

**EVALUACION DE LA MEJOR RESPUESTA EN TERMINOS DEL  
RENDIMIENTO DE CULTIVO DE MARACUYA RESPECTO A LA  
COMBINACION DEL MANEJO DE RIEGO Y LA NUTRICION EN  
CONDICIONES DE DEFICIT HIDRICO.**

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

Autor

Ilder Hernán Vidal Zea: 20182174473

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Agrícola

Neiva, Huila, Colombia. 2024



---

Director: Nesrine Chaali



---

Codirector: Mario Bedoya Cardoso

Nota de aceptación



---

Jurado: Jaime Izquierdo Bautista



---

Jurado: Johnny Mauricio Gutiérrez  
Marroquín

# **EVALUACION DE LA MEJOR RESPUESTA EN TERMINOS DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MARACUYA RESPECTO A LA COMBINACION DEL MANEJO DE RIEGO Y LA NUTRICION EN CONDICIONES DE DEFICIT HIDRICO.**

## **RESUMEN**

Esta investigación se llevó a cabo en el municipio de Suaza, en el departamento del Huila, con el objetivo de evaluar el efecto de tres tratamientos de riego combinado con tres de nutrición, en el rendimiento del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). El enfoque principal se centra en generar recomendaciones de manejo que optimicen la producción de los agricultores, contribuyendo a la sostenibilidad y rentabilidad del cultivo. Para lograr esto, se empleó una metodología en la cual se utilizaron sensores tipo capacitancia, que permiten monitorear el estado de la humedad del suelo en tiempo real, facilitando decisiones informadas sobre el riego y mejorando la eficiencia en el uso de recursos hídricos.

Cada tratamiento de riego se ejecutó permitiendo un agotamiento del 10% de la capacidad de campo, considerando la heterogeneidad de las propiedades del suelo a lo largo del terreno. En cuanto a los tratamientos de nutrición, se emplearon tres enfoques: TN1, basado en síntesis química; TN2, lombricompost y TN3, una combinación de fertilización química + bioproducto. El estudio se realizó en un lote de 1.8 hectáreas, dividido en parcelas para los tratamientos de riego y subparcelas para las combinaciones de nutrición, utilizando un diseño de bloques al azar para asegurar la validez estadística de los resultados.

El análisis estadístico realizado incluyó un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas post hoc de Tukey para evaluar las diferencias significativas entre tratamientos. Durante el desarrollo del proyecto se llevaron a cabo tres ciclos de cosecha del cultivo de maracuyá, cada uno con periodos de tiempo distintos. En cada ciclo, se analizó el rendimiento del cultivo con el objetivo de identificar la combinación óptima de riego y nutrición en la cual se presente mayor rendimiento. Además, se recopilaron datos agroclimáticos in situ mediante una estación meteorológica instalada en la zona del cultivo. Esta herramienta permitió un monitoreo continuo de variables clave como temperatura, humedad relativa y precipitación, lo que enriqueció el análisis de los resultados.

Los resultados mostraron que la combinación de los tratamientos TR2TN1 fue la más efectiva, logrando un rendimiento acumulado de 34.32 Ton/ha, en la cosecha de los tres ciclos presentados. Asimismo, las tres combinaciones de riego con mayor rendimiento acumulado correspondieron al tratamiento de riego 2 (TR2), lo que destaca la efectividad de esta estrategia de manejo hídrico. Por otro lado, la combinación que presentó el menor rendimiento fue TR1TN3, con un acumulado de 26.39 ton/ha. Estos hallazgos resaltan la importancia del manejo integrado del riego y la nutrición, así como del monitoreo agroclimático, para mejorar la productividad del cultivo de maracuyá.

**Palabras clave:** Maracuyá, Riego, Nutrición, Sensores, Rendimiento, Productividad, Capacidad de Campo, Estación Agroclimática, Ciclos de Cosecha.

## **ABSTRACT**

This research was carried out in the municipality of Suaza, in the department of Huila, with the aim of evaluating the effect of three irrigation treatments combined with three nutrition treatments, on the yield of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) crop. The main focus is on generating management recommendations that optimize farmers' production, contributing to the sustainability and profitability of the crop. To achieve this, a methodology was used in which capacitance-type sensors were used, which allow monitoring the state of soil moisture in real time, facilitating informed decisions about irrigation and improving efficiency in the use of water resources.

Each irrigation treatment was executed allowing a depletion of 10% of the field capacity, considering the heterogeneity of soil properties throughout the land. As for nutrition treatments, three approaches were used: TN1, based on chemical synthesis; TN2, vermicompost and TN3, a combination of chemical fertilization + bioproduct. The study was carried out in a 1.8-hectare lot, divided into plots for irrigation treatments and subplots for nutrition combinations, using a randomized block design to ensure the statistical validity of the results.

The statistical analysis included an analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post hoc tests to assess significant differences between treatments. Throughout the project, three harvest cycles of passion fruit cultivation were carried out, each with different time periods. In each cycle, crop yield was analyzed to identify the optimal combination of irrigation and nutrition that produced the highest yield. Additionally, agroclimatic data were collected in situ through a meteorological station installed in the crop area. This tool enabled continuous monitoring of key variables such as temperature, relative humidity, and precipitation, enriching the analysis of the results.

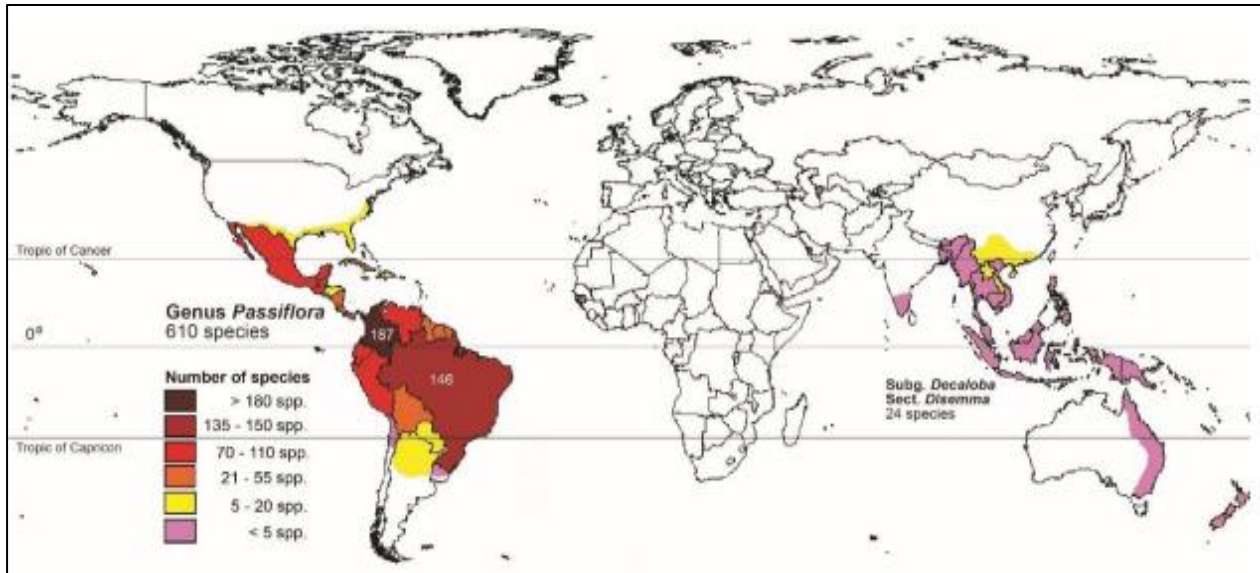
The results showed that the combination of TR2TN1 treatments was the most effective, achieving a cumulative yield of 34.32 tons/ha across the three cycles. Furthermore, the three irrigation combinations with the highest cumulative yields all corresponded to the TR2 irrigation treatment, highlighting the effectiveness of this water management strategy. On the other hand, the combination that showed the lowest yield was TR1TN3, with a cumulative yield of 26.39 tons/ha. These findings underscore the importance of integrated irrigation and nutrition management, as well as agroclimatic monitoring, to enhance the productivity of passion fruit crops.

**Keywords:** *Passion fruit, Irrigation, Nutrition, Sensors, Yield, Productivity, Field Capacity, Agroclimatic Station, Harvest Cycles.*

## **1 INTRODUCCIÓN**

Sudamérica se destaca como epicentro de diversidad para la mayoría de las especies de maracuyá cultivadas, que pertenecen a la familia Passifloraceae (Rodríguez *et al.*, 2020b). Este territorio se extiende desde el norte de Colombia, Ecuador y Venezuela hasta el sur de Bolivia, Brasil y Perú, siendo Colombia el país con la mayor diversidad de Passifloras, el cual posee aproximadamente 187 especies (Ocampo *et al.*, 2007 citado por Fischer & Miranda 2021). Como se ilustra en la

**Figura 1**, alrededor de 22 especies crecen en las regiones tropicales y subtropicales del sudeste de Asia y el Pacífico Austral (Posada 2012)



**FIGURA 1.** Distribución del género *Passiflora* en el mundo. Fuente: Ocampo (2021).

Dentro de esta amplia variedad, el cultivo de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) se destaca como una de las especies frutales más importantes de la región Neotropical, debido a su alto valor nutricional (Ocampo *et al.*, 2021). Además, de poseer una relevancia económica significativa, siendo apreciado a nivel mundial por su distintivo aroma y sabor, así como por su calidad y alto rendimiento industrial (Faleiro *et al.*, 2020). Este frutal ha sido ampliamente valorado en la medicina ancestral de Sudamérica, para abordar diversas afecciones, como, por ejemplo, el tratamiento de la ansiedad (Carr 2013).

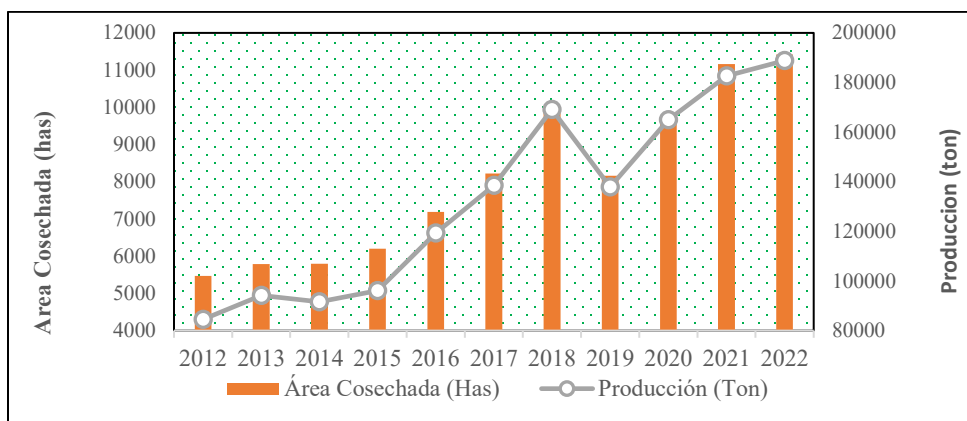
De hecho, el maracuyá amarillo representa alrededor del 95% de la producción comercial mundial de esta fruta (Carr 2013 citado por Campos *et al.*, 2023). Sumado a eso, en comparación con otras variedades de frutas perennes, esta especie tiene un ciclo corto, lo que permite a los productores obtener una ganancia rápida, lo que conlleva a una mayor eficiencia económica, ya que existe la posibilidad de que el fruto sea aprovechado por completo, lo que aumentaría los ingresos de los agricultores (Oliveira *et al.*, 2020)

### 1.1 Producción y tendencia del cultivo en Colombia

El cultivo de maracuyá fue introducido en Colombia en la década de 1960 y ha sido objeto de nuevas prácticas agronómicas, desarrollo tecnológico y generación de empleos por parte de los agricultores durante más de 60 años (Ocampo *et al.*, 2022). Durante este tiempo, los productores colombianos han contribuido significativamente a su domesticación mediante la implementación de prácticas agronómicas mejoradas para alcanzar mayores rendimientos, como poda, aplicación de fertilizantes y uso de sistemas de riego (Ocampo *et al.*, 2017). Como resultado, se ha observado un notable crecimiento en la producción de maracuyá en el país, donde se ha registrado un aumento

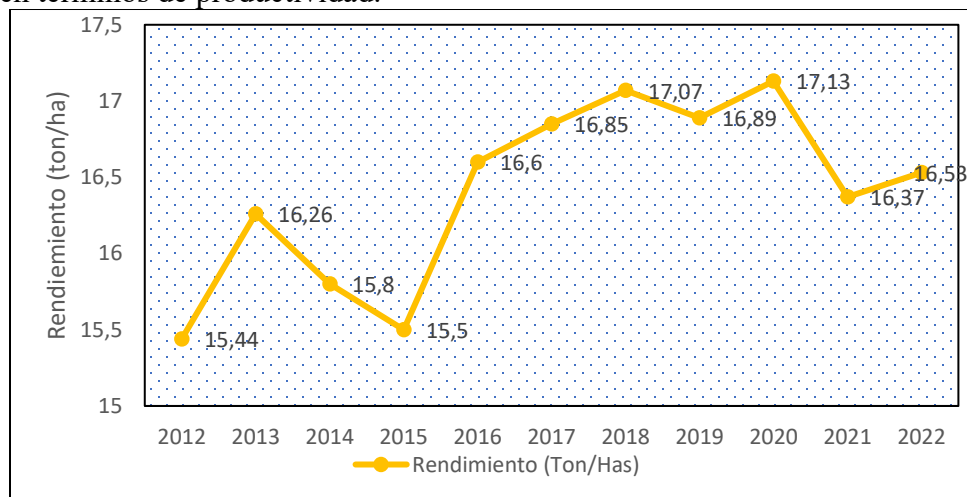
progresivo en el área cosechada, la producción en toneladas y el rendimiento por hectárea. Este crecimiento constante refleja el potencial y la importancia del cultivo de maracuyá en la economía agrícola del país (MADR, 2022).

La **Figura 2** ilustra la gráfica que muestra el comportamiento de la expansión del área sembrada de maracuyá en Colombia. En el año 2022, se registró un área cosechada de 11,420 hectáreas en todo el país. Los departamentos con mayor área sembrada fueron Antioquia, Meta, Huila, Valle del Cauca y Arauca, con 3,622, 3,455, 1,373, 806 y 598 hectáreas, respectivamente. En el departamento del Huila, se destacaron los municipios de Suaza, Algeciras, La Plata, Tarqui y Colombia, con 305, 145, 127, 122 y 92 hectáreas sembradas, respectivamente (Agronet, 2022).



**FIGURA 2.** Área cosechada (ha) y producción (ton) del cultivo de maracuyá en Colombia (ton/ha). Fuente: Agronet (2022).

Por otro lado, la **Figura 3** muestra la gráfica del rendimiento en toneladas por hectárea (ton/ha). En 2022, la producción total fue de 188,834 toneladas, con un rendimiento promedio de 16.53 toneladas por hectárea. Esta información proviene de la recopilación de datos realizada por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) entre 2019 y 2022, la cual proporciona una visión detallada de la base agrícola del país, destacando el comportamiento positivo del cultivo de maracuyá en términos de productividad.

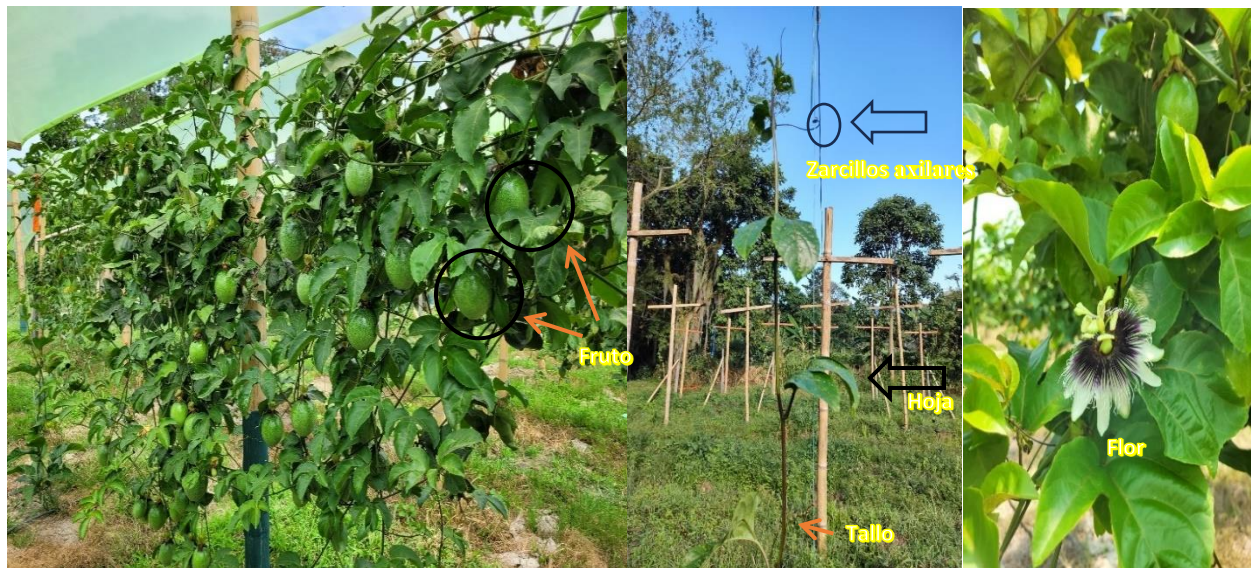


**FIGURA 3.** Rendimiento del cultivo de maracuyá en Colombia (ton/ha). Fuente: Agronet (2022).

En términos de producción, los departamentos que destacaron por su mayor volumen de producción fueron Meta, Antioquia, Huila, Valle del Cauca y Santander, con valores de 63,796, 48,484, 16,424, 11,053 y 8,366 toneladas respectivamente. Mientras que, en Huila, los valores más destacados fueron los de Suaza, Tarqui, La Plata, Altamira y Algeciras, con valores de 3,180, 1,704, 1,489, 13,92 y 1,156 toneladas respectivamente. Estos datos reflejan la importancia y el impacto de la producción de maracuyá en diferentes regiones de Colombia, destacando la relevancia de estos cultivos en la economía agrícola del país (Agronet, 2022)

## 1.2 Morfología y taxonomía del maracuyá amarillo (*passiflora edulis f. flavicarpa degener*)

Las plantas de maracuyá se caracterizan por su naturaleza leñosa, robusta y perenne, con raíces poco profundas (Tripathi, 2018). Presentan ramas que pueden extenderse hasta 20 metros, tallos verdes acanalados y zarcillos axilares de considerable longitud. Sus hojas son de un verde brillante, con pecíolos lisos, nectarios en la base y una forma palmada con tres lóbulos distintivos (Castro *et al.*, 2010). Las flores solitarias son fragantes y vistosas, con 5 pétalos, una corona de tonos púrpura y blanco, 5 estambres y 3 estigmas (Vega *et al.*, 1999). En la literatura botánica se han identificado dos tipos principales: la *Passiflora edulis* var. *Flavicarpa* Degener, reconocida por sus frutos alargados con pericarpio amarillo y una intensa coloración púrpura en hojas, tallos, zarcillos y semillas de color marrón oscuro. Por otro lado, la *Passiflora edulis* Sims presenta un pericarpio púrpura, con hojas, zarcillos y tallos de tonalidad verde claro, con algunas trazas de púrpura o rosado (Jaramillo *et al.*, 2009).



**FIGURA 4.** Planta de Maracuyá Amarillo (*pasiflora edulis f. flavicarpa detener*)

La taxonomía vegetal del maracuyá se clasifica de la siguiente manera: (Ulmer & MacDougal 2004 citador por Espinal, 2021):

**TABLA 1.** Taxonomía del cultivo de maracuyá amarillo

<b>Clasificación Taxonómica</b>	
<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	Spermatophyta
<b>Subdivisión</b>	Angiospermae
<b>Clase</b>	Archichlamydeae
<b>Orden</b>	Passiflorales
<b>Suborden</b>	Flacourtiineae
<b>Familia</b>	Passifloraceae
<b>Género</b>	<i>Passiflora</i>
<b>Subgénero</b>	<i>Passiflora</i>
<b>Supersección</b>	<i>Passiflora</i>
<b>Serie</b>	<i>Passiflora</i>
<b>Especie</b>	<i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> Degener

### **1.3 Requerimientos edafoclimáticos del maracuyá amarillo (*passiflora edulis* f. *flavicarpa* degener)**

Los requerimientos edafoclimáticos del cultivo indican que la altitud óptima para su desarrollo se sitúa entre 800 y 1,200 msnm, aunque puede crecer desde el nivel del mar hasta 1,300 msnm (Cleves *et al.*, 2009). En cuanto a la temperatura del ambiente, el rango adecuado es de 15 a 32 °C, siendo 23 a 25 °C el intervalo óptimo (Dulanto y Aguilar, 2011; Fischer *et al.*, 2009). La precipitación necesaria varía entre 1000 y 500 mm anuales, con un mínimo de 80 mm al mes (Nakasone y Paull, 1998 citado por Rao *et al.*, 2013).

El maracuyá requiere entre 5 y 11 horas de luz diaria, siendo menos de 11 horas lo más recomendable (Faleiro *et al.*, 2020 citado por Fischer y Miranda, 2021). La humedad relativa ideal se encuentra entre el 60% y el 70% (Faleiro *et al.*, 2020). En cuanto al pH del suelo, se sugiere un rango de 5.5 a 8, con un pH óptimo de entre 6 y 6.5 (Castro *et al.*, 2010; Bernal, 1999 citado por Fischer, 2010). La textura del suelo más adecuada es franco arenoso (Dulanto y Aguilar, 2011), y la topografía ideal incluye terrenos planos e inclinados con pendientes del 1% al 2% (Mora, 2011).

Esta pasiflora es sensible a vientos fuertes (Cleves *et al.*, 2009) y requiere un buen drenaje (Basso *et al.*, 2019). Además, debe tener contenidos medios o ricos en materia orgánica para favorecer su crecimiento (Cleves *et al.*, 2009). Esta especie tolera sequías moderadas (Bailey *et al.*, 2021), pero no soporta encharcamientos superiores a cuatro días (Basso *et al.*, 2019). La **Tabla 2** presenta las principales propiedades del suelo y condiciones del terreno que influyen en los requisitos óptimos para el cultivo de maracuyá. Estas características incluyen profundidad efectiva, régimen hídrico, drenaje natural y pendiente, las cuales determinan las condiciones necesarias para maximizar el rendimiento del cultivo. La información se clasifica en tres niveles: mejor condición, condición intermedia y peor condición, proporcionando una guía para evaluar la idoneidad del terreno en función de estas variables

**TABLA 2.** Propiedades del suelo y terreno relacionados con los requisitos del cultivo de maracuyá

Variable	Unidad	Mejor condición	Condición Intermedia	Peor condición
Profundidad Efectiva	cm	> 50	10-50	< 10
Régimen de Riego		Udico	Ústico y áquico	Xérico y árido
Drenaje Natural		Bien drenado	Moderado y excesivo	Muy pobre, pobre e imperfecto
Pendiente	%	< 12	12-50	> 50

#### 1.4 Requerimientos Nutricionales del Cultivo de Maracuyá Amarillo.

Las plantas dependen de los nutrientes presentes en el suelo para su desarrollo, y su rendimiento está fuertemente influenciado por las prácticas de fertilización. A nivel mundial, se han explorado diversas estrategias para mejorar la calidad y cantidad de la producción, destacándose el uso de biofertilizantes provenientes de la fermentación de materia orgánica, complementados a veces con minerales (Mahapatra *et al.*, 2022). Además, el empleo de residuos orgánicos del propio cultivo, ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, ha demostrado ser efectivo para enriquecer el suelo y mejorar el crecimiento de las plantas (Reguengo *et al.*, 2022). La aplicación de estos residuos contribuye a una mejor retención de agua y aumenta la actividad biológica del suelo, lo que favorece un incremento en la producción agrícola (Jara *et al.*, 2017). Este enfoque se presenta como una alternativa viable para reducir el uso de fertilizantes químicos y promover la agricultura sostenible (Dahunsi *et al.*, 2021).

Investigaciones en diversas regiones han demostrado que los requerimientos nutricionales de las plantas varían según el tipo a cultivar y la ubicación geográfica. En Brasil, por ejemplo, en el estado de Paraíba, los nutrientes más demandados son: N > Ca > K > Mg > S > P (De Luna *et al.*, 2023), mientras que, en algunas zonas de Colombia, este orden cambia a N > K > Ca > P > Mn > Fe (García, 2010). Estos hallazgos resaltan la importancia de desarrollar planes de nutrición y riego específicos para cada región, para asegurar tanto la productividad como la calidad del fruto.

La correcta nutrición mineral de las plantas no solo favorece una mayor producción, sino que también mejora su resistencia a enfermedades. Las plantas que reciben un suministro equilibrado de nutrientes tienen mayor capacidad para prevenir infecciones y controlar las que ya puedan haber afectado (Silva *et al.*, 2016). Por el contrario, cuando los nutrientes son suministrados en exceso o de manera insuficiente, las plantas son más vulnerables a las enfermedades y su rendimiento disminuye. Teniendo en cuenta lo anterior, en el contexto colombiano es esencial validar estos requisitos nutricionales específicos y desarrollar estrategias de manejo adaptadas a las condiciones particulares de cada región.

## 1.5 Justificación

La literatura existente destaca el papel crucial del estrés hídrico como uno de los principales determinantes ambientales de las variaciones estacionales en los rendimientos del cultivo de maracuyá (Rodríguez *et al.*, 2020a). En este contexto, el uso eficiente del agua en el riego emerge como un factor de influencia significativo en el rendimiento de los cultivos, siendo su optimización fundamental para asegurar la supervivencia y el éxito de los cultivos de *Passiflora edulis*, especialmente en condiciones de sequía o escasez de agua (Betancourt *et al.*, 2017).

El manejo adecuado del estado hídrico en frutales durante su desarrollo puede mejorar la producción, la calidad y el calibre de la fruta, así como la vida de postcosecha, la eficiencia en la utilización del recurso hídrico, el uso de la energía y la rentabilidad (Lagos *et al.*, 2017). La relación hídrica de las pasifloras con el agua en el suelo enfatiza la importancia de un suministro de agua de riego oportuno y adecuado, siendo este uno de los impactos positivos más relevantes en la producción de pasifloras (Torrente and Mujica, 2017). Sin embargo, es importante tener en cuenta que el desarrollo óptimo de los frutales, especialmente durante la floración, el cuajado y el llenado del fruto, requiere un suministro adecuado de agua. En este sentido, las plantaciones de maracuyá establecidas en zonas sin riego y con altos niveles de evapotranspiración presentan limitaciones en este aspecto (Fischer, 2005 citado por Basso *et al.*, 2019).

La nutrición es un aspecto crítico en el cultivo de maracuyá, y si no se realiza un plan adecuado de nutrición, puede afectar negativamente la calidad y el rendimiento del cultivo (García *et al.*, 2012). La producción de maracuyá amarillo se ve influenciada por diversos factores, entre los cuales se incluye la fertilización, ya que los nutrientes deben suministrarse a niveles compatibles con los requisitos de la planta. En este sentido, la técnica de fertirrigación se ha demostrado efectiva, especialmente para el cultivo de maracuyá amarillo, el cual demanda grandes cantidades de nutrientes durante las fases de desarrollo y brotación, siendo el nitrógeno (N) el nutriente más absorbido por este cultivo (Silva *et al.*, 2016).

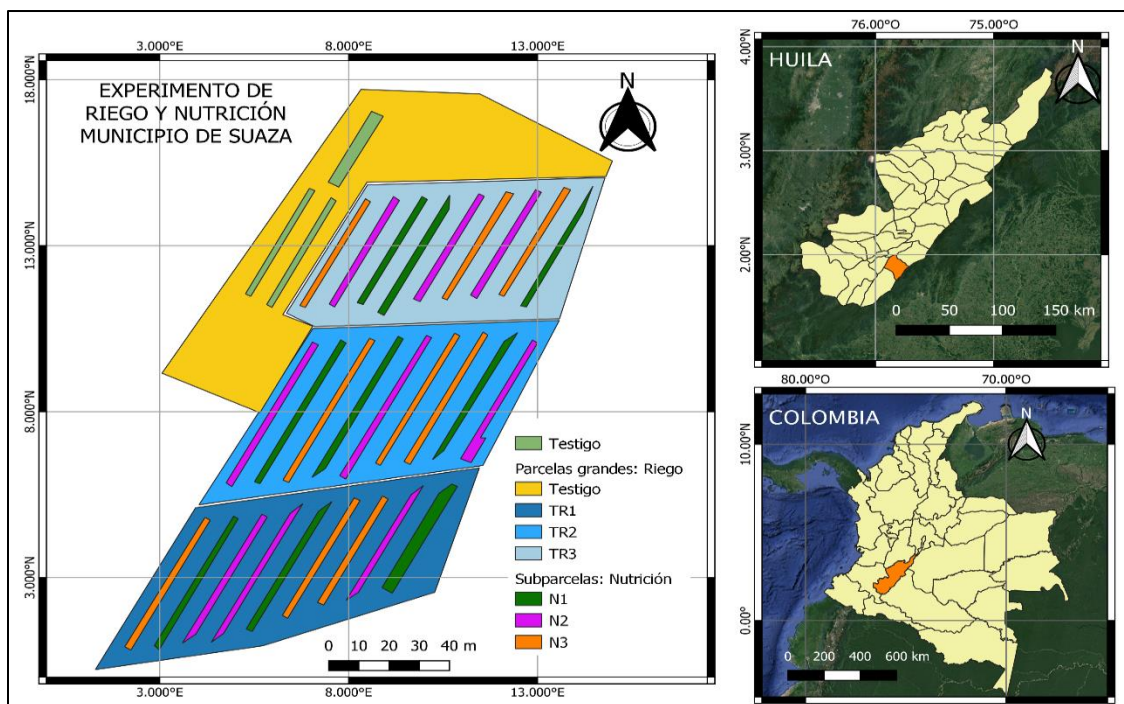
Ante la necesidad de mejorar el rendimiento de los cultivos de manera sostenible, se buscan alternativas agrícolas que permitan utilizar recursos naturales. Los biofertilizantes se destacan como una opción prometedora, siendo productos de la fermentación aeróbica o anaeróbica de materia orgánica, a veces complementados con minerales (Campos *et al.*, 2023). Estos han emergido como un elemento fundamental en los sistemas integrados de nutrición, demostrando un enorme potencial para incrementar la productividad de los cultivos mediante un abastecimiento de nutrientes más amigable con el entorno (Cavalcante *et al.*, 2012).

Adicionalmente, los compost son fertilizantes alternativos que proporcionan varias ventajas, ya que son biodegradables y generalmente se derivan de restos de plantas y animales (Bócoli *et al.*, 2020). Estas alternativas de nutrición orgánica pueden ser de gran relevancia para el cultivo de maracuyá amarillo.

## 2 MATERIALES Y METODOS

### 2.1 Área de estudio

El proyecto de investigación se llevó a cabo en la vereda Avispero, del municipio de Suaza, en el departamento de Huila, Colombia. La evaluación de la mejor respuesta en términos del rendimiento del cultivo de maracuyá se realizó en el predio específico denominado San Rafael, con una extensión de 1,8 ha. Las coordenadas del lugar fueron Latitud: 1.8765194°N y Longitud: 75.81636°W, con una altitud de 1008 msnm aproximadamente. Esta zona, reconocida por su clima tropical y subtropical, demostró ser adecuada para el cultivo de maracuyá. En la **Figura 5** se ilustra la ubicación del experimento.



**FIGURA 5.** Localización del proyecto. Elaboro: Camilo Jaramillo Barrios.

### 2.2 Estación Agroclimática

En el marco del desarrollo del proyecto, la instalación de la estación agroclimática en la zona de cultivo de maracuyá, se destaca como un elemento fundamental dentro de la metodología implementada. La inclusión de esta estación y la utilización de equipos especializados para el registro continuo de variables como la precipitación, temperatura del aire, humedad relativa y radiación solar cada 15 minutos, son aspectos clave para el monitoreo detallado del entorno climático que rodea al cultivo, como se ilustra en la figura 14. Estos datos climáticos son esenciales para comprender cómo las condiciones ambientales influyen en el crecimiento, desarrollo y producción del maracuyá.



**FIGURA 6.** Estación agroclimática, en zona de cultivo.

### **2.3 Material vegetal**

Para garantizar la adecuación de las prácticas agrícolas locales, la densidad de siembra se determinó en base a los conocimientos y experiencias de los agricultores representativos de la zona. Siguiendo sus recomendaciones, se estableció una densidad de siembra de 5 metros entre plantas y 2 metros entre surcos, lo que resultó en un total de 1.350 plantas en el área de 1,8 hectáreas del lote ubicado en la vereda Avispero.

Este enfoque en conjunto permitió incorporar las prácticas tradicionales de la región al diseño experimental, asegurando así la viabilidad del estudio. Las plántulas, suministradas por el vivero Biopass del Centro de Desarrollo Tecnológico CEPASS, fueron trasladadas desde el municipio de San Agustín hasta el lugar del experimento, donde se les permitió un período de tres semanas para adaptarse a las condiciones climáticas locales antes de ser trasplantadas al terreno.



**FIGURA 7.** Cultivo de Plántulas de Maracuyá en el Vivero Biopass, Aliado del Proyecto

Durante el proceso, se realizaron dos resiembras para reponer aquellas plantas que, por diversas razones culturales o de adaptación climática, no lograron sobrevivir. Esta reposición representó alrededor del 10% del número total de plantas inicialmente establecidas, asegurando así la integridad y consistencia del ensayo experimental.

## 2.4 Sistema de tutorado y semitecho

El sistema de tutorado en semitecho, específicamente del tipo espaldera sencilla, el cual ha sido ampliamente utilizado por los productores de la zona a lo largo de los años. Este sistema desempeña un papel fundamental en el cultivo del maracuyá debido a su importancia logística y su eficacia en el control de enfermedades. Consiste en proporcionar soporte a la planta para mantener el tallo erguido y distribuir sus ramas secundarias y terciarias tanto horizontal como verticalmente sobre el tallo principal.

Para el tutorado tipo espaldera, se utilizaron postes de madera y guaduas, con una longitud de 3,5 metros aproximadamente, los cuales se enterraron 50 cm en el suelo y dispuestos verticalmente a lo largo de la hilera de la plantación, teniendo una distancia de 6 metros entre sí. Además, a una altura de 2 metros desde el suelo se instaló el alambre galvanizado de calibre 10. Este sistema de espaldera fue seleccionado porque es económico, facilita el control de problemas fitosanitarios, permite realizar labores dentro del cultivo y soporta una alta densidad de siembra.

El semitecho instalado tiene dimensiones de 3 metros de alto y 1 metro de ancho y se ubicó a 1 metro por encima del tutorado, dando como resultado un semitecho con dos caídas inclinadas una hacia cada lado. Al resguardar las plantas con una cobertura plástica se pretende evitar que las hojas después de la lluvia permanezcan húmedas y que allí se genere el medio requerido para la dispersión de agentes causales de enfermedades. El material del cual formó parte de la cobertura se utilizó plástico trasparente calibre 7, la infraestructura del sistema quedó tal cual como se ilustra en la **figura 8**.



**FIGURA 8.** Tutorado tipo espaldera sencilla y sistema de semitecho.

## 2.5 Sistema de riego

En el lote experimental se implementó un sistema de riego por goteo, diseñado para optimizar el uso del agua y mejorar el crecimiento de las plantas. Este sistema utiliza líneas de riego con goteros auto compensados y antisifón, espaciados cada 40 cm, que proporcionan una descarga constante de 1.2 litros por hora (LPH). Las líneas de riego se han instalado a ambos lados de las plantas,

asegurando una distribución uniforme del agua y favoreciendo un desarrollo equilibrado. El lote de 1,8 ha se dividió en cuatro subunidades operacionales de riego, cada una equipada con válvulas de derivación y de alivio de aire, lo que permite un control preciso del flujo y la presión del agua en cada sección. En la **figura 9**, se muestra la fotografía de las líneas de riego instaladas.



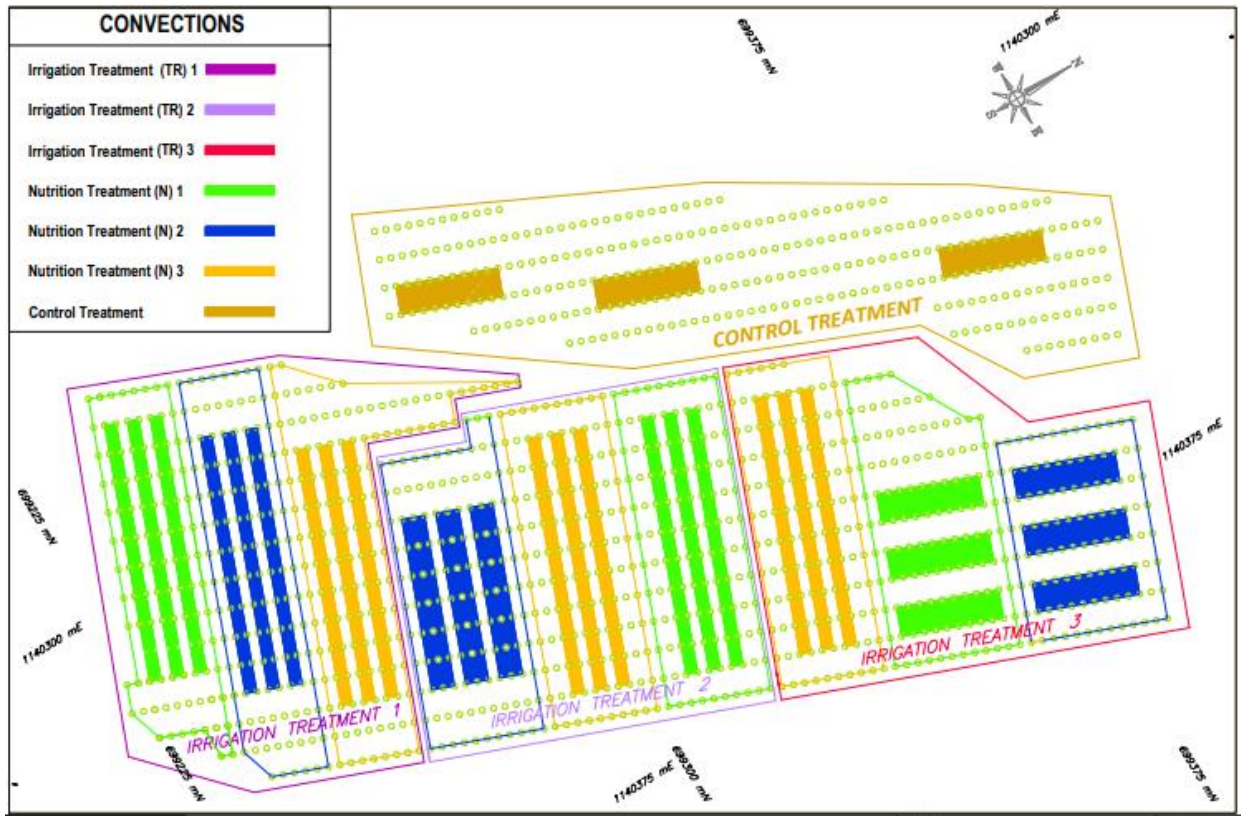
**FIGURA 9.** Líneas del sistema de riego por goteo, espaciadas a 40cm.

Con el fin de garantizar la calidad del agua utilizada en el riego, se realizó un análisis a la afluyente que se detalla en el Anexo 1. Adicionalmente, el sistema cuenta con 2 filtros de anillos para prevenir obstrucciones en los goteros y un micromedidor que permite monitorear el volumen de agua aplicado a cada tratamiento de riego.

## 2.6 Diseño Experimental

El diseño experimental del proyecto se estructura bajo un enfoque completamente aleatorio, en el cual se seleccionaron bloques de manera que cada combinación de tratamientos de riego y nutrición se distribuyera sin sesgos. El experimento generó un total de nueve combinaciones diferentes, las cuales corresponden a las subparcelas, además de una parcela de control, denominada "testigo". Para asegurar la validez de los resultados, se tomó en cuenta exclusivamente las plantas demarcadas en el plano experimental, con el fin de evitar sesgos en la información provocados por factores climáticos, especialmente aquellos asociados a la influencia de los bordes de las parcelas.

El lote experimental se dividió en cuatro parcelas, cada una gestionando un régimen de riego distinto, en respuesta a las propiedades del suelo identificadas a través de los análisis y pruebas previas realizadas. Las subparcelas fueron creadas al combinar estos tratamientos de riego con los tratamientos nutricionales implementados en la investigación. Cada subparcela está compuesta por tres repeticiones, y cada repetición incluye aproximadamente 20 plantas. Para evitar interferencias durante la medición de las variables involucradas, se dejó un espacio de dos hileras entre cada parcela y subparcela. En la **figura 10** se muestra el plano del proyecto, proporcionando una representación visual clara de la disposición de las subparcelas y la parcela testigo, facilitando así la comprensión del diseño experimental y su implementación en campo.



**FIGURA 10.** Plano distribución de parcelas con tratamiento de riego y nutrición, plantas seguimiento de variables.

La **tabla 3** presenta la cantidad de plantas incluidas en el experimento para cada uno de los tratamientos de riego y nutrición aplicados. Es importante destacar que, para efectos de la investigación, solo se consideraron las plantas que fueron señalizadas en el plano (**ver figura 9**). Esta decisión se tomó con el objetivo de minimizar los efectos de los bordes en el experimento, asegurando así que los resultados obtenidos sean representativos y no estén influenciados por factores externos que podrían afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas en los límites del área experimental.

**TABLA 3.** Cantidad de Plantas por Tratamiento de Riego y Nutrición

Tratamiento de nutrición	Numero de plantas establecidas			Total
	TR1	TR2	TR3	
TN1	105	121	122	348
TN2	120	126	105	351
TN3	142	121	117	330
<b>TOTAL</b>	<b>367</b>	<b>368</b>	<b>344</b>	

## 2.6 Metodología de aplicación de láminas de riego

En el desarrollo del proyecto, se implementó una metodología que integra de manera efectiva la aplicación de láminas de riego y tratamientos nutricionales específicos, con el objetivo de optimizar el rendimiento del cultivo. Un componente fundamental de esta estrategia es la incorporación del concepto de Agricultura 4.0, que tiene por definición; sistemas de medición, transferencia y uso de información en tiempo real para la toma de decisiones oportunas en la agricultura (Zambon *et al.*, 2019). En este sentido, se realizó la instalación de sensores de capacitancia que permiten medir la humedad del suelo en tiempo real, expresada en porcentaje como se evidencia en la **figura 11**, además, este sensor también permite conocer la temperatura y la salinidad del suelo.



**FIGURA 11.** Sensores de humedad del suelo tipo capacitivo: medición precisa a 10 cm y 20 cm de profundidad

Estos sensores están conectados a servidores que facilitan la visualización remota de los datos, lo que nos brinda la capacidad de monitorear las condiciones del suelo desde cualquier ubicación. Esta información en tiempo real es crucial para tomar decisiones informadas sobre el riego, permitiendo realizar ajustes con precisión de la cantidad de agua aplicada según las necesidades específicas de cada tratamiento de riego.

Cada parcela experimental está equipada con dos sensores: el primero situado a 10 cm de profundidad, donde se concentra el mayor volumen de raíces absorbentes, y el segundo sensor ubicado a 20 cm de profundidad, bajo la masa radical de las plantas. Esta disposición estratégica permite supervisar de manera efectiva los niveles de humedad del suelo y controlar posibles excesos de flujo de agua en el perfil del suelo, lo que contribuye a una gestión eficiente y precisa del riego en el experimento.

Una vez realizados los análisis preliminares de las propiedades físicas y químicas del suelo, se evidenció una gran heterogeneidad en las características del lote experimental, lo que imposibilitó la aplicación de la metodología inicial del proyecto, que buscaba evaluar láminas de riego en base a un agotamiento permitido del 10%, 20% y 25% de la capacidad de campo. En el Anexo 2 se presentan los resultados del laboratorio sobre la curva de extracción de humedad del suelo, mientras que en el Anexo 3 se detallan las clases texturales correspondientes a cada tratamiento de riego.

Ante esta variabilidad y los desafíos que presenta, se decidió replantear la metodología, estableciendo que todos los tratamientos de riego contarían una lámina de aplicación correspondiente al 10% de agotamiento de la capacidad de campo, para cada tratamiento. Esta decisión se fundamenta en la necesidad de aplicar láminas de agua diferentes para cada tratamiento, asegurando así una gestión que se adaptada a las condiciones específicas del suelo en cada área evaluada.

**TABLA 4.** Porcentajes de humedad del suelo por cada uno de los tratamientos de riego

<b>Parcelas</b>	<b>Capacidad de campo (%)<sup>1</sup></b>	<b>Punto de marchites permanente (%)<sup>2</sup></b>	<b>Lamina de aplicación (%)<sup>3</sup></b>
TR1	48,2	42,57	43,38
TR2	43,27	36,02	38,943
TR3	33,18	26,18	29,862
Testigo	40,56	34,25	NA

Notas: 1= cantidad de humedad que el suelo retiene luego de ser saturado y haberse dejado drenar de forma natural (FAO, 2024); 2= es el punto en el que las plantas pierden la capacidad de succión de agua, aun así, por transpiración pierden agua y se marchitan (FAO, 2024); 3. Lámina de riego correspondiente al 90% de la capacidad de campo.

La **tabla 4** presenta el valor calculado de la humedad del suelo que cada tratamiento experimental debe alcanzar, indicado en la columna (Lamina de aplicación), correspondiente al agotamiento del 10% de la capacidad de campo. Dado que esta investigación se centra en el cultivo de maracuyá en condiciones de déficit hídrico, la metodología de riego consiste en evaluar el promedio de las humedades medidas por los sensores y ajustar el riego para llevar el suelo a la humedad determinada para cada tratamiento. Esta precisión en la toma de decisiones se logró gracias a la implementación de los sensores, que permiten un monitoreo continuo y efectivo del contenido de humedad, garantizando así que se cumplan las condiciones óptimas para el crecimiento del cultivo bajo las restricciones hídricas establecidas.

La **figura 12** presenta una hoja de cálculo diseñada específicamente para el tratamiento de riego 1, en la cual se incluyen datos relevantes del suelo, como la capacidad de campo y el límite máximo de riego (lamina de riego) que se ha decidido aplicar y características radicales del cultivo. Esta hoja de cálculo está estructurada para reflejar las mediciones obtenidas por los sensores instalados en cada tratamiento, lo que permite conocer el estado real de la humedad en la zona radical del cultivo. Además, la implementación de esta hoja se realizó para cada tratamiento experimental, teniendo en cuenta las condiciones y requerimientos específicos de cada uno de ellos. Este enfoque facilita la toma de decisiones eficientes en el manejo del agua, optimizando así el riego y mejorando el rendimiento del cultivo.

Especie	TR1												
CC (%)	48,20												
Decisión de riego (0,1CC)	43,38												
Prof.Raíces (m)	0,20												
Radio.Raíces (m)	0,50												
AreaRaíces (m2)	0,79												
Vol.Raíces(m3)	0,16												
#plantas	386,00												
fecha	θ (7:30:00)	θ (13:15:00)	Frecuencia	θ(%)Riego	VolRegado (m3)	Periodo (min)	Decisión riego	Acción de riego	Tiempo inicial de riego 1	Tiempo Final de riego 1	Tiempo inicial de riego 2	Tiempo Final de riego 2	
16/12/2022	44,53	44,35	0	44,35	0,00	0:00:00	No riego	No					
17/12/2022	43,74	43,70	0	43,70	0,00	0:00:00	No riego	No					
19/12/2022	42,95	42,90	0	42,93	1,82	2:05:00	Regar	Si	8:35:00	10:40:00			
20/12/2022	44,00	44,01	0	44,01	0,00	0:00:00	No riego	No					
21/12/2022	43,25	44,45	0	44,98	32,14	3:24:00	Regar	Si	7:21:00	10:45:00			
22/12/2022	42,54	44,48	1	44,70	13,34	3:43:00	Regar	Si	6:30:00	10:13:00			
23/12/2022	43,05	42,37	0	42,37	0,00	0:00:00	Regar	No					
26/12/2022	40,85	40,45	0	40,45	0,00	0:00:00	Regar	No					
27/12/2022	39,94	39,49	0	45,12	341,36	3:54:00	Regar	Si	13:09:00	17:03:00			
28/12/2022	42,35	44,40	1	44,60	12,13	2:56:00	Regar	Si	9:45:00	12:41:00			
29/12/2022	43,00	43,80	2	44,15	21,22	0:53:00	Regar	Si	9:03:00	9:56:00			

**FIGURA 12.** Registro de humedad del suelo en tiempo real y parámetros de riego TR1

Se estableció un sistema de monitoreo diario, donde se registraron de manera estricta tanto el tiempo de aplicación de agua como el volumen aplicado en cada riego. Para ello, se creó una bitácora de riego específica para cada tratamiento (**ver figura 12**), diseñada para cumplir con los requerimientos del estudio. Esta bitácora documentaba la hora exacta de inicio y finalización del riego para cada tratamiento, así como los volúmenes aplicados. Además, se utilizó un micromedidor instalado en el sistema de riego, lo que permitió cuantificar con exactitud el volumen de agua utilizado en cada tratamiento de riego.

## 2.7 Metodología de aplicación de tratamientos de nutrición

Los diferentes tratamientos de nutrición empleados en este proyecto se implementaron debido a la experiencia acumulada por Agrosavia en la ejecución de diversos proyectos, donde estas recomendaciones han demostrado ser efectivas. Sin embargo, tras realizar los análisis de suelo, cuyos resultados sobre las propiedades químicas se encuentran en el Anexo 4, y considerar los requerimientos agronómicos específicos del cultivo, se llevaron a cabo los ajustes pertinentes para cada tratamiento de nutrición. Esta adaptación es fundamental para optimizar el crecimiento del cultivo, asegurando que cada tratamiento se ajuste a las condiciones particulares del suelo y a las necesidades nutricionales de las plantas, lo que maximiza la eficiencia y el rendimiento del cultivo.

La nutrición empleada para este proyecto es una fertilización edáfica, complementada con una nutrición foliar. En particular, se utilizó la nutrición foliar complementaria para los tratamientos de nutrición 1 y 3.

### 2.7.1 Tratamiento de Nutrición Química (TN1)

El esquema de fertilización química utilizado en el proyecto, denominado TN1, se llevó a cabo con el objetivo de proporcionar a las plantas los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo óptimos. Este esquema consistió en la aplicación de una serie de productos químicos específicos, cada uno diseñado para suministrar nutrientes clave a las plantas. Los productos utilizados incluyeron urea para aportar nitrógeno (N), DAP (fosfato diamónico) para proporcionar fósforo (P), KCL (cloruro de potasio) para suministrar potasio (K), Borozinc para aportar boro y zinc, y sulfato de magnesio para proporcionar azufre. La dosis de cada producto aplicada por planta se determinó según la **tabla 5** de dosificación proporcionada, con una periodicidad de aplicación quincenal.

**TABLA 5.** Fuentes y dosis nutricionales suministradas al cultivo

Producto	Nutrientes	Dosis (gr/planta)
Urea	Nitrógeno (N)	71
DAP	Fosforo (P)	3,4
KCL	Potasio (K)	136,5
Borozinc	Boro	2,1
	Zinc	3,6
Sulfato de magnesio	Azufre	28,1

La fertilización se realizó de manera edáfica, lo que implicó la excavación de una pequeña cantidad de suelo alrededor de cada planta para luego aplicar los productos químicos en la zona de la raíz. Este proceso aseguró que las plantas recibieran los nutrientes de manera directa y efectiva, maximizando así su absorción y utilización por parte de las plantas como se evidencia en la **figura 13**.



**FIGURA 13.** Fertilización química edáfica (TN1)

### 2.7.2 Tratamiento de Nutrición Orgánica (TN2)

Se implementó un tratamiento de fertilización orgánica denominado TN2, exclusivamente compuesto por lombricompost, un humus de lombriz sólido altamente nutritivo. Este tratamiento

se caracterizó por su periodicidad semestral, donde se aplicó un kilogramo de lombricompost por planta. La aplicación se llevó a cabo enterrando el lombricompost en pequeños hoyos excavados alrededor de cada planta, asegurando una distribución uniforme y una absorción efectiva de nutrientes. Este enfoque de fertilización orgánica se diseñó con el propósito de promover un crecimiento saludable y sostenible de las plantas, aprovechando los beneficios nutricionales y biológicos del lombricompost como fuente de nutrientes orgánicos y microorganismos beneficiosos para el suelo.



**FIGURA 14.** Fertilización orgánica lombricompost

#### 2.7.3 Tratamiento de nutrición 3 (50% nutrición química + 50% fuente biológica (Basillus amyloliquefaciens Bs006)).

Para el tratamiento de nutrición denominado TN3, se adopta como base el uso del bioproducto Natibac, desarrollado por Agrosavia, el cual es un biofertilizante reconocido por su capacidad para promover el crecimiento vegetal. La preparación de la solución de Natibac implica la dilución de 2,5 ml del bioproducto en 97,5 ml de agua por cada planta sujeta al estudio. Este procedimiento se repite mensualmente. Además, se complementa el tratamiento con la aplicación química, que consiste en la administración de las mismas proporciones del tratamiento de nutrición TN1, a los 15 días de haber aplicado el bioproducto. Este enfoque se lleva a cabo bajo dos modalidades de tratamiento.

#### 2.7.4 Tratamiento de nutrición agricultor (Testigo)

El tratamiento de nutrición testigo, desarrollado y empleado por los agricultores locales, se centra en la técnica conocida como drench, popularmente denominada "aguatero" por los agricultores ver **figura 15**. Este enfoque tiene como objetivo principal facilitar la asimilación de nutrientes por parte de las plantas al aplicar directamente los nutrientes al suelo alrededor de las raíces en forma líquida, lo que promueve una absorción más eficiente. Al diluir los nutrientes en agua y aplicarlos en cantidades adecuadas, se logra mejorar su disponibilidad para las raíces, optimizando así su absorción y aprovechamiento por parte de la planta.



**FIGURA 15.** Fertilización química por método “aguatero”

Este método busca maximizar los beneficios nutricionales para el desarrollo saludable de los cultivos, siguiendo un esquema de fertilización establecido. Las cantidades específicas de nutrientes se diluyen en una caneca de 200 litros de agua, y luego se aplica 500 cc de la solución resultante por cada planta, siguiendo un programa adaptado a los días posteriores a la siembra como se ilustran en el anexo 10.

## **2.8 Recolección y cosecha**

La metodología de cosecha del cultivo de maracuyá se lleva a cabo con un enfoque dual, adaptado a las exigencias del mercado local y nacional, así como a los estándares requeridos para la exportación. En primer lugar, se prioriza la recolección de los frutos maduros que han caído al suelo, los cuales son destinados principalmente al mercado local y nacional. Estos frutos, aunque presentan una calidad igualmente óptima, se comercializan de manera inmediata debido a su pronta maduración.

Por otro lado, para la exportación, se realiza una cuidadosa selección de los frutos en la planta, basada en la experiencia acumulada por los agricultores de la localidad. Se realiza la selección de los frutos en un punto específico de madurez que garantiza su calidad y durabilidad durante el transporte y almacenamiento. Además, para cumplir con los requisitos sanitarios y de calidad exigidos por los mercados de exportación, los frutos seleccionados se empacan en envases especiales que protegen su integridad y frescura.

Es importante destacar que el valor del maracuyá destinado a la exportación es significativamente superior al del mercado nacional, lo que motiva a los productores a cumplir con los estándares requeridos.



**FIGURA 16.** Cosecha mercado de exportación y mercado nacional

Durante el periodo de cosecha, se realizó la recolección del cultivo por separado para las 20 plantas designadas como grupo principal en cada parcela experimental. Esta separación permitió cuantificar el rendimiento de manera precisa para cada combinación de tratamiento, asegurando un registro detallado de los resultados obtenidos en relación con la nutrición aplicada.

## 2.9 Manejo fitosanitario del cultivo

Se estableció un riguroso programa de monitoreo con intensidad quincenal, con el objetivo de evaluar la presencia y la incidencia de plagas como los trips, mosca blanca, ácaros, arañita roja, entre otras, así como enfermedades tales como Fusarium, Botritis y Antracnosis en el cultivo de maracuyá amarillo. Este enfoque proactivo permitió la detección temprana de cualquier signo de infestación o infección, facilitando la implementación de medidas preventivas o correctivas de manera oportuna.

Para llevar a cabo este monitoreo, se utilizaron técnicas específicas de muestreo y evaluación, tales como la inspección visual de las plantas (hojas, tallo, flujos de crecimiento) trampas de captura de insectos (dispuesta en todo el lote experimental) y análisis microscópicos de muestras de tejido vegetal. Además, se registraron los datos obtenidos durante cada sesión de monitoreo, lo que permitió realizar análisis retrospectivos y evaluar la efectividad de las estrategias de manejo fitosanitario a lo largo del tiempo.



**FIGURA 17.** Preparación de solución química y fumigación

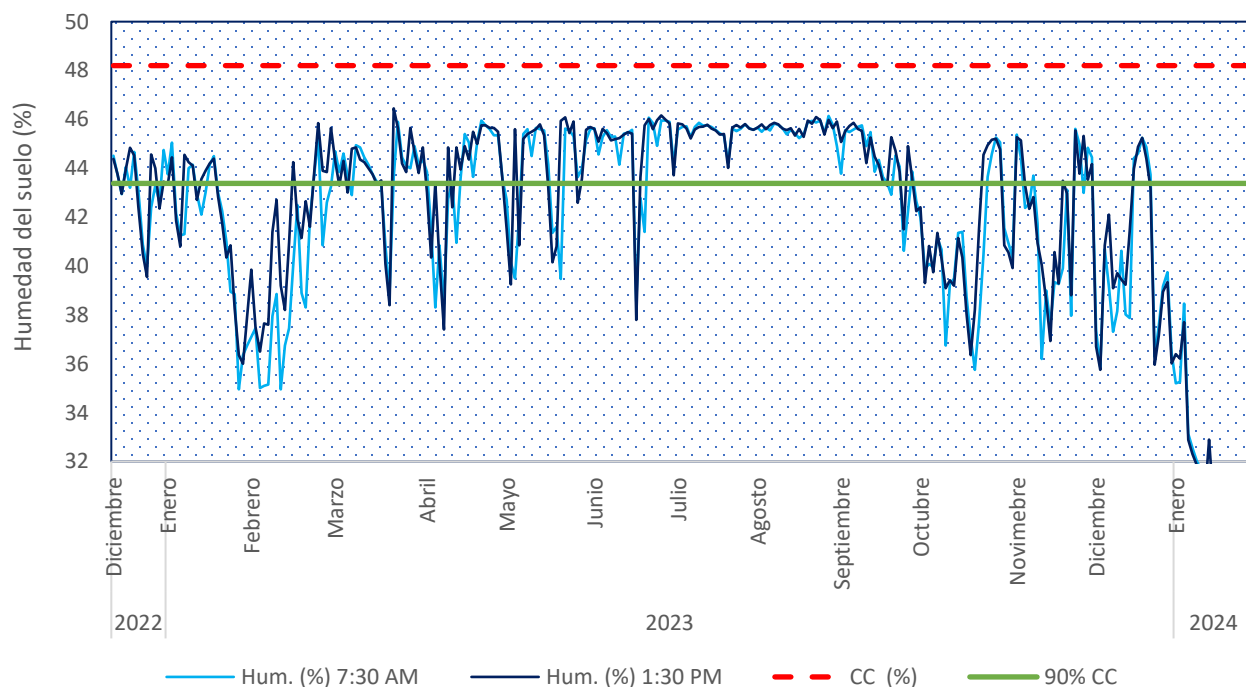
Una vez identificadas las plagas y enfermedades en el cultivo, se implementaron estrategias de control adaptadas a las características específicas de cada agente causal. Estas estrategias incluyeron tanto métodos culturales y físicos como el uso selectivo y responsable de productos fitosanitarios.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis de la humedad del suelo en tratamientos de riego: resultados de sensores de capacitancia

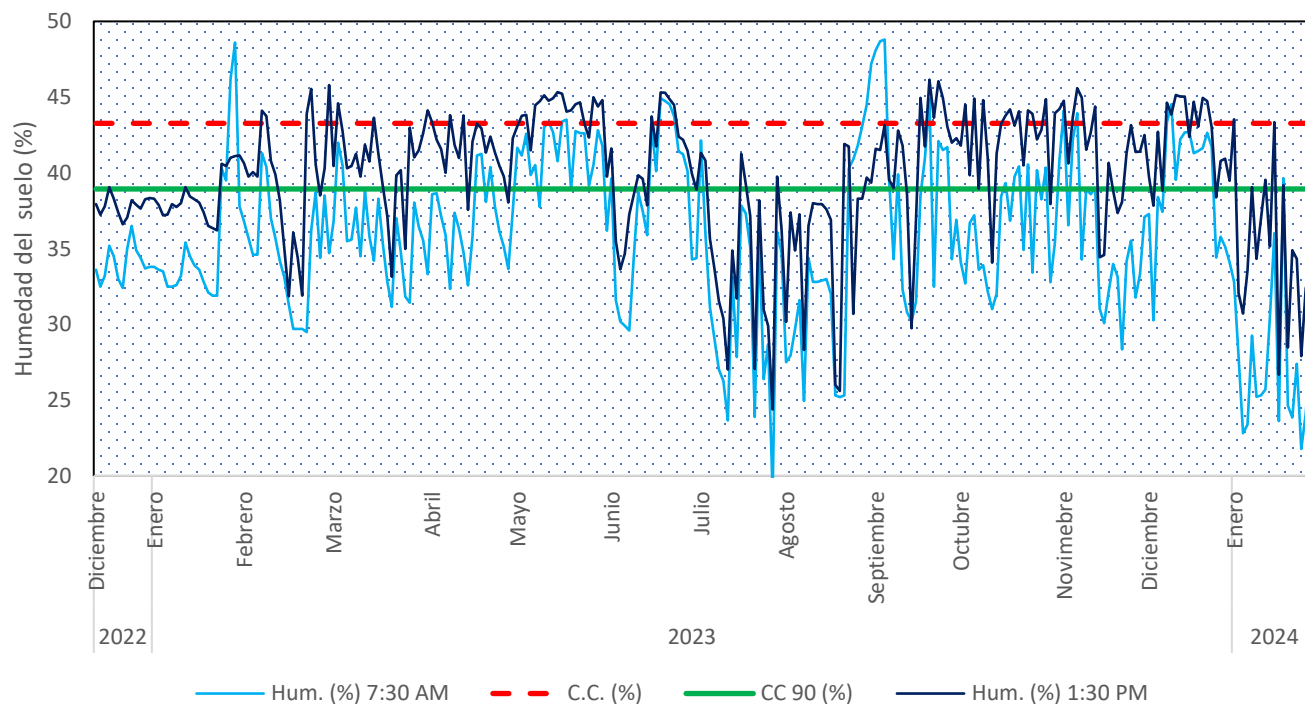
Los resultados obtenidos a partir de la información suministrada por los sensores de humedad instalados en cada tratamiento de riego, proporcionan una visión detallada del comportamiento hídrico del suelo a lo largo del tiempo del experimento. En esta sección, se presentan las mediciones de humedad registradas en tiempo real, las cuales se graficaron para facilitar la interpretación y el análisis comparativo entre los diferentes tratamientos aplicados.

La **figura 18** ilustra el comportamiento de la humedad del suelo para el tratamiento de riego 1, tal como fue registrada por los sensores de humedad instalados en el terreno. Esta gráfica se basa en las mediciones tomadas a las 7:30 a.m. y a la 1:30 p.m., horarios que coinciden con las rutinas de trabajo en el lote. Como parte de la metodología del proyecto, se contempló la revisión del estado de humedad del suelo en estos momentos específicos para determinar si era necesario aplicar riego en cada tratamiento.



**FIGURA 18.** Comportamiento de la Humedad Medida por Sensores en el TR1

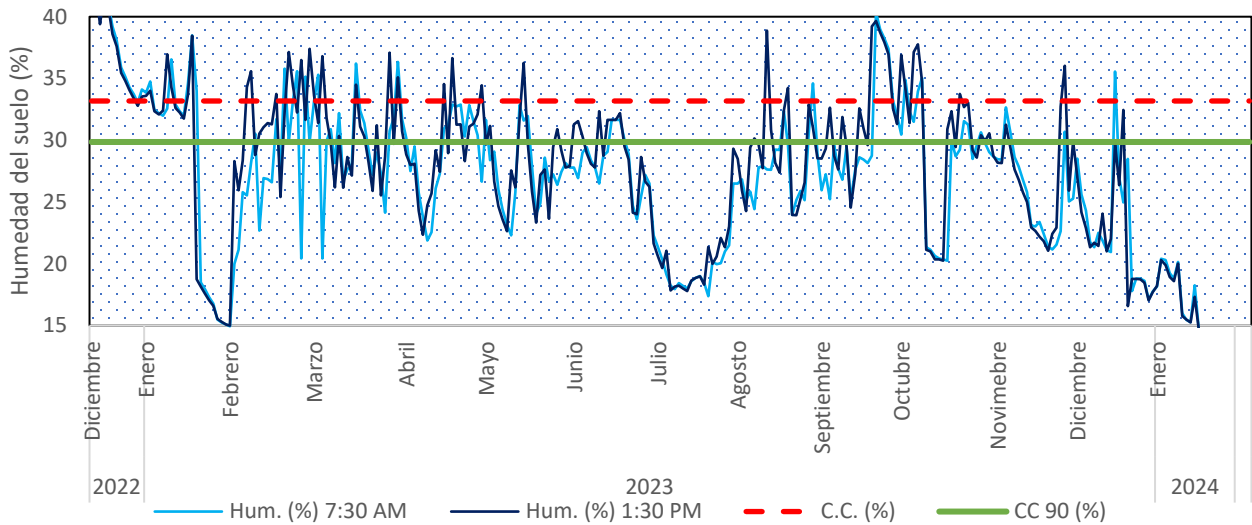
De igual manera, las **figuras 19 y 20** reflejan la humedad medida por los sensores en tiempo real para los tratamientos de riego TR2 y TR3, respectivamente. Estas gráficas evidencian la el comportamiento en la humedad según la heterogeneidad en las propiedades de cada parcela experimental, mostrando cómo las variaciones en la textura del suelo influyen en el comportamiento de la humedad. Esta diversidad en las condiciones del suelo resalta la importancia de un monitoreo continuo, ya que permite identificar las necesidades específicas de riego para cada tratamiento, optimizando así la gestión del recurso hídrico.



**FIGURA 19.** Comportamiento de la Humedad Medida por Sensores en el TR2

Adicionalmente, es importante considerar que durante ciertos períodos de la investigación se pudieron haber presentado déficits hídricos, posiblemente atribuibles a problemas en el suministro de agua en el distrito de riego, el cual experimentó varios problemas. Estas interrupciones en el flujo hídrico impactaron directamente en la disponibilidad de agua para los tratamientos.

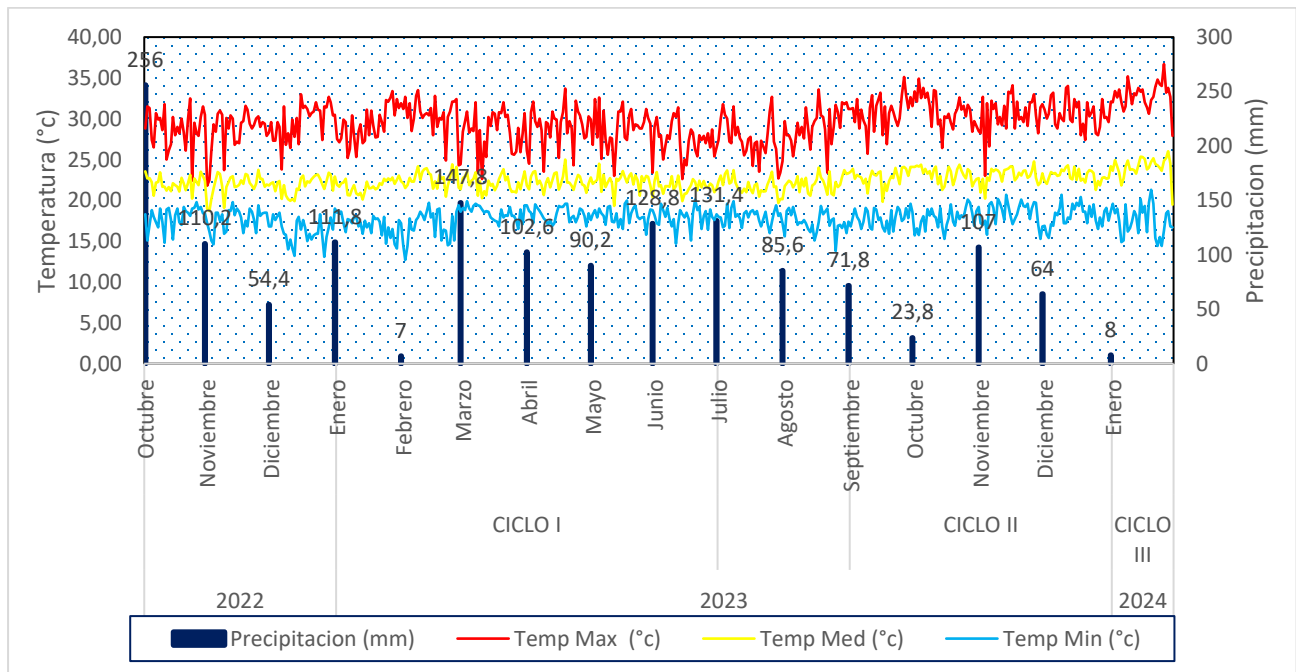
Cabe destacar que el lote experimental está ubicado adyacente al río Suaza, lo que ocasionó inundaciones parciales en momentos específicos, afectando así el comportamiento general de la humedad del suelo. Coincidentemente, el tratamiento de riego 3 es el que se encuentra más cercano al río. Se tiene conocimiento de que esta parte del lote ha experimentado inundaciones en el pasado, y durante el desarrollo del experimento se presentó una inundación moderada debido a las fuertes precipitaciones propias de la zona. Este fenómeno podría explicar algunos de los picos superiores observados en la parte superior de la capacidad de campo del lote experimental, ya que las inundaciones pueden haber influido en la distribución de la humedad en el suelo en esos momentos específicos.



**FIGURA 20.** Comportamiento de la Humedad Medida por Sensores en el TR3

### 3.2 Variables Climáticas Medidas en Zona de Cultivo.

En la **Figura 21** se ilustran las variables climáticas de temperatura máxima, media y mínima registradas durante la ejecución del proyecto, las cuales están acompañadas por la precipitación mensual acumulada. Estos datos se presentan de manera sectorizada, diferenciando claramente cada uno de los ciclos de cosecha. La visualización permite observar cómo las variaciones de temperatura y precipitación influyeron en el desarrollo del cultivo a lo largo de los distintos períodos productivos, proporcionando una representación clara y comparativa de las condiciones climáticas durante cada ciclo.



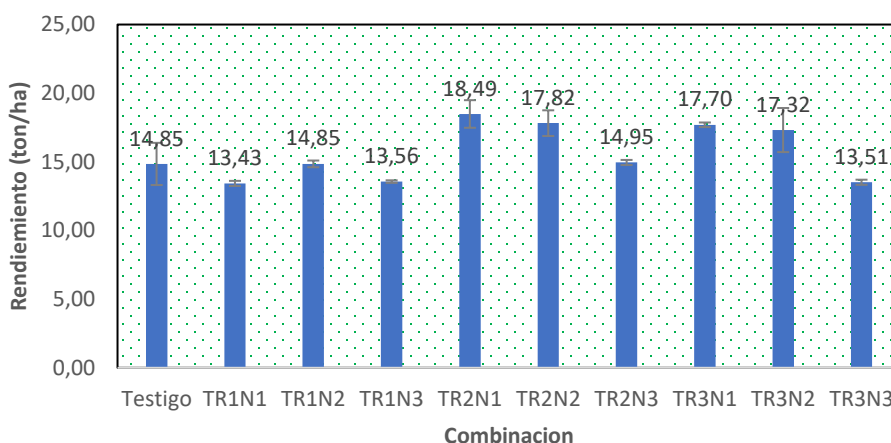
**FIGURA 21.** Variables Climáticas medidas en zona de cultivo

### 3.3 Rendimiento del maracuyá en diferentes ciclos de producción: determinación de la combinación más eficiente

Durante el desarrollo de a presente investigación se presentaron 3 tres ciclos de producción, cada uno caracterizado por su propio período de tiempo y condiciones específicas que influyeron en la calidad y cantidad de la cosecha de maracuyá. Estos ciclos se detallan en Anexo 6, la cual presenta los valores recolectados y analizados en el transcurso del estudio.

#### 3.3.1 Ciclo de producción 1.

El primer ciclo de producción se inició aproximadamente seis meses después del establecimiento del cultivo, con la primera aparición de frutos en enero de 2023. Este ciclo se extendió hasta julio del mismo año, abarcando un período de producción significativo de alrededor de 7 meses de producción en el cual se realizaron 19 recolecciones del fruto.



**FIGURA 22.** Rendimiento por cada combinación en ciclo de producción 1

Durante el primer ciclo de producción, la combinación TR2TN1 presento el rendimiento más alto con un valor de 18,49 ton/ha, seguido de cerca por las combinaciones TR2TN2, TR3TN1 y TR3TN2 con valores próximos a 18 ton/ha, mientras que el rendimiento mínimo se observó en la combinación TR1TN1 con valores inferiores a 14 ton/ha como se ilustra en la **figura 22**.

Con el objetivo identificar la mejor combinación de tratamientos de riego y nutrición que maximice el rendimiento en el cultivo evaluado. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), ver **tabla 6**, cuyos resultados indican que tanto el riego como la nutrición, y su interacción, tienen efectos significativos sobre el rendimiento del cultivo. Seguido de pruebas post hoc de Tukey, que permitieron comparar las medias de diferentes combinaciones de tratamientos.

**TABLA 6.** Efecto del riego y la nutrición en el rendimiento del cultivo de maracuyá (*Pasiflora edulis* f. *flavicarpa*) en el primer ciclo productivo 1.

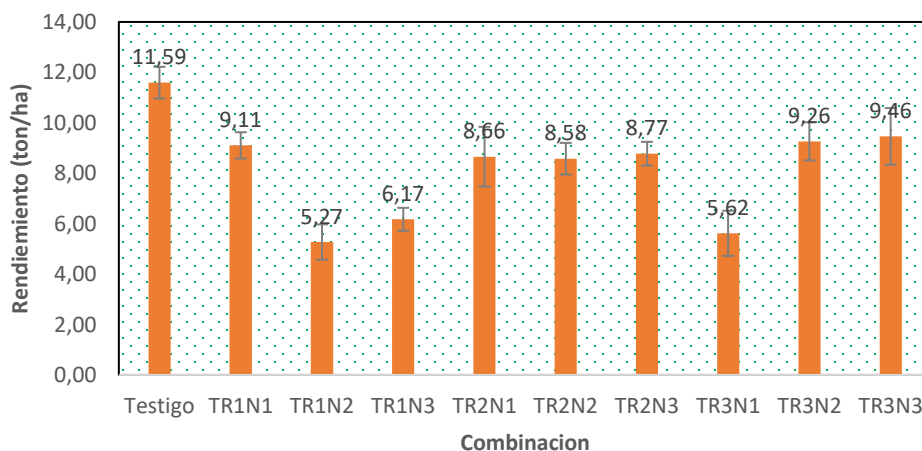
Factor	Df	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr (>F)
Riego	2	0.0000030	0.0000013	26.768	0.00000404 ***
Nutrición	2	0.0000025	0.0000012	2.180	0.000013 ***
Riego: Nutrición	4	0.0000011	0.0000002	5.059	0.00655 **
Residual	18	0.0000010	0,00000008		

\*\*Nota: \*\* Significancia estadística: \*\*\*  $p < .001$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*  $p < .05$ .

Los resultados del análisis post hoc de Tukey indican que los tratamientos de riego TR2 y TR3 presentan un rendimiento significativamente superior en comparación con TR1, con un nivel de significancia inferior al 0.01. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre TR2 y TR3, ya que el nivel de significancia fue superior al 5%. En cuanto a los tratamientos de nutrición, TN3 mostró un rendimiento significativamente menor que TN1, con un nivel de significancia inferior al 0.01, mientras que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos TN2 y TN1, con un nivel de significancia superior al 5%. Estos hallazgos sugieren que TR2 o TR3 combinados con TN1 son las opciones más efectivas para maximizar el rendimiento. La salida completa del análisis se encuentra en el Anexo 7.

### 3.3.2 Ciclo de producción 2.

Este ciclo 2 inicia luego de una poda regenerativa del cultivo realizada por los agricultores pertenecientes a la asociación ASOPROFRUT, quienes son aliados estratégicos en la realización de esta investigación. Los agricultores de ASOPROFRUT han brindado su apoyo constante y valioso durante todo el proceso, garantizando la implementación efectiva de las metodologías y el seguimiento adecuado del desarrollo del cultivo. Por otro lado, el segundo ciclo de producción tuvo lugar en los meses de septiembre y octubre de 2023. Este ciclo fue relativamente más corto en comparación con el primero, debido a la presencia de condiciones adversas, como la aparición de plagas, que afectaron la calidad del fruto y redujeron el tiempo de producción efectiva. A pesar de estas dificultades, se registró una cosecha considerable durante este período, aunque con una calidad ligeramente comprometida.



**FIGURA 23.** Rendimiento por cada combinación en ciclo de producción 2

Para este ciclo de producción, se observaron variaciones significativas en el rendimiento según las combinaciones de tratamientos aplicadas. La combinación TR3TN3 destacó como la más efectiva, alcanzando un rendimiento de 9.46 ton/ha, seguida de cerca por TR3TN2 y TR1TN1, que presentaron rendimientos de 9.26 y 9.11 ton/ha, respectivamente. Por otro lado, la combinación TR1TN2 mostró el menor rendimiento, con solo 5.27 ton/ha. Sin embargo, es importante señalar que el tratamiento testigo, manejado por los agricultores sin ninguna combinación específica, logró el mayor rendimiento del ciclo con una producción de 11.59 ton/ha. Esta información se puede visualizar en la **figura 23**, que ilustra claramente las diferencias en los rendimientos entre las distintas combinaciones y el tratamiento testigo.

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado al ciclo de producción 2 revela que el riego tuvo un efecto significativo en el rendimiento del cultivo el tratamiento de riego TR2 presenta una diferencia significativa respecto a TR1, sugiriendo que este nivel de riego podría ser más efectivo para mejorar la variable dependiente en comparación con el TR1. Sin embargo, el tratamiento TR3 no muestra una ventaja clara sobre TR1 o TR2, según los resultados de la prueba post hoc de Tukey, que se ilustra en el Anexo 8. En contraste, el factor nutrición no mostró un efecto significativo, indicando que los tratamientos de nutrición para este ciclo **NO** generaron diferencias relevantes en el rendimiento del maracuyá. Sin embargo, la interacción entre riego y nutrición si resulto ser significativa, lo que implica que la combinación de estos dos factores afecta el rendimiento de manera conjunta. La información detallada del análisis se encuentra en la **tabla 7**.

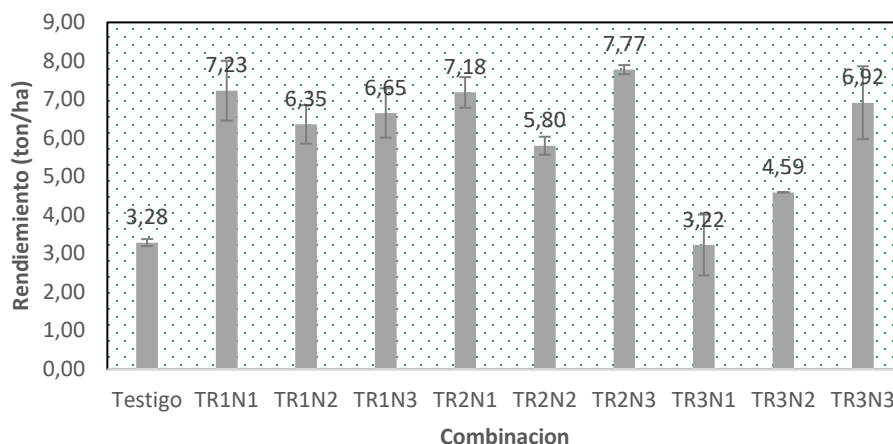
**TABLA 7.** Efecto del riego y la nutrición en el rendimiento del cultivo de maracuyá (*Pasiflora edulis* f. *flavicarpa*) en el ciclo productivo 2.

<b>Factor</b>	<b>Df</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Media de cuadrados</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
Riego	2	15.65	7.824	4.180	0.03228 *
Nutrición	2	0.94	0.470	0.251	0.78060
Riego: Nutrición	4	51.37	12.843	6.861	0.00154 **
Residual	33.69	1.872			

\*\*Nota: \*\* Significancia estadística: \*\*\*  $p < .001$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*  $p < .05$ .

### 3.3.3 Ciclo de producción 3.

Finalmente, el tercer ciclo de producción se desarrolló en los meses de enero y febrero de 2024. La cuantificación de rendimiento recolectado se evidencia en la **figura 23**, donde la combinación entre el riego y nutrición por los tratamientos TR2TN3 presento el mayor rendimiento con un valor de 7,7 (ton/ha), seguido de las combinaciones TR1TN1 Y TR2TN2 con rendimientos de 7,23 (ton/ha) y 7,18 (ton/ha) respectivamente, por otro lado, los menores rendimientos se obtuvieron en las combinaciones TR3TN1 y el tratamiento testigo, con valores inferiores a los 4 (ton/ha).



**FIGURA 24.** Rendimiento por cada combinación en ciclo de producción 3

Los resultados obtenidos de análisis de varianza ANOVA, realizado para el tercer ciclo de producción demuestran que tanto el riego como la nutrición son factores críticos que influyen en el rendimiento del cultivo de maracuyá ver **tabla 8**. La alta significancia del efecto del riego resalta la necesidad de implementar prácticas adecuadas de manejo hídrico. La interacción significativa entre riego y nutrición indica que no se debe considerar cada factor de manera aislada, por lo cual, es fundamental adoptar un enfoque integrado en el manejo agronómico para optimizar los rendimientos del maracuyá.

**TABLA 8.** Efecto del riego y la nutrición en el rendimiento del cultivo de maracuyá (*Pasiflora edulis* f. *flavicarpa*) en el primer ciclo productivo 3.

Factor	Df	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr(>F)
Riego	2	22.29	11.144	11.105	0.000722 ***
Nutrición	2	11.89	5.945	5.924	0.010548 *
Riego:Nutrición	4	16.39	4.099	4.084	0.015792 *
Residual	18	18.07	1.004		

\*\*xNota: \*\* Significancia estadística: \*\*\*  $p < .001$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*  $p < .05$ .

El análisis de las comparaciones múltiples de medias entre los tratamientos de riego y nutrición en el rendimiento del cultivo de maracuyá durante el ciclo 3 (ver anexo 9), revela información para la optimización de la producción. Los resultados indican que el tratamiento de riego TR2 no presenta diferencias significativas en comparación con TR1, lo que sugiere que TR2 es una opción viable. Sin embargo, el tratamiento TR3 se muestra claramente menos efectivo, con diferencias significativas negativas respecto a TR1 y TR2, lo que pone en duda su efectividad para maximizar el rendimiento.

En cuanto a los tratamientos nutricionales, TN3 sugiere como la opción más prometedora, mostrando un rendimiento significativamente superior tanto a TN1 como a TN2. Esta combinación de riego TR2 y nutrición TN3 se presenta como la estrategia más efectiva para mejorar el rendimiento del cultivo.

### 3.4 Análisis unificado del rendimiento del cultivo de maracuyá a lo largo de los ciclos productivos.

En este apartado de la tesis, se busca unificar el análisis de los ciclos productivos del cultivo de maracuyá, destacando la importancia del ciclo 1 debido a su duración y rendimiento. El ciclo 1, con una duración de 7 meses, presenta datos que reflejan un comportamiento notable en comparación con los ciclos 2 y 3, que son significativamente más cortos. Esta diferencia temporal no solo permite una mayor acumulación de información, sino que también ofrece un contexto más amplio para evaluar el impacto de los tratamientos de riego y nutrición aplicados.

Centrando la información en la producción acumulada como criterio para evaluar la efectividad de los tratamientos (**ver tabla 9**), los datos recopilados reflejan cómo cada combinación de riego y nutrición ha contribuido al rendimiento total, destacando la combinación generada entre el tratamiento de riego 2 y el tratamiento de nutrición 1, TR2TN1 como el más eficiente.

**TABLA 9.** Rendimiento de los Tratamientos de Riego y Nutrición en el Cultivo de Maracuyá: Comparación de los Ciclos Productivos.

Tratamiento	Rendimiento ciclo 1 (%)	Rendimiento ciclo 2 (%)	Rendimiento ciclo 3 (%)	Acumulado Producción (ton/ha)
TR2TN1	39,13%	26,54%	21,07%	34,32
TR2TN2	46,13%	16,37%	19,73%	32,19
TR2TN3	43,05%	19,59%	21,11%	31,5
TR3TN2	59,32%	27,78%	23,03%	31,17
TR3TN3	59,62%	28,71%	19,40%	29,89
TR1TN1	50,24%	29,47%	26,11%	29,76
Testigo	59,54%	18,90%	10,83%	29,73
TR3TN1	65,26%	34,89%	17,29%	26,54
TR1TN2	51,04%	35,74%	26,14%	26,47
TR1TN3	56,29%	43,93%	12,43%	26,38

La investigación desarrollada por Dorado *et al.* (2013) proporciona una base valiosa para comprender la interacción entre riego y fertilización en el cultivo de maracuyá amarillo. En su estudio, se destacó que las combinaciones de lámina 1.0 ETo con fertilización química y lámina 0.75 ETo con fertilización orgánica fueron las más productivas. En este sentido, los resultados de esta investigación guardan una relación estrecha con los hallazgos de (Dorado *et al.* 2013), ya que ambos estudios exploran cómo las diferentes combinaciones de riego y fertilización impactan en el rendimiento del cultivo. En particular, en esta investigación, el tratamiento TR2TN1 se destaca con una producción acumulada de 34.32 ton/ha, lo que lo convierte en la combinación más eficiente entre todas las evaluadas. Este rendimiento no solo es notable en el primer ciclo de producción, sino que también mantiene un nivel competitivo en los ciclos posteriores de forma similar a lo que se observó en el estudio de (Dorado *et al.* 2013).

Los resultados obtenidos en este estudio en relación con el tratamiento de riego TR2 permiten realizar una comparación con las conclusiones presentadas por (Rodríguez *et al.*, 2020b), quienes enfatizan la importancia del riego deficitario controlado (RDC) para optimizar la disponibilidad de agua y mejorar el rendimiento del cultivo. El tratamiento TR2 logró un rendimiento superior a todas las combinaciones a lo largo del ciclo productivo analizado, con un volumen de riego menor que TR3, lo que respalda la idea de que una gestión eficiente del riego puede resultar en mayores producciones sin necesidad de aplicar grandes volúmenes de agua.

Además, el tratamiento TR2TN2 registró una producción acumulada de 32.19 ton/ha, indicando que las combinaciones generadas con el tratamiento TR2 han demostrado ser altamente efectivas para maximizar la producción del cultivo de maracuyá a lo largo de los ciclos productivos analizados. Estos hallazgos destacan la importancia de integrar adecuadamente riego y nutrición para optimizar el rendimiento del cultivo, tal como sugieren las conclusiones de (Dorado *et al.*, 2013). Es notable que el régimen de riego utilizado en ambas investigaciones no correspondió al de mayor volumen de agua aplicado, lo que indica que el maracuyá amarillo puede alcanzar altos rendimientos sin necesidad de un riego excesivo.

El testigo, con una producción acumulada de 29.73 ton/ha, aunque comenzó fuerte en el ciclo 1 con un rendimiento que representa 59.54% de la producción total, no logró competir con las combinaciones más estratégicas que integran riego y nutrición adecuadamente. Al evaluar la producción acumulada, se establece que el tratamiento TR2TN1 es la combinación más efectiva para maximizar el rendimiento del cultivo de maracuyá a lo largo de los ciclos productivos analizados.

### 3.5 Análisis del volumen de riego aplicado y su relación con el rendimiento del cultivo de maracuyá amarillo.

El análisis del volumen de riego aplicado en los diferentes tratamientos durante los ciclos productivos del cultivo de maracuyá proporciona información relevante sobre la eficiencia del uso del agua y su relación con el rendimiento del cultivo como se muestra en la **tabla 10**.

**TABLA 10.** Volumen de riego aplicado en cada tratamiento en cada ciclo productivo

Ciclo	m2 tratamiento	Tratamiento	Volumen m3 aplicado	m3/ha	Lamina mm/m2 aplicados
Ciclo 1	3590	TR1	783,83	2183,38	218,34
Ciclo 1	3640	TR2	885,43	2432,49	243,25
Ciclo 1	3410	TR3	965,22	2830,56	283,06
Ciclo 1	2830	Testigo	761,51	2690,86	269,09
Ciclo 2	3590	TR1	1210,31	3371,34	337,13
Ciclo 2	3640	TR2	1248,95	3431,17	343,12
Ciclo 2	3410	TR3	1428,59	4189,43	418,94
Ciclo 2	2830	Testigo	1100,26	3887,83	388,78
Ciclo 3	3590	TR1	1162,04	3236,89	323,69

Ciclo 3	3640	TR2	1336,8	3672,52	367,25
Ciclo 3	3410	TR3	1242,25	3642,98	364,3
Ciclo 3	2830	Testigo	889,97	3144,76	314,48

A lo largo de los ciclos productivos evaluados, se observó una tendencia consistente en los volúmenes de riego aplicados en cada tratamiento. En particular, el tratamiento TR3 se destacó por utilizar el mayor volumen de agua en todos los ciclos, Por otro lado, el tratamiento **TR1** mostró ser el que recibió la menor lámina de agua aplicada a lo largo del desarrollo de la investigación.

El tratamiento TR2 se destacó como el más efectivo en términos de rendimiento acumulado en el cultivo de maracuyá a lo largo de los ciclos productivos que se evaluaron. A lo largo de los ciclos, TR2 demostró ser capaz de maximizar la producción con un volumen de riego que, aunque significativo, no fue el más alto entre los tratamientos analizados. Una de las razones clave detrás del éxito de TR2 puede atribuirse a su combinación óptima de riego y nutrición. Al aplicar un volumen adecuado de agua y utilizar estrategias nutricionales efectivas, este tratamiento logró mantener un nivel de humedad en el suelo, lo que favoreció el crecimiento y desarrollo del cultivo. La capacidad del tratamiento para retener agua, junto con la adecuada aplicación de nutrientes, permitió que las plantas accedieran a los recursos necesarios durante períodos críticos, lo que se tradujo en un rendimiento más alto.

Adicionalmente, se observó que las combinaciones generadas entre el tratamiento de riego 2 en conjunto con los tratamientos de nutrición, permitió mantener niveles óptimos de humedad en el suelo y asegurar que las plantas tuvieran acceso a los nutrientes necesarios durante períodos críticos. Esta sinergia entre riego y fertilización es consistente con las recomendaciones de los autores, quienes sugieren que una estrategia integrada es fundamental para maximizar el potencial productivo del maracuyá.

### **3.6 Análisis de costos y efectividad de los tratamientos nutricionales en el cultivo de maracuyá: evaluación del impacto económico en la producción**

El análisis de los costos por hectárea en la aplicación de tratamientos de nutrición para el cultivo de maracuyá, como se presenta en la tabla 11, ofrece una visión detallada de la inversión necesaria para la implementación de cada esquema. Los costos totales varían significativamente entre los tratamientos TN1, TN2 y TN3, con un total que oscila desde \$3.611.793 hasta \$5.042.613. Esta variabilidad puede atribuirse a las diferencias en los insumos utilizados y la mano de obra requerida para cada tipo de fertilización, tanto edáfica como foliar.

La comparación con los datos proporcionados por los agricultores locales revela diferencias notables en los costos reportados. El Agricultor 2 presenta un costo total mucho más alto que cualquier tratamiento evaluado. Esto sugiere que las prácticas de fertilización y manejo pueden diferir significativamente entre los productores, lo que indica la necesidad de un análisis más profundo sobre las técnicas aplicadas y sus respectivas eficiencias. Además, es relevante considerar que el costo de producción no solo incluye los insumos directos, sino también factores como la mano de obra y otros gastos operativos.

La implementación de una bitácora detallada ha permitido documentar cada actividad cultural, lo que facilita la identificación de oportunidades para optimizar costos y mejorar la rentabilidad del cultivo. Esta práctica se alinea con estudios previos que destacan la importancia de un control riguroso sobre los costos en el cultivo de maracuyá, donde se ha demostrado que una gestión eficiente puede aumentar significativamente los márgenes de ganancia. Por último, es crucial tener en cuenta las condiciones externas que pueden afectar tanto los costos como el rendimiento del cultivo. Problemas en el suministro hídrico y eventos climáticos extremos, como fuertes precipitaciones o inundaciones debido a la proximidad del lote al río Suaza, pueden impactar negativamente en la producción y, por ende, en la rentabilidad del cultivo.

**TABLA 11.** Costos por hectárea de implementación de esquemas de nutrición en el cultivo de maracuyá: comparativa entre tratamientos y valoración por agricultores locales.

<b>Tipo de Fertilización</b>	<b>TN1</b>	<b>TN2</b>	<b>TN3</b>	<b>Agricultor 1</b>	<b>Agricultor 2</b>	<b>Agricultor 3</b>
Edáfica	3.364.021	2.028.663	2.832.512	1.929.900	4.445.680	5.974.400
Foliar	1.678.593	1.583.129	1.876.237	915.600	3.841.660	1.119.900
<b>Total</b>	<b>5.042.613</b>	<b>3.611.793</b>	<b>4.708.749</b>	<b>2.845.400</b>	<b>8.297.340</b>	<b>7.094.300</b>

#### 4 CONCLUSIONES

- 1- La combinación del tratamiento de riego TR2 con los esquemas de nutrición evaluados evidenció un impacto significativo en el rendimiento del cultivo de maracuyá, siendo particularmente destacable el comportamiento del tratamiento TR2TN1, que alcanzó la mayor producción acumulada (34.32 ton/ha). Esta combinación, respaldada por decisiones de riego basadas en sensores de humedad, demuestra que la sincronización entre el manejo hídrico eficiente y una nutrición adecuada, puede potenciar de manera notoria la productividad del cultivo, incluso en condiciones de variabilidad edafoclimática
- 2- Al ser una fertilización a base de Lombricompost (TN2), este enfoque no solo favorece el rendimiento del cultivo, sino que también tiene beneficios a largo plazo para la salud del suelo. A diferencia de las fertilizaciones químicas, la aplicación de fertilizantes orgánicos contribuye a la mejora de la estructura del suelo, promoviendo la biodiversidad microbiana y aumentando la capacidad de retención de agua y nutrientes. De esta manera, se asegura un manejo sostenible de los recursos, reduciendo la dependencia de insumos químicos y mejorando la fertilidad del suelo a largo plazo.
- 3- En términos económicos, implementar el tratamiento de nutrición 2 (TN2) representaría un menor costo en comparación con otros esquemas de fertilización analizados. Este tratamiento no solo reduce significativamente los gastos en insumos, sino que también optimiza el uso de recursos, lo que se traduce en una mayor rentabilidad para los

agricultores. Sin embargo, es importante tener precaución al utilizar fertilización orgánica, ya que, en este estudio, se observó que el ataque de Fusarium, que afectó al lote experimental, coincidió con las aplicaciones de fertilización orgánica. Según los registros de este proyecto, los tratamientos de nutrición 2 fueron los más afectados por esta enfermedad, mientras que los tratamientos con nutrición 3, que combinan fertilización orgánica con insumos químicos, mostraron menor incidencia de Fusarium. Esto sugiere que, si bien la fertilización orgánica es beneficiosa por su bajo costo y su contribución a la mejora del suelo, debe manejarse con cuidado en condiciones de alta susceptibilidad a enfermedades. A pesar de esta advertencia, uno de los beneficios clave de la fertilización orgánica es su aplicación semestral, lo que reduce significativamente los costos logísticos y de aplicación, mejorando la eficiencia económica a largo plazo.

- 4- Llevar un registro diario en bitácoras, donde se incluyó información sobre todas las actividades en campo, tanto operativas como de investigación, permitió realizar análisis confiables sobre la información obtenida. De manera particular, la bitácora del riego, apoyada en el micromedidor de volumen, facilitó establecer con precisión el volumen de riego aplicado a cada tratamiento, contribuyendo a una mejor evaluación y gestión de los tratamientos implementados en el estudio.
- 5- La implementación de sensores de humedad tipo capacitancia ha demostrado ser una herramienta fundamental para el monitoreo en tiempo real del contenido de humedad en el suelo. Estos sensores proporcionan datos continuos y precisos (Raíces Efectivas) que permiten tomar decisiones informadas y oportunas sobre el manejo del riego, contribuyendo significativamente a la optimización del uso del recurso hídrico. Este enfoque no solo mejora la eficiencia en el riego, sino que también reduce el desperdicio de agua y asegura un suministro adecuado para el cultivo.

## **5 AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a AGROSAVIA por su apoyo en la realización de una investigación de calidad, que ha sido fundamental para el desarrollo de este trabajo. Agradezco especialmente a mi directora, Nesrine, por establecer los enlaces necesarios que facilitaron la ejecución efectiva de mi investigación, y a Camilo Jaramillo por su constante colaboración. Asimismo, agradezco a mi codirector, Marlio, por su apoyo y orientación durante este proceso.

## 6 REFERENCIAS

Agronet. (2022). Red de información y comunicación del sector agropecuario de Colombia. Recuperado el 14 de diciembre de 2023, de <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>

Bailey, M., Sarkhosh, A., Rezazadeh, A., Anderson, J., Chambers, A., & Crane, J. (2021). El maracuyá en Florida (HS1421/HS1406s). HORTICULTURAL SCIENCES DEPARTMENT.

<https://doi.org/10.32473/edis-hs1421-2021>

Basso, C., Rodríguez, G., Rivero, G., León, R., Barrios, M., & Díaz, G. (2019). Respuesta del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) a condiciones de estrés por inundación [Response of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) crop to flooding stress]. *Bioagro*, 31(3), 185-192.

Betancourt-Aguilar, C., Tartabull-Puñales, T., & Labaut, Y. (2017). El manejo integrado del agua en la agricultura: necesidad de implementación y aspectos vinculados. *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(2), 40-54. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>.

Bócoli, F. A., Marcon, J. A., Izidoro, M., Bortolon, P. T., Oliveira, S. E. R., Spalevic, V., & Souza, P. S. (2020). Bokashi use in the Passionfruit (*Passiflora edulis* L.) germination and initial growth. *Agriculture and Forestry*, 66(4), 101-111.

<https://doi.org/10.17707/AgricultForest.66.4.08>

Campos-Rodríguez, J., Acosta-Coral, K., Moreno-Rojo, C., & Paucar-Menacho, L. M. (2023). Maracuyá (*Passiflora edulis*): Composición nutricional, compuestos bioactivos, aprovechamiento de subproductos, biocontrol y fertilización orgánica en el cultivo. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 479-497.

<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.040>

Carr, M. K. V. (2013). The water relations and irrigation requirements of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims): A review. *Experimental Agriculture*, 49(4), 585-596.

<https://doi.org/10.1017/S0014479713000240>

Castro-Marcelo, J. J., Paredes-Rodríguez, C., & Muñoz-Alva, D. (2010). CULTIVO DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.). Gerencia Regional Agraria La Libertad, Trujillo-Perú. 2009, 30p

Cavalcante, I. H. L., Cavalcante, L. F., Santos, G. D. dos, Beckmann-Cavalcante, M. Z., & Silva, S. de M. (2012). Impact of Biofertilizers on Mineral Status and Fruit Quality of Yellow Passion Fruit in Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43(15), 2027-2042.

<https://doi.org/10.1080/00103624.2012.693234>

Cleves, A., Jarma, A. de J., & Fonseca, J. (2009). Manejo integrado del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) [Integrated management of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) crop]. Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba, 97. Recuperado de [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12824/44346\\_56969.pdf?sequence=1#page=98](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12824/44346_56969.pdf?sequence=1#page=98)

Dahunsi, S. O., Oranusi, S., Efevbokhan, V. E., Adesulu-Dahunsi, A. T., & Ogunwole, J. O. (2021). Crop performance and soil fertility improvement using organic fertilizer produced from valorization of *Carica papaya* fruit peel. *Scientific Reports*, *11*(1), 1-16.

<https://doi.org/10.1038/s41598-021-84206-9>

De Luna Souto, A.G., Cavalcante, L.F., de Melo, E.N., Cavalcante, Í.H.L., da Silva, R.Í.L., de Lima, G.S., Gheyi, H.R., Pereira, W.E., de Paiva Neto, V.B., de Oliveira, C.J.A., et al. (2023). Salinity and mulching effects on nutrition and production of grafted sour passion fruit. *Plants*, *12*(5), 1035.

<https://doi.org/10.3390/plants12051035>

Dulanto-Bejarano, J. A., & Aguilar-Hernández, M. (2011). Guía técnica curso - taller manejo integrado en producción y sanidad de maracuyá. Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de [https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/Maracuya/MANEJO\\_INTEGRA DO EN PRODUCCION Y SANIDAD DE MARACUYA.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/Maracuya/MANEJO_INTEGRA_DO_EN_PRODUCCION_Y_SANIDAD_DE_MARACUYA.pdf)

Espinal Aguilar, F. J. (2021). Evaluación del crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener), injertado en cinco especies de *Passiflora* L. Repositorio Universidad Nacional de Colombia. [https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/84677/E865348\\_2023.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/84677/E865348_2023.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

FAO. (2024). *Propiedades físicas* | Portal de suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

Fischer, G., & Miranda, D. (2021). Review on the ecophysiology of important Andean fruits: *Passiflora* L. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, *74*(2), 9471-9481.

<https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n2.91828>

Fischer, G., Casierra-Posada, F., & Piedrahíta, W. (2009). Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En D. Miranda (Ed.). Recuperado de [https://www.academia.edu/22335048/Ecofisiolog%C3%ADa\\_de\\_las\\_especies\\_pasiflor%C3%A1ceas\\_cultivadas\\_en\\_Colombia](https://www.academia.edu/22335048/Ecofisiolog%C3%ADa_de_las_especies_pasiflor%C3%A1ceas_cultivadas_en_Colombia)

García, M. (2010). *Guía técnica del cultivo de la maracuyá*. Programa MAG-CENTROFRUTALES. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, p. 31.

García, Y., Brito, J. J., & Rivero, J. (2012). Evaluación del efecto de dos sistemas de riego sobre el desarrollo vegetativo del cultivo de la parchita maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener) en el valle de Quíbor, Venezuela. *irriga*, 17(2), 264–273.

<https://doi.org/10.15809/irriga.2012v17n2p264>

Jara Samaniego, J., Pérez Murcia, M. D., Bustamante, M. A., Paredes, C., Pérez-Espinosa, A., et al. (2017). Development of organic fertilizers from food market waste and urban gardening by composting in Ecuador. *PLOS ONE*, 12(7), e0181621.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181621>

Jaramillo Vásquez, J., Cárdenas Rocha, J., & Orozco Ávila, J. (2009). Manual sobre el cultivo del maracuyá (*Passiflora edulis*) en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA.

[https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13329/43718\\_55460.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13329/43718_55460.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Lagos, L. O., Lama, W., Hirzel, J., Souto, C., & Lillo, M. (2017). Evaluación de riego deficitario controlado sobre la producción de kiwi (*Actinidia deliciosa*). *Agrociencia*, 51(4), 359-372.

<https://doi.org/10.29263/agrociencia.v51i4.1297>

Mahapatra, D. M., Satapathy, K. C., & Panda, B. (2022). Biofertilizers and nanofertilizers for sustainable agriculture: Phycopropects and challenges. *Science of the Total Environment*, 803, 149990.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149990>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). Evaluación de la Vigilancia Agropecuaria (EVA) 2007-2022. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>

Mora, D. P. (2011). El cultivo de Maracuyá (*Passiflora edulis*) en temporada invernal. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/a814b577-c0c0-4369-8ecd-4f01f971cf99/El-cultivo-de-maracuya-en-temporada-invernal>

Ocampo, J., Acosta-Barón, N., & Hernández-Fernández, J. (2017). Variabilidad y estructura genética del maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) en Colombia por medio de marcadores microsatélite. *Agronomía colombiana*, 35(2), 135-149.

<https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v35n2.59973>

Ocampo, J., Marín, V., & Urrea, R. (2021). Caracterización agro-morfológica del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) revela genotipos élite para un programa de mejoramiento en Colombia. *Agronomía Colombiana*, 39(1), 123-134.

<https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v39n1.90326>

Ocampo, J., Morillo Coronado, Y., Espinal, F., & Moreno, I. (2022). Tecnología para el cultivo del maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) en Colombia. Universidad Nacional de Colombia y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia Palmira. Palmira, Colombia.

Oliveira, L. F., Souza, A. G. V., Alvarenga, F. P. de, Silva, F. da C. M., Junior, J. S. do R., Amorim, V. A., Borges, L. P., & Matos, F. S. (2020). *Passiflora edulis* growth under different water regimes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(5), 335-340.

<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n5p335-340>

Posada Quintero, P. A. (2012). Estudios del comportamiento fisiológico de la semilla del maracuyá (*P. edulis* f. *flavicarpa* Degener), la granadilla (*P. ligularis* Juss.) y la gulupa (*P. edulis* f. *edulis* Sims) y zonificación agroecológica como estrategia para una Agricultura Eco-eficiente y de conservación (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21724/7510003.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rao, B. N., Jha, A. K., Deo, C., Kumar, S., Roy, S. S., & Ngachan, S. V. (2013). Effect of irrigation and mulching on growth, yield and quality of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). *International Journal of Chemical Studies*, 7(3), 1441-1445. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/282698737\\_Effect\\_of\\_irrigation\\_and\\_mulching\\_on\\_growth\\_yield\\_and\\_quality\\_of\\_passion\\_fruit\\_Passiflora\\_edulis\\_Sims](https://www.researchgate.net/publication/282698737_Effect_of_irrigation_and_mulching_on_growth_yield_and_quality_of_passion_fruit_Passiflora_edulis_Sims)

Reguengo, L. M., Salgaço, M. K., Sivieri, K., & Júnior, M. R. M. (2022). Agro-industrial by-products: Valuable sources of bioactive compounds. *Food Research International*, 152, 110871.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110871>

Rodríguez, G. A., Basso-de-Figuera, C. A., Díaz, G., & Pacheco, R. I. (2020). Riego deficitario controlado su efecto sobre la nutrición, productividad y calidad de fruta en maracuyá. *Agronomía mesoamericana: organo divulgativo del PCCMCA, Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos y Animales*, 405–418.

<https://doi.org/10.15517/am.v31i2.39647>

Rodríguez, N., Ambachew, D., Melgarejo, L. M., & Blair, M. W. (2020a). Morphological and Agronomic Variability among Cultivars, Landraces, and Genebank Accessions of Purple Passion Fruit, *Passiflora edulis* f. *edulis*. *HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science*, 55(6), 768–777.

<https://doi.org/10.21273/hortsci14553-19>

Rodríguez, G. A., Basso-de-Figuera, C. A., Díaz, G., & Pacheco, R. I. (2020b). Riego deficitario controlado su efecto sobre la nutrición, productividad y calidad de fruta en maracuyá. *Agronomía mesoamericana: organo divulgativo del PCCMCA, Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos y Animales*, 405–418.

<https://doi.org/10.15517/am.v31i2.39647>

Silva, R. L., Cavalcante, I. H. L., Lima, A. M. N., Barbosa, L. F. S., Souza, C. de, Souza, E. dos S., Lessa, T. B. da S., & Calvalcante, L. F. (2016). Effect of humic substances and nitrogen fertilization on yellow passion fruit cultivation in the Brazilian semiarid region. *African Journal of Agricultural Research*, 11(35), 3307-3313.

<https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11443>

Torrente, A., & Mujica, E. (2017). Impactos en el proceso productivo de las pasifloras y uso eficiente del agua de riego. *Revista Alfa*, 1(2), 37–49.

<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v1i2.23>

Tripathi, P. C. (2018). Passion Fruit. En Peter, K. V. (Ed.), *Horticultural Crops of high nutraceutical values* (pp. 245-270). Brillion Publishing.

UPRA. (2022). Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) Departamentales. Recuperado de <https://www.agronet.gov.co/DR/Paginas/EVADepartamentales.aspx>

Vega Orozco, G., Bautista Otálora, L., & Castillo Murcia, A. (1999). Manejo post-cosecha y comercialización de maracuyá (*Passiflora edulis* For Flavicarpa) [PDF]. Recuperado de [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/6512/1/manejo\\_postcosecha\\_y\\_comercializacion\\_de\\_maracuya.PDF](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/6512/1/manejo_postcosecha_y_comercializacion_de_maracuya.PDF)

Zambon, I., Cecchini, M., Egidi, G., Saporito, M. G., & Colantoni, A. (2019). Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a future development for SMEs. *Processes (Basel, Switzerland)*, 7(1), 36.

<https://doi.org/10.3390/pr7010036>

## ANEXO 1.

**Anexo 1.** Análisis de la Calidad del Agua del Distrito de Riego Utilizado en el Cultivo Experimental.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
RAS	mg/l	0,15
Dureza	mg/l	12,74
p H		6,45
CE	dS/m	0,04
TDS	mg/l	31,37
Boro (B)	mg/l	0,02
Calcio (Ca <sup>2+</sup> )	meq/l	0,16
Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	meq/l	0,1
Potasio (K <sup>+</sup> )	meq/l	0,08
Sodio (Na <sup>+</sup> )	meq/l	0,05
Carbonatos (CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> )	meq/l	0
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	meq/l	0,41
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	meq/l	0,1
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> )	meq/l	0,17
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>=</sup> )	mg/l	0,08
Hierro (Fe)	mg/l	<0,5

**Notas:** RAS = Relación de Adsorción de Sodio; CE = Conductividad Eléctrica; TDS = Sólidos Disueltos Totales.

## ANEXO 2.

**Anexo 2.** Resultados de Laboratorio de la Prueba de Retención de Humedad del Suelo en Cada Parcela Experimental.

	<b>Punto 0,1 bares</b>	<b>Punto 0,3 bares</b>	<b>Punto 1 bares</b>	<b>Punto 3 bares</b>	<b>Punto 15 bares</b>	<b>Densidad Aparente</b>	<b>Densidad Real</b>
<b>Identificación de la Muestra</b>	Unidad (%p/v)	Unidad (%p/v)	Unidad (%p/v)	Unidad (%p/v)	Unidad (%p/v)	Da (g/cc)	Dr (g/cc)
<b>TR1</b>	48,22	48,2	45,47	43,93	42,57	1,28	2,47
<b>TR2</b>	46,02	43,27	40,93	38,23	36,02	1,09	2,45
<b>TR3</b>	35,78	33,18	30,72	28,47	26,18	1,05	2,45
<b>TESTIGO</b>	43,53	40,56	38,48	36,28	34,25	1,4	2,51

## ANEXO 3.

**Anexo 3.** Análisis Físico del Suelo para la Determinación de la Textura mediante el Método Hidrométrico de Bouyoucos.

<b>Muestra</b>	<b>% Arena (%A)</b>	<b>% Arcilla (% Ar)</b>	<b>% Limo (%L)</b>	<b>Clase textural</b>	<b>Método</b>
TR1	16,26	51,81	30,93	Ar	Bouyoucos
TR2	14,2	61,06	24,74	Ar	Bouyoucos
TR3	35,38	29,88	34,74	F. Ar	Bouyoucos
TESTIGO	35,51	35,94	28,55	F. Ar	Bouyoucos

## ANEXO 4.

**Anexo 4.** Resultados del Análisis de Propiedades Químicas del Suelo en las Parcelas TR1 y TR2.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Muestra</b>		<b>Muestra</b>	
		<b>TR1</b>	<b>Interpretación</b>	<b>TR2</b>	<b>Interpretación</b>
pH (1:2,5)		4,91		5,11	
(CE) (1:5)	dS/m	0,47	No salino	0,24	No salino
(MO)	g/100g	2,9	Medio	2,76	Medio
(CO)	g/100g	1,68		1,6	
Fosforo (P) Disponible	mg/kg	27,37	Medio	17,29	Bajo
Azufre (S) disponible	mg/kg	8,49	Bajo	8,49	Bajo
(CICE)	cmol(+)/kg	12,17	Media	12,11	Media
Boro (B) Disponible	mg/kg	0,25	Medio	0,17	Bajo
Acidez (Al+H)	cmol(+)/kg	0,89	No indica	0,68	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	0,44	Sin restricción	0,33	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	7,52	Alto	7,76	Alto
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	3,13	Alto	3,12	Alto
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	0,44	Alto	0,36	Medio
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	0,19	Normal	0,19	Normal
Hierro (Fe) olsen Disponible	mg/kg	332,3	Alto	435,2	Alto
Cobre (Cu) olsen Disponible	mg/kg	5,89	Alto	5,96	Alto

Manganeso (Mn) olsen Disponible	mg/kg	40,52	Alto	35,12	Alto
Zinc (Zn) olsen Disponible	mg/kg	9,97	Alto	8,55	Alto
Saturación de Calcio	%	62	Alto	64	Alto
Saturación de Magnesio	%	26	Alto	26	Alto
Saturación de Potasio	%	4	Alto	3	Medio
Saturación de Sodio	%	2	Normal	2	Normal
Saturación de Aluminio	%	4	Normal	3	Normal

**Notas:** pH = Potencial de hidrogeno; CE = Conductividad Eléctrica; MO = Materia Orgánica; CICE= Capacidad de intercambio catiónico Efectiva

**ANEXO 4. Resultados de Análisis de Propiedades Químicas del suelo para las parcelas TR3 y Testigo.**

Parámetro	Unidades	Muestra		Muestra	
		TR3	Interpretación	TESTIGO	Interpretación
pH (1:2,5)		5,5		5,41	
(CE) (1:5)	dS/m	0,21	No salino	0,2	No salino
(MO)	g/100g	2,76	Medio	2,52	Medio
(CO)	g/100g	1,6		1,46	
Fosforo (P) Disponible	mg/kg	21,19	Medio	16,34	Bajo
Azufre (S) disponible	mg/kg	6,01	Bajo	5,53	Bajo
(CICE)	cmol(+)/kg	8,87	Baja	7,5	Baja
Boro (B) Disponible	mg/kg	0,21	Medio	0,19	Bajo
Acidez (Al+H)	cmol(+)/kg	ND	No Indica	0,51	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	ND	Sin restricción	0,23	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	6,35	Alto	4,56	Medio
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	2,14	Medio	2,04	Medio

Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	0,23	Medio	0,25	Medio
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	0,15	Normal	0,14	Normal
Hierro (Fe) olsen Disponible	mg/kg	226,53	Alto	261,65	Alto
Cobre (Cu) olsen Disponible	mg/kg	3,3	Alto	3,83	Alto
Manganeso (Mn) olsen Disponible	mg/kg	25,56	Alto	23,61	Alto
Zinc (Zn) olsen Disponible	mg/kg	4,88	Alto	4,43	Alto
Saturación de Calcio	%	72	Alto	61	Alto
Saturación de Magnesio	%	24	Medio	27	Alto
Saturación de Potasio	%	3	Medio	3	Medio
Saturación de Sodio	%	2	Normal	2	Normal
Saturación de Aluminio	%	0	Normal	3	Normal

**Notas:** pH = Potencial de hidrogeno; CE = Conductividad Eléctrica; MO = Materia Orgánica; CICE= Capacidad de intercambio catiónico Efectiva

## ANEXO 5.

**Anexo 5.** Características Técnicas del Bioproducto NATIBAC Aplicado en el Régimen Nutricional TN3 del Cultivo Experimental.

Nombre	Bioproducto fortalecedor vegetal Natibac <sup>®</sup> a base de Bacillus amyloliquefaciens cepa Bs006
Ingrediente activo	Esporas viables de Bacillus amyloliquefaciens cepa Bs006. Agentes estabilizadores
Presentación	Líquido concentrado para diluir en agua
Recuento directo de esporas	2x10E9 esporas/gramo
Viabilidad de esporas (%):	>90%
Pureza microbiológica (%):	>98%

pH:	7.0 – 8.0
Clase de producto:	Promotor de crecimiento vegetal o fortalecedor vegetal.
Concesión de registro de marca y logo el 30/03/2021 mediante Resolución SIC N° 18111	

## ANEXO 6.

*Anexo 6.* Valores de Rendimiento del Cultivo de Maracuyá por Combinación de Riego y Nutrición en los Diferentes Ciclos de Producción.

Tratamiento	Repetición	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
		Total (ton/ha)	Total (ton/ha)	Total (ton/ha)
Testigo	1	13,884	11,174	3,43
	2	17,857	10,78	3,12
	3	12,801	12,828	3,3
TR1N1	1	13,677	9,571	6,79
	2	13,062	8,066	8,74
	3	13,545	9,68	6,15
TR1N2	1	14,918	4,317	7,21
	2	14,399	4,86	5,47
	3	15,24	6,634	6,37
TR1N3	1	13,396	6,679	5,55
	2	13,572	6,571	6,63
	3	13,718	5,263	7,76
TR2N1	1	18,33	8,016	7,51
	2	16,831	10,948	7,64
	3	20,302	7	6,39
TR2N2	1	18,798	7,421	5,36
	2	18,709	9,572	6,16
	3	15,947	8,733	5,87
TR2N3	1	14,585	9,186	7,83
	2	15,176	9,3	7,55
	3	15,101	7,837	7,94
TR3N1	1	18,032	7,394	4,76
	2	17,559	4,908	2,76
	3	17,508	4,546	2,14
TR3N2	1	20,336	10,285	4,59
	2	16,747	9,716	4,58
	3	14,864	7,785	4,6
TR3N3	1	13,416	7,327	5,03

2	13,876	9,925	7,81
3	13,252	11,132	7,91

## ANEXO 7.

*Anexo 7.* Comparaciones Múltiples de Medias entre Tratamientos de Riego y Nutrición Tras la Aplicación de la Prueba de Tukey en el Rendimiento del Cultivo en Ciclo 1.

Comparación	Tipo	Diferencia (diff)	Límite inferior (lwr)	Límite superior (upr)	p ajustado (p adj)
TR2-TR1	Riego	0.0008118795	0.0005220731	1.101686e-03	0.0000034 ***
TR3-TR1	Riego	0.0005588186	0.0002690122	0.0008486250	0.0003094 ***
TR3-TR2	Riego	-0.000253060	-0.000542867	0.00003674551	0.0932124
TN2-TN1	Nutrición	0.00007891204	-0.000210894	0.0003687184	0.7694264
TN3-TN1	Nutrición	-0.0006119482	-0.000901754	-0.0003221418	0.0001141 ***
TN3-TN2	Nutrición	-0.0006908603	-0.000980666	-0.0004010539	0.0000271 ***

\*\*Nota: \*\* Los valores p ajustados indican significancia estadística: \*\*\* p < .001; \*\* p < .01; \* p < .05.

**Anexo 7.** Comparaciones Significativas de Interacciones entre Riego y Nutrición en el Rendimiento del Cultivo en Ciclo 1.

Comparación	Diferencia (diff)	Límite inferior (lwr)	Límite superior (upr)	p ajustado (p adj)
TR2:TN1-TR1:TN1	0.001287	0.000598	0.001977	0.000105 ***
TR3:TN1-TR1:TN1	0.001179	0.000490	0.001868	0.000309 ***
TR2:TN2-TR1:TN1	0.001173	0.000484	0.001862	0.000329 ***
TR3:TN2-TR1:TN1	0.001025	0.000335	0.001714	0.001523 **
TR1:TN2-TR2:TN1	-0.000781	-0.001471	-0.000092	0.019530 *
TR1:TN3-TR2:TN1	-0.001230	-0.001919	-0.000541	0.000185 ***
TR2:TN3-TR2:TN1	-0.000749	-0.001438	-0.000060	0.027255 *
TR3:TN3-TR2:TN1	-0.001252	-0.001941	-0.000563	0.000149 ***
TR1:TN3-TR3:TN1	-0.001122	-0.001811	-0.000433	0.000553 ***
TR3:TN3-TR3:TN2	-0.000989	-0.001678	-0.000299	0.002210 **
TR3:TN3-TR2:TN2	-0.000113	-0.00182	-0.000044	0.00047 ***

\*\*Nota: \*\* Los valores p ajustados indican significancia estadística: \*\*\* p < .001; \*\* p < .01; \* p < .05.

## ANEXO 8.

**Anexo 8.** Comparaciones Múltiples de Medias entre Tratamientos de Riego y Nutrición Tras la Aplicación de la Prueba de Tukey en el Rendimiento del Cultivo en Ciclo 2.

Comparación	Tipo	Diferencia (diff)	Límite inferior (lwr)	Límite superior (upr)	p ajustado (p adj)
TR2-TR1	Riego	1.8193094	0.1732675	3.465351	0.0290337 *
TR3-TR1	Riego	1.2641866	-0.3818552	2.910228	0.1510284
TR3-TR2	Riego	-0.5551227	-2.2011646	1.090919	0.6711275
TN2-TN1	Nutrición	-0.08965711	-1.735699	1.556385	0.9894092
TN3-TN1	Nutrición	0.34332581	-1.302716	1.989368	0.8565972
TN3-TN2	Nutrición	0.43298292	-1.213059	2.079025	0.7828125

\*\*Nota: \*\* Significancia estadística: \*\*\*  $p < .001$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*  $p < .05$ .

**ANEXO 8.** Comparaciones Múltiples de Medias entre Tratamientos de Riego y Nutrición Tras la Aplicación de la Prueba de Tukey en el Rendimiento del Cultivo en Ciclo 3.

Comparación	Tipo	Diferencia (diff)	Límite inferior (lwr)	Límite superior (upr)	p ajustado (p adj)
TR2-TR1	Riego	0.1752565	-1.030000	1.3805131	0.9271981
TR3-TR1	Riego	-1.8337704	-3.039027	-0.6285138	0.0029754 **
TR3-TR2	Riego	-2.0090268	-3.214283	-0.8037703	0.0013194 **
TN2-TN1	Nutrición	-0.2969398	-1.50219636	0.9083168	0.8063924
TN3-TN1	Nutrición	1.2356034	0.03034686	2.4408600	0.0439881 *
TN3-TN2	Nutrición	1.5325432	0.32728665	2.7377998	0.0118880 **

\*\*Nota: \*\* Significancia estadística: \*\*\*  $p < .001$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*  $p < .05$ .

**ANEXO 8.** Comparaciones Significativas de Interacciones entre Riego y Nutrición en el Rendimiento del Cultivo en Ciclo 3.

Comparación	Diferencia (diff)	Límite inferior (lwr)	Límite superior (upr)	p ajustado (p adj)
TR3:TN1-TR1:TN1	-4.006091	-6.87210	-1.14007	0.00289 **
TR3:TN1-TR2:TN1	-3.960056	-6.82607	-1.09403	0.003255 **
TR2:TN3-TR3:TN1	4.552441	1.68642	7.418451	0.000734 ***
TR3:TN3-TR3:TN1	3.694016	0.82799	6.560032	0.006389 **
TR2:TN3-TR3:TN2	3.184443	0.31842	6.050460	0.0230043*

\*\*Nota: \*\* Significancia estadística: \*\*\*  $p < .001$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*  $p < .05$ .

**ANEXO 9**

**Anexo 9.** Formato de bitácora diaria, registro de actividades.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Fecha	MES	Año	LOTE	TRATAMIENTO O NUTRICIÓN	Numero	N° Plantas	N°Plantas R1N2	Fracción del Costo	Clasificación	Actividades	Mano de obra utilizada	Unidad	Cantidad
7	8/08/2022	1	Año 1	R1, R2, R3 Y TESTIGO	TODOS	4	1362	120	0,09	3.Fertilización	Fertilización	1	Hora	2,00
8	8/08/2022	1	Año 1	R1, R2, R3 Y TESTIGO	TODOS	4	1362	120	0,09	3.Fertilización	Fertilización	1	Hora	2,00
10	9/08/2022	1	Año 1	R1, R2, R3 Y TESTIGO	TODOS	4	1362	120	0,09	3.Fertilización	Fertilización	1	Hora	4,00
21	23/08/2022	2	Año 1	R1, R2, R3 Y TESTIGO	TODOS	4	1362	120	0,09	3.Fertilización	Fertilización	1	Hora	2,00
26	29/08/2022	2	Año 1	R1, R2, R3 Y TESTIGO	TODOS	4	1362	120	0,09	3.Fertilización	Fertilización	1	Hora	2,00
31	2/09/2022	2	Año 1	R1, R2, R3 Y TESTIGO	TODOS	4	1362	120	0,09	3.Fertilización	Fertilización	1	Hora	4,00
41	9/09/2022	2	Año 1	R1, R2, R3 Y TESTIGO	TODOS	4	1362	120	0,09	3.Fertilización	Fertilización	1	Hora	1,000
42	9/09/2022	2	Año 1	R1, R2, R3 Y TESTIGO	TODOS	4	1362	120	0,09	3.Fertilización	Fertilización	1	Hora	1,000
43	9/09/2022	2	Año 1	R1, R2, R3 Y TESTIGO	TODOS	4	1362	120	0,09	3.Fertilización	Fertilización	1	Hora	1,000
56	19/09/2022	2	Año 1	R1, R2, R3 Y TESTIGO	TODOS	4	1362	120	0,09	3.Fertilización	Fertilización	1	Hora	2,50
57	19/09/2022	2	Año 1	R1, R2, R3 Y TESTIGO	TODOS	4	1362	120	0,09	3.Fertilización	Fertilización	1	Hora	2,50
				R1, R2, R3 Y TESTIGO										

**ANEXO 10.**

**Anexo 10.**Esquema de fertilización lote testigo “agricultor”

<b>Días después de la siembra</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosis (Kg)</b>
30	Triple 20	5
	DAP	5
40	Urea	2
	DAP	8
50	Urea	2
	DAP	8
60	Urea	6
	DAP	24
	Nitrato de Potasio	6
70	Urea	6
	DAP	21
	Magnesio	6
80	Urea	6
	DAP	21
	Magnesio	6
90	Urea	6
	DAP	21
	Magnesio	6
	Potasio	6
100	Urea	6
	DAP	21
	Magnesio	6
	Potasio	6

## Carta de autorización para la publicación de obra (s) en la Biblioteca Agropecuaria de Colombia, de la Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA

Señores  
**Biblioteca Agropecuaria de Colombia**


Por medio del presente documento, como propietario de los derechos de autor de la obra **Evaluación de la mejor respuesta en términos del rendimiento de cultivo de maracuyá respecto a la combinación del manejo de riego y la nutrición en condiciones de déficit hídrico**, me permito AUTORIZAR su reproducción, puesta a disposición y/o comunicación pública en la Biblioteca Digital Agropecuaria de Colombia, perteneciente a AGROSAVIA. De igual manera, garantizo que soy propietario de los derechos de esta obra y por tanto puedo otorgar la presente autorización.

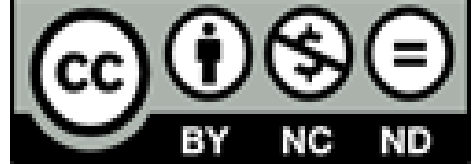




La presente autorización contempla la posibilidad de incluir la(s) publicación(es) en las plataformas de información que administra AGROSAVIA (como SIEMBRA y BAC, para todos los territorios del mundo y por el tiempo máximo que permita la ley. (marque con una x la opción correspondiente):

- a. ( ) autorizando su reproducción y comunicación pública en medio digital
- b. (X) autorizando que sea publicado con una licencia Creative Commons

Nota: La Biblioteca Agropecuaria de Colombia - BAC sugiere la licencia Creative Commons Atribución – No comercial – Compartir igual para sus publicaciones.

En caso de autorizar la opción B, declaro que conozco las licencias Creative Commons (Más información en <http://co.creativecommons.org/>). No obstante, teniendo en cuenta mis intereses para revisión y posible utilización en mis publicaciones, según mis intereses de divulgación, por lo cual selecciono a continuación:

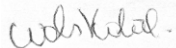
Marque con una X	LICENCIA	DESCRIPCIÓN
X		<b>Atribución – No comercial – Compartir igual:</b> Esta licencia permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de tu obra de modo no comercial, siempre y cuando te den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

		<p>La licencia <b>Atribución – No comercial – Sin Derivar</b>, es la más restrictiva de las seis licencias principales; sólo permite que otros puedan descargar las obras y compartirlas con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se pueden cambiar de ninguna manera ni se pueden utilizar comercialmente.</p>
		<p><b>Atribución:</b> Esta licencia permite a otros distribuir, mezclar, ajustar y construir a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre que le sea reconocida la autoría de la creación original. Esta es la licencia más servicial de las ofrecidas. Recomendada para una máxima difusión y utilización de los materiales sujetos a la licencia.</p>
		<p><b>Atribución – Sin Derivar:</b> Esta licencia permite la redistribución, comercial o no comercial, siempre y cuando la obra circule íntegra y sin cambios, dándote crédito.</p>
		<p><b>Atribución – No comercial:</b> Esta licencia permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de tu obra de manera no comercial y, a pesar de que sus nuevas obras deben siempre mencionarte y mantenerse sin fines comerciales, no están obligados a licenciar sus obras derivadas bajo las mismas condiciones.</p>
		<p><b>Atribución – Compartir igual:</b> Esta licencia permite a otros remezclar, retocar, y crear a partir de tu obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando te den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. Esta licencia suele ser comparada con las licencias “copyleft” de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la tuya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial. Esa es la licencia que usa Wikipedia, y se recomienda para materiales que se beneficiarían de incorporar contenido de Wikipedia y/o proyectos con licencias similares.</p>

Declaro que el uso de las Licencias Creative Commons es de mi responsabilidad exclusiva, por lo tanto, se exime a AGROSAVIA de toda responsabilidad por el uso y tratamiento de la información, así como respecto del uso y destino que le dé a la Licencia.

La presente autorización no implica transferencia de los derechos de autor y adicionalmente garantiza, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993 y 30 de la Ley 23 de 1982, la mención del nombre del autor.

Atentamente,



Nombre: ILDER HERNAN VIDAL ZEA  
C.C.:1075320782

