta el país.

En este sentido, la producción y cultivo de plátano en el país se ha incrementado en los últimos años gracias a la creciente demanda internacional, convirtiéndose así en un cultivo de gran valor económico (Gomez & Rengigo, 2017). De acuerdo con el (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014), se estima que este cultivo genera alrededor de 164,246 empleos directos y cerca de 2'594,350 empleos transitorios y permanentes al año; lo que corresponde aproximadamente al 8% del empleo total del sector agrícola.

Colombia considerado un país de ingresos medios ya que tiene algunas características de un mercado desarrollado, pero no cumple con los estándares para ser denominado mercado desarrollado, (Gómez et al., 2022) sustenta que el plátano variedad Dominico Hartón (*Musa AAB Simmonds*) es uno de los cultivos de gran importancia que permite el aseguramiento de la alimentación y generación de empleo, ya que es la variedad más utilizada por su adaptación al clima y su facilidad de comercialización en los diferentes mercados. De acuerdo con datos suministrados por (Belalcázar Carvajal, 2022), existen actualmente más de 400,000 ha cultivadas con plátano, de las cuales 280,600 ha se encuentran en la zona central cafetera, cuyo volumen de producción es del orden de 1.7 millones de toneladas al año, con un rendimiento promedio de 6.1 ton/ha.

A partir de los datos suministrados por el MADR (2021) ,se conoce que el departamento con mayor producción de Plátano es Arauca, teniendo una participación en el mercado nacional del 19%, seguido de Antioquia en donde se concentra el 10% de la producción, Meta con 9%, en el Valle del Cauca y Córdoba se registra l 7% de la producción respectivamente. En conjunto estos cinco departamentos agrupan el 52% de la producción nacional.

Respecto al ámbito departamental, en el departamento del Huila hay establecidas aproximadamente 30.000 hectáreas de plátano, donde se producen aproximadamente 80.000 toneladas al año (González, 2023). Sin embargo, gran parte de esta área de producción se siembra con los colinos (semilla) que el agricultor obtiene del cultivo de su vecino, o de plantas que encontró en otra finca, entre otras fuentes, las que son obtenidas de manera informal, y sin ninguna garantía alguna de la sanidad y calidad de ese material, arriesgando el cultivo, la inversión y la productividad (González, 2023). De igual forma, a nivel general, el cultivo de plátano es constantemente afectado por factores que limitan su reproducción y

producción, por ejemplo, la sensibilidad a bajas temperaturas, sequía y la salinidad, lo que provoca pérdidas significativas. Además, albergan enfermedades como el marchitamiento por *Fusarium*, la sigatoka, y el Moko, las cuales pueden propagarse rápidamente hasta el punto de causar grandes infestaciones principalmente debido a la práctica del monocultivo trayendo como consecuencia la desestabilización de la seguridad alimentaria y económica (Ghag & Ganapathi, 2017).

Lo anterior evidencia la gran importancia del cultivo a nivel mundial y nacional, y las diferentes problemáticas que se presentan para su producción, investigadores y académicos han llevado a cabo trabajos con el fin de disminuir los impactos negativos que puedan presentarse sobre el cultivo de plátano en toda su cadena productiva.

Mobambo et al., (2010). Identifico diversas prioridades de acción, que incluyen estrategias económicas para estimar la producción y áreas plantadas, el mapeo del potencial de producción basado en suelos, clima y fuentes de agua, la prueba de sistemas de semillas limpias para controlar enfermedades, tecnologías para mejorar la productividad de la tierra y facilitar el acceso a información sobre nuevas tecnologías para agricultores, entre otras. Estas estrategias buscan optimizar la productividad y el valor de los cultivos de plátano y banano en la República Democrática del Congo.

Jekayinfa et al. (2012), se enfocó en la realización de un análisis energético de plantaciones de plátano en un instituto de investigación en Nigeria. Encontró que el gasto total de energía fue de 7,60 GJ/ha, la producción de energía fue de 16,32 GJ/ha y la relación energía de salida/entrada fue de 2,15. La mano de obra humana contribuyó con el 24%, el gasóleo y la maquinaria con el 41%, los productos químicos y fertilizantes con el 28%, y otros con el 7% del total de energía. La entrada total de energía se clasificó en directa (61%), indirecta (39%), renovable (31%) y no renovable (69%). Se destacó el alto potencial energético de los residuos de plátano (cáscaras y troncos), equivalente a aproximadamente 29 PJ o 0,69 millones de tep (toneladas equivalentes de aceite) de fuel-oil. aprovechar estos residuos adecuadamente como biogás, alcohol etílico, briquetas o para combustión directa, podría aumentar significativamente el balance energético de la producción de plátano.

Martínez et al., (2021). Evalúa diferentes sustratos y fuentes orgánicas sobre el crecimiento de plantas de banano y la brotación de cormos de banano y plátano. Los resultados mostraron que para el experimento 1, la vermicomposta incrementó significativamente la AP (altura de plántula) en 4.5 cm y redujo el PTC (periodo de trasplante a campo) de 49 a 35 días, para el experimento 2, la lombricomposta generó diferencias altamente significativas en AP y PR (peso de raíces) con incrementos de 10 cm y 19 g, respectivamente. Finalmente, el estudio concluyó que la vermicomposta líquida y/o sólida aceleró significativamente el crecimiento de las plántulas de banano y plátano acortando la aclimatación en el vivero.

Respecto al ámbito nacional en el año 2020, se realizó un manual de recomendaciones técnicas para el cultivo de plátano en el departamento de Cundinamarca. Dentro de sus consideraciones, la investigación encontró que, a partir de los costos de producción y los ingresos calculados, con la implementación de las recomendaciones de manejo expuestas en el documento se puede obtener una rentabilidad para el primer ciclo de 31,43 %, y de 102,55 % para el segundo ciclo. La mayor rentabilidad del segundo ciclo se debe a que no se incurre en gastos de establecimiento del cultivo, lo cual disminuye los costos. Finalmente, para los dos ciclos de producción, la rentabilidad conjunta es de 59,4 %, lo que evidencia que el

cultivo de plátano puede contribuir de manera significativa a la economía de los productores (Bolaños Benavides et al., 2020).

Castaño et al., (2012). logro demostrar que las condiciones climáticas que debe soportar cada cormo al interior de la estructura, y especialmente por la morfología de la planta e hidratación de sus tejidos, requiere abundante cantidad de agua disponible, para que el crecimiento y el desarrollo ocurran normalmente, ya que sus necesidades hídricas se deben a que tiene gran superficie foliar transpirante, siendo más exigente en agua que otras especies.

De igual forma, respecto a los sustratos utilizados en la producción de semillas y colinos, los resultados de diferentes investigaciones indican que la cascarilla de arroz es un sustrato que mantiene un contenido de humedad adecuado presenta condiciones sanitarias favorables para un óptimo desarrollo de la planta en cuanto a su parte aérea y radical. Sin embargo, se aconseja practicar en este sustrato algún proceso de desinfección basado en la aplicación de calor o de productos químicos que garanticen que la semilla usada se desarrolle en condiciones aptas de calidad sanitaria (Becerra Campiño et al., 2019).

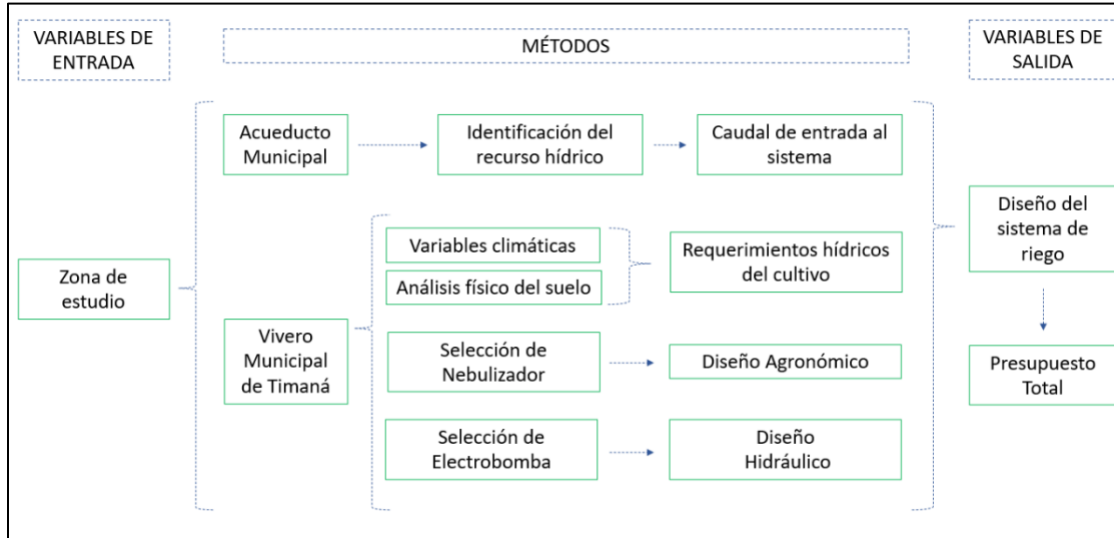
En este sentido, a partir de las problemáticas evidenciadas y bajo el lineamiento de las diferentes investigaciones realizadas, el objetivo principal de este trabajo de pasantía es diseñar un sistema de riego por microaspersión en invernadero, para la producción de semilla de plátano Dominico Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en el municipio de Timaná perteneciente al departamento del Huila, Colombia, mediante la identificación de la disponibilidad del recurso hídrico, la determinación de las propiedades del sustrato, y los costos necesarios para su implementación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño metodológico

En la figura 1 se presenta la ruta investigativa seguida para efectos de este trabajo.

FIGURA 1. diseño metodológico.



### Localización

El área de estudio se sitúa en el vivero municipal de Timaná al sur del departamento del Huila, Colombia, con coordenadas geográficas  $1^{\circ}57'3.6''N$   $75^{\circ}55'47.5''O$ , para la implementación del sistema de riego, el vivero contaba con un área disponible de 600 m<sup>2</sup> en la zona oeste del predio. De acuerdo con (Concejo municipal de Timaná, 2016) el municipio está enmarcado dentro de territorios montañosos, en los que se destaca como único accidente orográfico la serranía de la Ceja y en los que también en algunas zonas presentan extensas planicies, contemplando en casi todas sus tierras el piso térmico medio que son regados por las aguas del río Timaná, las quebradas el Rincón, las Camitas, Las Vueltas, Mansijo, Olicual, Tobo y otras corrientes menores. (ver anexo 1)

De los 182.5 kilómetros cuadrados de su extensión total, el 89.9% corresponden a clima medio, situados entre los 1.000 y 2.000 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura de 17° C a 23° C. Los 20 kilómetros cuadrados restantes, corresponden al clima frío, situado entre los 2.000 y 3.000 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura de 11°C a 15°C. (Concejo municipal de Timaná, 2016)

### Determinación de camas de cultivo

se implementaron camas de germinación de 1 metro de ancho con sus requerimientos necesarios para 1 m<sup>2</sup> del cultivo, mediante un porcentaje de área a regar del 75% (media para cultivos densos), un área de alcance del emisor de 1 m<sup>2</sup> y una superficie ocupada por planta de 0.1 m<sup>2</sup>.

## **Identificación del recurso hídrico**

### **CAUDAL DE ENTRADA**

El caudal se define como el volumen de agua que pasa a través de una sección transversal en una unidad de tiempo, se expresa en metros cúbicos por segundo m<sup>3</sup>/s o litros por segundos (Alvarado, 2017). El registro se obtiene del suministro del acueducto de la vereda el tejear para el vivero municipal.

### **Determinación de caudal por método volumétrico**

De acuerdo con (Leiva Collas et al., 2009), este método se emplea por lo general para caudales muy pequeños y se requiere de un recipiente para coleccionar el agua. El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen. Para tener una mayor exactitud se repitió la operación 3 veces y se tomó el promedio del tiempo obtenido. Matemáticamente el caudal se calcula como se describe en la ecuación 1.

$$Q = v/t \quad (1)$$

Donde: Q= Caudal (m<sup>3</sup>/s); V= Volumen (m<sup>3</sup>); T= Tiempo (seg)

### **Requerimientos hídricos del cultivo**

Es preciso informar que el área de estudio no cuenta con estaciones hidro climatológicas próximas, conforme al IDEAM la estación “Sevilla” es la más cercana y se localiza en el municipio de Pitalito. Como también lo reporta de la plataforma agroclimática cafetera Agroclima, la cual tiene una estación denominada “El Mirador”. por tanto, es preciso realizar los cálculos requeridos con la información suministrada por la estación Sevilla.

Para la obtención de los datos climáticos necesarios en el análisis de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) se procesaron datos del año 2009 hasta el año 2019 de la estación climática ubicada en las coordenadas geográficas 1°50'43.8"N 76°05'11.6"W la cual presenta características climáticas similares al municipio de Timaná; se obtuvo información respecto a temperatura mínima (°c), temperatura máxima (°c), humedad relativa media del aire (%), velocidad del viento (km/día), insolación (horas) y radiación (Mj/m<sup>2</sup>/día).

### **CROPWAT**

#### **Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>)**

Este proceso se realizó con el uso de programa CropWat desarrollado por la FAO. Se obtuvo a partir de los datos descargados de la estación Sevilla con el fin de obtener como variable de respuesta la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) a nivel mensual en unidades mm/día. (ver anexo 2)

### **EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO**

A partir de la evapotranspiración de referencia calculada en el programa Cropwat se utilizó información de la (FAO, 2020) con el fin de determinar el coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>) para las diferentes etapas del cultivo y los diferentes datos agronómicos (profundidad radicular,

agotamiento crítico, etc), (ver anexo 3); luego se procedió a calcular la ET<sub>c</sub> mediante la ecuación 2:

$$ET_c = k_c * ET_o \quad (2)$$

Donde: ET<sub>c</sub>= evapotranspiración del cultivo (mm/día); k<sub>c</sub>= coeficiente del cultivo; ET<sub>o</sub>= evapotranspiración de referencia (mm/día)

### EFECTO DE LOCALIZACIÓN

La corrección por efecto de localización es un procedimiento práctico que se basa en la “fracción de la superficie del suelo sombreada por la cubierta vegetal del cultivo a medio día, respecto a la superficie total”, denominada A y se calcula mediante la ecuación 3:

$$A = \frac{A_s}{A_m} = \frac{\pi * (D)^2}{4 * H * h} \quad (3)$$

Donde: A= relación de área sombreada (m<sup>2</sup>); D= diámetro de sombra de la copa (m); H: separación entre hileras, surcos (m); h: Separación entre plantas (m)

La corrección por localización consiste en multiplicar ET<sub>c</sub> por un coeficiente de localización Kl, cuyo valor depende de A. Diversos autores han estudiado la relación entre Kl y A, mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{Aljibury et al (Kl}_1) \quad Kl = 1,34 A \quad (4)$$

$$\text{Decroix (Kl}_2) \quad Kl = 0,1 + A \quad (5)$$

$$\text{Hoare et al (Kl}_3) \quad Kl = A + 0,5(1-A) \quad (6)$$

$$\text{Keller (Kl}_4) \quad Kl = A + 0,15(1-A) \quad (7)$$

$$Kl_m = \frac{Kl_1 + Kl_2 + Kl_3 + Kl_4}{4} \quad (8)$$

Donde: Kl<sub>m</sub>= coeficiente de localización medio; Kl<sub>1</sub>= coeficiente de localización propuesto por Aljibury et al; Kl<sub>2</sub>=coeficiente de localización propuesto por Decroix; Kl<sub>3</sub>= coeficiente de localización propuesto por Hoare et al; Kl<sub>4</sub>= coeficiente de localización propuesto por Keller; A=relación de área sombreada (m<sup>2</sup>)

### NECESIDADES DE RIEGO NETAS

En caso de que alguno de los Kl sea superior a la unidad, no se tendrá en cuenta como factor de corrección de ET<sub>c</sub> (mm/día). Al afectar la evapotranspiración del cultivo con el coeficiente de localización Kl se obtienen las necesidades de riego netas NR<sub>n</sub> (mm/día), ver ecuación 9:

$$NR_n = Kl_m * ET_c \quad (9)$$

Donde: NR<sub>n</sub>= necesidades de riego netas (mm/día); Kl<sub>m</sub>= coeficiente de localización medio; ET<sub>c</sub>= evapotranspiración del cultivo (mm/día)

## NECESIDADES DE RIEGO TOTALES

Para el cálculo de las necesidades de riego totales se necesita la eficiencia de aplicación la cual depende del índice de LANG, la textura del suelo y la profundidad efectiva de raíces.

### Índice de Lang

El índice de Lang es una clasificación climática basada en la relación obtenida al dividir la precipitación anual (P, en mm) por la temperatura media anual (T, en °C) la cual ayuda a determinar la Eficiencia de Aplicación (Ea). este cociente se llama también índice de efectividad de la precipitación o factor de lluvia de Lang y está dado mediante la ecuación 10:

$$LANG = \frac{P_{anual}}{T_{promedio}} \quad (10)$$

Donde: LANG= índice de Lang;  $P_{anual}$ = precipitación anual (mm);  $T_{promedio}$ = temperatura promedio (°c)

### Análisis de suelo

Para efectos de este estudio se realizó el análisis de suelo en cuanto a sus características texturales a dos muestra de suelo (cada muestra equivale a 50 g del suelo) tomadas de la zona de estudio (el vivero presenta una zona de extracción de suelo de donde se obtiene el sustrato para las distintas labores realizadas en el predio) la cual fue procesada y analizada en el laboratorio de la universidad Surcolombiana sede Pitalito siguiendo los procedimientos descritos en la guía para el análisis textural del suelo bajo el método de Bouyoucos (ver anexos 4, 5 y 6), los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de arenas, limos y arcillas fueron ingresados al programa *Soil Water Characteristics* diseñado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) con el fin de observar el comportamiento del suelo respecto a la capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agotamiento inicial de humedad.

### Eficiencia de aplicación

La elección de la eficiencia de aplicación (Ea) viene dada en función del tipo de clima, de la profundidad de raíces y de la textura del suelo de acuerdo con la tabla 1

**TABLA 1.** Valores de Ea en climas húmedos.

Valores de Ea en climas húmedos.				
Profundidad de raíces (m)	Textura			
	Muy porosa (grava)	Arenosa	Media	Fina
< 0,75	0,65	0,75	0,85	0,90
0,75 – 1,50	0,75	0,80	0,90	0,95
> 1,50	0,80	0,90	0,95	1,00

FUENTE DE CONSULTA 1. (Giraldo Quintero, 2017)

El coeficiente de uniformidad CU en el riego localizado de alta frecuencia es de alrededor del 90% (Londoño Ocampo, 2019).

Para el cálculo de las necesidades de riego totales a partir de las necesidades netas se implementa la ecuación 11 Y 12

$$k = 1 - Ea \quad (11)$$

$$NR_T = \frac{NR_n}{(1 - k) * CU} \quad (12)$$

Donde:  $NR_T$ = necesidades de riego total (mm/día);  $NR_n$ = necesidades de riego netas (mm/día);  $CU$ = coeficiente de uniformidad;  $Ea$ = eficiencia de aplicación

#### NECESIDADES DE RIEGO DIARIAS POR PLANTA

$$NR_d = NR_T * DEP * DES \quad (13)$$

Donde:  $NR_d$ = necesidades de riego diarias por planta (litros/planta\*día);  $DEP$ = distancia entre plantas (m);  $DES$ = distancia entre surcos (m)

#### Diseño agronómico

##### NÚMERO DE EMISORES POR PLANTA

$$e > \frac{S_p * P}{100 * A_e} \quad (14)$$

Donde:  $e$ = número de emisores por planta;  $S_p$ = superficie ocupada por planta (m<sup>2</sup>);  $P$ = porcentaje de superficie mojada (%);  $A_e$ = Área mojada por emisor (m<sup>2</sup>)

##### SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE EMISORES

$$S_e = r_e * \left(2 - \frac{\alpha\%}{100}\right) \quad (15)$$

Ecuaciones sustentadas por Saldarriaga (2007)

Donde:  $S_e$ = separación entre emisores (m);  $r_e$ = radio mojado por emisor (m);  $a\%$ = porcentaje de traslape

## VOLUMEN DE AGUA DEL MICROASPELADOR

De acuerdo con la experiencia de los encargados del vivero municipal de Tímaná, para el cultivo de colinos de plátano se debe tener una frecuencia de riego ( $F_r$ ) de un (1) día; se tiene entonces:

$$V_e = \frac{F_r * NR_d}{e} \quad (16)$$

Donde:  $V_e$ =Volumen de agua por emisor en cada riego (litro);  $NR_d$ = necesidades de riego diarias por planta (litros/planta\*día);  $F_r$ = Frecuencia de riego (día);  $e$ = número de aspersores por planta

## TIEMPO DE RIEGO

Esta variable hace referencia al número de horas que se le proporcionará agua al cultivo.

$$T_r = \frac{NR_d * F_r}{Q_e * e} \quad (17)$$

Donde:  $T_r$ = tiempo de riego (horas);  $NR_d$ = necesidades de riego diarias por planta (litros/planta\*día);  $F_r$ = (día);  $Q_e$ = caudal del emisor (litros/hora);  $e$ = número de emisores por planta

## Diseño hidráulico

De acuerdo con (Londoño Ocampo, 2019), en esta última etapa del diseño se verifica el cumplimiento de las condiciones de presión y velocidad en los puntos de entrega y en las tuberías del sistema de riego.

Como primera medida, fue necesaria la realización del plano de distribución del sistema de riego el cual se elaboró mediante el programa AutoCAD versión 2024 (ver anexo 7) para luego ser exportado programa Epanet mediante el uso del programa EpaCAD. Con el fin de observar el comportamiento del sistema de riego, verificar presiones y encontrar la presión requerida para el óptimo funcionamiento de los microaspersores se utilizó el software EPANET 2.2. Finalmente, para el cálculo de la potencia mínima requerida por la bomba a usar fue necesario el cálculo de las pérdidas de energía generadas por fricción y por accesorios, el procedimiento de cálculo se detalla a continuación:

## PÉRDIDAS POR FRICCIÓN

$$H_r = f \frac{L v^2}{D 2g} \quad (18)$$

Donde:  $H_r$ = pérdidas por fricción (m);  $f$ = factor de fricción de Colebrook White en la ecuación de Darcy-Weisbach; donde:  $L$ = longitud de la tubería (m);  $D$ = diámetro de la tubería (m);  $v^2$ = velocidad media del flujo (m/s);  $g$  =aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

### Número de Reynolds

$$Re = \frac{v * D}{u} \quad (19)$$

Donde:  $Re$ = número de Reynolds;  $u$ = viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s);  $D$ = diámetro de la tubería (m);  $V$ = velocidad media del flujo (m/s)

### Coefficiente de fricción

$$\text{Flujo laminar} \quad Re < 2300 \quad \therefore f = \frac{64}{Re} \quad (20)$$

$$\text{Flujo de transición} \quad 2300 < Re < 4000 \quad \therefore f = \frac{1}{(1.81 * \log Re - 1.5)^2} \quad (21)$$

$$\text{Flujo turbulento} \quad Re > 4000 \quad \therefore f = \frac{0.25}{\left[ \log\left(\frac{e}{3.71 * D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right) \right]^2} \quad (22)$$

Ecuaciones sustentadas por Saldarriaga (2007)

Donde:  $Re$ = número de Reynolds;  $e$ = rugosidad del material (mm);  $D$ = diámetro de la tubería (m)

### PÉRDIDAS POR ACCESORIOS

$$H_L = \sum k \frac{v^2}{2g} \quad (23)$$

Donde:  $H_L$ = pérdidas por accesorios (m);  $\sum k$ = coeficiente de pérdida del accesorio;  $g$  =aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>);  $V$ = velocidad media del flujo (m/s)

### PÉRDIDAS TOTALES

$$H_T = H_r + H_L \quad (24)$$

Donde:  $H_T$ = pérdidas totales (m);  $H_r$ = pérdidas por fricción (m);  $H_L$ = pérdidas por accesorios (m)

### POTENCIA DE LA BOMBA

$$P = \varphi * Q * g * H_T \quad (25)$$

Donde:  $P$ = potencia (w);  $\varphi$ = densidad (Kg/m<sup>3</sup>);  $Q$ = caudal (m<sup>3</sup>/s);  $g$  =aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>);  $H_T$ = pérdidas totales (m)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### CAUDAL DE ENTRADA

A partir del método volumétrico se determinó el caudal de agua que se presenta para el predio (ver tabla 2), se observa que el caudal obtenido es constante y con poca variabilidad, además, de acuerdo con pobladores del sector, en la zona no se presentan problemas de corte de agua por parte del municipio frecuentemente. para este proyecto se dispondrá de un tanque de almacenamiento con capacidad de 2000 lts que a su vez tendrá acoplado una electrobomba, dicho sistema estará en funcionamiento unos minutos en la mañana y otros en la tarde lo cual garantiza que el tanque no tendrá desabastecimiento.

De la ecuación 1 planteada arriba se obtiene el caudal de entrada al sistema o tanque de almacenamiento.

*TABLA 2. resultados en cuanto a caudal de entrada al sistema*

	Volumen (litro)	Tiempo (minuto)	Caudal de entrada al sistema (l/h)	Caudal medio de entrada al sistema (l/h)
	20	1.57	764.33	
	20	1.58	759.49	
	20	1.57	764.33	762.75
Promedio	20	1.573	762.87	

### Requerimientos hídricos del cultivo

En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos para las diferentes variables climáticas necesarias para el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) obtenidas mediante la información de la estación meteorológica Sevilla.

*TABLA 3. variables climáticas*

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m <sup>2</sup> /día
Enero	15.87	26.70	51.49	86.4	13.386	28.8
Febrero	16.68	26.80	54.22	86.4	13.431	29.9
Marzo	16.66	26.12	54.16	86.4	13.486	30.7
Abril	16.68	26.08	54.22	86.4	13.549	30
Mayo	16.67	25.79	54.18	86.4	13.600	28.7
Junio	16.19	25.05	52.56	86.4	13.626	27.8
Julio	15.82	24.63	51.32	86.4	13.615	28.1
Agosto	15.24	24.88	49.46	86.4	13.571	29.4
Septiembre	15.20	25.91	49.31	86.4	13.511	30.2
Octubre	15.98	26.25	51.86	86.4	13.450	29.9
Noviembre	16.71	26.16	54.31	86.4	13.398	28.9
Diciembre	16.17	26.13	52.48	86.4	13.374	28.3
Promedio	16.1	25.8	55	86.4	13.5	29.2

Se puede observar que en cuanto a las temperaturas promedio mínimas y máximas presentan poca variación (ver tabla 3) respecto a lo expuesto por algunos autores como (Concejo municipal de Timaná, 2016), la temperatura para los pisos altitudinales que están entre los 1000 y 2000 msnm varía entre los 17°C y los 23°C, así mismo, para la variable de precipitación (ver tabla 4), el programa arroja que en la zona de la estación la media de precipitación anual es de 1246 mm/año lo que de igual forma corresponde a lo encontrado en la bibliografía para la zona de estudio en donde según autores la precipitación para las zonas ubicadas entre las cotas 750 - 1500 msnm es de 1000 mm a 2000 mm anualmente (Concejo municipal de Timaná, 2016). De esta forma se corrobora lo expresado en la bibliografía VS el valor respuesta del programa.

**TABLA 4.** resultados en cuanto a la variable de precipitación

<b>Mes</b>	<b>Precipitación mm</b>
Enero	67.8
Febrero	98.8
Marzo	108.4
Abril	128.5
Mayo	137.4
Junio	142.6
Julio	129.2
Agosto	90.8
Septiembre	77.8
Octubre	77.9
Noviembre	97.3
Diciembre	90.3
Total	1246.8

### **Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>)**

los resultados obtenidos mediante el programa Cropwat para la variable de evapotranspiración de referencia (ver tabla 5), se observa que el resultado más crítico es durante el mes de marzo, donde se calcula una evapotranspiración de 5.95 mm/día y en promedio se tiene un total de 5.63 mm/día

**TABLA 5.** resultados obtenidos en cuanto a la variable de evapotranspiración de referencia

<b>Mes</b>	<b>ET<sub>o</sub> La Sevilla mm/día</b>
Enero	5.7

Febrero	5.92
Marzo	5.95
Abril	5.81
Mayo	5.52
Junio	5.22
Julio	5.23
Agosto	5.51
Septiembre	5.83
Octubre	5.82
Noviembre	5.61
Diciembre	5.5
Promedio	5.63

## EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO

Mediante la selección del coeficiente del cultivo ( $K_c=0.15$ ) durante la etapa de crecimiento del cultivo (el riego se hará desde la siembra de las semillas hasta 20 días después cuando ya se tenga una planta fuerte para ser trasplantada) a partir de lo expresado por (FAO 56) en su informe “*Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*”, se determinó la evapotranspiración de referencia del cultivo para el mes más crítico (marzo de acuerdo a lo obtenido en la  $ET_o$ ), retomando la ecuación 2.

$$ET_c = 0.15 * 5.95 \frac{mm}{día} = 0.89 mm/día \quad (2)$$

## EFEECTO DE LOCALIZACIÓN

los diferentes parámetros calculados para la obtención coeficiente de localización medio se observan en la tabla 6.

Con los resultados obtenidos en los diferentes parámetros se encontró que las necesidades de riego netas son de 1.37 mm/día, el índice de Lang es de 59.5 lo cual clasifica a la zona dentro de un clima semiarido, a partir de la profundidad radicular del cultivo (máximo 15 cm durante la etapa de crecimiento) y de acuerdo por lo expuesto por el IDEAM, de acuerdo a la tabla 1, se determinó un coeficiente de uniformidad de 0.85, siguiendo la metodología planteada se utilizó la ecuación 12 y 13 para las necesidades de riego totales y de riego diarias por planta se obtuvieron resultados de 1.06 mm/día y 0.106 litros/planta\*día. Ver Tabla 7.

**TABLA 6.** parámetros medidos para efecto de localización

PARÁMETRO	MEDIDA	UNIDAD
Diámetro	0,1	M

Separación entre hileras	1	M
Separación entre plantas	0,1	M
Relación de área sombreada	0,078	m <sup>2</sup>
KL1	0,105	
KL2	0,178	
KL3	0,539	
KL4	0,216	
KLm	0,259	

**TABLA 7.** requerimientos hídricos del cultivo

PARÁMETRO	MEDIDA	UNIDAD														
Necesidades de Riego Netas (NRn)	1.37	mm/día														
Índice de Lang	59.5	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COCIENTE P/T</th> <th>CLASE DE CLIMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 a 20.0</td> <td>Desértico</td> </tr> <tr> <td>20.1 a 40.0</td> <td>Árido</td> </tr> <tr> <td>40.1 a 60.0</td> <td>Semiárido</td> </tr> <tr> <td>60.1 a 100.0</td> <td>Semihumedo</td> </tr> <tr> <td>100.1 a 160.0</td> <td>Húmedo</td> </tr> <tr> <td>Mayor a 160.0</td> <td>Superhumedo</td> </tr> </tbody> </table>	COCIENTE P/T	CLASE DE CLIMA	0 a 20.0	Desértico	20.1 a 40.0	Árido	40.1 a 60.0	Semiárido	60.1 a 100.0	Semihumedo	100.1 a 160.0	Húmedo	Mayor a 160.0	Superhumedo
		COCIENTE P/T	CLASE DE CLIMA													
		0 a 20.0	Desértico													
		20.1 a 40.0	Árido													
		40.1 a 60.0	Semiárido													
		60.1 a 100.0	Semihumedo													
100.1 a 160.0	Húmedo															
Mayor a 160.0	Superhumedo															
Fuente: Clasificación Climática IDEAM																
Eficiencia de Aplicación (Ea)	0.85	-														
Coefficiente de Uniformidad (CU)	90	%														
Necesidades de Riego Totales (NRT)	1.79	mm/día														
Necesidades de Riego Diarias Por Planta (NRd)	0.179	(litros/planta*día)														

Respecto la textura del suelo obtenida mediante el método de Bouyoucos, en la tabla 8 se describen los resultados generados en laboratorio; en la tabla 9 se observan los resultados obtenidos mediante el cálculo de la capacidad de campo.

**TABLA 8.** resultados de laboratorio: análisis textural del suelo

lectura	tiempo	Densidad	temperatura	valor de corrección	densidad corregida
1	40 segundos	32	24	1,6	33,6
2	2 horas	31	21	0,4	31,4
% arena	100-lectura1*(2)			32,8	
% limo	100-lectura2*(2)			37,2	
% arcilla	100-(% arena+ % limo)			30	

**TABLA 9.** capacidad de campo del suelo analizado

Peso De Tara (gramo)	27,2	Peso Seco	Capacidad De Campo	
peso húmedo 1 (gramo)	50	37,3	34,05	34,23
peso húmedo 2 (gramo)	50	37,2	34,41	

Los resultados obtenidos en la tabla 9 fueron ingresados al programa *Soil Water Characteristic* y se determinó que la diferencia respecto a la variable de capacidad de campo fue menos del 3% (36.5%), ver anexo 8, respecto a la analizada en laboratorio (34.23%).

### Diseño agronómico

En la tabla 10 se presentan los resultados obtenidos para los diferentes parámetros calculados en el diseño agronómico del cultivo. se obtuvo que el total de emisores necesarios por planta es de mínimo 0.075 (aproximando, 1 emisor por cada 10 plantas sembradas por m<sup>2</sup>), así mismo, teniendo un porcentaje de traslape del 25% (teniendo en cuenta que el porcentaje efectivo de área a regar es del 75%) se determinó una separación entre emisores de 0.8 m; ya que los encargados del vivero indicaron que la frecuencia de riego que se necesita es a nivel diario, se estimó que el volumen de agua por cada emisor debe ser de 2.38 litros. Mediante la determinación de dicho dato se estableció que el tiempo de riego es de 2.3 horas para el emisor seleccionado (ver figura 2) a partir de un caudal de 10.5 litro/hora y una presión de 3.5 bar a 5 bar, los resultados nuevamente coincidieron con la perspectiva de los encargados del vivero, en este sentido y una vez procesada la información, los cálculos realizados estiman 2 riegos con una duración de 66 minutos.

**TABLA 10.** resultados obtenidos en cuanto a los parámetros del diseño agronómico

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MEDIDA</b>	<b>UNIDAD</b>
número de emisores por planta	0.075	Unidad/planta
separación entre emisores	0.8	Metro
Volumen de agua por emisor en cada riego (litro)	2.38	Litro
caudal del emisor de 3.5 bar a 5 bar	10.5	litros/hora
tiempo de riego	2.3	Horas

Es preciso mencionar en este punto, que para este sistema de riego se empleará un nebulizador con el objeto de disminuir de manera directa el efecto del impacto de la gota de lluvia generada por un microaspersor convencional el cual puede erosionar el suelo destapando la semilla y/o realizando algún efecto directo sobre la planta. Además de lo anterior, dicho elemento ya existía en el inventario del vivero el cual depende del municipio y esta dispuesto para este proyecto.

**FIGURA 2. Datos de Rendimiento del Nebulizador FLF**

Nebulizador FLF								
Imagen	Descripción	Entrada	Tasa de caudal (l/h)	Color	Función	Número de artículo	Estado del pedido	Ctdad. mín.
1	Nebulizador 1 salida	Dentado	5,40	Azul claro●	Válvula antigoteo HP	201000197	Personalizado	500
	Nebulizador 1 salida	Dentado	10,50	Azul oscuro●	Válvula antigoteo HP	101003674	Personalizado	500
2	Nebulizador 1 salida	Cónico macho	5,40	Azul claro●	Válvula antigoteo HP	101003679	Personalizado	500
	Nebulizador 1 salida	Cónico macho	10,50	Azul oscuro●	Válvula antigoteo HP	101003680	Personalizado	500
	Nebulizador de 2 salidas*	Cónico hembra	5,40	Azul claro●		101008234	Estándar	500
	Nebulizador de 2 salidas*	Cónico hembra	10,50	Azul oscuro●		101009818	Estándar	500
	Nebulizador de 4 salidas*	Cónico hembra	5,40	Azul claro●		101003664	Estándar	500
	Nebulizador de 4 salidas*	Cónico hembra	10,50	Azul oscuro●		101009819	Estándar	500

*Fuente de consulta:* (Rivulis Irrigation, 2020.)

## Diseño Hidráulico

### PÉRDIDAS POR FRICCIÓN

los resultados obtenidos mediante el cálculo de pérdidas por fricción en las tuberías (12 mm para todas las tuberías) ver tabla 11, los cálculos mostraron que se presentan rangos de flujo turbulento y flujo laminar, evidenciando valores en el número de Reynolds no menores a 2138.6 y no superiores a 12831.6; respecto a los factores de fricción, los valores se mantuvieron dentro de un rango de 0.03 y 0.122 lo que determinó pérdidas debidas a la fricción en las tuberías entre 0.001 y 0.933 en todo el sistema. Finalmente, se pudo determinar que las pérdidas totales debidas a la fricción en tuberías del sistema fueron de 2.283 mca.

### PERDIDAS POR ACCESORIOS

En la tabla 12 se presentan los resultados obtenidos mediante el cálculo de las pérdidas por accesorios. A partir del diseño del sistema de riego en AutoCAD y Epanet se determina que se necesitan un total de 14 codos de 90° de ½”, 1 reducción de 1” a ½”, cinco Tee de flujo recto de ½” y siete llaves globo de ½”, las cuales presentaron unas pérdidas totales de 0.718 mca.

**TABLA 11.** *perdidas por fricción en tubería*

TRAMO	DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO INTERIOR	LONGITUD	VELOCIDAD	NUMERO DE REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	PÉRDIDAS POR FRICCIÓN
	Pulg	m	m	m/s			M
A-B	1/2	0,012	1,6	1,08	12832	0,1176	0,933
B-C	1/2	0,012	1,23	1,08	12832	0,1176	0,718
C-D	1/2	0,012	1,06	0,54	6416	0,1196	0,157
D-E	1/2	0,012	2,04	0,36	4277	0,1215	0,137
E-F	1/2	0,012	2,04	0,18	2139	0,0299	0,008
C-H	1/2	0,012	0,98	0,54	6416	0,1196	0,145
H-I	1/2	0,012	2,04	0,36	4277	0,1215	0,137
I-J	1/2	0,012	2,04	0,18	2139	0,0299	0,008
F-F"1	1/2	0,012	0,2	0,18	2139	0,0299	0,001
F"1-F"2	1/2	0,012	1,4	0,18	2139	0,0299	0,006
E-E"1	1 1/2	0,012	0,2	0,18	2139	0,0299	0,001
E"1-E"2	2 1/2	0,012	1,4	0,18	2139	0,0299	0,006
D-D"1	3 1/2	0,012	0,2	0,18	2139	0,0299	0,001
D"1-D"2	4 1/2	0,012	1,4	0,18	2139	0,0299	0,006
H-H"1	5 1/2	0,012	0,2	0,18	2139	0,0299	0,001
H"1-H"2	6 1/2	0,012	1,4	0,18	2139	0,0299	0,006
I-I"1	7 1/2	0,012	0,2	0,18	2139	0,0299	0,001
I"1-I"2	8 1/2	0,012	1,4	0,18	2139	0,0299	0,006
J-J"1	9 1/2	0,012	0,2	0,18	2139	0,0299	0,001
J"1-J"2	10 1/2	0,012	1,4	0,18	2139	0,0299	0,006
<b>TOTAL, PERDIDAS POR FRICCIÓN</b>							<b>2,283</b>

*Nota: color verde: flujo turbulento; color azul: flujo laminar*

**TABLA 12.** *perdidas por accesorios*

TRAMO	ACCESORIO	CANTIDAD	COEFICIENTE DE PÉRDIDA DEL ACCESORIO K	VELOCIDAD (M/S)	PERDIDAS POR ACCESORIOS (M)
A-B	Reducción Brusca	1	0,35	1,08	0,021
A-B	válvula de globo	1	10	1,08	0,595
C-D	Tee	1	0,1	0,54	0,001
D-E	Tee	1	0,1	0,36	0,001
E-F	Tee	1	0,1	0,18	0,000
E-F	Codo 90°	1	0,9	0,18	0,001
H-I	Tee	1	0,1	0,36	0,001
I-J	Tee	1	0,1	0,18	0,000
I-J	Codo 90°	1	0,9	0,18	0,001
F-F"1	Codo 90°	1	0,9	0,18	0,001
F"1-F"2	Codo 90°	1	0,9	0,18	0,001
F"1-F"2	válvula de globo	1	10	0,18	0,017
E-E"1	Codo 90°	1	0,9	0,18	0,001

E"1-E"2	Codo 90°	1	0,9	0,18	0,001
	válvula de globo	1	10	0,18	0,017
D-D"1	Codo 90°	1	0,9	0,18	0,001
D"1-D"2	Codo 90°	1	0,9	0,18	0,001
	válvula de globo	1	10	0,18	0,017
H-H"1	Codo 90°	1	0,9	0,18	0,001
H"1-H"2	Codo 90°	1	0,9	0,18	0,001
	válvula de globo	1	10	0,18	0,017
I-I"1	Codo 90°	1	0,9	0,18	0,001
I"1-I"2	Codo 90°	1	0,9	0,18	0,001
	válvula de globo	1	10	0,18	0,017
J-J"1	Codo 90°	1	0,9	0,18	0,001
J"1-J"2	Codo 90°	1	0,9	0,18	0,001
	válvula de globo	1	10	0,18	0,017
<b>TOTAL, PERDIDAS POR ACCESORIOS</b>					<b>0,718</b>

## EPANET

Los resultados que se observan en la tabla 13 son obtenidos para cada una de las variables determinadas mediante el programa Epanet, se observa que en la sección de información de nodos se determina la elevación dada mediante el diseño en AutoCAD medida en m.s.n.m, la demanda base generada por los requerimientos hídricos de cada unión y aspersor obtenida en la fase de diseño agronómico dada en litro/segundos, la presión en mca donde se evidencia que se da cumplimiento (44.05 mca) que corresponde a la presión de operación del sistema señalado en el manual del fabricante (Rivulis Irrigation, 2020.) para los aspersores de entre 3.5 bar (35.69 mca) y 5 bar (50.98 mca). Los valores de longitud de las tuberías se obtienen del diseño en AutoCAD, y el diámetro interno en milímetros de la tubería respecto especificaciones del fabricante. Los datos de velocidad calculada por el programa Epanet dada en m/s (ver anexo 9).

*TABLA 1. resultados generados mediante el programa Epanet*

INFORMACIÓN DE NODOS				INFORMACIÓN DE TUBERÍAS			
Nodo	Elevación	Demanda	Presión	Tramo	Longitud	Diámetro	Velocidad
	(msnm)	Base					
	m	LPS	mca				
Nodo B	1219,6	0,000	45,75	Tramo B-C	1,23	12	1,08
Nodo C	1219,6	0,000	45,55	Tramo C-D	1,06	12	0,54
Nodo D	1219,6	0,000	45,5	Tramo D-D1	0,76	12	0,18
Nodo D1	1221	0,0029	44,09	Tramo D1-D2	0,8	12	0,15
Nodo D2	1221	0,0029	44,09	Tramo D2-D3	0,8	12	0,13
Nodo D3	1221	0,0029	44,09	Tramo D3-D4	0,8	12	0,1
Nodo D4	1221	0,0029	44,08	Tramo D4-D5	0,8	12	0,08
Nodo D5	1221	0,0029	44,08	Tramo D5-D6	0,8	12	0,05
Nodo D6	1221	0,0029	44,08	Tramo D6-D7	0,8	12	0,03
Nodo D7	1221	0,0029	44,08	Tramo D-E	2,04	12	0,36
Nodo E	1219,6	0,000	45,45	Tramo E-F	2,04	12	0,18
Nodo F	1219,6	0,000	45,44	Tramo E-E1	0,759	12	0,18

Nodo E1	1221	0,0029	44,05	Tramo E1-E2	0,8	12	0,15
Nodo E2	1221	0,0029	44,04	Tramo E2-E3	0,8	12	0,13
Nodo E3	1221	0,0029	44,04	Tramo E3-E4	0,8	12	0,1
Nodo E4	1221	0,0029	44,04	Tramo E4-E5	0,8	12	0,08
Nodo E5	1221	0,0029	44,04	Tramo E5-E6	0,8	12	0,05
Nodo E6	1221	0,0029	44,03	Tramo E6-E7	0,8	12	0,03
Nodo E7	1221	0,0029	44,03	Tramo F-F1	0,759	12	0,18
Nodo F1	1221	0,0029	44,04	Tramo F1-F2	0,8	12	0,15
Nodo F2	1221	0,0029	44,03	Tramo F2-F3	0,8	12	0,13
Nodo F3	1221	0,0029	44,03	Tramo F3-F4	0,8	12	0,1
Nodo F4	1221	0,0029	44,03	Tramo F4-F5	0,8	12	0,08
Nodo F5	1221	0,0029	44,03	Tramo F5-F6	0,8	12	0,05
Nodo F6	1221	0,0029	44,03	Tramo F6-F7	0,8	12	0,03
Nodo F7	1221	0,0029	44,02	Tramo C-H	0,98	12	0,54
Nodo H	1219,6	0,00	45,5	Tramo H-I	2,04	12	0,36
Nodo I	1219,6	0,00	45,45	Tramo I-J	2,04	12	0,18
Nodo J	1219,6	0,00	45,44	Tramo H-H1	0,76	12	0,18
Nodo H1	1221	0,0029	44,1	Tramo H1-H2	0,8	12	0,15
Nodo H2	1221	0,0029	44,09	Tramo H2-H3	0,8	12	0,13
Nodo H3	1221	0,0029	44,09	Tramo H3-H4	0,8	12	0,1
Nodo H4	1221	0,0029	44,09	Tramo H4-H5	0,8	12	0,08
Nodo H5	1221	0,0029	44,09	Tramo H5-H6	0,8	12	0,05
Nodo H6	1221	0,0029	44,09	Tramo H6-H7	0,8	12	0,03
Nodo H7	1221	0,0029	44,08	Tramo I-I1	0,759	12	0,18
Nodo I1	1221	0,0029	44,05	Tramo I1-I2	0,8002	12	0,15
Nodo I2	1221	0,0029	44,05	Tramo I2-I3	0,8	12	0,13
Nodo I3	1221	0,0029	44,04	Tramo I3-I4	0,8	12	0,1
Nodo I4	1221	0,0029	44,04	Tramo I4-I5	0,8	12	0,08
Nodo I5	1221	0,0029	44,04	Tramo I5-I6	0,8	12	0,05
Nodo I6	1221	0,0029	44,04	Tramo I6-I7	0,8	12	0,03
Nodo I7	1221	0,0029	44,04	Tramo J-J1	0,759	12	0,18
Nodo J1	1221	0,0029	44,04	Tramo J1-J2	0,8	12	0,15
Nodo J2	1221	0,0029	44,04	Tramo J2-J3	0,8	12	0,13
Nodo J3	1221	0,0029	44,03	Tramo J3-J4	0,8	12	0,1
Nodo J4	1221	0,0029	44,03	Tramo J4-J5	0,8	12	0,08
Nodo J5	1221	0,0029	44,03	Tramo J5-J6	0,8	12	0,05
Nodo J6	1221	0,0029	44,03	Tramo J6-J7	0,8	12	0,03
Nodo J7	1221	0,0029	44,03	Tramo A-B	1,6	12	1,08
Nodo A	1219,8	0,00	45,8				

## DISEÑO EN EXCEL

Con el ánimo de fortalecer los resultados obtenidos el Epanet, se realizan los respectivos cálculos en Excel, los cuales presentan resultados satisfactorios muy similares. donde se obtiene: perdida de lateral o línea de riego 0,02, en el múltiple 0,09 y la línea principal o tubería matriz 0,61 mca respectivamente. Por lo tanto, se determina que el diseño esta bueno. Teniendo el consolidado de datos se determina una CDT: 47.98 mca. Se estima las diferencias entre el Epanet y el Excel por el uso total de los decimales y numero de accesorios dispuestos en la red. Ver tabla 14 de resultados.

**TABLA 14. resultados generados mediante el programa Excel**

Linea o lateral de Riego												
Micro asp	PASO micro a micro	Long. Al micro	long d gotero	Diám.		Q	Vel.	PERDIDAS		COTA PIEZOMETRICA		
DE	A	mt	acum mt	Pulg.		L/s	m/s	f	Re	Total	Inicial mca	Final mca
		ATERAL DE RIEGO			tubería			friccion	reynold	DARCY		
multiple	1	0,8	0,8	0,47	Estanadar	0,0203	0,1813833	0,0336943	1899,4332	0,003786256	45,44	45,43621374
1	2	0,8	1,6	0,47	Estanadar	0,0174	0,1554714	0,03931	1628,0856	0,003245362	45,436214	45,43296838
2	3	0,8	2,4	0,47	Estanadar	0,0145	0,1295595	0,047172	1356,738	0,002704468	45,432968	45,43026391
3	4	0,8	3,2	0,47	Estanadar	0,0116	0,1036476	0,058965	1085,3904	0,002163575	45,430264	45,42810034
4	5	0,8	4	0,47	Estanadar	0,0087	0,0777357	0,0786199	814,04278	0,001622681	45,4281	45,42647766
5	6	0,8	4,8	0,47	Estanadar	0,0058	0,0518238	0,1179299	542,69519	0,001081787	45,426478	45,42539587
6	7	0,8	5,6	0,47	Estanadar	0,0029	0,0259119	0,2358598	271,34759	0,000540894	45,425396	45,42
Micromanguera		0,27	0,27	0,0787402		0,0029	0,9232141	0,0395141	1619,6738	0,231735198		
Multiple de Riego												
Multiple	Long	long	Diám.	rollo	Q	Vel.	PERDIDAS		COTA PIEZOMETRICA			
línea-línea	A	mt	acum mt	Pulg.	maguera	L/s	m/s	f	Re	Total	Inicial mca	Final mca
		Multiple			tubería	polietileno		friccion	reynold	DARCY		
0	1	1,06	1,06	0,47	Estanadar	0,0609	0,5441499	0,0360053	5698,2995	0,048247968	45,51	45,46175203
1	2	2,04	3,1	0,47	Estanadar	0,0406	0,3627666	0,0249451	3798,8663	0,028591632	45,461752	45,4331604
2	3	2,04	5,14	0,47	Estanadar	0,0203	0,1813833	0,0336943	1899,4332	0,009654952	45,43316	45,42
Linea Principal												
Linea principal	Long	long	Diám.	rollo	Q	Vel.	PERDIDAS		COTA PIEZOMETRICA			
Bomba	A	mt	acum mt	Pulg.	maguera	L/s	m/s	f	Re	Total	Inicial mca	Final mca
		Linea			tubería	polietileno		friccion	reynold	DARCY		
0	1	4,12	4,12	0,47	Estanadar	0,1218	1,0882998	0,0291259	11396,599	0,606796587	46,03	45,42

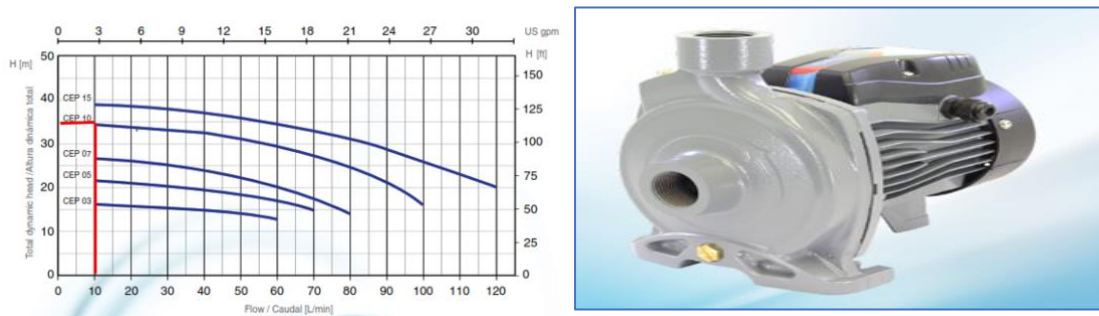
## BOMBA HIDRAULICA

Una vez determinados las condiciones de requerimientos, diseñado el sistema y calculadas las perdidas existentes en el mismo ( $H_t=0.0648$  Hp), se procedió a la elección de la bomba hidráulica que impulsará el recurso hídrico desde el punto de toma de entrada hasta Nebulizadores.

la bomba centrífuga seleccionada fue (**cep15f16s**) de la marca Pearl a 110/220v con 1hp de fuerza con entrada y salida de 1"x1" Figura 3. Cabe destacar que esta bomba hidráulica se encontraba disponible y por tanto se debería hacer uso de esta para el sistema por lo tanto se corresponde al ajuste por nuestra parte al diseño. Es preciso mencionar que ya esta electrobomba se encontraba en el inventario del municipio para este proyecto.

Si bien es cierto que el caudal requerido es poco, el punto de operación se tiene en el lado izquierdo superior sobre la última curva, por tanto, se ve la necesidad de instalar una tubería a la salida de la bomba para realizar retorno y solo permitir el paso del caudal requerido al sistema.

**FIGURA 3.** Curva característica y bomba seleccionada



Fuente de consulta. (Pearl: catálogo de electrobombas, 2022)

### Costos de Implementación

En la tabla 15 se presentan los diferentes materiales tanto necesarios para la implementación, como los posibles a dejar en bodega debido a la susceptibilidad a daños de cada uno de los componentes, así mismo, se presentan los precios unitarios, precio total y el costo total necesario; Cabe resaltar, que aunque se pudo demostrar que debido a la oferta hídrica del sector no era necesaria la implementación obligatoria de un tanque de almacenamiento, esta investigación sugiere la instalación de uno como método preventivo debido a posibles cortes del servicio hídrico en escenarios futuros. A partir de los diferentes diseños y cálculos se pudo determinar que es necesario un total de \$4.545.345 pesos para la implementación del sistema de riego.

**TABLA 2.** costos de implementación/

ÍTEM	UNIDAD	CANTIDAD IMPLEMENTACIÓN	CANTIDAD BODEGA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Bomba Eléctrica Centrifuga PEARL CEP15F16S, 1"x1", 1hp	unidad	1	0	\$ 709.000,00	\$ 709.000,00
Conector Codo 90° Polietileno 1/2	unidad	14	7	\$ 1.750,00	\$ 36.750,00
Filtro Malla 1"	unidad	1	2	\$ 30.900,00	\$ 92.700,00
Manguera Polietileno 1/2-pulg 120psi	metro	56,74	43,26	\$ 1.209,00	\$ 120.900,00
Nebulizador FLF Rivulis estación completa listo para instalar	unidad	42	18	\$ 21.324,37	\$ 1.279.461,93
Reducción Polietileno 1" a 1/2"	unidad	1	4	\$ 600,00	\$ 3.000,00
Tanque 1.000 Litros	unidad	1	0	\$ 594.900,00	\$ 594.900,00
Tee 1/2" Polietileno	unidad	5	5	\$ 780,00	\$ 7.800,00
Tubo Presión 1" x6m Presión 21-200 psi	m	20	0	\$ 5.316,67	\$ 106.333,33

Válvula 16mm X 16mm	unidad	7	13	\$	1.250,00	\$	25.000,00
Válvula PVC 1 pulgada lisa 235 psi	unidad	1	4	\$	13.900,00	\$	69.500,00
Instalación (con sistema eléctrico)	-	1	-	\$	1.500.00,00	\$	1.500.00,00
total						\$	4.545.345

### Análisis financiero

En el balance financiero realizado para el actual estado de un semillero tradicional instalado en un predio de la vereda El Tejar, se puede observar tanto la descripción de los egresos realizados para la obtención de la producción mensual de los colinos de plátano como los ingresos obtenidos a partir de la venta de los mismo. Ver tabla 16.

Se evidencia que los egresos mensuales del semillero necesarios para la producción de 400 colinos (producción promedio del predio) es de \$ 2.063.600 debido al costo unitario del cormo (\$ 3500) no certificado, el costo unitario del sustrato comprado a terceros (\$1.700,00), un gasto de agua de 0.004 m<sup>3</sup>/colino y costos de administración y transporte (debido al difícil acceso al predio por parte de los compradores); mientras que el valor de los ingresos mensuales generados por las ventas es de \$ 2.400.000 lo cual nos indica que actualmente aunque el semillero tradicional no está presentando pérdidas económicas, sí está teniendo ganancias mensuales mínimas por un total de \$ 336.400.

*TABLA 3. balance financiero actual de un semillero tradicional*

<b>EGRESOS</b>	
ITEM	COSTO
Cormo	\$70,00
Sustrato embolsado	\$1.700,00
Agua	\$14,00
Transporte	\$375,00
Administración	\$3.000,00
Costo de producción de 1 colino	\$5.159,00
Costo de producción total de 400 colinos/mes	\$ 2.063.600,00
<b>INGRESOS</b>	
ITEM	COSTO
Cant. de Colino/mes	400
Costo de 1 colino	\$ 6.000,00
Venta total por mes	\$ 2.400.000,00
Ganancia total por mes	\$ 336.400,00

### PROYECCIONES FINANCIERAS

A partir de los resultados obtenidos del análisis financiero actual del semillero tradicional y la realización del costo de implementación del sistema de riego para el semillero planteado (552 colino/mes según el área dispuesta para dicho fin) en este proyecto, se presentan las

proyecciones financieras realizadas para justificar el costo de la inversión del sistema de riego propuesto.

### Producción

En la tabla 17 se presentan los productos disponibles para la venta proyectados para el invernadero municipal de Timaná, el producto proyectado para la venta para efectos de esta investigación se centrará solamente en la producción de colinos de plátano, la cual se dispondrá para la venta en presentación de colino por unidad la cual tendrá un precio de venta de \$6.000,00 pesos; para la producción de un colino de plátano se estimó la cantidad de cormo, sustrato, agua, electricidad y bolsa necesarios como insumos de materias primas

Se prevé a partir de los cálculos realizados durante el diseño del sistema de riego y las proyecciones aquí presentadas que con la implementación del nuevo sistema de riego cada colino requerirá una inversión de costo unitario de materias primas e insumos de \$ 1.379,66 pesos, generando un margen de contribución respecto a su precio de venta del 334,9% (ver tabla 18).

*TABLA 4. productos disponibles para la venta*

#	Descripción	Unidad Medida	Precio de Venta	Cantidad Cormo en Unidad	Cantidad Sustrato en Kg	Cantidad Agua en m3	Cantidad Electricidad en Kw	Cantidad Bolsa en Unidad
1	Colino de Plátano Hartón	unidad	\$6.000,00	0,01	1,00	0,00212	0,54	1,00

*TABLA 18. análisis unitario de venta y costo del producto*

Descripción	Unidad Medida	Precio de Venta	Costo Uni. Mp. E Ins.	Margen Contrib.	Costo Cormo	Costo Sustrato	Costo Agua	Costo Electricidad	Costo Bolsa
Colino de Plátano Hartón	unidad	\$6.000,00	\$ 1.379,66	334,9%	\$ 40,00	\$ 1.050,00	\$ 7,42	\$ 176,24	\$ 106,00

### Ventas

En la tabla 19 se presentan las proyecciones realizadas a partir de la implementación del sistema de riego propuesto, se prevé que el semillero tenga la capacidad de producir 6264 colinos al año, lo cual produciría un total de ventas anuales de \$37.584.000 y el cual se mantendría durante todos los primeros cinco años.

*Tabla 59. proyección de ventas para los primeros 5 años*

# Ventas en Unidades	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1 Colino de Plátano Hartón	6264	6254	6254	6254	6254
Total Venta en Pesos	\$ 37.584.000,00	\$ 37.524.000,00	\$ 37.524.000,00	\$ 37.524.000,00	\$ 37.524.000,00

### Consumos y gastos

los consumos y gastos proyectados para los primeros 5 años a partir de la implementación del sistema de riego propuesto se observan en la tabla 20, el total de precios en consumos de producción durante el primer año es de \$9.261.847, teniendo en cuenta que el mayor gasto procederá del costo de materias primas e insumos; el costo de la mano de obra será de \$0,00 pesos debido a que el vivero ya cuenta con personal contratado, por consiguiente no se presentarán gastos respecto a cargas sociales; para el quinto año bajo el supuesto de esta investigación estos gastos se habrán mantenido constantes.

*TABLA 20. Precios en consumos de producción esperados para los primeros 5 años*

<b>Gastos de Producción</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Materias Primas e Insumos	\$8.642.169	\$8.628.373	\$8.628.373	\$8.628.373	\$8.628.373
Mano de Obra	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Cargas Sociales	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Mantenimiento	\$400.000	\$400.000	\$400.000	\$400.000	\$400.000
Amortización Bienes de Uso	\$219,678	\$219,678	\$219,678	\$219,678	\$219,678
<b>Total Gastos de Producción</b>	<b>\$9,261,847</b>	<b>\$9,248,051</b>	<b>\$9,248,051</b>	<b>\$9,248,051</b>	<b>\$9,248,051</b>

En la tabla 21 se describen el total de los gastos operativos para el mismo periodo de tiempo dentro de los cuales se encuentra la implementación de publicidad, los impuestos y tasas que se deben pagar; el costo de los fletes del transporte no presentará gastos debido a que el predio se encuentra en una zona de fácil acceso para los compradores; en el ítem de varios, se presenta un gasto único de \$1.200.000 pesos para los primeros dos años, el cual se hará debido a los costos de capacitación para los operarios en manejo de sistemas de riego y cultivo de plátano. Para los primeros dos años se proyectan unos gastos operativos de \$2.832.108 los cuales se espera se puedan disminuir durante los tres años siguientes a la implementación.

*TABLA 216. gastos operativos esperados para los primeros 5 años*

<b>Otros Gastos</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Sueldos de Administración	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Sueldos Comerciales	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Cargas Sociales	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Publicidad	\$1.200.000	\$1.200.000	\$1.200.000	\$1.200.000	\$1.200.000
Fletes	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Impuestos y tasas	\$432.108	\$432.108	\$432.108	\$432.108	\$432.108
Varios	\$1.200.000	\$1.200.000			
<b>Total Gastos de Producción</b>	<b>\$2.832.108</b>	<b>\$2.832.108</b>	<b>\$1.632.108</b>	<b>\$1.632.108</b>	<b>\$1.632.108</b>

## **Inversión**

Debido a los costos iniciales para la implementación del nuevo sistema de riego, en la tabla 22 se presentan la inversión total inicial necesario para para la implementación.

El análisis de la inversión inicial se obtuvo a partir del análisis de costos realizados en la tabla 15 la cual arrojó un costo de \$ 4.545.345,26 pesos con una vida útil mínima del sistema de 10 años en algunos de sus componentes.

**TABLA 22.** inversión inicial total del sistema de riego

#	Detalle de Inversiones en Bienes de Uso	Monto	Vida Útil en Años
1	Sistema de riego	\$ 4.545.345,26	10
Total, Inversión en Bienes de Uso		\$ 4.545.345,26	

### Análisis financiero final

En la tabla 23 se presenta el resumen de las proyecciones y el análisis financiero para los primeros 5 años luego de la implementación del semillero con el sistema de riego propuesto.

**Tabla 23.** resumen de proyecciones y análisis financiero para los primeros 5 años

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	\$ 37.584.000,00	\$ 37.524.000,00	\$ 37.524.000,00	\$ 37.524.000,00	\$ 37.524.000,00
Costo de Ventas	\$ 8.642.169,19	\$ 8.628.372,63	\$ 8.628.372,63	\$ 8.628.372,63	\$ 8.628.372,63
Utilidad Bruta	\$ 28.941.830,81	\$ 28.895.627,37	\$ 28.895.627,37	\$ 28.895.627,37	\$ 28.895.627,37
Gastos de producción					
Fijos	\$ 619,678	\$ 619,678	\$ 619,678	\$ 619,678	\$ 619,678
Sueldos de Administración	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Cargas Sociales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Publicidad	\$ 1.200.000,00	\$ 1.200.000,00	\$ 1.200.000,00	\$ 1.200.000,00	\$ 1.200.000,00
Fletes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Impuestos y tasas	\$ 432.108,46	\$ 432.108,46	\$ 432.108,46	\$ 432.108,46	\$ 432.108,46
Varios	\$ 1.200.000,00	\$ 1.200.000,00	\$ -	\$ -	\$ -
Total, Otros Gastos	\$ 3,451,787	\$ 3,451,787	\$ 2,251,787	\$ 2,251,787	\$ 2,251,787
Utilidad Antes de Intereses e Impuestos	\$ 25,490,044	\$ 25,443,841	\$ 26,643,841	\$ 26,643,841	\$ 26,643,841
Intereses	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad Antes de Impuestos	\$ 25,490,044	\$ 25,443,841	\$ 26,643,841	\$ 26,643,841	\$ 26,643,841
Impuesto a las Ganancias	\$ 8,921,515	\$ 8,905,344	\$ 9,325,344	\$ 9,325,344	\$ 9,325,344
Utilidad Después de Impuestos	\$ 16,568,529	\$ 16,538,496	\$ 17,318,496	\$ 17,318,496	\$ 17,318,496
Tasa de Impuesto a las ganancias			35%		

En la tabla 24 se presentan los resultados obtenidos para el flujo monetario del proyecto en donde se observan tanto los ingresos por ventas como los egresos previstos para los primeros 5 años luego de la implementación del proyecto, se puede observar que a diferencia de la situación actual de los semilleros tradicionales en donde se están teniendo ganancias mensuales mínimas en promedio de \$ 336.400,00 pesos, luego de la implementación del proyecto se empezarían a tener ganancias de \$ 25.723.649 pesos para el primer año y las

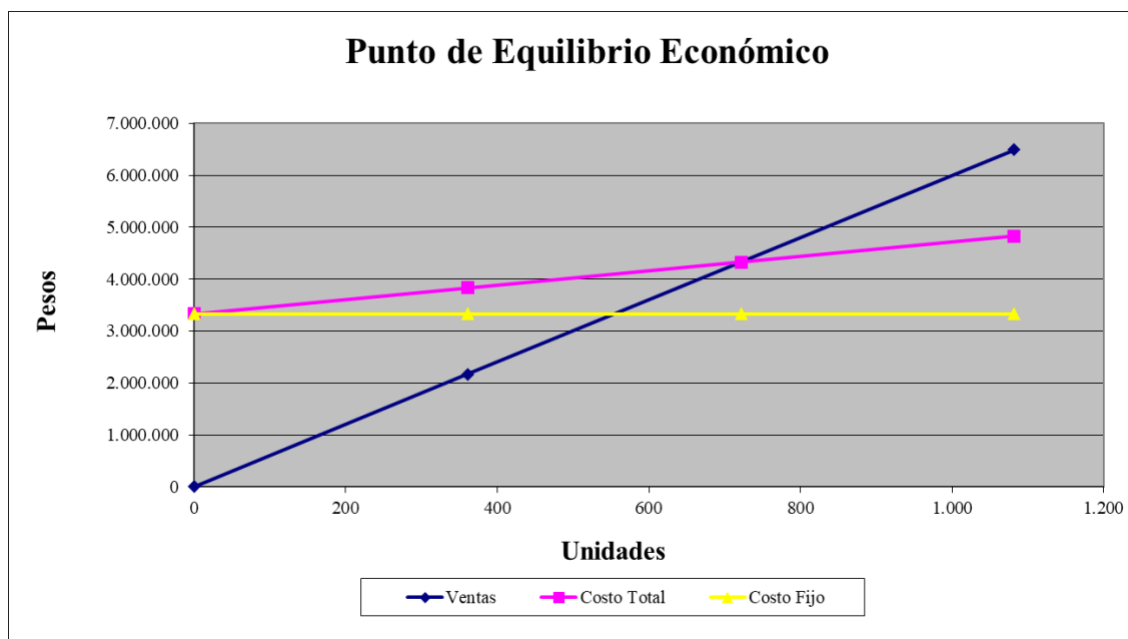
cuales disminuiría a causa de impuestos a las ganancias e inflación proyectada, sin embargo, se prevé una Tasa interna de Retorno (TIR) del 535,6%, lo cual lo hace una inversión muy factible.

**TABLA 24.** flujo monetario del proyecto

Flujo del Proyecto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos por Ventas		37.584.000	37.524.000	37.524.000	37.524.000	37.524.000
Egresos Operativos		11,860,351	20,781,997	19,565,825	19,985,825	19,985,825
		25,723,649	16,742,003	17,958,175	17,538,175	17,538,175
Inversión	-4.545.345					
Flujo del Proyecto	-4.545.345	25,723,649	16,742,003	17,958,175	17,538,175	17,538,175

Finalmente, en la figura 4 se presenta el comportamiento de las ventas, costo fijo y costo totales necesarios para calcular el punto de equilibrio luego de la implementación del nuevo sistema de riego en el semillero planteado; en este sentido, el punto de equilibrio se obtiene a las 747 unidades producidas lo que corresponde en pesos de \$4.482.507

**FIGURA 4.** punto de equilibrio



## CONCLUSIONES

A partir del aforo del recurso hídrico realizado in situ en el área de estudio, se determinó un caudal de 762,28 l/h. Con el uso de Softwares Cropwat y Soil Water Characteristics, se determinaron las condiciones climáticas y de suelos, en donde los cálculos realizados mediante los programas variaron poco respecto a los análisis realizados en campo con valoraciones en laboratorio y bibliografía expuesta, por tanto los datos obtenidos corresponden a: Evapotranspiración 5.63 mm/día, suelo de textura franco arcillosa, densidad 1,39 g/cm<sup>3</sup>, capacidad de campo 36.5%, humedad de suelo 0.14 cm/cm, saturación hidráulica 3,53 mm/h, y punto de marchitez 22,9%, lo que permite determinar que la información generada por los diferentes programas es confiable para el análisis de requerimientos hídricos.

Respecto al diseño hidráulico se determinaron las pérdidas de energía por fricción y pérdidas menores generada por accesorios las cuales fueron de 2.283 mca y 0.718 mca respectivamente. Ahora bien, mediante el software Excel se logra corroborar dichos datos: Pérdida de lateral 0,02 mca, múltiple 0,09 mca, línea principal 0,61 mca, y una cabeza dinámica total CDT de 47,98 mca. Se recuerda que en el vivero se encuentra una hidro bomba de 1 hp por tanto se hace la valoración de las necesidades vs las características de la bomba.

Mediante la simulación en el programa Epanet, se obtienen valores de: velocidad (1,08 m/s – 0,03 m/s) y presión requerida la cual fue de 45,08 mca en su punto más lejano. Debido a este procedimiento se generaron frecuencias de riego óptimas para las plántulas, lo cual permite que el sistema de riego sea eficiente.

Los diferentes parámetros calculados durante el diseño agronómico del cultivo permitieron determinar que es necesario la implementación de dos turnos de riego, cada turno con una duración de 1.1 horas o 66 minutos. Los resultados nuevamente coincidieron con la perspectiva de los encargados del vivero ya que, de acuerdo a su experiencia, se debe regar una hora aproximadamente en horas de la mañana y una hora en la tarde.

Luego del diseño arquitectónico del sistema de riego y el análisis de costos de implementación, se determinó que el sistema de riego requerirá de una inversión de \$4.545,345 para su implementación. la inversión se justificaría debido a la obtención de ganancias para el primer año de \$25.723.649; luego de la implementación del semillero se espera tener un punto de equilibrio a las 747 unidades de colino de plátano producidas, en contraste a lo anterior, el método tradicional de producción de semilla el cual genera ingresos de \$ 336.400 al mes, pone en evidencia la baja rentabilidad que se logra obtener, por esto la relación costo beneficio en la producción de semilla bajo invernadero es factible.

## BIBLIOGRAFÍA

Alvarado, E. (2017). Manual de Medición de Caudales.

Ardila-Castillo, Y. (2022). Establecimiento tecnificado del cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.), como alternativa de producción diferente al monocultivo de café en la vereda La Florida, Palermo - Huila.

Becerra Campiño, J. J., Rodríguez Izquierdo, G. A., Alzate Henao, S. V., Miranda Salas, T. C., Tibaduiza Castañeda, L. P., & Cañar Serna, D. Y. (2019). Manual técnico para la producción de semilla de plátano Hartón Llanero en los Llanos Orientales. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).

<https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403206>

Belalcázar Carvajal, S. (2022). El cultivo del plátano en altas densidades de siembra: una nueva concepción tecnológica de producción.

Bolaños Benavides, M. M., Bautista Montealegre, L. G., Cardona, W. A., Morales Osorno, H., López Melo, D. A., & Peña Holguín, A. C. (2020). *Plátano (Musa AAB)*; Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca.

Castaño, Á. M., Aristizábal, M., & González, H. (2012). Requerimientos hídricos del plátano dominico- hartón (*Musa AAB* Simmonds) en la región santágueda (Palestina, Caldas). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 15(2).

<https://doi.org/10.31910/rudca.v15.n2.2012.831>

Concejo municipal de Timaná. (2016). *Acuerdo No. 024*.

FAO. (2020). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). *FAOSTAT*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

Ghag, S. B., & Ganapathi, T. R. (2017). *Genetically modified bananas: To mitigate food security concerns. Scientia Horticulturae*, 214, 91–98.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.023>

Giraldo Quintero, A. (2017). Diseño de un sistema SCADA para un invernadero destinado a la investigación escolar. Universidad de Antioquia.

Gómez, B., & Rengigo, G. (2017). Diseño de cámara térmica automatizada para la producción de colino de plátano.

Gómez, J. A., Nobre, C., Teixeira, J. A., & Sánchez, Ó. J. (2022). Towards a biorefinery processing waste from plantain agro-industry: Assessment of the production of dairy cattle feed through process simulation. *Biosystems Engineering*, 217, 131–149.

<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.03.008>

González, 2023. (2023, January 23). En el Huila adelantan proyecto para producir plátano de alta calidad. <https://www.redagricola.com/co/en-el-huila-adelantan-proyecto-para-producir-platano-de-alta-calidad/#:~:text=En%20el%20departamento%20del%20Huila,aproximadamente%2080.000%20toneladas%20al%20a%C3%B1o.>

Jekayinfa, S. O., Ola, F. A., Afolayan, S. O., & Ogunwale, R. O. (2012). *On-farm energy analysis of plantain production in Nigeria. Energy for Sustainable Development, 16*(3), 339–343.

<https://doi.org/10.1016/j.esd.2012.05.004>

Leiva Collas, M., Espinoza López, G., & Barreto Sáenz, P. (2009). Instructivo de medición de caudal laboratorio de calidad ambiental.

Londoño Ocampo, A. (2019). Diseño de un sistema de riego en la granja Tarapacá ubicada en la ciudad de Santiago de Cali.

Martínez, G., Rey, J. C., Pargas, R., Guerra, C., Manzanilla, E., & Ramírez, H. (2021). *Effect of the different substrates and organic sources on Musa propagation. Agronomia Mesoamericana, 32*(3), 808–822.

<https://doi.org/10.15517/AM.V32I3.42490>

Martínez-Covaleda, H., Peña Marín, Y., & Espinal, C. (2005). la cadena del plátano en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2014). Cadena de Plátano. Sistema de Información de Gestión Y Desempeño de Organizaciones de Cadenas.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). Cadena de plátano.

Mobambo, P., Staver, C., Hauser, S., Dheda, B., & Vangu, G. (2010). *An innovation capacity analysis to identify strategies for improving plantain and banana (Musa spp.) productivity and value addition in the democratic Republic of Congo. Acta Horticulturae, 879*, 821–828.

<https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2010.879.90>

Ponce, V. M., 1989. Engineering Hydrology, Principles and Practices, Prentice Hall, páginas 48-51.

Rivulis Irrigation. (2020). Nebulizadores FLF.

Saldarriaga, J. (2007). Hidráulica de Tuberías: Abastecimiento de Agua, Redes y Riegos. In *Uma ética para quantos? Vol. XXXIII (Issue 2)*.

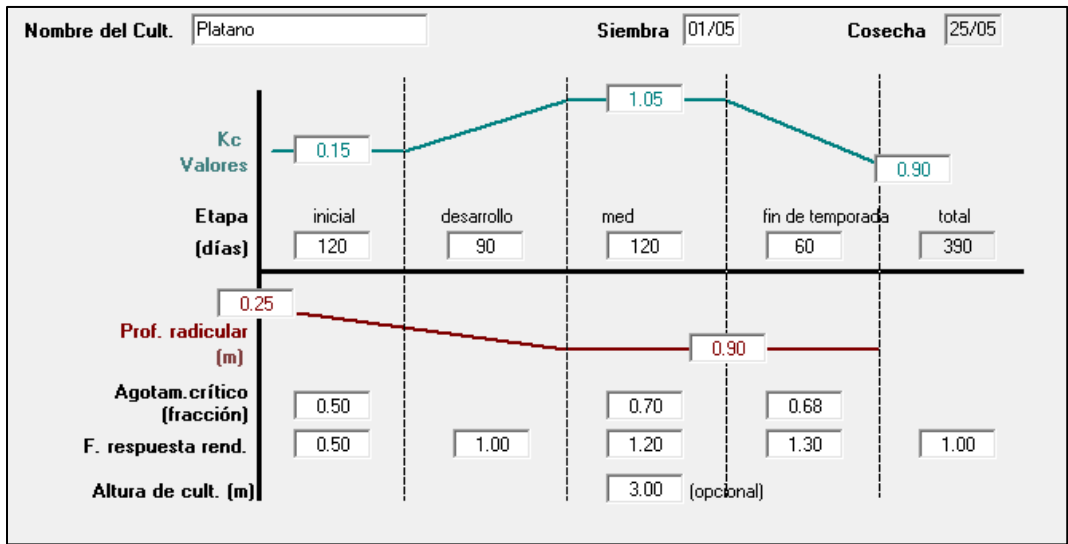
## ANEXOS



ANEXO 1. localización geográfica de la zona experimental

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m <sup>2</sup> /day	ETo mm/day
January	15.9	26.7	51	173	13.4	28.8	5.70
February	16.7	26.8	54	173	13.4	29.9	5.92
March	16.7	26.1	56	173	13.5	30.7	5.95
April	16.7	26.0	56	173	13.5	30.0	5.81
May	16.7	25.7	57	173	13.6	28.7	5.52
June	16.1	25.0	58	173	13.6	27.8	5.22
July	15.8	24.6	58	173	13.6	28.1	5.23
August	15.2	24.8	55	173	13.6	29.4	5.51
September	15.2	25.9	52	173	13.5	30.2	5.83
October	15.9	26.2	53	173	13.4	29.9	5.82
November	16.7	26.1	56	173	13.4	28.9	5.61
December	16.1	26.1	54	173	13.4	28.3	5.50
<b>Average</b>	<b>16.1</b>	<b>25.8</b>	<b>55</b>	<b>173</b>	<b>13.5</b>	<b>29.2</b>	<b>5.63</b>

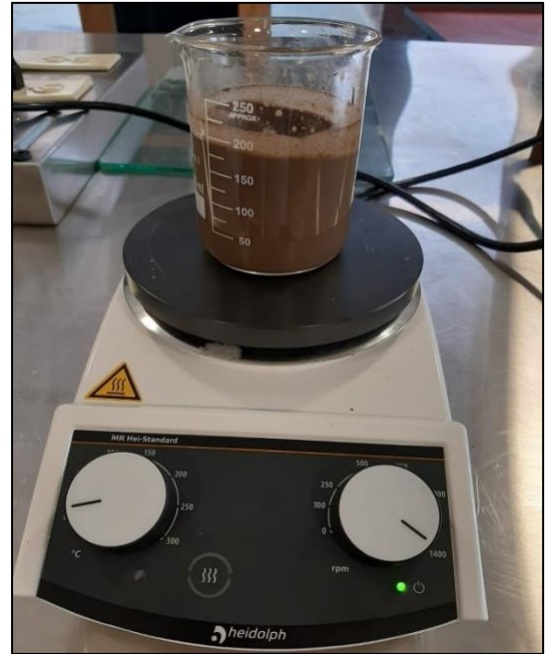
ANEXO 2. información climática y generación de la ETo en el programa CropWat



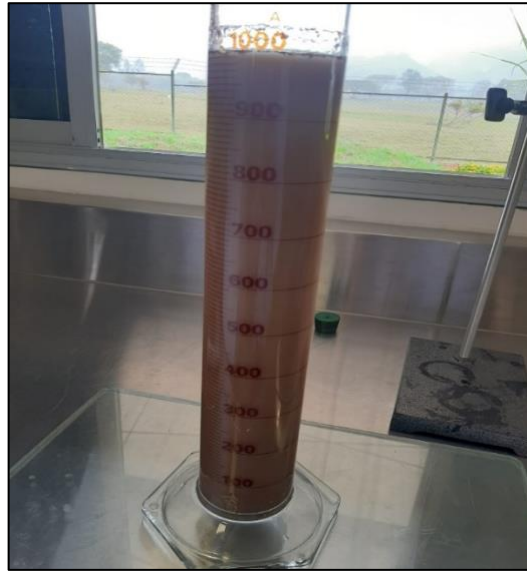
ANEXO 3. datos agronómicos del cultivo de plátano



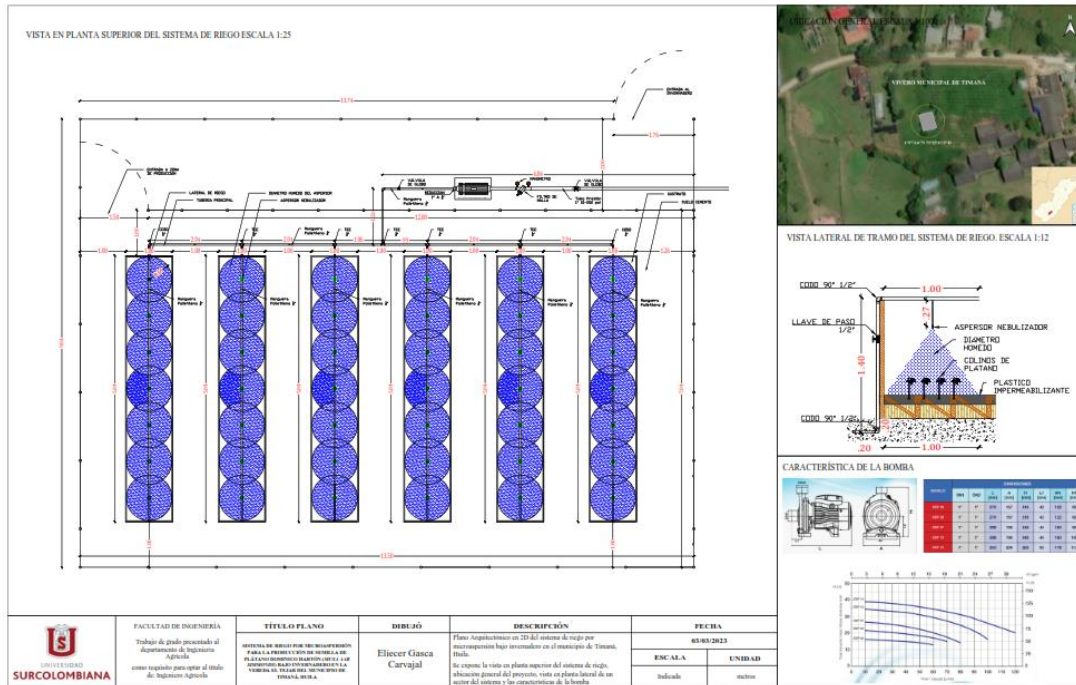
ANEXO 4. peso de muestra de suelo seco



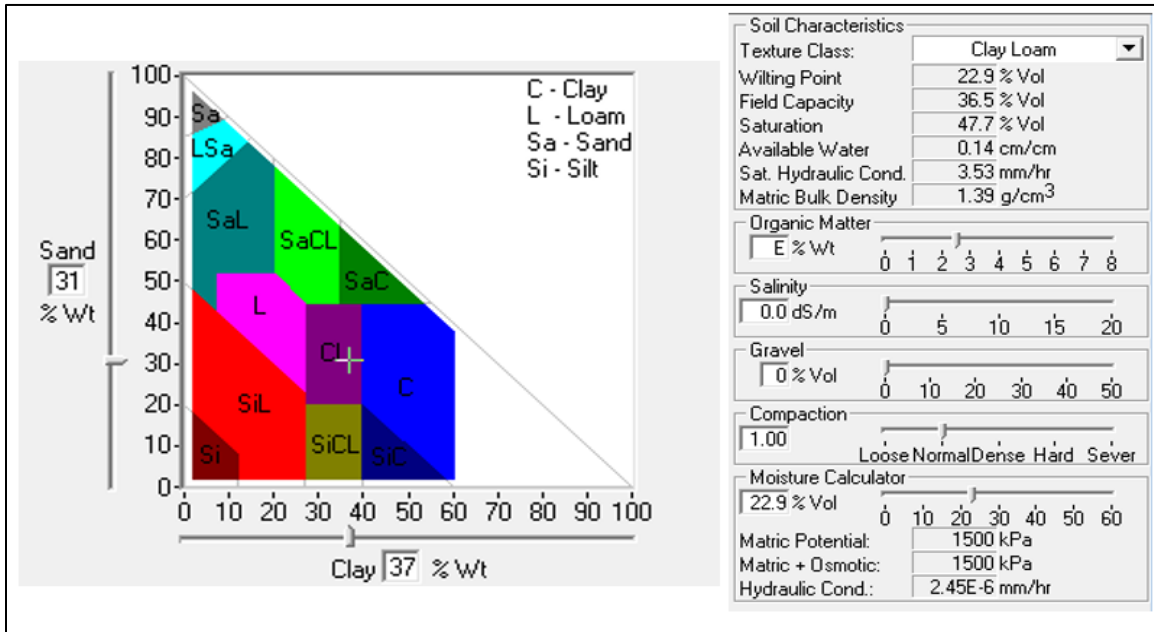
ANEXO 5. Procedimiento de agitación de la muestra de suelo



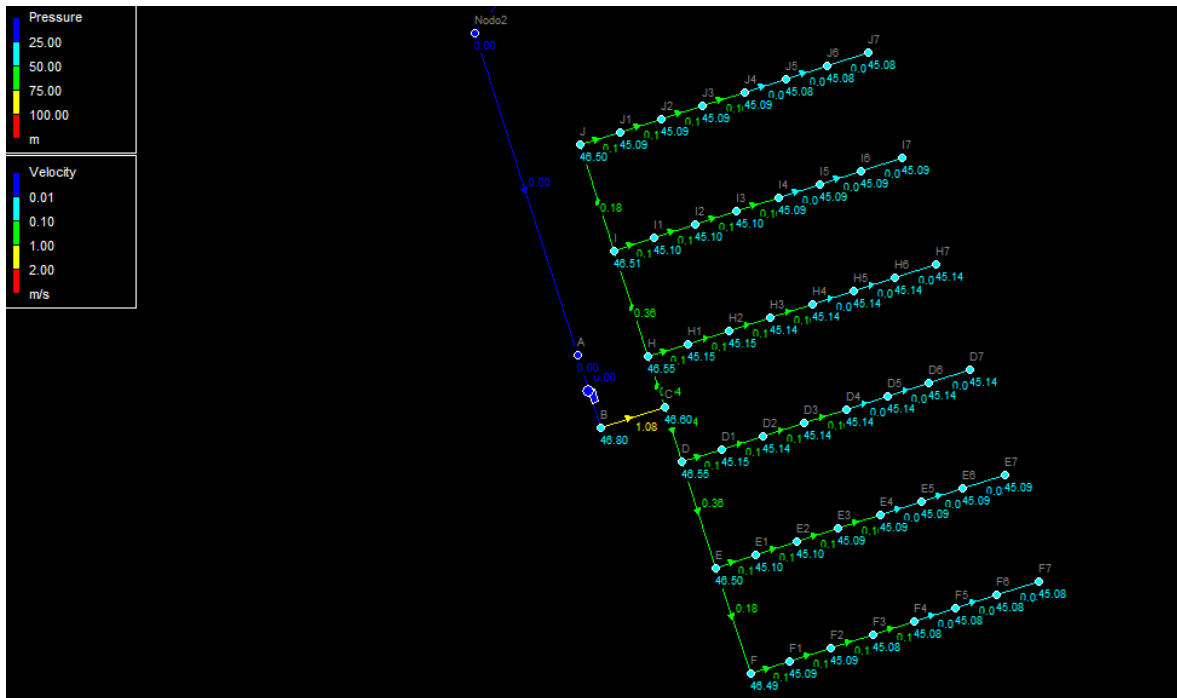
ANEXO 6. medición de la muestra mediante densímetro



ANEXO 7. plano arquitectónico del sistema de riego



ANEXO 8 resultados obtenidos mediante el programa Soil Water Characteristics



ANEXO 9. resultados del diseño mediante el programa Epanet