

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**Efecto de distanciamientos de siembra en el rendimiento de  
cúrcuma (*Cúrcuma longa* L) en condiciones edafoclimáticas del  
distrito de Chanchamayo**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Agrónomo**

**Autores:**

**Bach. Vilma Hortencia ALIAGA DE LA O**

**Bach. Licia Rosicella FLORECIN SÁNCHEZ**

**Asesor:**

**Mag. Karina Jessica MARMOLEJO GUTARRA**

**La Merced – Perú – 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**Efecto de distanciamientos de siembra en el rendimiento de  
cúrcuma (*Cúrcuma longa* L) en condiciones edafoclimáticas del  
distrito de Chanchamayo**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Luis Antonio HUANES TOVAR**  
**PRESIDENTE**

---

**Dr. Carlos Alberto LEON YUCRA**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Carlos RODRIGUEZ HERRERA**  
**MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 096-2023/UIFCAA/V**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por

**ALIAGA DE LA O, Vilma Hortencia  
FLORECIN SÁNCHEZ, Licia Rosicella**

Escuela de Formación Profesional  
**Agronomía – La Merced**

Tipo de trabajo

**Tesis**

**“Efecto de distanciamientos de siembra en el rendimiento de cúrcuma  
(*Cúrcuma longa* L) en condiciones edafoclimáticas del distrito de  
Chanchamayo”**

Asesor

**Mag.Marmolejo Gutarra, Karina Jessica**

Índice de similitud

**13%**

Calificativo

**APROBADO**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti plagio.

Cerro de Pasco, 13 de octubre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**Dr. Luis A. Huanes Tovar**  
*Director*

c.c. Archivo  
LHT/UIFCAA

## **DEDICATORIA**

A Dios, por guiarme en el camino correcto,  
sin abandonarme, dándome salud y  
permitirme alcanzar mis metas como  
persona y como profesional.

A mis padres, Ciro y Adela, que con amor,  
esfuerzo, sacrificio y comprensión han  
sabido guiarme por el sendero del bien, la  
superación y la profesión.

### **LICIA**

A mi hijo Gustavo, por su apoyo y su  
soporte durante todo el tiempo de  
desarrollo de este trabajo y de todos los  
días, por quien lucho día a día para ser  
mejor.

A mis hermanos quienes me apoyaron todo  
el tiempo.

A mis maestros quienes nunca desistieron  
al enseñarme, depositando su esperanza  
en mí.

Al Centro Internacional de la Papa, pues es  
a ellos a quienes se las debo por su apoyo  
incondicional.

### **VILMA**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi sincero reconocimiento a todas las personas e instituciones que han contribuido en la cristalización del presente trabajo de investigación, particularmente:

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía – Filial La Merced; por haberme albergado y haber hecho posible nuestra formación académica a través de las enseñanzas impartidas por los docentes.

Especialmente a la Mg. Karina Jessica Marmolejo Gutarra, asesora del presente trabajo de tesis, quien de manera desinteresada y generosa ha guiado por alcanzar nuestros objetivos.

Al Mg.Sc. Luis Felipe Córdova Meza, por haber fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida.

Al Ing. Carlos Alberto Zambrano Poma, por su tiempo, su guía y sus consejos en el desarrollo del presente trabajo.

A los docentes y personal administrativo de mi alma mater, quienes directamente o indirectamente apoyaron con la ejecución de la presente tesis.

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Filial La Merced ubicado en la localidad Pampas del Carmen, distrito y provincia de Chanchamayo; con el objetivo de evaluar el efecto de los distanciamientos de siembra en el rendimiento del cultivo de cúrcuma (*Cúrcuma longa* L) bajo condiciones edafoclimáticas de Chanchamayo, teniendo los siguientes tratamientos: el T1 con un distanciamiento de 0,90 m entre surcos \* 0,50 m entre golpes; el T2 con 0,70 m entre surcos \* 0.30 m entre golpes, el T3 con 0.90 m entre surcos \* 0.30 m entre golpes, el T4 con 0.70 m entre surcos \* 0.50 m entre golpes y el T5 con un distanciamiento de 0.60 m entre surcos \* 0.30 m entre golpes (testigo), las cuales fueron conducidas en un Diseño de Bloques Completamente Randomizados con cinco tratamientos (incluido el tratamiento testigo) y tres repeticiones teniendo un total de quince parcelas experimentales; los parámetros evaluados fueron: altura de planta a los 90 días después de la siembra, el número de rizomas por plantas, la longitud de rizomas (cm), el diámetro de rizomas (cm), el peso fresco de rizomas por planta (gr) y el rendimiento por hectárea (kg/ha); los resultados indican que la longitud y el diámetro de los rizomas de la cúrcuma se incrementan significativamente en los tratamientos T1 (9.00 cm y 7.20 cm), T4 (8.22 cm y 7.03 cm) y T2 (7.83 cm y 6.95 cm), respetivamente en comparación con el tratamiento testigo (T5), cuyos valores fueron 7.20 cm para la longitud y 6.25 cm para el diámetro; mientras que para la altura de planta y el número de rizomas por planta no se encontraron efectos positivos o significativos para los cinco tratamientos; en cuanto al peso fresco de rizomas por planta (en gr) el tratamiento T4 (136.78 gr) presentó un promedio significativo en comparación con el tratamiento testigo (T5) (109.09 gr); pero en el rendimiento por hectárea (kg/ha) el tratamiento testigo (6060.56 kg/ha) es superior estadísticamente a los demás tratamientos.

**Palabras clave:** Densidades de siembra, rendimiento, cúrcuma.

## ABSTRACT

The present research was conducted at the facilities of the National University Daniel Alcides Carrión, La Merced Branch, located in the Pampas del Carmen locality, Chanchamayo district and province. The aim was to evaluate the effect of planting distances on the yield of turmeric cultivation (*Curcuma longa* L) under the edaphoclimatic conditions of Chanchamayo. The following treatments were applied: T1 with a spacing of 0.90 m between rows \* 0.50 m between plants; T2 with 0.70 m between rows \* 0.30 m between plants; T3 with 0.90 m between rows \* 0.30 m between plants; T4 with 0.70 m between rows \* 0.50 m between plants; and T5 with a spacing of 0.60 m between rows \* 0.30 m between plants (control). These treatments were conducted in a Completely Randomized Block Design with five treatments (including the control) and three replications, totaling fifteen experimental plots. The evaluated parameters were: plant height at 90 days after planting, number of rhizomes per plant, rhizome length (cm), rhizome diameter (cm), fresh weight of rhizomes per plant (g), and yield per hectare (kg/ha). The results indicate that the length and diameter of turmeric rhizomes significantly increased in treatments T1 (9.00 cm and 7.20 cm), T4 (8.22 cm and 7.03 cm), and T2 (7.83 cm and 6.95 cm), respectively, compared to the control treatment (T5), which had values of 7.20 cm for length and 6.25 cm for diameter. However, no positive or significant effects were found for plant height and number of rhizomes per plant across all treatments. Regarding the fresh weight of rhizomes per plant (in g), treatment T4 (136.78 g) showed a significant average compared to the control treatment (T5) (109.09 g). However, in terms of yield per hectare (kg/ha), the control treatment (6060.56 kg/ha) statistically outperformed the other treatments.

**Keywords:** Planting densities, yield, turmeric.

## INTRODUCCIÓN

La cúrcuma o palillo (*Curcuma longa* L.) es una planta herbácea perteneciente a la familia Zingiberaceae; tiene como centro de origen a la India, considerada como un cultivo anual, tienen un crecimiento ente 60 cm y 1.20 metros de altura, con hojas que están dispuestas en forma alterna y oblicuamente erectas de color verde oscuro en el haz y verde pálido en el envés, su inflorescencia es una espiga cilíndrica de 10 a 15 cm de largo y de 5 a 7 cm de ancho.

La importancia de la cúrcuma en la actualidad radica principalmente a su gran utilidad que tiene en la gastronomía y procesamiento industrial de alimentos, en la cosmética y en la medicina; estas propiedades han generado un gran impacto sociocultural en la vida de muchas personas, provocando un incremento en la demanda de este cultivo en sus diversas presentaciones (**Esparza Zelada, 2021**); los curcuminoides, en especial la curcumina y los terpenoides, son los compuestos fitoquímicos que se encuentran en mayor cantidad en la planta, concentrándose principalmente en los rizomas, estos compuestos son responsables del olor, sabor y color característico de la especie, así como también de las propiedades farmacológicas destacándose la actividad antiinflamatoria y antioxidante, además se les atribuye propiedades antimicrobianas, antineoplásica, hepatoprotectora, antidiabética, protectora del tracto gastrointestinal y estimuladora del flujo biliar, igualmente es excelente para tratar enfermedades cardiovasculares, de la piel, neurodegenerativas y respiratorias (**Fernández Herrera, 2021**)

Actualmente la India es el mayor productor de cúrcuma, abasteciendo el 94 % de la demanda mundial, asimismo es cultivada en países como Pakistán, Bangladesh, Sri Lanka, Taiwán, China, Birmania, Indonesia, el Caribe, Jamaica, Haití, Costa Rica, Perú y Brasil; en el Perú el principal productor es la región Junín seguidos de las regiones de Huánuco, San Martín, Amazonas, Ayacucho y Cusco, teniendo un rendimiento promedio de 3.5 toneladas / hectárea (**MINAGRI - Sierra y Selva Exportadora, 2020**).

En nuestra región no existe información escrita con respecto al manejo agronómico del cultivo de cúrcuma, siendo la densidad de siembra uno de los factores agronómicos importantes en la producción de todo cultivo; el cual puede afectar las relaciones de competencia intra-específica por recursos (nutrientes del suelo, luz, agua), provocando la mortalidad, alteración de la estructura de la población de plantas y efectos compensatorios entre tamaño y densidad (**Park et al.**, 2003).

Teniendo en consideración esta falta de información nos planteamos la siguiente interrogante: ¿Cuál será el efecto de los distanciamientos de siembra en el rendimiento del cultivo de la cúrcuma (*Curcuma longa* L) bajo condiciones edafoclimáticas de Chanchamayo?

Para ello nos planteamos los siguientes objetivos:

- ✓ Evaluar el efecto de los distanciamientos de siembra de 0,9 y 0,7 metros entre surcos, 0,3 y 0,5 metros entre golpes, en la longitud y diámetro de los rizomas principales y secundarios.
- ✓ Evaluar el efecto de los distanciamientos de siembra de 0,9 y 0,7 metros entre surcos, 0,3 y 0,5 metros entre golpes, en el número de rizomas primarios y secundarios por planta.
- ✓ Determinar el efecto de los distanciamientos de siembra de 0,9 y 0,7 metros entre surcos, 0,3 y 0,5 metros entre golpes, en el peso por área experimental y estimado a hectárea.

## ÍNDICE

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCIÓN**

**ÍNDICE**

### **CAPITULO I**

#### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación .....	2
1.3.	Formulación del problema .....	3
1.3.1.	Problema general .....	3
1.3.2.	Problemas específicos .....	3
1.4.	Formulación de objetivos .....	3
1.4.1.	Objetivo general .....	3
1.4.2.	Objetivos específicos .....	3
1.5.	Justificación de la investigación .....	4
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	7

### **CAPITULO II**

#### **MARCO TEÓRICO**

2.1.	Antecedentes de estudio. ....	8
2.2.	Bases teóricas – científicas .....	11
2.3.	Definición de términos básicos .....	34
2.4.	Formulación de hipótesis .....	34
2.4.1.	Hipótesis general .....	34
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	34

2.5.	Identificación de variables .....	35
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores .....	35

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de investigación .....	36
3.2.	Nivel de investigación .....	36
3.3.	Métodos de investigación .....	36
3.4.	Diseño de la investigación .....	44
3.5.	Población y muestra .....	44
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	45
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación .....	46
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	46
3.9.	Tratamiento estadístico .....	47
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica .....	47

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	48
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	53
4.3.	Prueba de hipótesis .....	64
4.4.	Discusión de resultados.....	66

#### **CONCLUSIONES**

#### **RECOMENDACIONES**

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Necesidades nutricionales de la cúrcuma (kg/ha) y su distribución porcentual durante el ciclo del cultivo.....	21
<b>Tabla 2.</b> Composición en 100 gr., de palillo fresco (sin cáscara). .....	27
<b>Tabla 3.</b> Actividad biológica de la cúrcuma y su compuesto. ....	30
<b>Tabla 4.</b> Principales países productores en el 2018.....	32
<b>Tabla 5.</b> Ordenamiento de los tratamientos en estudio. ....	47
<b>Tabla 6.</b> Análisis de caracterización del suelo experimental. ....	49
<b>Tabla 7.</b> Datos de temperatura (°C), humedad Relativa (%) y precipitación (mm), registrados de noviembre del 2021 a julio del 2022. ....	50
<b>Tabla 8.</b> Análisis de variancia de la altura de planta. ....	53
<b>Tabla 9.</b> Prueba de Dunnett al 95 % de probabilidad de la altura de planta.....	54
<b>Tabla 10.</b> Análisis de variancia del número de rizomas por planta.....	55
<b>Tabla 11.</b> Prueba de Dunnett al 95 % de probabilidad del número de rizomas por planta.....	56
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza de la longitud de rizomas.....	57
<b>Tabla 13.</b> Prueba de Dunnett al 95 % de probabilidad de la longitud de rizomas.....	58
<b>Tabla 14.</b> Análisis de varianza del diámetro de rizomas. ....	59
<b>Tabla 15.</b> Prueba de Dunnett al 5 % de probabilidad del diámetro de rizomas. ....	60
<b>Tabla 16.</b> Análisis de varianza del peso fresco de rizomas por planta. ....	61
<b>Tabla 17.</b> Prueba de Dunnett al 5 % de probabilidad del peso fresco de rizomas por planta.....	62
<b>Tabla 18.</b> Análisis de varianza del peso fresco de rizomas por hectárea (kg/ha) .....	63
<b>Tabla 19.</b> Prueba de Dunnett al 5 % de probabilidad del peso fresco de rizomas por hectárea (kg/ha).....	64

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Sección del árbol filogenético de las Angiospermas según el Sistema de Clasificación APG IV del 2016. ....	12
<b>Figura 2.</b> Distribución pantropical de la familia Zingiberaceae según Sistemática de plantas vasculares. ....	14
<b>Figura 3.</b> Detalle del croquis del campo experimental. ....	38
<b>Figura 4.</b> Detalle de la parcela experimental del tratamiento T1. ....	39
<b>Figura 5.</b> Detalle de la parcela experimental del tratamiento T2. ....	40
<b>Figura 6.</b> Detalle de la parcela experimental del tratamiento T3. ....	41
<b>Figura 7.</b> Detalle de la parcela experimental del tratamiento T4. ....	42
<b>Figura 8.</b> Detalle de la parcela experimental del tratamiento T5. ....	43
<b>Figura 9.</b> Climograma de los meses de noviembre del 2021 a julio del 2022. ....	51
<b>Figura 10.</b> Altura de planta a los 90 días después de la siembra. ....	54
<b>Figura 11.</b> Numero de rizomas por planta. ....	56
<b>Figura 12.</b> Longitud de rizoma (cm). ....	58
<b>Figura 13.</b> Diámetro de rizomas. ....	60
<b>Figura 14.</b> Peso de rizomas por planta (gr). ....	62
<b>Figura 15.</b> Peso de rizomas por hectárea (kg/ha). ....	64

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Identificación y determinación del problema

El cultivo de cúrcuma (*Cúrcuma longa* L.), presenta una diversidad de aplicaciones en los diferentes sectores de la industria y beneficios, es una planta de la Familia Zingiberaceae originaria del sudeste asiático específicamente de la India, es conocida mundialmente como especie aromática, utilizada en la gastronomía asiática para dar un toque de color y sabor picante a los platos. Los compuestos fitoquímicos presentes en su rizoma anaranjado característico, los curcuminoides, le confieren a esta planta importantes propiedades medicinales comprobados científicamente, como la reducción de inflamación, prevención de arteriosclerosis, efectos hepatoprotectores, desordenes respiratorios y gastrointestinales, afecciones de la piel, prevención de cáncer y capacidad antioxidante (**Vistel Vigo et al.**, 2003, como se citó en **Saiz De Cos**, 2014).

Esta especie vegetal requiere de temperaturas entre 20 y 30 °C y una considerable pluviosidad para prosperar, sobre todo para los siete a diez meses de su periodo vegetativo del cultivo, necesita altos niveles de luz para crecer, por lo que se encuentra en campos abiertos. Crece mejor en suelos francos, fértiles y bien drenados con pH ligeramente ácido (5 a 6), condiciones favorables

para el desarrollo del cultivo de cúrcuma como la que, presenta Selva Central en la localidad de La Merced.

En trabajos realizados anteriormente, dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Filial la Merced, a la cúrcuma se observó con una densidad de siembra de 60 cm entre surcos y 30 cm entre plantas, los mismos que hacían notar muy saturadas las plantas, al mismo tiempo en la cosecha se observó rizomas no muy bien desarrolladas, desuniformes, con una longitud en promedio de 7 cm, el mayor porcentaje fue de tamaños pequeños a medianos (**Hilario Román, 2018**).

Por esta razón se planteó realizar la presente investigación titulada “Efecto de distanciamientos de siembra en el rendimiento de cúrcuma (*Cúrcuma longa* L) bajo condiciones edafoclimáticas del distrito de Chanchamayo, con el objetivo de Evaluar el efecto de los distanciamientos de siembra en el rendimiento del cultivo de cúrcuma (*Cúrcuma longa* L) bajo condiciones edafoclimáticas del distrito de Chanchamayo.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La presente investigación se ha delimitado en los siguientes aspectos:

### **1.2.1. Delimitación espacial.**

Esta investigación estuvo comprendida dentro de la Región Junín, Provincia de Chanchamayo, Distrito de Chanchamayo, Localidad Pampas del Carmen, dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Filial La Merced.

### **1.2.2. Delimitación temporal.**

El periodo comprendido de la investigación, corresponde a los meses de noviembre del 2021 y julio del 2022.

### **1.2.3. Delimitación social.**

Para la realización de esta investigación se trabajó con el asesoramiento de profesionales especialistas, estudiantes que proceden de hijos de agricultores que cuentan con esta especie de la cúrcuma en sus fincas.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál será el efecto de los distanciamientos de siembra en el rendimiento del cultivo de la cúrcuma (*Cúrcuma longa* L) bajo condiciones edafoclimáticas de Chanchamayo?

### **1.3.2. Problemas específicos**

¿Cuál será el efecto de los distanciamientos de siembra de 0,9 y 0,7 metros entre surcos, 0,3 y 0,5 metros entre golpes, en la longitud y diámetro de los rizomas principales y secundarios?

¿Cuál será el efecto de los distanciamientos de siembra de 0,9 y 0,7 metros entre surcos, 0,3 y 0,5 metros entre golpes, en el número de rizomas principales y secundarios por planta?

¿Cuál será el efecto de los distanciamientos de siembra de 0,9 y 0,7 metros entre surcos 0,3 y 0,5 metros entre golpes, en el peso por área experimental y estimado a hectárea?

## **1.4. Formulación de objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de los distanciamientos de siembra en el rendimiento del cultivo de cúrcuma (*Cúrcuma longa* L) bajo condiciones edafoclimáticas de Chanchamayo

### **1.4.2. Objetivos específicos**

Evaluar el efecto de los distanciamientos de siembra de 0,9 y 0,7 metros entre surcos, 0,3 y 0,5 metros entre golpes, en la longitud y diámetro de los rizomas principales y secundarios.

Evaluar el efecto de los distanciamientos de siembra de 0,9 y 0,7 metros entre surcos, 0,3 y 0,5 metros entre golpes, en el número de rizomas primarios y secundarios por planta.

Determinar el efecto de los distanciamientos de siembra de 0,9 y 0,7 metros entre surcos, 0,3 y 0,5 metros entre golpes, en el peso por área experimental y estimado a hectárea.

### **1.5. Justificación de la investigación**

Desde el punto de vista económico, en la actualidad, la cúrcuma se le utiliza como fuente de pigmentos naturales en diversos alimentos, así como en la industria de los cosméticos y en la industria textil (Downham y Collins 2000). Este uso es cada vez mayor, debido a la asociación que se hace entre los productos naturales y su posible beneficio para la salud, en contraste con el efecto tóxico de los productos elaborados por síntesis química (Bello- Pérez y Jiménez-Aparicio 2000).

También tiene efectos anticancerígenos, es capaz de reducir el crecimiento de tumores y modular los problemas secundarios asociados al cáncer como fatiga, depresión o insomnio (Witkin y LI, 2013). La cúrcuma inhibe directa e indirectamente la ciclooxigenasa-2 (COX-2), proteína crucial en la inflamación y ha sido relacionada con ciertos cánceres. En células cancerígenas, la curcumina muestra una capacidad antiinflamatoria y una reducción del crecimiento celular inhibiendo la expresión de Interleukinas IL-1  $\beta$ , IL-6 y el factor de necrosis tumoral- $\alpha$  (TNF-  $\alpha$ ) (Taylor y Leonard, 2011). La curcumina tiene una función primordial en la protección gastrointestinal: se ha visto que inhibe la activación de varios factores de transcripción que juegan un papel clave en la inflamación de los intestinos, como son el factor nuclear Kappa- $\beta$  (NF $\kappa$   $\beta$ ) o las  $\beta$ -catequinas (Taylor y Leonard, 2011).

Ha sido utilizada desde tiempos ancestrales frente a gastritis o acidez ya que ayuda a aumentar la producción de mucosa y protege las paredes del

estómago. También estimula el flujo biliar hacia el intestino, lo cual mejora la digestión de las grasas de la dieta. Se ha demostrado también que la curcumina puede prevenir la acumulación de placas beta-amiloide, que se correlaciona con la enfermedad de Alzheimer (Witkin y LI, 2013).

Desde el punto de vista alimenticio, La cúrcuma es conocida en la industria alimentaria como E-100, su resina se utiliza como agente saborizante y colorante alimenticio de color anaranjado siendo el responsable de éste la curcumina, compuesto fenólico que sirve para aromatizar y dar color a mantequillas, quesos, diversas conservas, mostaza, palomitas de maíz de colores, cereales, sopas, caldos, productos cárnicos y lácteos (BENAVIDES et al., 2010). La ingesta diaria recomendable no debe superar 1mg de curcumina/Kg de peso y 0,3 mg de cúrcuma por Kg de peso ([www.food-info.net](http://www.food-info.net)). La FDA (Food and Drug Administration) de los Estados Unidos ha declarado la curcumina como “un producto considerado seguro” (Generally Regarded as Safe, GRAS), y aceptado como colorante alimenticio y saborizante (Grynkiewicz y Slifirski, 2012). Igualmente se utiliza la oleoresina (Benavides et al., 2010), un colorante que se obtiene por extracción alcohólica (acetona, diclorometano, 1,2-dicloroetano, metanol, etanol, isopropanol y hexanos) de lípidos y aceite de los rizomas secos y molidos de la cúrcuma ([www.agro20.com](http://www.agro20.com)).

Desde el punto de vista social - tecnológico, los desafíos de la agricultura orgánica están abiertos a los productores y sin duda que uno de los más relevantes consiste en posicionar este producto en nuevos nichos de mercado a través de una adecuada campaña de comercialización, orientándose preferentemente hacia el mercado doméstico, dado que internamente queda un importante espacio de crecimiento inexplorado. Los agricultores deben cuidar sus terrenos porque es el medio que les permitirá surgir e insertarse en la actividad productiva. Una recomendación para invertir en bananos es asociarse

con un productor con experiencia (especialmente si uno no tiene experiencia en la agricultura).

Desde el punto de vista ambiental, la agricultura orgánica reduce considerablemente las necesidades de aportes externos al no utilizar abonos químicos ni plaguicidas u otros productos de síntesis. En su lugar permite que sean las poderosas leyes de la naturaleza las que incrementen tanto los rendimientos como la resistencia de los cultivos<sup>1</sup>. El uso de cobertura y abono orgánico, es una prevención de la erosión del suelo. El mantener una cobertura ayuda a reducir la erosión de dos maneras: 1) La cobertura protege el suelo del golpe de las gotas de lluvia y 2) reduce la escorrentía, incrementando la infiltración del agua en el suelo. Una de las ventajas del cultivo orgánico es que se obtiene frutos de calidad, libres de agroquímicos y sobre todo se trabaja en armonía con el medio ambiente, lo cual constituye una práctica amigable cada vez más requerida para proteger las aguas, el suelo y el aire de la contaminación (Llerena, 2016).

El rizoma de la cúrcuma fue adoptado como producto medicinal por el Comité de Productos Medicinales Herbales (Committe on Herbal Medicinal Productos-HMPC) el 12 de noviembre de 2009. Esta planta ha sido usada en multitud de sistemas de medicina tradicional (China, Hindú y Ayurvédica) para aliviar problemas digestivos, como un antiinflamatorio y en uso tópico por su capacidad de cicatrización (Blumenthal et al., 2000; Taylor y Leonard, 2011). Los responsables de la bioactividad de la cúrcuma son los curcuminoides, especialmente la curcumina, compuesto fenólico del metabolismo secundario (Witkin y LI, 2013). Existen distintas preparaciones de esta planta medicinal. Puede tomarse el rizoma en polvo o triturado en infusión, para su uso externo

---

<sup>1</sup> [https://www.ecured.cu/Agricultura\\_sostenible](https://www.ecured.cu/Agricultura_sostenible)

se realizan tinturas utilizando como disolvente etanol al 70%, o pueden realizarse extractos secos extraídos con etanol al 96%.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

El autofinanciamiento fue uno de las principales limitaciones durante la ejecución de la presente investigación, puesto que como egresados el nivel económico no permite asumir los costos que genera la ejecución de los trabajos de investigación, asimismo en el ámbito de estudio existe escasez de instituciones ligadas al sector agrario dedicadas al financiamiento de investigaciones lo cual también contribuye a esta limitación.

## TITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de estudio.

**Hilario Román**, (2018), en su trabajo de investigación titulado Caracterización morfológica del palillo (*Cúrcuma longa* L.) en Selva Central, llegaron a la siguiente conclusión; en la caracterización morfológica no se encontró variabilidad fenotípica de las 5 variables en estudio; además menciona que la accesión AOSR016, presentó el mejor rendimiento de 26.59 Tm ha<sup>-1</sup> con respecto a las demás accesiones - la accesión AOSR0016 destacó en las variables altura de planta, peso de rizomas por planta, longitud del rizoma secundarios >5 cm y número de rizomas secundarios < 5 cm con promedios de 1.37 m., 2042.0 g., 10.57 cm. y 9.55 respectivamente; las accesiones: AOSR016, SR015 y SCP0017 presentaron un buen comportamiento agronómico en rendimientos de 26.59, 21.18 y 20.90 Tm ha<sup>-1</sup> respectivamente, con el fin de ser seleccionados como accesiones potenciales para su reproducción clonal.

**Simone Luzzi et al.**, (2019), realizaron una investigación con el objetivo de evaluar la productividad de *Curcuma longa* L. sometida a densidades de siembra con diferentes tipos de rizomas, en el municipio de Maravilha – SC; el experimento se cultivó en camas, los tratamientos se dispusieron en un diseño

de bloques completos al azar, en esquema factorial (3x4), uno de los factores fue la densidad de siembra con 03 densidades (2,77; 5,55 y 11,11 rizomas/m<sup>2</sup>), el área de la parcela fue de 1,44 m<sup>2</sup>; el otro factor fue el tipo de rizoma, que estuvo compuesto por cuatro tipos de rizomas de diferentes tamaños (rizoma madre, rizoma medio, rizoma cortado y rizoma chico) y con fertilización de acuerdo a la necesidad recomendada en el análisis de suelo; las evaluaciones realizadas fueron el conteo de macollos por planta, número total de plantas viables por hectárea, masa seca y verde del rizoma y total, la altura de plantas en fase vegetativa (120 días después de la siembra) y el conteo de plantas en fase vegetativa. Los resultados obtenidos mostraron que el tipo de rizoma influye directamente en la productividad final, asimismo se destaca que se deben utilizar preferentemente rizomas madres o rizomas medianos; además concluye que la siembra de la cúrcuma se debe realizar con densidades altas, lo que permite optimizar el área y aumentar la productividad.

**Soto et al.**, (2004), estudiaron el efecto de la aplicación fraccionada de una dosis constante de fertilizantes (150 kg N, 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 200 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) en plantas de *Curcuma longa* en diferentes épocas de desarrollo en Guatuso, Alajuela, entre Julio del 2002 a Febrero del 2003; la densidad total fue de 47619 plantas ha<sup>-1</sup>; los tratamientos fueron dos tipos de fraccionamiento, uno iniciando a los cero días (0-30-60-90 y 0-30-60-90-120 días) y otro iniciando a los 30 días (30-60-90 y 30-60- 90-120 días); para ello se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar; los resultados obtenidos muestran que la época de aplicación produjo diferencias significativas en el rendimiento, donde los tratamientos de aplicación de fertilizantes en cuatro y cinco partes (0-30-60-90 y 0-30-60-90-120 días) empezando en la siembra, presentaron los mayores rendimientos por planta (0,408 y 0,488 kg, respectivamente), así como los mayores rendimientos por hectárea (19,3 y 23,2 t, respectivamente).

**Cecílio Filho et al.**, (2004), realizaron una investigación con el objetivo de evaluar el rendimiento de la cúrcuma en función del tiempo y la densidad de plantación, el cual fue instalado en el período de octubre de 1994 a julio de 1995, en campo, en la Universidade Federal de Lavras, en la ciudad de Lavras-MG. Los factores evaluados fueron los tiempos de plantación (20/oct, 20/nov, 20/dic y 20/ene) y el espaciamiento entre plantas en la línea de plantación (0.20; 0.35 y 0.50 m), para ello utilizaron el diseño experimental de bloques al azar, en parcela dividida, con tres repeticiones. Teniendo como resultados que la producción de rizomas por planta y por área estuvo significativamente influenciada por la interacción de los factores evaluados; donde la mayor producción por planta (673,13 g) y por área (24.678,82 kg/ha) lo obtuvieron en la siembra del 20 de noviembre y distancias entre plantas, respectivamente, de 0,36 y 0,30 m.

**Cecilio Filho & de Souza**, (1999), desarrollaron una investigación en el cultivo de cúrcuma en la Universidad Federal de Lavras (Brasil) con el objetivo de evaluar la respuesta de la planta a los factores tiempo y densidad de siembra, mediante la caracterización de los estados fenológicos, asimismo el período de crecimiento vegetativo se determinó en las etapas de premacollaje y macollaje; los resultados obtenidos mostraron un crecimiento lento de la parte aérea, en la primera etapa fue influenciado significativamente por la época de siembra, independientemente del tratamiento utilizado; la etapa de macollaje mostró mayor acumulación de biomasa debido al aporte de los macollos; del mismo modo el período de crecimiento de los rizomas estuvo muy influenciado por el momento de la siembra, los períodos más cortos de crecimiento se asociaron con siembras tardías; la extensión del período de crecimiento fue de 147, 124, 102 y 79 días para las siembras realizadas el 20 de octubre, 20 de noviembre, 20 de diciembre y el 20 de enero respectivamente, las cuales corresponden a un ciclo total de planta de 270, 240, 210 y 180 días; sólo se observó un efecto

significativo del factor densidad de siembra durante el período de crecimiento vegetativo, donde el crecimiento vegetativo corto estaba asociado a mayores densidades de siembra.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. Cúrcuma (*Curcuma longa* L.)**

#### **A. Origen y distribución**

La ubicación exacta de dónde se originó todavía está en debate (**Nair**, 2019); las evidencias etnobotánicas señalan que el uso de la cúrcuma en la India habría comenzado en la antigüedad en relación con el culto a Sakthi o el culto de la madre divina o Diosa que realizaban los pre-arios y posteriormente fue utilizado como mercancía de comercio como material colorante y condimento; de esta manera la expansión del género tuvo lugar básicamente en la región Indo – Malaya, este hecho favorecieron al sustento de la teoría del centro de diversidad y por lo tanto al origen Indo – Malayo (**Velayudhan et al.**, 2012).

Según **Nair**, (2019), la cúrcuma originaria de la India, llegó a la costa de China en el año 700 d. C., después de 100 años al África Oriental y 500 años más tarde al África occidental; los comerciantes árabes tuvieron un papel decisivo en la difusión de la planta en el continente europeo en el siglo XIII.

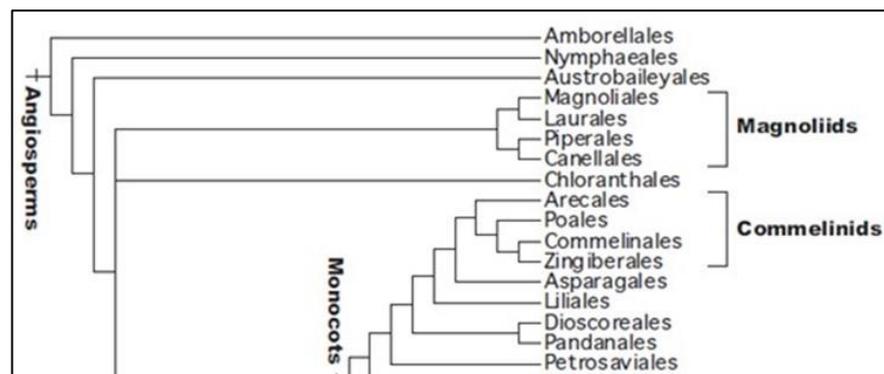
Durante la Edad Media, los comerciantes traían especias desde Asia hasta Europa a lo largo de las rutas comerciales que cruzaban Oriente Medio en caravanas de camellos cargadas de pimienta negra, clavo, canela, nuez moscada, jengibre y otras especias; sin embargo, a partir de 1470, los turcos bloquearon dichas rutas y los europeos apostaron por el océano como una vía alternativa para llegar a Asia (**Nabors**, 2006).

En la actualidad la cúrcuma se distribuye por toda la región tropical y subtropical del mundo (Verma et al., 2018); siendo ampliamente cultivada en los países como: India, China, Pakistán, Bangladesh, Vietnam, Tailandia, Filipinas, Japón, Corea, Sri Lanka, Nepal, Islas del Pacífico Sur, África Oriental y Occidental, Malasia, Islas del Caribe y Centroamérica (Sasikumar, 2005); en Latinoamérica es apreciado por su uso en el arte culinario y medicinal, además se ha naturalizado en la Amazonía creciendo semi-silvestre en selva alta y baja respectivamente (Philco Balvín, 2017).

**B. Clasificación taxonómica**

Según el árbol filogenético propuesto por el grupo de filogenia de angiospermas IV (APG IV), la cúrcuma (*Curcuma longa* L.) es una planta monocotiledónea, perteneciente al clado de las commelínidas, del orden de las Zingiberales, y a la Familia Zingiberaceae (APG IV, 2016).

**Figura 1.** Sección del árbol filogenético de las Angiospermas según el Sistema de Clasificación APG IV del 2016.



La cúrcuma silvestre se llama *C. aromatic* y la especie doméstica se llama *C. longa*. (Chattopadhyay et al., 2004).

Según GBIF Secretariat, (2022), la sinonimia que se registra para la *Curcuma longa* L. son los siguientes: *Amomum curcuma* Jacq.;

*Amomum curcuma* Murray; *Curcuma brog* Valetton; *Curcuma domestica* L.; *Curcuma domestica* Valetton; *Curcuma longa* var. *vanaharidra* Velay., Pandrav., J.K.George & Varapr.; *Curcuma ochrorhiza* Valetton; *Curcuma soloensis* Valetton; *Curcuma tinctoria* Guibourt; *Kua domestica* Medik.; *Stissera curcuma* Giseke; *Stissera curcuma* Raeusch.; *Vurcuma longa* var. *vanaharidra* Velay.

Según **Velasco Chong & Navarro Navarro**, (2013) y **Wikipedia**, (2023), los nombres comunes con los que se le conoce a la cúrcuma en diferentes países de América son: Polluelo, rizoma de curcuma, raíz de cúrcuma, turmeric, azafrán cimarrón; yuquilla (Cuba), turmérico, jengibrillo (Puerto Rico), palillo cholón, palillo chuncho, guisador, palillo, azafrán (Perú, Bolivia). Yuquilla, Camotillo (Costa Rica), Cúrcuma (Colombia), Batatilla, camotillo (El Salvador), Zibru (Panamá), Cúrcuma (en el resto de América Latina).

Según **Pinedo Panduro et al.**, (1997), en el Perú los nombres comunes de la Cúrcuma son: Palillo, guisador (español); Mandiwinshi (amahuaca); Hawahawa (ese eja); Porenki (machiguenga), Pwalojir-pagi (piro, yine); Coron (shipibo-conibo).

### **C. Descripción botánica**

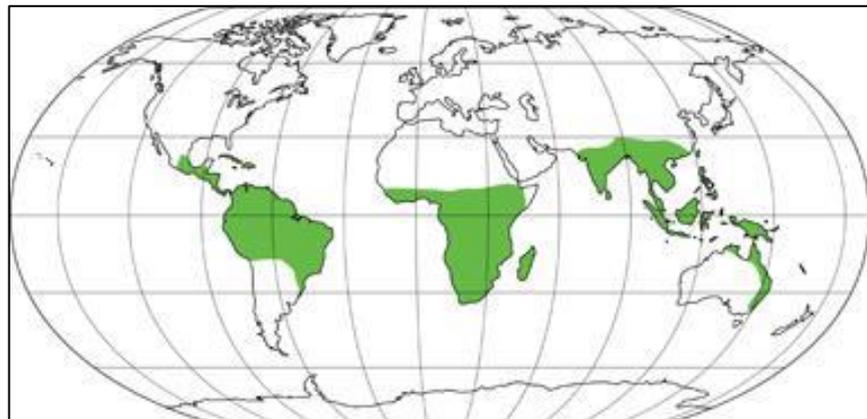
La *Curcuma longa* L. pertenece a la familia Zingiberaceae; la presente familia está compuesta por 47 géneros y 1400 especies de hierbas tropicales perennes; por lo general se encuentran conformando la flora terrestre de los sotobosques de las selvas tropicales húmedas y en las áreas con buena iluminación; las especies de esta familia se encuentran distribuidas pantropicalmente en África, Asia y América, pero con una mayor diversidad en el sudeste asiático (Figura 2) (**Nair**, 2019).

Según **Espinar Cabas**, (2021), la familia Zingiberaceae, comprende 4 subfamilias de las cuales dos de ellas son monogénicas:

- Siphonochiloideae (1 género y 15 especies, de África y Madagascar).
- Tamijoideae (1 género monoespecífico, de Borneo).
- Alpinnioideae, con rizoma carnoso y hojas perpendiculares al rizoma (Aframomum, Alpinia, Elettaria).
- Zingiberoideae, con rizoma fibroso y hojas paralelas al rizoma (Kaempferia, Curcuma y Zingiber).

**Figura 2.** Distribución pantropical de la familia Zingiberaceae según Sistemática de plantas vasculares.

(Tomado de **Fernández Herrera**, (2021).



Los géneros más representativos de esta familia y el número de especies con la que cuenta cada uno son: *Alpinia* (150), *Amomum* (120), *Zingiber* (90), *Globba* (70) y *Curcuma* (60) (**Fernández Herrera**, 2021)

La cúrcuma es una planta estéril y no produce semillas (**Verma et al.**, 2018). La cúrcuma es una especie triploide de polinización cruzada ( $2n = 3x = 63$ ), que se puede propagar vegetativamente mediante sus rizomas subterráneos; su mejora genética se limita a

la selección de genotipos, la selección de clones y el mejoramiento por mutación (**Ravindran et al.**, 2007).

**Habito;** la cúrcuma es una hierba perenne erecta, que se cultiva como anual y, en ciertos casos, también como bienal; crece hasta una altura de 120 cm, pero existen variaciones significativas en su altura, tanto entre variedades como en plantas cultivadas en diferentes condiciones agroclimáticas (**Rao et al** 2006, como se citó en **Nair**, 2019)

**Raíz;** las raíces emergen de los rizomas madres y a menudo de los dedos, y no de los dedos secundarios y terciarios; algunas de las raíces se agrandan y se vuelven carnosas debido al almacenamiento de alimentos; asimismo cumplen la función de absorción de nutrientes y agua, anclaje y almacenamiento de alimentos asimilados (**Ravindran et al.**, 2007).

**Hojas;** las hojas están dispuestas en forma alterna, oblicuamente erectas o subsésiles, con tallos largos o vainas que forman un pseudotallo o brote aéreo; su pecíolo es delgado y se ensancha abruptamente hacia la vaina; la lámina es lanceolada, acuminada y delgada, de color verde oscuro por encima y verde pálido por debajo con puntos transparentes; por lo general, miden hasta 30 cm de largo y 7 a 8 cm de ancho y rara vez superan los 50 cm de largo (**Nair**, 2019).

**Flores;** tanto el cultivar como las condiciones climáticas deciden el patrón de floración de la cúrcuma; la floración se inicia después de los 109 – 155 días de haber sido plantados; las flores nacen en cincinio de dos en las axilas y ramas, abriéndose una a la vez, el número de flores por inflorescencia oscila entre 26 y 35, son finas, texturadas y fugaces midiendo unos 5 cm de largo; la cúrcuma es

un cultivo de polinización cruzada (**Nazeem et al.** 1993, como se citó en **Nair**, 2019).

**Inflorescencia;** la inflorescencia es una espiga cilíndrica de 10 a 15 cm de largo y de 5 a 7 cm de ancho, las ramas están dispuestas en espiral y muy superpuestas, lo que le da a la inflorescencia una apariencia de cono; las ramas son adnatas en menos de la mitad de su longitud y son elípticas, lanceoladas y agudas, de 5 a 6 cm de largo y unos 2,5 cm de ancho; la inflorescencia dura alrededor de 1 a 2 semanas después de haber iniciado (**Nair**, 2019).

**Fruto y semillas;** el fruto de la cúrcuma es una cápsula trilobular con numerosas semillas ariladas; cuando están maduros tienen la apariencia de un pequeño bulbo de ajo y de color blanco. Las semillas inmaduras son de color marrón claro y las semillas maduras son de color negro parduzco, las mismas que se encuentran adheridas a la columna central dentro del fruto (**Nair**, 2019).

**Rizomas;** el rizoma es el tallo subterráneo de la cúrcuma, que se puede dividir en dos partes, el “rizoma madre” central en forma de pera y sus ramas axilares laterales conocidas como “dedos”. Como material de plantación es utilizado un dedo completo o un rizoma madre, llamado también “rizoma de la semilla”, el cual produce solo un eje principal; las yemas axilares de los nudos inferiores del “rizoma madre” se desarrollan y dan origen al primer orden de ramas, denominadas “dedos primarios”, su número varía de dos a cinco (**Nair**, 2019).

Los rizomas se agrupan en forma de dedos, alcanzando dimensiones de 8 a 10 cm de largo y con un ancho entre 5 a 10 cm, el rizoma principal o rizoma madre presenta forma aovada, carnoso, piriforme de donde se desprenden los rizomas secundarios con

menor tamaño y forma cilíndrica alargada, con apariencia arrugada, en el interior de la corteza se logra ver anillos de color naranja intenso, los cuales son ricos en aceite esenciales, ácidos orgánicos, un principio amargo, pigmentos, resinas y almidones (**Espinosa Correa, 2020**).

**Ciclo fenológico;** según **Soto et al.**, (2004), el ciclo fenológico de la cúrcuma comprende las siguientes etapas:

- Germinación: el cual se produce durante las primeras 4 semanas después de la siembra.
- Desarrollo vegetativo: esta etapa abarca los 4 primeros meses, donde cada planta produce hasta 3 tallos.
- La floración: se inicia a los 150 días, etapa en donde hay una disminución en el crecimiento de la planta, y se acelera el desarrollo de los rizomas con un aumento de la acumulación de curcumina.
- Maduración y cosecha: esta etapa ocurre entre los 6 a 7 meses donde se observa el amarillamiento de las hojas y el peciolo, estos signos nos indican que es el momento de realizar la cosecha.

#### **D. Requerimientos edafoclimáticos**

Entre los factores medioambientales que intervienen en el crecimiento y desarrollo del rizoma y las hojas de la cúrcuma son:

- **Suelo;** De preferencia requiere suelos de textura suelta con abundante materia orgánica y buen drenaje, no soporta por mucho tiempo el encharcamiento (**Pinedo Panduro et al.**, 1997). Al respecto **Sivaraman**, (2007), menciona que la cúrcuma prospera bien hasta una altitud de 1200 m.s.n.m., en suelos sueltos y friables, bien drenados, arcillosos o aluviales

con un rango de 4,3 a 7,5 de pH; en suelos gruesos o pesados el desarrollo de los rizomas se ve dificultado, asimismo es sensible a los suelos salinos o al riego con agua salina.

- **Clima;** la cúrcuma es un cultivo de las zonas tropicales y subtropicales, con temperaturas promedio de 26°C, precipitaciones pluviales entre los 800 a 3 000 mm/año (**Pinedo Panduro et al.**, 1997). Con respecto al clima **Sivaraman**, (2007), menciona que el cultivo soporta una precipitación media anual de 640 a 4200 mm y las temperaturas medias anuales óptimas comprendidas entre los 18,2 a 27,4 °C.
- **Biotopo de poblaciones naturales;** generalmente la cúrcuma habita en purmas y chacras nuevas (**Pinedo Panduro et al.**, 1997). La cúrcuma en los estados del sur de la India es cultivada como un componente en la rotación de cultivos con el arroz, caña de azúcar, algodón y plátano; también es cultivado como cultivo único o intercalado con cereales, legumbres, hortalizas, entre otros; mientas que en los estados del norte es utilizado en sistemas agroforestales (**Sivaraman**, 2007).

## **E. Manejo agronómico**

### ➤ **Preparación del terreno**

La preparación del suelo debe realizarse de 20 a 3 días antes de la siembra, ya que es un factor clave para el éxito de la producción de la cúrcuma, el cual va a permitir un adecuado crecimiento de los rizomas, además ayuda a controlar las malezas y plagas presentes en el suelo; una adecuada preparación del terreno va a consistir en una arada profunda de 30 cm o más, luego pasar la rastra para dejar el suelo sin presencia de terrones (**PROCOMER - BID**, 2020b).

## ➤ **Siembra**

La cúrcuma a pesar de ser un cultivo rizomatoso perenne, se utiliza como cultivo anual y puede ser cultivado en seco o bajo riego (**Sivaraman**, 2007); lo que le permite poder ser sembrado en cualquier época del año (**Pinedo Panduro et al.**, 1997).

Para la siembra se pueden utilizar secciones del rizoma madre que tengan un peso de 20 a 50 gramos, o los rizomas secundarios de 4 a 5 cm de largo (Soto et al., 2004). Se recomienda sembrar a una profundidad de 5 cm; antes de la siembra definitiva, es preferible hacer un pre-germinado de los rizomas, lo que ocurre en el lapso de 15 a 30 días; para poder instalar una hectárea se requiere un promedio de 300 kg de rizomas (**Pinedo Panduro et al.**, 1997).

El distanciamiento entre plantas puede estar de 30 a 40 cm, un distanciamiento menor de 30 cm afecta el crecimiento de los rizomas (**Pinedo Panduro et al.**, 1997; **Hossain et al.**, 2005). Asimismo, **Soto et al.**, (2004), recomienda una distancia de 30 cm entre plantas y 70 cm entre hileras, para obtener una densidad de 47619 plantas por hectárea; además sugiere que densidades superiores a ésta, pueden generar problema en el manejo fitosanitario.

Según **PROCOMER - BID**, (2020b), la elección del método de siembra va depender del tipo de suelo, precipitación pluvial, disponibilidad de mano de obra y equipo agrícola; los métodos de siembra son: **a)** en camas; este sistema de siembra ayuda a drenar las áreas, reduciendo los problemas de encharcamiento y por consiguiente las pudriciones de los rizomas; para ello es necesario construir camas de 75 – 100 cm de ancho por 50 – 75

cm de alto. **b)** en lomillo; la siembra en este método es utilizada en terrenos muy arcillosos o en condiciones de alta precipitación, este sistema ayuda a evitar problemas de pudriciones de los rizomas.

➤ **Fertilización**

Para implementar un programa de fertilización en un cultivo es necesario determinar la cantidad de nutrientes que absorbe la planta durante su periodo vegetativo, asimismo realizar un análisis de suelo para poder determinar su composición química. Sin embargo, **Soto et al.**, (2004), propone un programa de fertilización teniendo en cuenta una densidad de 47619 plantas / hectárea, las misma que se muestra en la tabla 1.

Asimismo, **Pinedo Panduro et al.**, (1997), menciona que se debe aplicar a los 2 meses de la siembra 66 kg de superfosfato triple de calcio, 66 kg de cloruro de potasio y 66 kg de urea por hectárea, además a los 4 meses de la siembra se recomienda aplicar 200 kg/ha, de urea.

**Tabla 1.** Necesidades nutricionales de la cúrcuma (kg/ha) y su distribución porcentual durante el ciclo del cultivo.

Aplicación (dds)	Kg/ha		
	N 150	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 120	K <sub>2</sub> O 200
0	12 %	45 %	9 %
30	34 %	27 %	10 %
60	20 %	16 %	10 %
90	20 %	6 %	26 %
120	14 %	6 %	45 %
<b>Total</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

Fuente: **Soto et al.**, (2004)

➤ **Aporque**

Según **PROCOMER - BID**, (2020b), el aporque es una práctica que se puede realizarse a los 30 y 90 días después de haber sido sembrado, durante la aplicación de los fertilizantes; sin embargo, esta labor cultural puede dejarse de lado siempre en cuando se ha realizado una adecuada preparación del terreno, o estén sembrados en camas altas o lomillos; la realización de esta labor requiere una gran cantidad de mano de obra, el cual representa un incremento en los costos de producción del cultivo.

➤ **Control de malezas**

La presencia de malezas en los campos de cultivo de cúrcuma resulta ser perjudiciales, ya que estos compiten por agua, luz y nutrientes del suelo. En relación a ello **Rana et al.**, (2017), menciona que las malezas pueden ocasionar entre un 35 a 80% de reducción en el rendimiento de la cúrcuma, teniendo como

periodo crítico los primeros 75 días; de ahí la importancia de la preparación oportuna y adecuada de los suelos como primera estrategia en el control de las malezas, otra de las estrategias es el control manual, y por último se tiene el control químico con herbicidas pre emergentes.

➤ **Enfermedades de la cúrcuma**

**Pudrición del rizoma**

**Agente causal;** Dohroo, (2007), reporta que se han encontrado tres agentes causantes de la pudrición del rizoma en las diferentes áreas de producción de la cúrcuma, las cuales son: *Pythium aphanidermatum* (Edson), en Sri Lanka (antiguamente Ceilán); el *Pythium graminicolum* Subram, en Chennai (antiguamente Madrás); *Fusarium solani*, en la zona norte de la India.

**Síntomas;** inicialmente la planta enferma presenta un amarillamiento progresivo de las hojas, que empieza por los márgenes y luego cubre toda la hoja hasta secarse; en la base de los brotes aéreos se muestran lesiones blandas, el sistema radicular se ve afectado presentando pocas raíces de color marrón en descomposición. A nivel de rizomas la pudrición es blanda y presenta diferentes tonalidades de color marrón, emitiendo un mal olor en las etapas avanzadas de la enfermedad (Dohroo, 2007).

**Control;** el control de la pudrición del rizoma se hace a través de: a) Uso de semilla sana; el mismo que se obtiene mediante la selección de rizomas sanos de áreas libres de enfermedades o mediante el cultivo de tejidos y el uso de la tecnología de microrizomas. b) la rotación de cultivos; c) variedades

resistentes; d) control químico; (**Dohroo**, 2007), e) construcción de lomillos o camas altas; para favorecer el drenaje, f) el curado de la semilla y g) la eliminación de plantas enfermas (**PROCOMER - BID**, 2020b).

### **Mancha parda de la hoja**

**Agente causal;** el agente causal es hongo *Taphrina maculans*, perteneciente a la clase Ascomycetes (**Dohroo**, 2007).

**Síntomas;** la enfermedad se caracteriza por la aparición de varias manchas en ambas caras de las hojas, siendo más numerosas en la cara superior, al principio aparecen como una decoloración de color amarillo pálido, luego se vuelven de color amarillo sucio, posteriormente se tornan más oscuras hasta un tono castaño, finalmente las hojas infectadas quedan distorsionadas con apariencia marrón rojiza en comparación con las hojas normales (**Dohroo**, 2007; **PROCOMER - BID**, 2020b).

**Control;** está basado principalmente en el uso de variedades o cultivares resistentes y el control químico con productos a base de: Metalaxil, propiconazole, clorotalonilo, carbendazina, mancozeb y propineb (**Dohroo**, 2007; **PROCOMER - BID**, 2020b).

### **Pudrición suave del rizoma**

**Agente causal;** es la bacteria del suelo Gram-negativa *Ralstonia solanacearum* (**PROCOMER - BID**, 2020b).

**Síntomas;** se caracteriza porque existe un rápido marchitamiento y muerte de la planta, los pseudotallos tienen una decoloración interna y se observa un exudado bacterial y finalmente, se observa una pudrición oscura en la parte interna del rizoma (**PROCOMER - BID**, 2020b).

**Control;** es a través de una buena preparación del suelo, en caso de presentar compactación los suelos se deben efectuar el subsolado, además realizar la construcción de lomillos o camas altas que favorezcan el drenaje, el uso de semilla sana, el curado de la semilla, la eliminación de plantas enfermas y rotación de cultivos (PROCOMER - BID, 2020b).

### **Nematodos**

**Agente causal;** Se han reportado a siete géneros de nematodos fitoparásitos ocasionando pérdidas en el rendimiento de la cúrcuma en las áreas de producción, las cuales son: *Meliodogyne* sp., *Rhadopholus* similis, *Rotylenchulus* sp., *Hoplolamus* sp., *Criconemoides* sp., *Longidoros* sp. y *Pratylenchus* sp. (Dohroo, 2007).

**Síntomas;** se caracteriza por el amarillamiento de las yemas, el cual puede causar su muerte, se produce una reducción de la producción de tallos, enanismo y formación de agallas en las raíces (PROCOMER - BID, 2020b).

**Control;** la mejor estrategia para el control de esta plaga es la prevención, la cual se inicia con un muestreo en la plantación, realizar la rotación de cultivos, eliminación de desechos de cultivo, solarización, la aplicación de nematicidas, el uso de controladores biológicos y variedades resistentes (PROCOMER - BID, 2020b).

### ➤ **Plagas de la cúrcuma**

Según Devasahayam & Abdulla Koya, (2007), el cultivo de la cúrcuma (*Curcuma longa* L.) está infestado por más de 70 especies de insectos, entre los cuales el barrenador (*Conogethes punctiferalis* Guen.) y la escama del rizoma

(*Aspidiella hartii* Sign.), ambos son los principales, tanto en campo y en almacén respectivamente. Asimismo, se han encontrado varios insectos que infestan ocasionalmente el cultivo como los comedores de hojas y savia, los barrenadores de rizomas que ocasionan daños graves en la planta. Además, se han identificado insectos plaga de los rizomas secos de la cúrcuma como son: el escarabajo del cigarrillo (*Lasioderma serricorne* Fab.), el escarabajo de la farmacia (*Stegobium paniceum* L.) y el gorgojo del grano de café (*Araecerus fasciculatus* DeG.).

➤ **Cosecha y rendimiento**

El proceso de la cosecha se inicia a los 7 meses después de la siembra, esto ocurre cuando las hojas empiezan a amarillarse, ésta actividad puede prolongarse hasta los 9 meses (**Pinedo Panduro et al., 1997**).

La cosecha de la cúrcuma puede realizarse en forma mecanizada o manual. La cosecha mecanizada se realiza con la ayuda de las cosechadoras de tubérculos, esto permite reducir los costos de mano obra. La cosecha manual se inicia con el corte al ras del suelo de las hojas y tallos, para luego extraer los rizomas del suelo con la ayuda de una pala, evitando en lo posible los cortes o golpes a los rizomas los cuales pueden producir pudriciones durante su manejo pos-cosecha (**PROCOMER - BID, 2020a**); posteriormente se hierven con el fin de desprender la cáscara exterior para exponer las yemas al sol de 5 a 7 días para el proceso de secado, finalmente el producto que se obtiene se procede a clasificar según su calidad

para ser molido y posteriormente comercializado en forma de polvo (Ríos Rivera, 2015).

Según **Pinedo Panduro et al.**, (1997), el rendimiento de la cúrcuma en el Perú es de 15 t/ha, en peso fresco y de 3 a 3.75 t/ha, en peso seco.

➤ **Post cosecha**

Según **Saiz De Cos**, (2014), la post cosecha comprende los siguientes pasos:

- a) Limpieza. Esta actividad se realiza en el campo después de haber sido cosechados los rizomas, retirando las raíces y la tierra que se encuentran adheridas.
- b) Lavado. Los rizomas se lavan con agua limpia para poder eliminar de manera definitiva la tierra de los rizomas, esto se hace en forma manual utilizando canastos, o de forma mecánica utilizando maquinas mezcladoras eléctricas.
- c) Cortado. Es la labor consiste en trocear los rizomas utilizando maquinas especiales.
- d) Secado. Es la actividad final de la post cosecha que consiste en dejar a los rizomas con una humedad del 10 al 12 %, el cual se puede efectuar de las siguientes formas:
  - Secado al sol; aprovechando la energía solar, se coloca los rizomas en pedazos sobre superficies adecuadas para lograr un secado homogéneo, mediante este método los rizomas pierden color y baja su contenido de curcumina.
  - Secado con otras fuentes de energía; se pueden deshidratar en secadores tipo SAMOA, las que son utilizadas para el secado del “cacao”, este

procedimiento tiene la ventaja de mantener el color y porcentajes adecuados de curcumina.

#### F. Composición nutricional

Dentro de los componentes nutricionales de la cúrcuma se encuentran las grasas, carbohidratos, proteínas, minerales, humedad, aceites esenciales; asimismo las hojas son una excelente fuente natural de carotenoides (**Sivakumar et al., 2022**).

**Tabla 2.** Composición en 100 gr., de palillo fresco (sin cáscara).

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR
Energía	kcal	71
Energía	kJ	298
Agua	g.	80.3
Proteínas	g.	1.3
Grasa total	g.	0.4
Carbohidratos totales	g.	16.7
Cenizas	g.	1.3
Calcio	mg.	32
Fósforo	mg.	33
Hierro	mg.	0.90
Vitamina A equivalentes totales	µg.	0
Tiamina	mg.	0.01
Riboflavina	mg.	0.05
Niacina	mg.	0.36
Vitamina C	mg.	0.00

Fuente: **Reyes García et al., (2017)**

#### G. Fitoquímica

La fitoquímica de una planta depende de la variedad, del suelo y origen geográfico, el modo de cultivo, época de cosecha, modo de extracción y método analítico que se emplee (**Espinar Cabas, 2021**). Todas las partes de la cúrcuma (raíces, tallos, hojas, flores y

semillas) contienen fitoquímicos (**Sivakumar et al.**, 2022). Entre los metabolitos secundarios que se han caracterizado en los rizomas de la cúrcuma son los compuestos fenólicos (curcuminoídes) como la curcumina y sus derivados como demetoxicurcumina, bisdemetoxicurcumina, 5'-metoxicurcumina, dihidrocurcumina y ciclocurcumina (**Omosa et al.**, 2017); Atiantonas, borneol, cariofileno, alcoholes sesquiterpénicos, aceites volátiles, ácido borásico cineol, curcuminas secundarias, dehidroturmerona, desmetoxicurcumina y  $\alpha$ -Felandreno, linalol oxalato de calcio, oleoresinas, pelimoneno,  $\alpha$ -Pinoeno, principios amargos D-Sabineno terpenos turmerona xineol y zingiberonas, almidón celulosa, grasa, proteína y resina (**Pinedo Panduro et al.**, 1997).

## H. Usos

Aunque la curcumina se aisló en el siglo XIX, los extractos de los rizomas de la cúrcuma (*Curcuma longa* L.) se han utilizado desde la época védica (**Chattopadhyay et al.**, 2004).

Según **Balakrishnan**, (2007), la cúrcuma y sus diferentes extractos tienen diversas aplicaciones debido a que presentan un carácter versátil por su naturaleza de origen vegetal, lo que le permite combinar las propiedades de una especia, un colorante alimenticio, un cosmético y un fármaco.

### a. Usos en la cosmética

El aceite de cúrcuma tiene aplicaciones cosméticas, debido a que añade un aroma particular a los perfumes y jabones (**Balakrishnan**, 2007). El uso era común en la cultura india, ya que las mujeres frotaban sus mejillas con cúrcuma para así producir un brillo dorado natural en su piel, también se ha usado tradicionalmente como colorante y tinte para el cabello, el cual

genera una variedad de colores desde el amarillo hasta el naranja intenso, también se usa en la eliminación del vello corporal, para retrasar los procesos de envejecimiento y controlar la formación de arrugas (**Fernández Herrera, 2021**).

**b. Usos en gastronomía**

La cúrcuma como especia ha sido utilizado como un aditivo alimentario para mejorar la palatabilidad, almacenamiento y conservación de alimentos, también se ha empleado como colorante en la preparación de los potajes a base de hortalizas, carnes y sopas; asimismo la oleorresina que es extraída del rizoma se utiliza en la preparación de salmuera y también en formulaciones de mayonesa y condimentos (**Fernández Herrera, 2021**).

**c. Usos en rituales y ceremonias**

En la actualidad todavía se sigue utilizando la cúrcuma en los rituales de la religión hindú, y como tinte para túnicas sagradas, siendo natural, no sintetizado y barato (**Chempakam & Parthasarathy, 2008**). A los recién nacidos se les embadurna con una pasta hecha con rizomas frescos de cúrcuma para poder aumentar su longevidad y es creencia común pensar que las personas que se apliquen en su cuerpo con esta pasta a diario están protegidas de los enemigos (**Velayudhan et al., 2012**).

**d. Usos farmacológicos**

Entre las propiedades medicinales y farmacológicas que posee la cúrcuma está la antiinflamatoria, antioxidante, hepatoprotectora, anticancerígena, antidiabética, antimicrobiana y antidepresiva además de su uso en

enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales y neurológicas (Verma et al., 2018). En la Amazonía peruana además de su uso como condimento el extracto de los rizomas es usado en el tratamiento de hepatitis, infecciones, cólicos, dolor de muela, analgésico y antiguamente en el tratamiento del Pián (cuchiipe o frambesia) proveniente de África occidental y que se difundió en la Amazonía (Velasco Chong & Navarro Navarro, 2013).

**Tabla 3.** Actividad biológica de la cúrcuma y su compuesto.

Compuesto/ extracto	Actividad biológica
Polvo de cúrcuma	Antitumoral, Antiinflamatorio y Cicatrizante Antiprotozoario
Metilcurcumina	Anti protozoario
Demetoxicurcumina y bisdemetoxicurcumina	Antioxidante
Aceite volátil	Antiinflamatorio, Antibacteriano, Antifúngico
curcumina	Antibacteriano, Antiprotozoario, Antiviral, Antitumoral y antioxidante

Fuente: Verma et al., (2018)

La presencia de los metabolitos secundarios bioactivos en los rizomas de la cúrcuma tiene una correlación con las aplicaciones medicinales, asimismo estos metabolitos secundarios se emplean comercialmente como insecticidas, fungicidas, como fragancias, saborizantes, y materiales industriales (Sarangthem & Haokip, 2010).

## **I. Producción nacional e internacional**

Existen dos tipos dominantes de cúrcuma en el mercado mundial “Madrás” y “Alleppey”; la cúrcuma Alleppey contiene aproximadamente de 3.5 a 5.5 % de aceites volátiles, y de 4.0 a 7.0 % de curcumina; mientras que el tipo Madrás contiene sólo 2 % de aceites volátiles y 2 % de curcumina (**Prasad Rout & Simental Antúnez, 2019**).

Según **MINAGRI - Sierra y Selva Exportadora, (2020)**, la India es el mayor productor de cúrcuma, abasteciendo el 94 % de la demanda mundial (unas 20 mil toneladas anualmente), otros países productores de Asia son: Pakistán, Bangladesh, Sri Lanka, Taiwán, China, Birmania e Indonesia; también se produce en el caribe, mientras que los países productores en América Latina son: Jamaica, Haití, Costa Rica, Perú y Brasil.

En la India se consume alrededor de 80 y 200 mg por día de extracto de cúrcuma y aproximadamente unas 48 mil toneladas al año (**MINAGRI - Sierra y Selva Exportadora, 2020**)

**Tabla 4.** Principales países productores en el 2018.

RK	País	Producción (t)	Área (ha)	Rendimiento (kg/ha)
1	India	893,242	172,028	51,924
2	China	533,407	47,929	111,290
3	Nigeria	369,019	71,847	51,362
4	Nepal	284,000	23,000	123,478
5	Indonesia	207,412	10,196	203,419
6	Tailandia	167,952	10,091	166,442
7	Bangladesh	79,438	9,609	82,670
8	Camerún	65,538	6,648	98,582
9	Japón	47,012	1,726	272,317
10	Filipinas	27,926	3,930	71,067
21	Perú	3,472	468	74,107

Fuente: MINAGRI - Sierra y Selva Exportadora, (2020)

En el Perú la cúrcuma se cultiva en la selva alta y baja; en condición de planta silvestre se encuentra distribuida en casi toda la selva peruana (**Pinedo Panduro et al.**, 1997); siendo la región de Junín el principal productor, seguidos de las regiones de Huánuco, San Martín, Amazonas, Ayacucho y Cusco, con un rendimiento promedio de 3.5 toneladas / hectárea (**MINAGRI - Sierra y Selva Exportadora**, 2020).

#### **2.2.1. Densidad de siembra**

La densidad de siembra se define como el número de plantas por unidad de área de terreno; el cual tiene un efecto sobre la producción del cultivo, entre los efectos es la competencia con otras plantas de la misma u otra especie con

relación a una mayor o menor eficiencia de captación de la radiación solar (**Arcila Pulgarín, 2007**).

**Park et al.**, (2003), menciona que diferentes densidades o arreglos espaciales en la siembra pueden afectar las relaciones de competencia por recursos tanto entre plantas de la misma especie (competencia intra-específica), como entre plantas de distinta especie (competencia inter-específica); en el primer caso, se pueden producir tres tipos de efectos: a) mortalidad dependiente de la densidad, b) efectos compensatorios entre tamaño y densidad y c) alteración de la estructura de la población.

Las plantas responden a las altas densidades de siembra mediante: el aumento de la altura y la longitud de los entrenudos, y la reducción del número de ramas, nudos, hojas, flores y frutos (**Arcila Pulgarín, 2007**).

Según **Arcila Pulgarín**, (2007), los factores más importantes que determinan la densidad de siembra óptima para un cultivo son:

- a) **Longitud del período de crecimiento.** Las plantas que tienen un período de crecimiento muy corto, tienen menos tiempo para alcanzar un tamaño suficiente para utilizar completamente los recursos, por consiguiente, se necesitan muchas plantas para alcanzar la máxima producción por unidad de área.
- b) **Características de la planta.** Dentro de un cultivo específico, mientras más se extienda la planta individualmente para interceptar la radiación, menor será la densidad de población.
- c) **Nivel de los recursos disponibles para el crecimiento.** En cultivos de producción reproductiva que tienen un óptimo de población más o menos crítico (aquellos en los que la curva de respuesta tiene un punto de inflexión relativamente agudo), el óptimo de población se ha observado que frecuentemente es más alto a mayor disponibilidad de recursos.

- d) **Arreglo espacial.** Un aspecto integral de la densidad de población es el arreglo espacial, es decir, el patrón de distribución de las plantas sobre el terreno; por lo que el arreglo espacial tiene menos efecto en la producción que el número de plantas.

### 2.3. Definición de términos básicos

- ✓ **Descriptores;** Describen o califican las características de las accesiones con un valor numérico, con una escala, un código o un adjetivo calificativo.
- ✓ **Densidad de siembra;** Se define como el número de plantas por unidad de área. Tiene un marcado efecto sobre la producción del cultivo y se considera como un insumo.
- ✓ **Aporque;** Es una técnica agrícola que consiste en acumular en la base de la planta, con el fin de que queden protegidas y facilite los riegos e impida el exceso de humedad.
- ✓ **Curcumina;** Es un componente de la cúrcuma, que es utilizado como un colorante alimenticio y aditivo de color amarillo.

### 2.4. Formulación de hipótesis

#### 2.4.1. Hipótesis general

Si aplicamos diferentes distanciamientos de siembra a la cúrcuma (*Cúrcuma longa* L), entonces se tendrá efecto significativo en el rendimiento en condiciones edafoclimáticas de Chanchamayo.

#### 2.4.2. Hipótesis específicas

Si sembramos a distanciamientos de 0,9 y 0,7 metros entre surcos y 0,3 y 0,5 metros entre golpes, entonces se tendrá efecto significativo en la longitud y diámetro de los rizomas.

Si utilizamos los distanciamientos de siembra de 0,9 y 0,7 metros entre surcos y 0,3 y 0,5 metros entre golpes entonces habrá efecto significativo en el número de rizomas por planta.

Si utilizamos los distanciamientos de 0,9 y 0,7 metros entre surcos; 0,3 y 0,5 metros entre golpes entonces habrá efecto significativo en el peso por área neta experimental y estimación a hectárea.

## 2.5. Identificación de variables

Los factores o variables en estudio, son los siguientes:

**Variable independiente;** Distanciamientos de siembra, los indicadores evaluados de la presente variable son:

- Distanciamientos entre surcos 0,7 m y 0,9 m.
- Distanciamientos entre golpes 0,3 m y 0,5 m.

**Variable dependiente;** Rendimiento, cuyos indicadores evaluados son:

- Número de rizomas.
- Longitud y diámetro de rizomas
- Peso de rizomas.

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN O FACTOR A MEDIR	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA
V.I. *	Es la densidad de siembra que se realizará con dos distanciamientos, tanto entre surcos como entre golpes	Son diversas labores agronómicas donde se construirán surcos con dos dimensiones en ellas se realizarán siembras con dos medidas diferentes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Distanciamiento entre surcos.</li> <li>➤ Distanciamiento entre golpes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entre surcos: 0.90 m y 0.70 m.</li> <li>➤ Entre golpes: 0.30 m. y 0.50 m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Metros</li> <li>➤ Metros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Intervalo.</li> </ul>
V.D. **	El rendimiento es el peso de los rizomas por unidad de superficie en una campaña.	El rendimiento de los rizomas estará en función del número, longitud y diámetro de los mismos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rizomas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Número</li> <li>➤ Longitud</li> <li>➤ Diámetro</li> <li>➤ Peso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Unidades</li> <li>➤ Cm.</li> <li>➤ Cm.</li> <li>➤ Kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ De intervalo y de proporción</li> </ul>

\* V.I. = Variable Independiente.

\*\* V.D = Variable Dependiente

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación al que pertenece el presente proyecto es el de tipo aplicada, porque genera conocimientos tecnológicos expresados en el distanciamiento de siembra adecuado para solucionar el problema de los bajos rendimientos de la cúrcuma.

#### **3.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación es el explicativo, porque explica el comportamiento del rendimiento de la cúrcuma en número, tamaño y peso (variable dependiente), en función de los distanciamientos de siembra tanto entre surcos y entre golpes (variable independiente).

#### **3.3. Métodos de investigación**

El método de investigación utilizado en el presente trabajo de investigación es el experimental, donde se comparó los promedios de cuatro densidades de siembra sugeridas frente a una densidad testigo; las mismas que fueron conducidas bajo las mismas condiciones agroclimáticas; además la principal técnica que se utilizó fue la observación y las fichas de recolección de

datos fueron los instrumentos utilizados; las características del campo experimental fueron las siguientes:

Dimensiones del campo experimental:

Longitud del campo experimental	:	31.90 m.
Ancho del campo experimental	:	15.20 m.
Área de calles y caminos	:	126.60 m <sup>2</sup>
Área total del campo experimental	:	484.88 m <sup>2</sup> .

Bloques:

Número de bloques	:	3
Tratamientos por bloque	:	5
Longitud del bloque	:	13.2 m.
Ancho de bloque	:	9.30 m.
Área total del bloque	:	122.76 m <sup>2</sup> .
Ancho de las calles	:	1 m.

Parcelas:

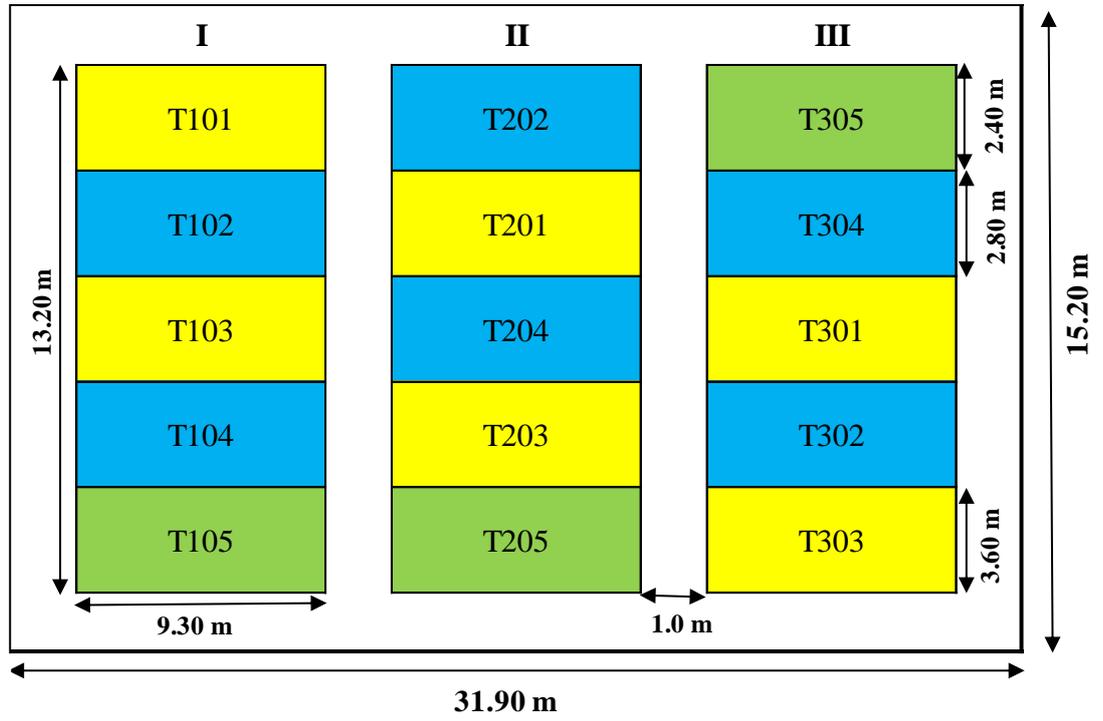
Longitud de la parcela	:	9.30 m.
Ancho de la parcela	:	3.60 m., 2.80 m. y 2.40 m.
Área total de la parcela	:	33.48 ; 26.04 y 22.32 m <sup>2</sup> .

Surcos:

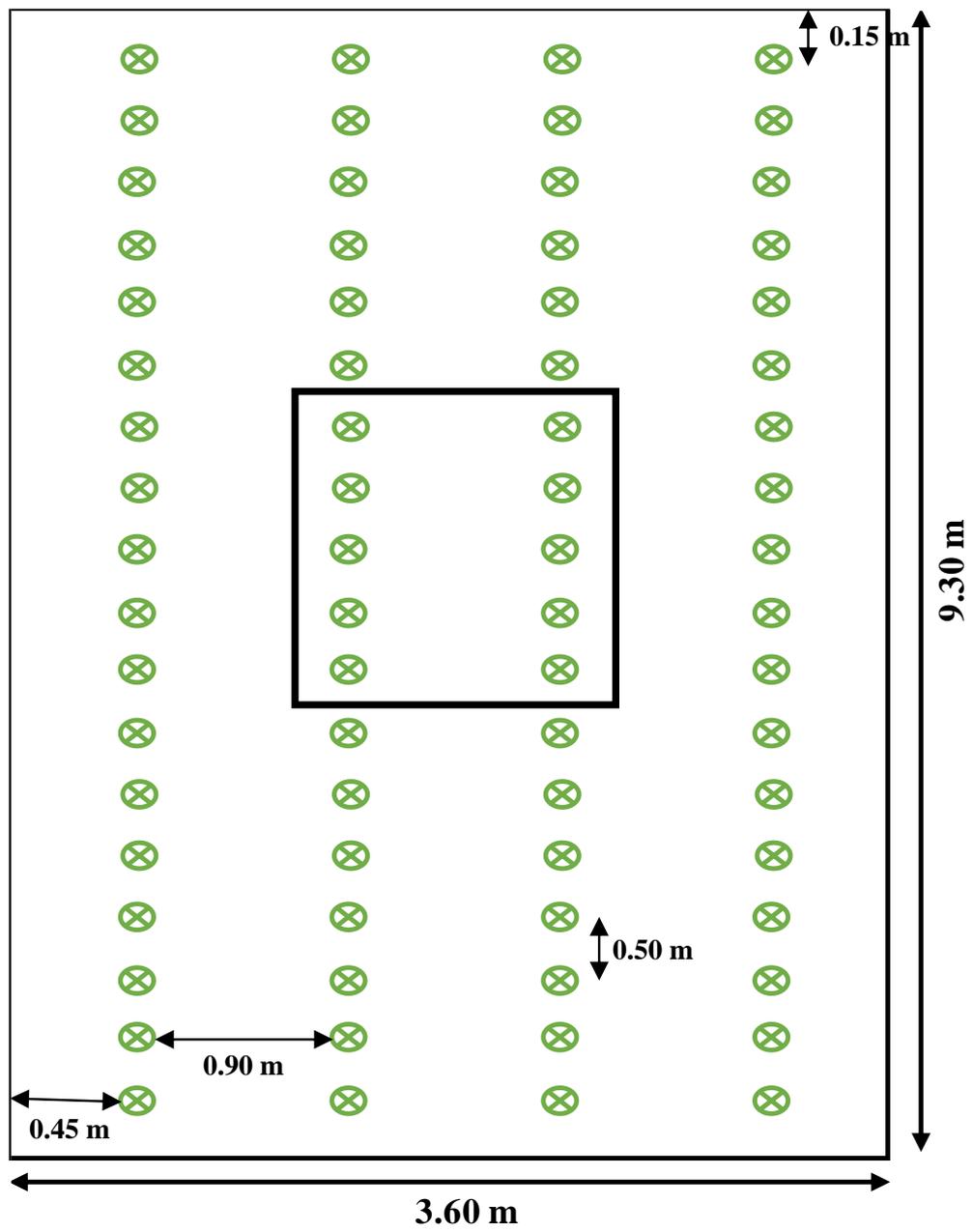
Longitud de surcos por parcela	:	9.30 m.
Distanciamiento entre surcos	:	0.9 m. y 0.7 m.
Distanciamiento entre plantas	:	0.5 m. y 0.3 m.
Número de rizomas por golpe	:	1
Número de plantas/Área neta experimental	:	14

El croquis del campo experimental y el detalle de las parcelas con la cual se condujo el presente experimento se muestran en la figura 3, figura 4, figura 5, figura 6, figura 7 y figura 8 respectivamente.

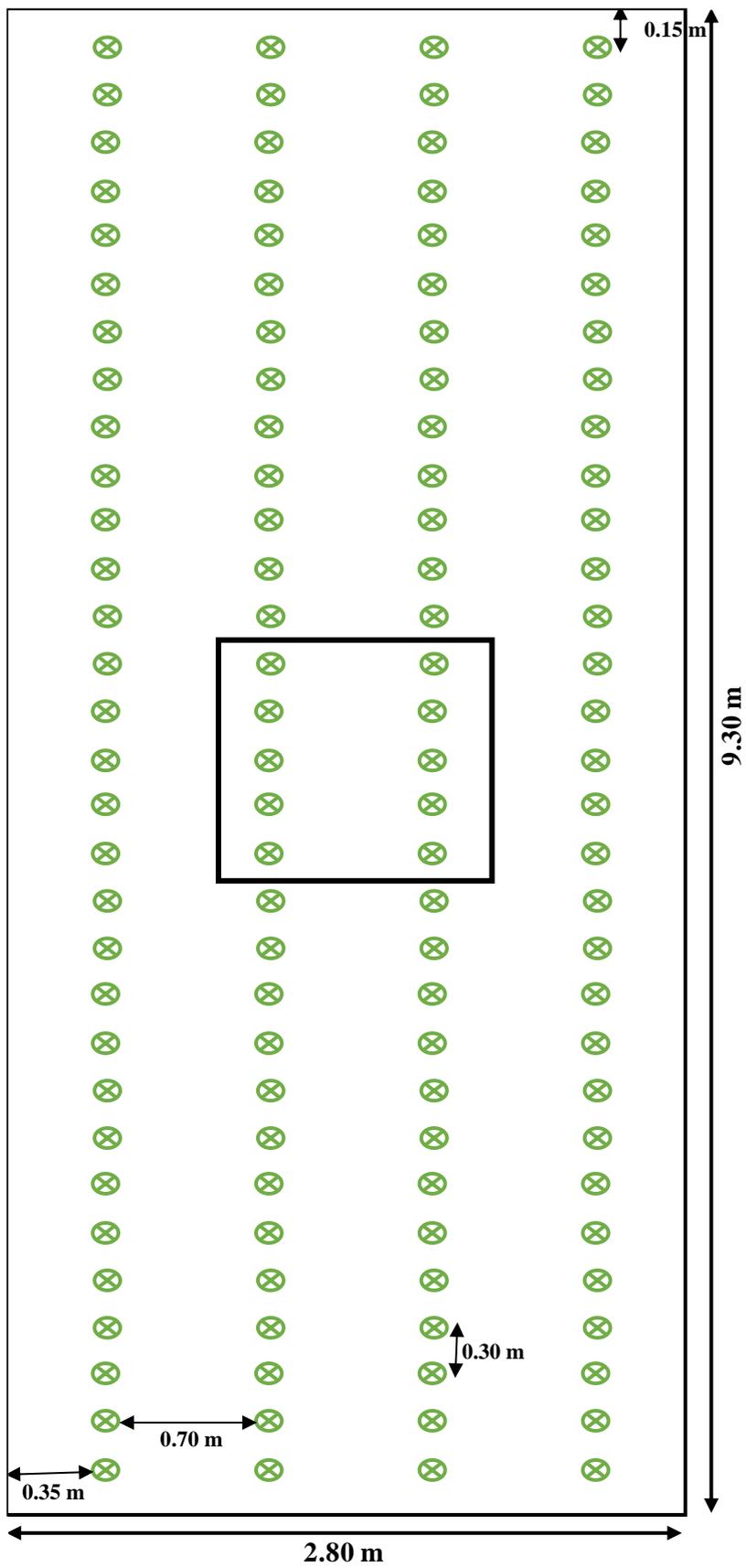
Figura 3. Detalle del croquis del campo experimental.



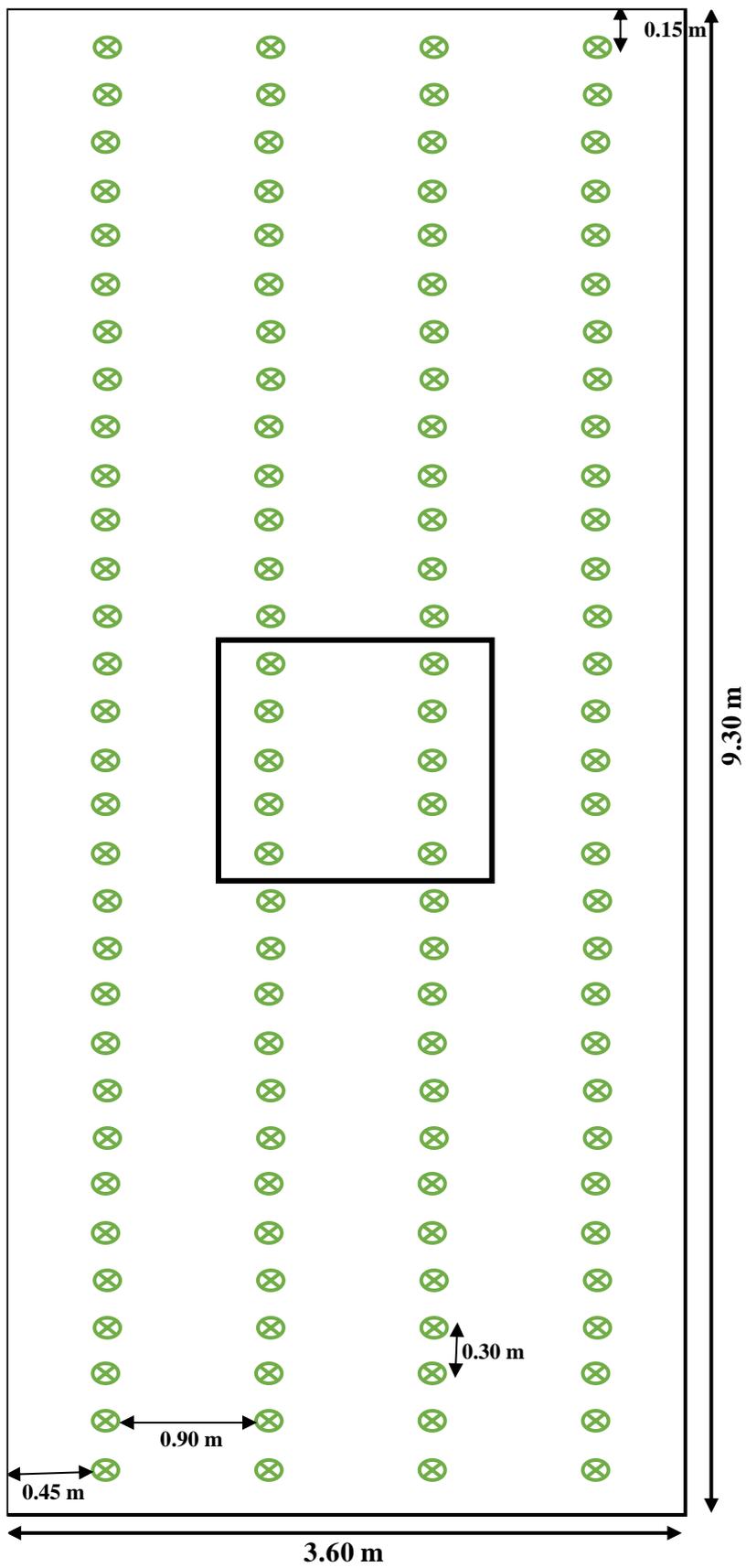
**Figura 4.** Detalle de la parcela experimental del tratamiento T1.



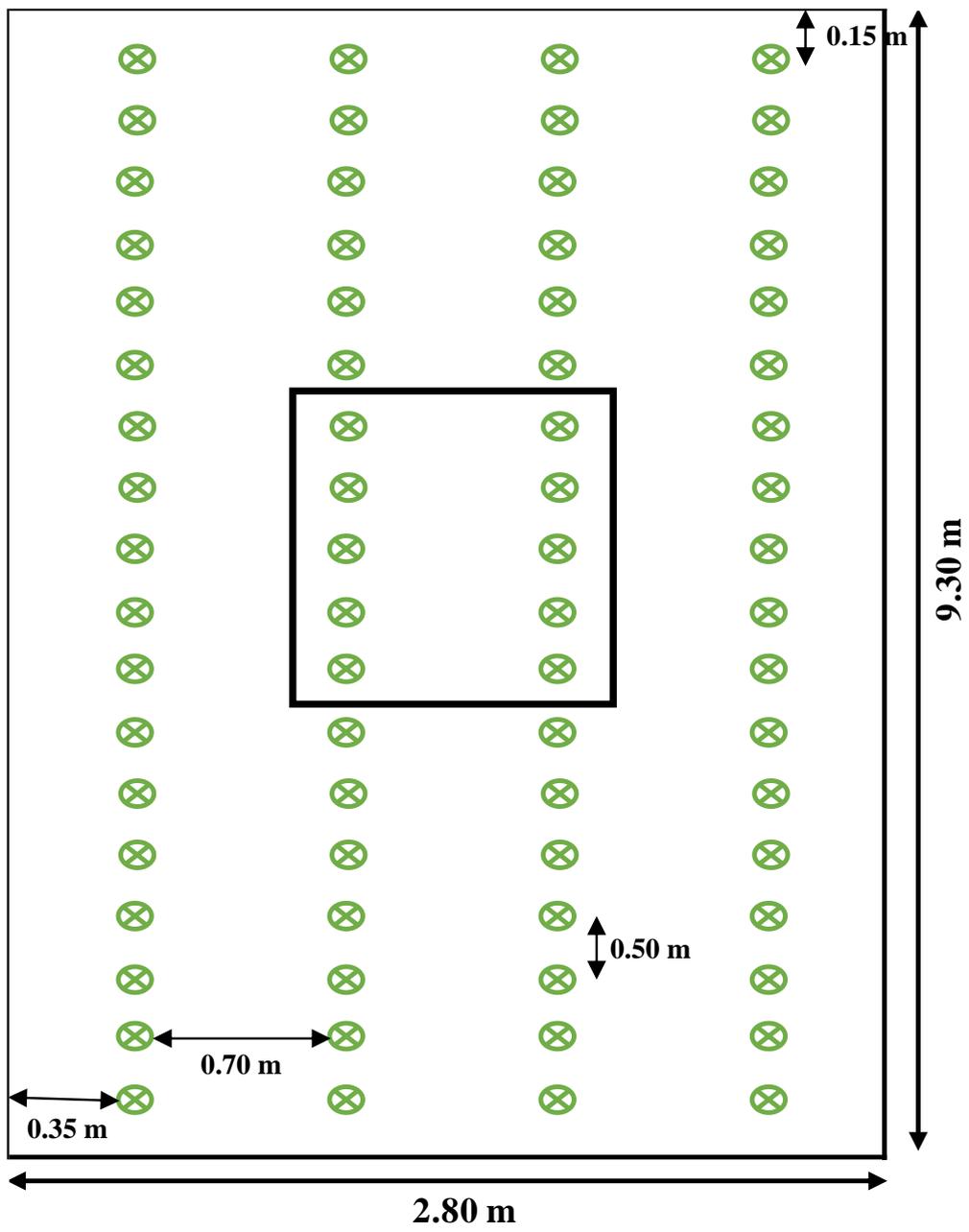
**Figura 5.** Detalle de la parcela experimental del tratamiento T2.



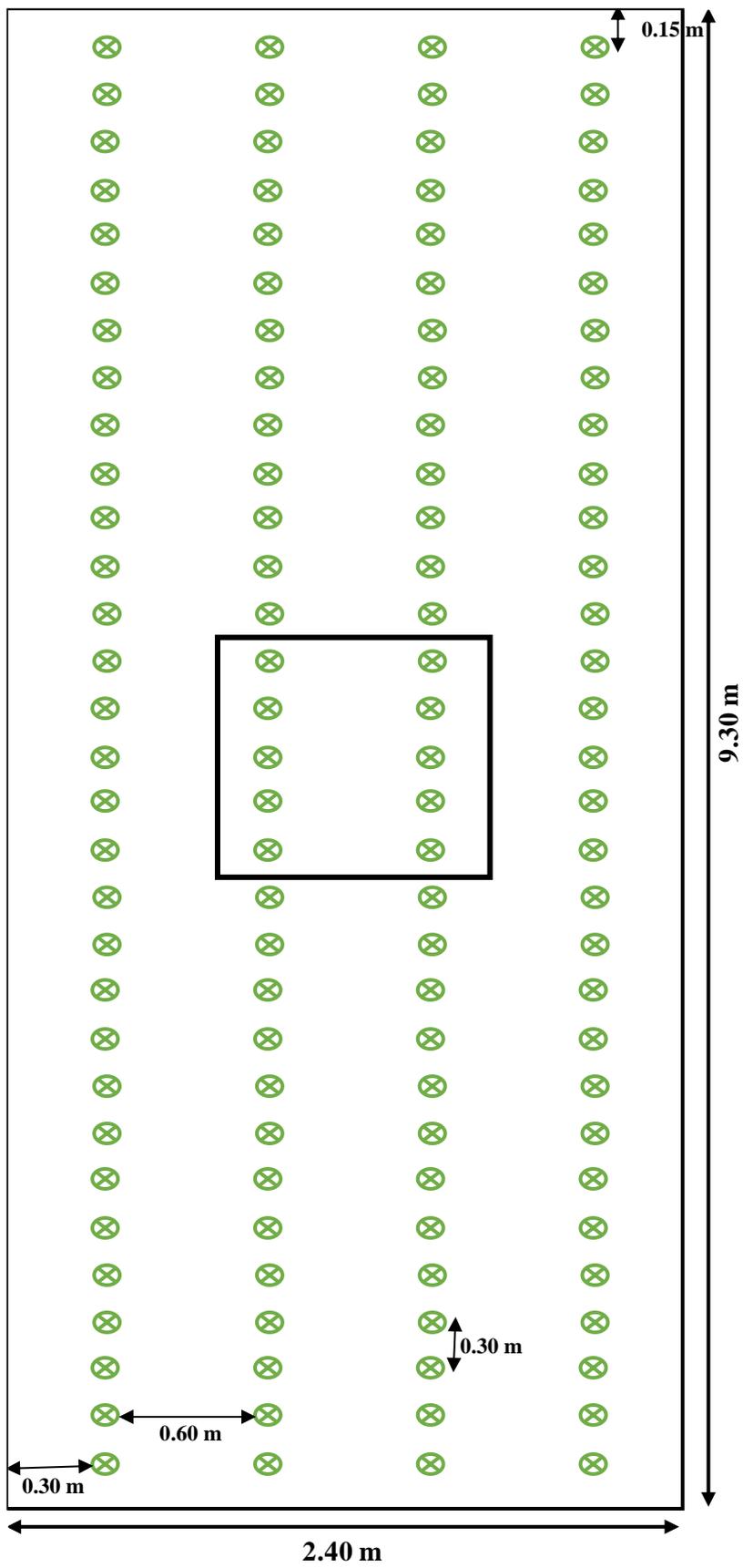
**Figura 6.** Detalle de la parcela experimental del tratamiento T3.



**Figura 7.** Detalle de la parcela experimental del tratamiento T4.



**Figura 8.** Detalle de la parcela experimental del tratamiento T5.



### 3.4. Diseño de la investigación.

#### a) Diseño experimental

El Diseño experimental que se empleó fue el Diseño de Bloques Completamente Randomizados con 4 tratamientos más 1 testigo y 3 repeticiones, haciendo un total de 15 unidades experimentales.

#### b) Modelo matemático

Considerando que todos los factores en estudio fueron tomados al azar y que se encuentran cruzados a la media, el modelo estadístico lineal aditivo, en donde se ajustan el análisis de varianza es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, 4, 5$  densidades de siembra

$j = 1, 2, 3$  bloques

Dónde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta observada o medida en la *i-ésima* densidad de siembra y el *j-ésimo* bloque.

$\mu$  = Media general de la variable de respuesta.

$\tau_i$  = Efecto de la *i-ésima* densidad de siembra.

$\beta_j$  = Efecto del *j-ésimo* bloque.

$\varepsilon_{ij}$  = Error asociado a la *ij-ésima* unidad experimental.

### 3.5. Población y muestra

#### Población:

La población estuvo constituida por todas las plantas de cúrcuma del campo experimental que fue en un total de 1548 plantas.

#### Muestra:

La muestra estuvo conformada por 10 plantas de la parte central de cada unidad experimental, haciendo un total de 150 plantas de cúrcuma.

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.6.1. Técnicas

Las técnicas para la recolección de información fueron las siguientes:

- **Análisis de contenido;** esta técnica nos permitió analizar el contenido de los documentos leídos como libros, revistas y otros que fueron utilizados para elaborar el marco teórico de la investigación, redactado según modelo de redacción APA.
- **Fichaje;** esta técnica nos sirvió para recolectar la información bibliográfica para elaborar la literatura citada, redactados según modelo de redacción que permite la institución.
- **La observación;** esta técnica consistió en la recolección de información sobre las observaciones registradas de la variable dependiente y de las diferentes actividades realizadas durante el periodo de cultivo de cúrcuma.
- **Análisis de Laboratorio;** esta técnica nos permitió realizar el análisis a partir de la muestra del suelo, que fue enviado a un laboratorio acreditado para el análisis de las propiedades físico, químicos y de caracterización del suelo de la parcela donde se realizó la investigación.
- **Análisis meteorológico;** esta técnica nos permitió obtener datos meteorológicos como temperatura, humedad relativa, precipitación y otras variables que intervienen en la fenología del cultivo de cúrcuma, estos variables están interrelacionados con la fisiología del cultivo, con el proceso fotosintético, almacenamiento de las sustancias de reserva en los rizomas, etc.

#### 3.6.2. Instrumentos

Las fichas es uno de los instrumentos que permitió registrar la información producto del análisis del documento en estudio. Estas fichas son de

Registro o de localización (Fichas bibliográficas y hemerográficas) y de documentación e investigación (fichas textuales o de transcripción, resumen, comentario y combinadas).

La Libreta de campo, es otro de los instrumentos de recolección de datos, que permitió registrar las observaciones de la variable dependiente y de las diferentes actividades del experimento.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

En el presente trabajo de investigación se seleccionaron y utilizaron los instrumentos que corresponden a la estadística inferencial para poder realizar la prueba de hipótesis según el diseño de bloques completos al azar (DBCA), en trabajos ejecutados en condiciones de campo; las cuales fueron representados en las tablas de análisis de varianza, donde se tienen como fuentes de variación a: los bloques, los tratamientos, el error experimental, asimismo a los grados de libertad, la suma de cuadrados, los cuadrados medios, la F calculada, la F tabular para los niveles del 95 % y 99 % y su significación correspondiente.

También se tiene el coeficiente de variación que debe estar por debajo del 30 % el cual nos permitirá expresar la validez y confiabilidad de los datos registrados durante las observaciones realizadas en cada una de las evaluaciones.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

El procesamiento de los datos se realizó mediante el análisis de varianza para el diseño de bloques completamente randomizados (DBCA), para lo cual se utilizó el software estadístico InfoStat 2020, para el análisis estadístico se utilizó la prueba de Dunnett al 95 % de probabilidad para validar el grado de confiabilidad de cada uno de los parámetros evaluados.

### 3.9. Tratamiento estadístico

En la presente investigación se tuvo cinco tratamientos, tal como se detalla en la tabla 5:

**Tabla 5.** Ordenamiento de los tratamientos en estudio.

CLAVE	TRATAMIENTO
T1	0,90 m entre surcos * 0,50 m entre golpes
T2	0,70 m entre surcos * 0.30 m entre golpes
T3	0.90 m entre surcos * 0.30 m entre golpes
T4	0.70 m entre surcos * 0.50 m entre golpes
T5	0.60 m entre surcos * 0.30 m entre golpes (testigo)

Fuente: Elaboración propia.

### 3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La investigación, densidades de siembra en el rendimiento de la cúrcuma (*Cúrcuma longa* L) bajo condiciones agroecológicas de Chanchamayo, 2019, está orientado para que los productores puedan emprender la implementación de una nueva alternativa tecnológica en la producción e incorporación de nuevas áreas de siembra de cúrcuma, en vista que dicho cultivo está teniendo una demanda creciente a nivel nacional e internacional según las estadísticas de producción y comercialización, las mismas que se verán reflejados en los ingresos y beneficios económicos que obtendrán los agricultores y de esta manera mejorar su nivel y calidad de vida.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

La presente investigación tuvo la siguiente secuencia:

##### **4.1.1. Lugar de ejecución del experimento**

###### **➤ Ubicación política y geográfica**

La ubicación política y geográfica de la presente investigación que se llevó a cabo en la localidad Pampas del Carmen, dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, filial La Merced entre los meses de noviembre del 2021 a julio del 2022 es como sigue:

Región	:	Junín
Provincia	:	Chanchamayo
Distrito	:	Chanchamayo
Altitud	:	751 m.s.n.m.
Coordenadas UTM	:	0538804 N, 8757705 E

➤ **Antecedentes del campo experimental**

En el terreno donde se llevó a cabo la presente investigación en el cultivo de cúrcuma en la campaña anterior se había instalado el cultivo de maíz.

➤ **Análisis de suelo**

El suelo del campo experimental presentó un pH neutro, con un bajo contenido de materia orgánica, pero con un alto contenido de nitrógeno, mientras que los contenidos de fósforo y potasio fueron medio y bajo respectivamente, en cuanto a la salinidad es un suelo muy ligeramente salino y con una capacidad de intercambio catiónico clasificado como medio.

**Tabla 6.** Análisis de caracterización del suelo experimental.

ANÁLISIS FÍSICO	
Arena	62.8 %
Limo	18.72 %
Arcilla	18.48 %
Clase textural	Franco arenoso
ANÁLISIS QUÍMICO	
pH	6.93
Materia orgánica	1.45 %
Nitrógeno	0.31 %
Fósforo	9.85 ppm
Potasio	23.03 ppm
Capacidad de intercambio catiónico	16.10

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos INIA – Pichanaki, 2019.

➤ **Datos meteorológicos**

Durante el presente experimento las condiciones meteorológicas fueron favorables para el crecimiento y desarrollo del cultivo de cúrcuma; las variables registradas fueron obtenidas de la Estación

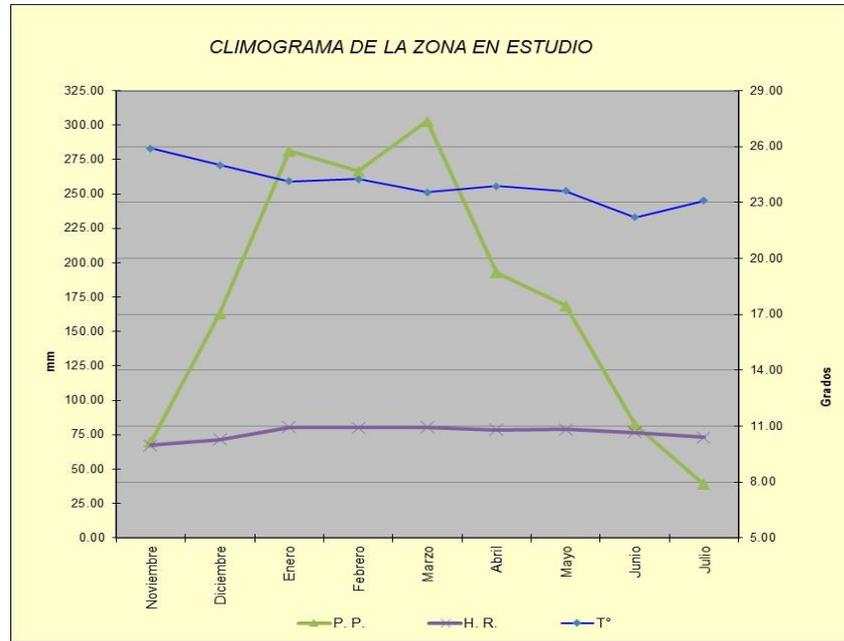
Meteorológica Aeronáutica “SAN RAMÓN”, las que se muestran en la tabla 7, donde se observa que el promedio de la temperatura durante los meses de noviembre a julio fue de 23.96 °C, asimismo la humedad relativa promedio fue de 76.26 % y con una precipitación total de 1565.50 mm/m<sup>2</sup>.

**Tabla 7.** Datos de temperatura (°C), humedad Relativa (%) y precipitación (mm), registrados de noviembre del 2021 a julio del 2022.

Meses	Temperaturas (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
Noviembre	25.91	67.38	69.40
Diciembre	25.01	71.47	163.00
Enero	24.14	80.53	281.20
Febrero	24.26	80.14	266.30
Marzo	23.54	80.34	302.80
Abril	23.88	78.40	192.60
Mayo	23.61	78.79	168.80
Junio	22.20	76.40	82.40
Julio	23.10	72.89	39.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>23.96</b>	<b>76.26</b>	<b>1565.50</b>

Fuente: Estación Meteorológica Aeronáutica “SAN RAMÓN”

**Figura 9.** Climograma de los meses de noviembre del 2021 a julio del 2022.



#### 4.1.2. Instalación y conducción del experimento

##### ➤ Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó con la ayuda de un tractor agrícola, para ello primeramente se tuvo que regar el terreno hasta poner a capacidad de campo, para luego proceder a la roturación, desterronado y nivelación respectiva.

##### ➤ Trazado del campo experimental

Una vez concluida con la preparación del terreno se procedió a delimitar primeramente los bloques, las parcelas dentro de los bloques, así mismo las calles de separación entre bloques y al contorno según las dimensiones del croquis experimental, para ello se utilizó una wincha, cordel, estacas y yeso.

##### ➤ Siembra

La siembra de los rizomas de cúrcuma se realizó en forma manual según las densidades de siembra especificadas en el croquis

experimental para cada una de las parcelas y bloques, para ello utilizamos una picota.

➤ **Cosecha**

La cosecha de la cúrcuma se realizó cuando las plantas habían alcanzado la madurez fisiológica en forma manual en todas las parcelas experimentales, empezando por las áreas netas de evaluación para la toma de datos, luego se continuó con la parcela restante.

**4.1.3. Observaciones registradas**

➤ **Altura de planta a los 90 días después de la siembra**

La medición de la altura de las plantas se realizó con la ayuda de una cinta métrica, desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja superior totalmente extendida

➤ **Número de rizomas por plantas**

Se procedió a realizar el conteo del número total de rizomas por planta al momento de efectuarse la cosecha de las áreas netas experimentales de cada tratamiento en estudio distribuidos en los tres bloques.

➤ **Longitud de rizomas (cm)**

Para la obtención de los datos se utilizó una regla, midiéndose el rizoma desde su base hasta la parte terminal.

➤ **Diámetro de rizomas (cm)**

La medición del diámetro del rizoma se efectuó en la parte central del mismo, para ello utilizamos como instrumento el pie de rey o vernier.

➤ **Peso fresco de rizomas por planta (gr)**

Esta evaluación se realizó también al momento de la cosecha de la parcela neta experimental, donde se pesó cada uno de los rizomas con la ayuda de una balanza.

➤ **Rendimiento por hectárea (kg/ha)**

El rendimiento de cúrcuma expresado en kg/ha se obtuvo mediante la multiplicación del peso fresco de rizomas por planta por el número total de plantas por hectárea según cada densidad de siembra.

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Altura de planta a los 90 días después de la siembra

La evaluación de la altura de plantas a los 90 días se realizó con la ayuda de un flexómetro, los datos registrados se encuentran en la tabla A10 en la parte de anexos.

La tabla 8 nos muestra el análisis de varianza del presente parámetro donde observamos que para la prueba de F al 95 y 99 % de probabilidad no existen diferencias estadísticas significativas para los promedios de los bloques y tratamientos; asimismo el valor del coeficiente de variación es igual a 4.68 % el cual nos indica el grado de homogeneidad de las observaciones registradas en las unidades experimentales, las mismas que se encuentran dentro de los rangos permitidos para experimentos conducidos a nivel de campo.

**Tabla 8.** Análisis de variancia de la altura de planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sign
Bloque	2	246.50	123.25	4.30	4.46	8.65	N.S.
Tratamientos	4	278.07	69.52	2.43	3.84	7.01	N.S.
Error Exp.	8	229.12	28.64				
TOTAL	14	753.69					

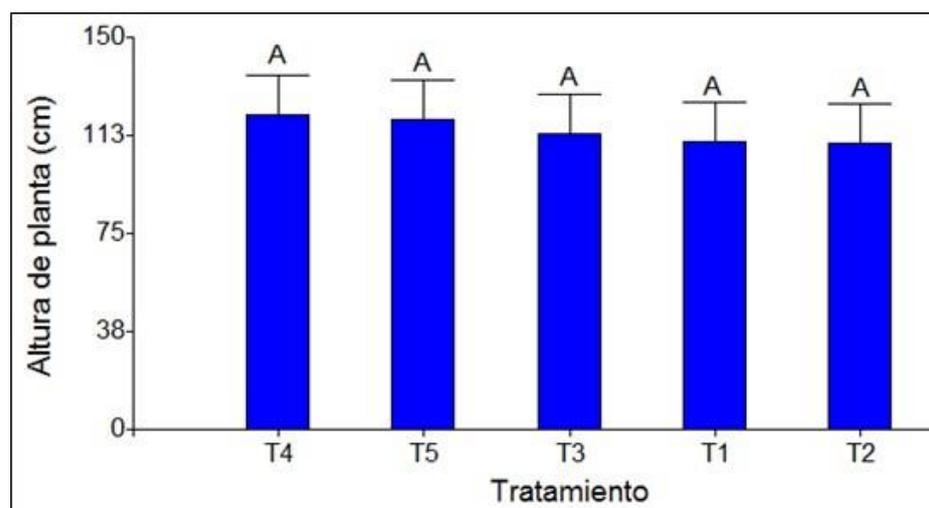
C.V. = 4.68 %

Al efectuarse las comparaciones de los promedios de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 frente al promedio del tratamiento testigo (T5), utilizando la prueba de Dunnett al 95 % de probabilidad no se encontraron diferencias estadísticas significativas con respecto a la altura de planta a los 90 días después de haber sido sembradas; las mismas que se muestran en la tabla 9 y figura 10.

**Tabla 9.** Prueba de Dunnett al 95 % de probabilidad de la altura de planta.

Tratamientos	Medias	Comparación	Diferencias	ALS(D)	Sign.
T5	118.33				
T4	120.17	T5 vs T4	1.833	13.196	No Sign.
T3	113.00	T5 vs T3	5.333	13.196	No Sign.
T1	110.30	T5 vs T1	8.033	13.196	No Sign.
T2	109.37	T5 vs T2	8.967	13.196	No Sign.

**Figura 10.** Altura de planta a los 90 días después de la siembra.



#### 4.2.2. Número de rizomas por planta

La prueba de F al 95 y 99 % de probabilidad del análisis de variancia nos muestra que los promedios de los bloques, así como también de los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas significativas con respecto al número de rizomas por planta como podemos observar en la tabla 10. El coeficiente de variación es de 8.71 % el mismo que se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos efectuados en condiciones de campo. Los datos de la presente evaluación se encuentran en la tabla A11 de los anexos.

**Tabla 10.** Análisis de variancia del número de rizomas por planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sign.
Bloque	2	2.704	1.352	0.605	4.46	8.65	N.S.
Tratamientos	4	27.069	6.767	3.027	3.84	7.01	N.S.
Error Exp.	8	17.883	2.235				
TOTAL	14	47.656					

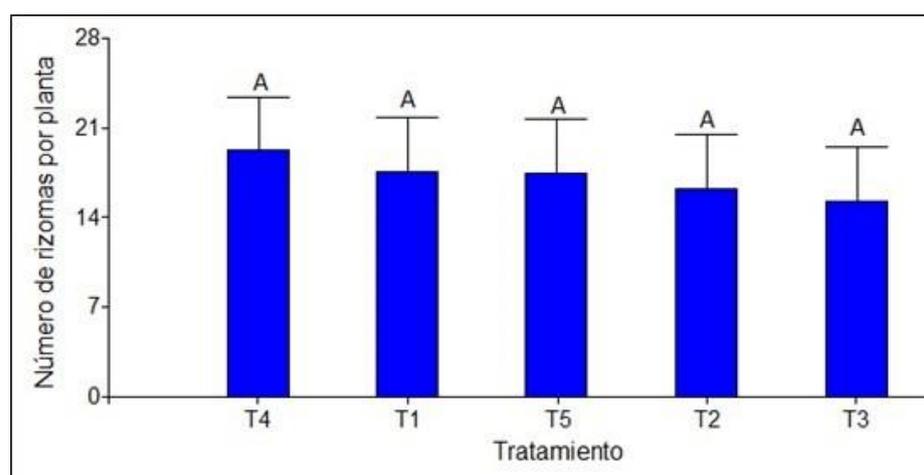
C.V. = 8.71 %

Al realizarse la prueba de Dunnett al 95 % de probabilidad, encontramos que los promedios de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 no presentan diferencias estadísticas significativas frente al promedio del tratamiento T5 (tratamiento testigo); por consiguiente, las densidades de siembra no influyen en el número de rizomas por planta; como se muestra en la tabla 11 y figura 11.

**Tabla 11.** Prueba de Dunnett al 95 % de probabilidad del número de rizomas por planta.

Tratamientos	Medias	Comparación	Diferencias	ALS(D)	Sign.
T5	17.500				
T4	19.233	T5 vs T4	1.733	3.687	N.S.
T1	17.567	T5 vs T1	0.067	3.687	N.S.
T2	16.233	T5 vs T2	1.267	3.687	N.S.
T3	15.267	T5 vs T3	2.233	3.687	N.S.

**Figura 11.** Numero de rizomas por planta.



#### 4.2.3. Longitud de rizomas

Al efectuarse el análisis de varianza a los datos registrados de la presente evaluación, encontramos que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los tratamientos evaluados (densidades de siembra) con respecto a la longitud de rizomas, en tanto que para los promedios de los bloques no hubo diferencias estadísticas significativas, como se indican en la tabla 12. Los datos registrados en la presente evaluación se encuentran en la tabla A12 de los anexos.

El coeficiente de variación es de 2.87 % el cual nos indica la homogeneidad y confiabilidad de los datos registrados en la presente evaluación.

**Tabla 12.** Análisis de varianza de la longitud de rizomas.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F<sub>0.05</sub></b>	<b>F<sub>0.01</sub></b>	<b>Sign.</b>
Bloque	2	0.0010	0.0005	0.0098	4.46	8.65	N. S.
Tratamientos	4	7.3207	1.8302	35.9444	3.84	7.01	**
Error Exp.	8	0.4073	0.0509				
TOTAL	14	7.7290					

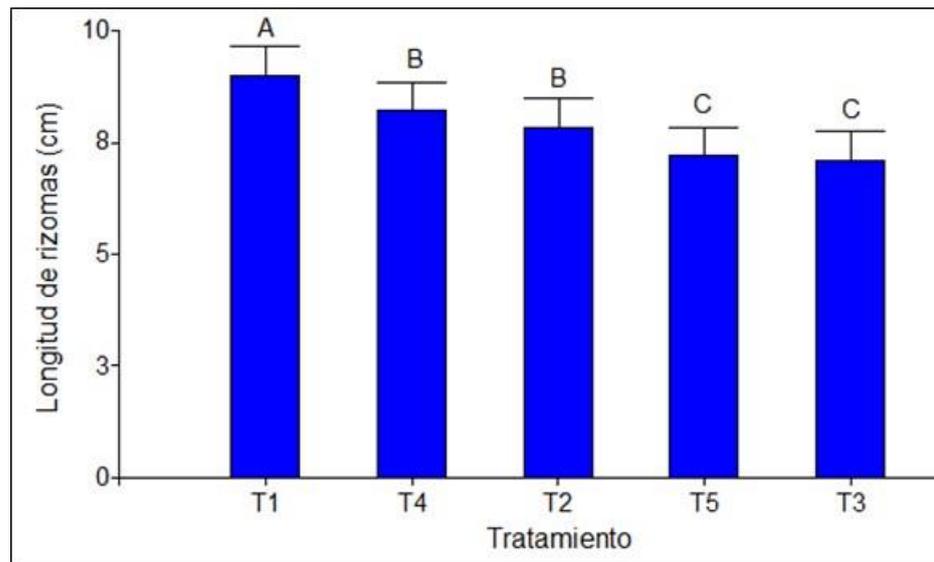
C.V. = 2.87 %

En la tabla 13 se muestra la prueba estadística de Dunnet al 95 % de probabilidad respecto a la longitud de rizomas, donde observamos que las densidades de siembra de: 0.9 m entre surcos x 0.5 m entre golpes (T1); 0.7 m entre surcos x 0.5 m entre golpes (T4) y de 0.7 m entre surcos x 0.3 m entre golpes (T2), presentan diferencias estadísticas significativas comparadas con el tratamiento testigo (T5) cuya densidad de siembra es 0.6 m entre surcos x 0.3 m entre golpes; asimismo nos indica que no hubo diferencias significativas con el tratamiento T3 (0.9 m entre surcos x 0.3 m entre golpes).

**Tabla 13.** Prueba de Dunnett al 95 % de probabilidad de la longitud de rizomas.

Tratamientos	Medias	Comparación	Diferencias	ALS(D)	Sign.
T5	7.20				
T1	9.00	T5 vs T1	1.800	0.556	Sign.
T4	8.22	T5 vs T4	1.017	0.556	Sign.
T2	7.83	T5 vs T2	0.633	0.556	Sign.
T3	7.10	T5 vs T3	0.100	0.556	No Sign.

**Figura 12.** Longitud de rizoma (cm).



#### 4.2.4. Diámetro de rizomas

La presente evaluación se realizó al momento de la cosecha, con la ayuda de un vernier; los datos que se registraron se encuentran en la tabla A13 en la parte de anexos.

En la tabla 14, la prueba de F al 95 y 99 % de probabilidad del análisis de varianza, nos muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los promedios de los tratamientos en estudio (densidades de

siembra) con respecto al diámetro de los rizomas; mientras que para los promedios de los bloques no se encontraron diferencias estadísticas. Su coeficiente de variación fue de 1.43 % lo que nos indica la confiabilidad de los datos registrados por encontrarse dentro de los rangos permitidos para este tipo de experimentos.

**Tabla 14.** Análisis de varianza del diámetro de rizomas.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F<sub>0.05</sub></b>	<b>F<sub>0.01</sub></b>	<b>Sign.</b>
Bloque	2	0.030	0.015	1.658	4.46	8.65	N. S.
Tratamientos	4	5.074	1.269	141.111	3.84	7.01	**
Error Exp.	8	0.072	0.009				
TOTAL	14	5.176					

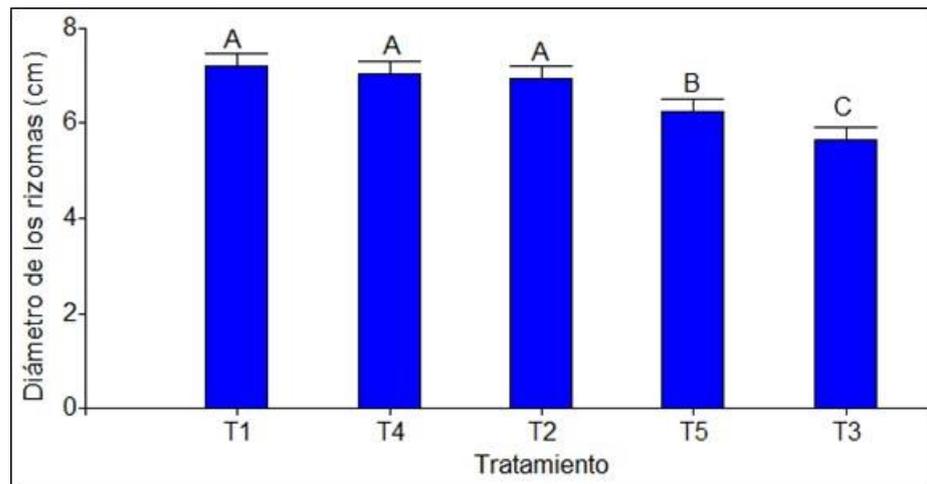
C.V. = 1.43 %

La tabla 15, donde se observa la prueba de Dunnett al 95 % de probabilidad, también nos indica que los tratamientos T1, T4, T2 cuyos promedios del diámetro de rizomas de cúrcuma son de 7.20 cm, 7.03 cm y 6.95 cm respectivamente, son estadísticamente significativos al promedio del tratamiento testigo (T5) que es de 6.25 cm. Asimismo, el promedio del tratamiento testigo (6.25 cm) presenta diferencias estadísticas significativas con el promedio del tratamiento T3 que es de 5.65 cm.

**Tabla 15.** Prueba de Dunnett al 5 % de probabilidad del diámetro de rizomas.

Tratamientos	Medias	Comparación	Diferencias	ALS(D)	Sign.
T5	6.25				
T1	7.20	T5 vs T1	0.947	0.234	Sign.
T4	7.03	T5 vs T4	0.780	0.234	Sign.
T2	6.95	T5 vs T2	0.697	0.234	Sign.
T3	5.65	T5 vs T3	0.603	0.234	Sign.

**Figura 13.** Diámetro de rizomas.



#### 4.2.5. Peso fresco de rizomas por planta (gr)

En la presente evaluación se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los promedios de los cinco tratamientos en estudio para la prueba de F al 0.05 y 0.01 % del cuadro de análisis de varianza, con relación al peso fresco de rizomas por planta; asimismo tiene un coeficiente de variación igual a 7.72 % el cual está dentro de los rangos permitidos para experimentos conducidos a nivel de campo, como se muestra en la tabla 16. Los datos

registrados de la presente evaluación se encuentran en la tabla A14 en los anexos.

**Tabla 16.** Análisis de varianza del peso fresco de rizomas por planta.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F<sub>0.05</sub></b>	<b>F<sub>0.01</sub></b>	<b>Sign.</b>
Bloque	2	21.78	10.89	0.14	4.46	8.65	N. S.
Tratamientos	4	2103.98	526.00	6.61	3.84	7.01	*
Error Exp.	8	636.32	79.54				
TOTAL	14	2762.08					

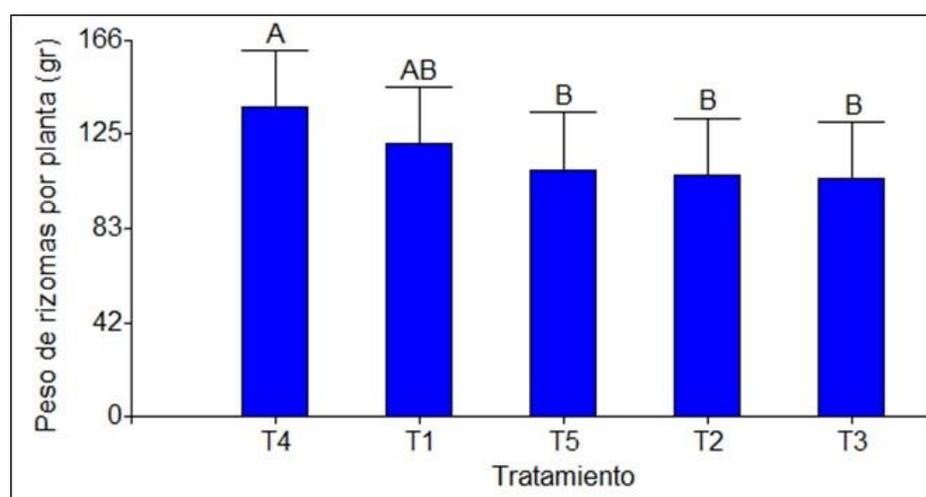
C.V. = 7.72 %

Del mismo modo se procedió a comparar los promedios de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 con el promedio del tratamiento testigo (T5), utilizando la prueba de Dunnett al 95% de probabilidad, donde observamos que el promedio del tratamiento T4 es de 136.78 gr/planta, el cual presenta diferencias estadísticas significativas con el promedio del tratamiento testigo que es de 109.09 gr/planta; pero los promedios de los tratamientos T1 (120.16 gr/planta), T2 (106.53 gr/planta) y del tratamiento T3 (105.23 gr/planta) no son significativos estadísticamente comparados con el promedio del tratamiento testigo; en general la densidad de siembra es el principal factor que está relacionado con los parámetros de crecimiento (número y peso de rizomas), por tanto, la mayor densidad de siembra provoca que las plantas respondan a esta proximidad por medio de cambios morfológicos y fisiológicos; mientras que los espaciamientos más amplios dan como resultado un mayor número y peso de rizomas por planta, aparentemente debido a una menor competencia entre plantas, como se muestra en la tabla 17 y figura 14.

**Tabla 17.** Prueba de Dunnett al 5 % de probabilidad del peso fresco de rizomas por planta.

Tratamientos	Medias	Comparación	Diferencias	ALS(D)	Sign.
T5	109.09				
T4	136.78	T5 vs T4	27.687	21.991	Signi.
T1	120.16	T5 vs T1	11.067	21.991	No Sign.
T2	106.53	T5 vs T2	2.557	21.991	No Sign.
T3	105.23	T5 vs T3	3.860	21.991	No Sign.

**Figura 14.** Peso de rizomas por planta (gr).



#### 4.2.6. Peso fresco de rizomas por hectárea (kg/ha)

Para determinar el rendimiento del cultivo de cúrcuma en kg/ha, primeramente, se procedió a calcular mediante regla de tres simple el número de plantas según la densidad de cada uno de los tratamientos, luego multiplicamos por el peso promedio de planta correspondiente a la densidad; los datos obtenidos de este procedimiento se encuentran en la tabla A15 en la parte de anexos.

La prueba de F al 0.05 y 0.01 % del cuadro de análisis de varianza nos muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre los promedios de los bloques, pero si se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los promedios de los tratamientos en estudio, con respecto al rendimiento en kilogramos/hectárea, como se indica en la tabla 18.

El coeficiente de variación es de 5.74 % el cual nos indica la variación existente de observación en observación, la misma que se encuentra dentro de los límites permisibles para experimentos conducidos a nivel de campo.

**Tabla 18.** Análisis de varianza del peso fresco de rizomas por hectárea (kg/ha)

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F<sub>0.05</sub></b>	<b>F<sub>0.01</sub></b>	<b>Sign.</b>
Bloque	2	80855.73	40427.86	0.66	4.46	8.65	N. S.
Tratamientos	4	20000910.18	5000227.54	81.31	3.84	7.01	**
Error Exp.	8	491979.66	61497.46				
TOTAL	14	20573745.57					

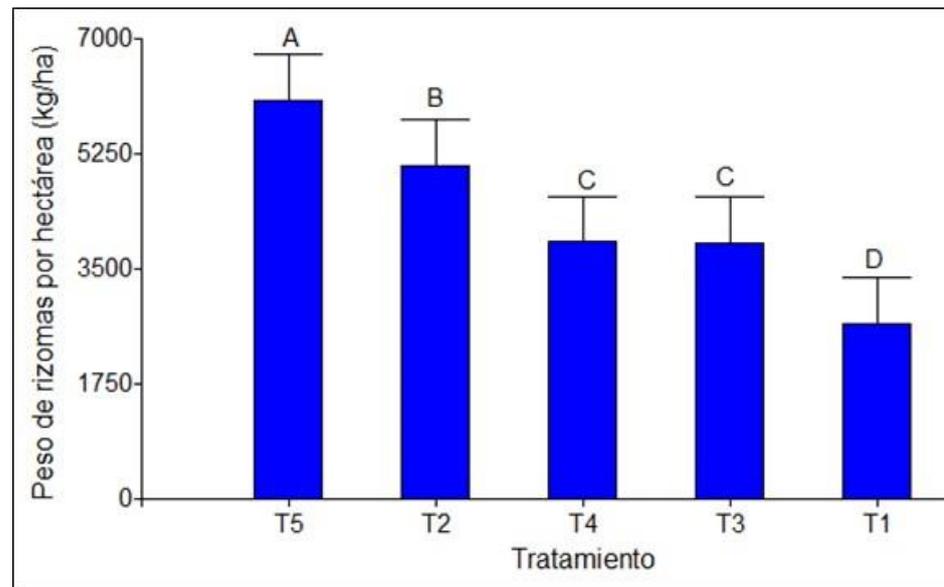
C.V. = 5.74 %

Después de realizar la prueba estadística de Dunnett al 95 % de probabilidad, donde comparamos los promedios de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 con el promedio del tratamiento testigo (T5), quien alcanzó un promedio de 6060.56 kg/ha de rizomas frescos de cúrcuma, resultando estadísticamente significativo frente a los tratamientos T2, T4, T3 y T1 cuyos promedios fueron de 5073.02 kg/ha, 3907.90 kg/ha, 3897.41 kg/ha y 2670.15 kg/ha respectivamente; el mayor rendimiento del tratamiento testigo sobre los otros tratamientos en estudio es debido a que hay mayor número de plantas por hectárea (mayor densidad) y por consiguiente se ve incrementado los rendimientos a diferencia de los otros tratamientos que tienen menor número de plantas por hectárea (menor densidad), como se indican en la tabla 19 y figura 15.

**Tabla 19.** Prueba de Dunnett al 5 % de probabilidad del peso fresco de rizomas por hectárea (kg/ha)

Tratamientos	Medias	Comparación	Diferencias	ALS(D)	Sign.
T5	6060.56				
T2	5073.02	T5 vs T2	987.540	611.491	Signi.
T4	3907.90	T5 vs T4	2152.651	611.491	Signi.
T3	3897.41	T5 vs T3	2163.148	611.491	Signi.
T1	2670.15	T5 vs T1	3390.407	611.491	Signi.

**Figura 15.** Peso de rizomas por hectárea (kg/ha)



#### 4.3. Prueba de hipótesis

Inicialmente para cada una de las evaluaciones planteadas en la presente investigación se formularon dos hipótesis; la primera de ellas fue la hipótesis nula y la segunda fue la hipótesis alterna o alternativa cuyos enunciados son:

**Ho:** Los distanciamientos de siembra no tienen influencia positiva en el rendimiento de la cúrcuma.

**Ha:** Al menos un distanciamiento de siembra tiene influencia positiva en el rendimiento de la cúrcuma.

#### 4.3.1. Regla de decisión

Si la  $F_{cal} \leq F_{tab}$ , se acepta la  $H_0$ , y se rechaza la  $H_a$ .

Si la  $F_{cal} > F_{tab}$ , se rechaza la  $H_0$ , y se acepta la  $H_a$ .

- Prueba de hipótesis para la altura de planta

Evaluación	C.V.	Fcal.	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Decisión
A los 90 dds	4.68 %	2.43	3.84	7.01	Se acepta la $H_0$

- Prueba de hipótesis para el número de rizomas por plantas.

Evaluación	C.V.	Fcal.	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Decisión
A la cosecha	8.71 %	3.027	3.84	7.01	Se acepta la $H_0$

- Prueba de hipótesis para la longitud de rizomas (cm).

Evaluación	C.V.	Fcal.	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Decisión
A la cosecha	2.87 %	35.944	3.84	7.01	Se acepta la $H_a$

- Prueba de hipótesis para el diámetro de rizomas (cm).

Evaluación	C.V.	Fcal.	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Decisión
A la cosecha	1.43 %	141.111	3.84	7.01	Se acepta la $H_a$

- Prueba de hipótesis para el peso fresco de rizomas por planta (gr).

Evaluación	C.V.	Fcal.	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Decisión
A la cosecha	7.72 %	6.61	3.84	7.01	Se acepta la $H_a$

- Prueba de hipótesis para el rendimiento por hectárea (kg/ha).

Evaluación	C.V.	Fcal.	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Decisión
A la cosecha	5.74 %	81.31	3.84	7.01	Se acepta la Ha

#### 4.3.1. Discusión de resultados

Las alturas de las plantas en la presente investigación estuvieron comprendidas entre los 109.37 cm obtenidos por el tratamiento T2 y los 120.17 cm del tratamiento T4, los promedios de los tratamientos en estudio no mostraron diferencias estadísticas significativas ente sí; al respecto **Akamine et al.**, (2007), en su trabajo de investigación menciona que el N aplicado ya sea sólo a en combinación con P, K o PK dieron como resultados alturas de plantas de 112.8 cm, 121.4 cm, 149.4 cm, y 153.6 cm respectivamente los cuales resultaron significativamente mayores a los promedios de las plantas que fueron fertilizados únicamente con P (41.2 cm), K (44.8 cm) o la combinación de PK (38 cm) e incluso que el tratamientos control (50.2 cm).

En cuanto al número de rizomas por planta en la presente investigación no se encontraron diferencias significativas entre las densidades de siembra (tratamientos), obteniéndose valores entre los 15.267 correspondiente al tratamiento T3 y los 17.500 del tratamiento T5; valores superiores obtuvieron **Espinosa Reyes et al.**, (2012), en su investigación con plantas provenientes de cultivo tejidos cuyo promedio fue de 61.20, mientras que para las plantas provenientes de rizomas fue de 45.75 unidades, mostrando significancia entre ambos tratamientos.

Las longitudes de rizoma presentaron diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos evaluados donde el tratamiento T1 presentó el mayor promedio que fue de 9.00 cm, mientras que el tratamiento con menor promedio fue el T3 con 7.10 cm; los valores obtenidos por **Espinosa Reyes et al.**, (2012), para esta variable fueron de 6.65 para plantas provenientes de cultivo de tejidos y de 6.56 cm para plantas

provenientes de rizomas, asimismo estos promedios no presentaron diferencias significativas entre sí.

Para el diámetro de los rizomas se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los promedios de los tratamientos en estudio comparados con el tratamiento testigo, las mismas que estuvieron comprendidos entre los 5.65 cm del tratamiento T3 y los 7.20 cm del tratamiento T1; valores muy inferiores fueron encontrados por **Espinosa Reyes et al.**, (2012), siendo los promedios de 2.84 cm y 2,77 cm para las plantas provenientes de cultivo de tejidos y plantas provenientes de rizomas respectivamente, asimismo estos valores no presentaron diferencias significativas entre sí.

Respecto al peso fresco de rizomas por planta hubo significación para los promedios de los tratamientos T4 con el tratamiento testigo (T5) cuyos promedios fueron de 136.78 gramos y 109.09 gramos respectivamente, asimismo el tratamiento con menor peso de rizomas fue el tratamiento T3 con tan solo 105.23 gramos por planta; **Espinosa Reyes et al.**, (2012), encontraron valores de 722.16 gramos para las plantas provenientes de cultivo de tejidos y de 512.40 gramos para las plantas provenientes de rizomas, encontrándose significación entre los promedios de ambos tratamientos.

Finalmente, con respecto al peso fresco de rizomas por hectárea (rendimiento) el tratamiento testigo (T5) presentó un promedio de 6060.56 kg/ha, siendo estadísticamente significativo a los promedios de los tratamientos T2, T4, T3 y T1 cuyos promedios fueron de 5073.02 kg/ha, 3907.90 kg/ha, 3897.41 kg/ha y 2670.15 respectivamente; el mayor rendimiento del tratamiento testigo sobre los otros tratamientos en estudio se debió principalmente a una mayor población de plantas por superficie o unidad de área; valores muy distintos encontraron **Cecílio Filho et al.**, (2004), en su investigación, en el cual observaron una interacción significativa de los factores evaluados, donde la mayor productividad fue de 24.678,82 kg ha<sup>-1</sup>, los mismos que fueron

sembrados el 20/Nov y un distanciamiento entre plantas de aproximadamente 30 cm (30,3 cm). De igual forma **Soto et al.**, (2004), menciona que los tratamientos a los cuales se le aplicaron fertilizantes en 4 y 5 fracciones (0-30-60-90 y 0-30-60-90-120 días) iniciando al momento de la siembra, presentaron los mayores rendimientos por planta (0,408 y 0,488 kg, respectivamente), así como también los rendimientos más altos por hectárea (19,3 y 23,2 t, respectivamente).

## CONCLUSIONES

1. La longitud y el diámetro de los rizomas de cúrcuma se ven incrementadas en forma significativa en las densidades de siembra de 0.9 metros entre surcos \* 0.5 metros entre golpes (T1), la densidad de 0.70 m, entre surcos \* 0.5 m, entre golpes (T4) y la densidad de 0.70 m, entre surcos \* 0.5 m, entre golpes (T2), en comparación con la densidad de 0.6 m, entre surcos \* 0.30 m, entre golpes (tratamiento testigo).
2. No se encontraron efectos positivos o significativos para los parámetros evaluados de altura de planta (cm) y el número de rizomas por planta del cultivo de cúrcuma en las cinco densidades de siembra evaluadas (incluido el tratamiento testigo).
3. En cuanto al peso fresco de rizomas por planta expresado en gramos, la densidad de siembra de 0.70 m, entre surcos \* 0.5 m, entre golpes presentó el más alto promedio comparado con el tratamiento testigo, pero a nivel de rendimiento por hectárea (kg/ha) el tratamiento testigo cuya densidad de siembra fue de 0.60 m, entre surcos \* 0.30 m, entre golpes, es quien presentó un promedio superior a los demás tratamientos, lo que explicaría que el mayor número de plantas por hectárea influyen positivamente en el rendimiento.

## **RECOMENDACIONES**

- 1) Realizar trabajos de investigación respecto a la influencia de las densidades de siembra en la concentración y calidad de la curcumina y otros metabolitos secundarios.
- 2) Desarrollar trabajos sobre la capacidad extractiva de nutrientes de la cúrcuma en condiciones del distrito de Chanchamayo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akamine, H., Hossain, A., Ishimine, Y., Yogi, K., Hokama, K., Iraha, Y., & Aniya, Y. (2007). Effects of Application of N , P and K Alone or in Combination on Growth , Yield and Curcumin Content of Turmeric (*Curcuma longa* L.). *Plant Production Science*, 10(1), 151-154.  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/pps/10/1/10\\_1\\_151/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/pps/10/1/10_1_151/_pdf)
- APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1-20.
- Arcila Pulgarín, J. (2007). Densidad de siembra y productividad de los cafetales. En J. Arcila Pulgarín, F. Farfán Valencia, A. M. Moreno Berrocal, L. F. Salazar Gutiérrez, & E. Hincapié Gómez (Eds.), *Sistemas de producción de café en Colombia* (pp. 131-143). FNC-Cenicafé.
- Balakrishnan, K. V. (2007). Postharvest Technology and Processing of Turmeric. En P. N. Ravindran, K. Nirmal Babu, & K. Sivaraman (Eds.), *Turmeric. The genus Curcuma* (pp. 193 – 256). CRC Press.
- Cecilio Filho, A. B., & de Souza, R. J. (1999). Caracterização dos estádios fenológicos da cúrcuma, em função da época e densidade de plantio. *Horticultura Brasileira*, 17(3), 248-253.
- Cecílio Filho, A. B., José de Souza, R., Faquin, V., & Márcia de Carvalho, C. (2004). Época e densidade de plantio na produção de cúrcuma. *Ciência Rural, Santa Maria*, 34(4), 1021-1026.  
<https://www.scielo.br/j/cr/a/NBppkn5jb6SmDvCjqRFyQXx/?lang=pt&format=pdf>
- Chattopadhyay, I., Biswas, K., Bandyopadhyay, U., & Banerjee, R. K. (2004). Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications. *CURRENT SCIENCE*, 87(1), 44-53.

- Chempakam, B., & Parthasarathy, V. A. (2008). Turmeric. En V. A. Parthasarathy, B. Chempakam, & T. J. Zachariah (Eds.), *Chemistry of Spices* (pp. 97-123). CAB International.
- Devasahayam, S., & Abdulla Koya, K. M. (2007). Insect Pests of Turmeric. En P. N. Ravindran, K. Nirmal Babu, & K. Sivaraman (Eds.), *Turmeric. The genus Curcuma* (p. 169 191). CRC Press.
- Dohroo, N. P. (2007). Diseases of Turmeric. En P. N. Ravindran, K. Nirmal Babu, & K. Sivaraman (Eds.), *Turmeric. The genus Curcuma* (pp. 155-167). CRC Press.
- Esparza Zelada, I. N. (2021). *Cúrcuma (Curcuma longa): una revisión bibliográfica del procesamiento, propiedades funcionales y capacidad antimicrobiana* [Tesis de Maestría.]. Universidad de Chile, Facultad de ciencias químicas y farmacéuticas.
- Espinar Cabas, L. (2021). *Sinopsis botánica del orden Zingiberales . En especial la familia Zingiberáceas y sus representantes con interés económico* [Trabajo de fin de grado]. Universidad de Sevilla, Facultad de Farmacia.
- Espinosa Correa, J. C. (2020). *Implementación de un sistema agrosilvícola y tecnología de aprovechamiento con las especies de Curcuma longa L. y Moringa oleífera Lam. en la Hacienda La Cascada, Vereda Palermo del Municipio de Quimbaya (Quindío), Colombia* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Medio Ambiente, Programa de Ingeniería Agroforestal.
- Espinosa Reyes, Á. L., Silva Pupo, J. J., Borges García, M., González Paneque, O., Pérez Pérez, J., & Fajardo Rosabal, L. (2012). Evaluación de plantas de *Curcuma longa L.* obtenidas por cultivo de tejidos en condiciones de organopónico. *Rev. Colomb. Biotecnol.*, XIV(2), 196-202.
- Fernández Herrera, E. M. (2021). *Curcuma longa L. , de la cocina al botiquín* [Trabajo de fin de grado]. Universidad de Sevilla, Facultad de Farmacia.

- GBIF Secretariat. (2022). *Curcuma longa* L. In: GBIF Backbone Taxonomy.  
<https://www.gbif.org/es/species/2757624>
- Hilario Román, N. (2018). *Caracterización morfológica del palillo (Curcuma longa L.) en Selva Central* [Trabajo de investigación]. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Vicerrectorado de Investigación, Instituto Central de Investigación.
- Hossain, A., Ishimine, Y., Motomura, K., & Akamine, H. (2005). Effects of Planting Pattern and Planting Distance on Growth and Yield of Turmeric ( *Curcuma longa* L .). *Plant Production Science*, 8(1), 95-105. <https://doi.org/10.1626/pps.8.95>
- MINAGRI - Sierra y Selva Exportadora. (2020). *Oportunidades comerciales: Jengibre - Cúrcuma* [Informe Técnico].  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1471813/Oportunidades Comerciales - Jengibre y Cúrcuma 2020.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1471813/OportunidadesComerciales-Jengibre-y-Cúrcuma-2020.pdf)
- Nabors, M. W. (2006). *Introducción a la Botánica*. PEARSON EDUCACIÓN, S. A.
- Nair, K. P. (2019). *Turmeric (Curcuma Longa L.) and Ginger (Zingiber Officinale Rosc.)-World's Invaluable Medicinal Spices: The Agronomy and Economy of Turmeric and Ginger*. Springer International Publishing.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.10007/978-3-030-29189-1>
- Omosa, L. K., Midiwo, J. O., & Kuete, V. (2017). *Curcuma longa*. En V. Kuete (Ed.), *MEDICINAL SPICES AND VEGETABLES FROM AFRICA Therapeutic Potential against Metabolic, Inflammatory, Infectious and Systemic Diseases* (pp. 425-435). Mica Haley.
- Park, S. E., Benjamin, L. R., & Watkinson, A. R. (2003). The Theory and Application of Plant Competition Models : an Agronomic Perspective. *Annals of Botany*, 92, 741-748. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg204>
- Philco Balvín, M. del P. (2017). *Tarapoto – Perú* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, Facultad de Ingeniería Agroindustrial,

Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Pinedo Panduro, M., Rengifo Salgado, E. L., & Cerrutti Sifuentes, T. (1997). *Plantas medicinales de la Amazonía peruana, estudio de su uso y cultivo.*

[https://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/131/1/Medicinales\\_Libro\\_924.pdf](https://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/131/1/Medicinales_Libro_924.pdf)

Prasad Rout, N., & Simental Antúnez, E. (2019). Cúrcuma: un cultivo técnicamente factible, económicamente viable y financiable. *TecnoAgro*, 130, 4-10.

<https://tecnoagro.com.mx/revistadigital/2019/130/mobile/index.html#p=6>

PROCOMER - BID. (2020a). *Cosecha de Cúrcuma - Manual técnico*. Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica.

PROCOMER - BID. (2020b). *Siembra de Cúrcuma - Manual técnico*. Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica. <https://www.procomer.com/wp-content/uploads/Manual-de-siembra-curcuma.pdf>

Rana, S. S., Sharma, N., Badiyala, D., & Kumar, R. (2017). Weed management in turmeric. *Indian Journal of Weed Science*, 49(1), 51-57.

<https://doi.org/10.5958/0974-8164.2017.00013.2>

Ravindran, P. N., Nirmal Babu, K., & Shiva, K. N. (2007). Botany and Crop Improvement of Turmeric. En P. N. Ravindran, K. Nirmal Babu, & K. Sivaraman (Eds.), *Turmeric. The genus Curcuma* (pp. 15-70). CRC Press.

Reyes García, M., Gómez-Sánchez Prieto, I., & Espinoza Barrientos, C. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud.

Ríos Rivera, M. A. (2015). *Determinación experimental de la curva del coeficiente de cultivo (Kc) para el cultivo de cúrcuma (Cúrcuma Longa) en la vereda "El Limonar" del municipio de Dagua, valle del Cauca* [Tesis de pregrado].

Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Recursos

Naturales y del Ambiente.

Saiz De Cos, P. (2014). Cúrcuma I ( *Curcuma longa* L .). *Reduca (Biología). Serie Botánica*, 7(2), 84-99.

Sarangthem, K., & Haokip, M. J. (2010). *Secondary Metabolites of Curcuma Species*. 5(3), 355-359.

Sasikumar, B. (2005). Genetic resources of *Curcuma* : diversity , characterization and utilization. *Plant Genetic Resources*, 3(2), 230-251.

<https://doi.org/10.1079/PGR200574>

Simone Luzzi, D., Hartmann Caye, V. A., Sordi, A., Fiorezi, K., Cericato, A., & Klein, C. (2019). PRODUTIVIDADE DE AÇAFRÃO-DA- TERRA (*CURCUMA LONGA* L.) SUBMETIDA A DENSIDADES DE PLANTIO COM DIFERENTES TIPOS DE RIZOMAS. *Unoesc & Ciência - ACET Joaçaba*, 10(1), 51-58.

Sivakumar, P., Monisha, S., Vijai Selvaraj, K. S., Chitra, M., Prabha, T., Santhakumar, M., Bharathi, A., & Velayutham, A. (2022). Nutritional value , phytochemistry , pharmacological and in vitro regeneration of turmeric ( *Curcuma longa* L .): An updated review Nutritional value , phytochemistry , pharmacological and in vitro regeneration of turmeric ( *Curcuma longa* L . ): An updated. *Annals of Phytomedicine*, 11(1), 236-246. <https://doi.org/10.54085/ap.2022.11.1.23>

Sivaraman, K. (2007). Agronomy of Turmeric. En P. N. Ravindran, K. Nirmal Babu, & K. Sivaraman (Eds.), *Turmeric. The genus Curcuma* (pp. 129-153). CRC Press.

Soto, G. A., Cover, P., Quintanilla, E., & Pazos, L. (2004). Efecto de la fertilización fraccionada sobre el rendimiento de *Curcuma longa* (Zingiberaceae) en Guatuso, Alajuela. *Agronomía Costarricense*, 28(2), 107-111.

Velasco Chong, J. R., & Navarro Navarro, P. A. (2013). *Actividad antibacteriana in vitro del extracto hidroalcohólico de Curcuma longa (Guisador), mediante el método de macrodilución frente a Staphylococcus aureus y Escherichia coli*

[Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Facultad de Farmacia y Bioquímica.

Velayudhan, K. C., Dikshit, N., & Abdul Nizar, M. (2012). Ethnobotany of turmeric ( *Curcuma longa* L .). *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 11(4), 607-614.

Verma, R. K., Kumari, P., Maurya, R. K., Kumar, V., Verma, R. B., & Singh, R. K. (2018). *Medicinal properties of turmeric ( Curcuma longa L .): A review*. 6(4), 1354-1357.

Wikipedia. (2023). *Curcuma longa*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Curcuma\\_longa](https://es.wikipedia.org/wiki/Curcuma_longa)

## **ANEXOS**

## Anexo A. Instrumentos de recolección de datos

**Tabla A1.** Datos meteorológicos registrados en el mes de noviembre del 2021.

Fecha	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	
	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima
01/11/2021	20.40	31.80	0.00	48.00	88.00
02/11/2021	15.00	26.60	4.00	43.00	100.00
03/11/2021	18.00	27.70	0.00	42.00	91.00
04/11/2021	18.80	32.20	0.00	37.00	88.00
05/11/2021	20.20	29.40	0.00	49.00	81.00
06/11/2021	18.40	30.10	0.00	43.00	95.00
07/11/2021	18.90	32.00	0.00	42.00	87.00
08/11/2021	18.20	33.40	0.00	35.00	89.00
09/11/2021	17.40	30.70	6.00	43.00	99.00
10/11/2021	31.30	19.70	2.20	45.00	95.00
11/11/2021	19.10	33.70	0.00	38.00	95.00
12/11/2021	21.00	33.60	0.00	41.00	85.00
13/11/2021	21.00	33.80	0.00	44.00	91.00
14/11/2021	21.00	32.70	0.00	40.00	93.00
15/11/2021	19.70	29.40	5.00	58.00	95.00
16/11/2021	19.30	30.40	10.00	71.00	96.00
17/11/2021	16.80	32.70	0.00	40.00	97.00
18/11/2021	18.20	36.70	0.00	28.00	96.00
19/11/2021	18.00	36.00	0.00	34.00	92.00
20/11/2021	20.70	35.10	0.00	40.00	92.00
21/11/2021	20.50	34.20	0.00	43.00	90.00
22/11/2021	21.50	30.70	7.00	54.00	97.00
23/11/2021	19.00	30.10	31.60	45.00	99.00
24/11/2021	19.60	31.00	1.20	49.00	94.00
25/11/2021	20.20	33.60	1.80	37.00	95.00
26/11/2021	20.80	34.00	0.60	27.00	94.00
27/11/2021	22.40	33.10	0.00	38.00	91.00
28/11/2021	20.50	33.20	0.00	29.00	96.00
29/11/2021	22.60	32.90	0.00	36.00	92.00
30/11/2021	22.10	33.50	0.00	43.00	88.00
<b>PROMEDIOS</b>	<b>25.91</b>		<b>69.40</b>	<b>67.38</b>	

**Tabla A2.** Datos meteorológicos registrados en el mes de diciembre del 2021.

Fecha	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	
	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima
01/12/2021	19.60	34.10	0.00	39.00	96.00
02/12/2021	21.00	33.60	4.00	41.00	79.00
03/12/2021	21.00	33.00	0.00	44.00	75.00
04/12/2021	18.20	32.00	0.00	42.00	93.00
05/12/2021	18.00	32.00	0.00	44.00	87.00
06/12/2021	18.30	33.00	6.20	33.00	95.00
07/12/2021	17.50	27.20	5.00	57.00	96.00
08/12/2021	15.90	33.40	0.00	39.00	98.00
09/12/2021	19.50	30.80	0.00	49.00	90.00
10/12/2021	18.70	35.10	2.20	34.00	90.00
11/12/2021	16.60	34.30	0.00	37.00	92.00
12/12/2021	18.60	27.20	29.00	61.00	99.00
13/12/2021	18.50	29.10	12.00	58.00	98.00
14/12/2021	17.00	34.30	0.00	39.00	97.00
15/12/2021	20.70	32.90	0.00	45.00	93.00
16/12/2021	17.80	25.40	8.60	75.00	98.00
17/12/2021	19.20	30.00	0.00	52.00	98.00
18/12/2021	19.20	32.00	0.00	49.00	93.00
19/12/2021	18.40	31.20	31.40	50.00	99.00
20/12/2021	20.00	30.00	5.40	51.00	95.00
21/12/2021	19.00	28.00	1.80	60.00	96.00
22/12/2021	19.40	34.00	7.00	42.00	93.00
23/12/2021	21.30	33.80	0.00	45.00	89.00
24/12/2021	19.00	34.40	0.00	45.00	88.00
25/12/2021	18.00	27.00	5.80	71.00	100.00
26/12/2021	18.00	26.50	30.40	72.00	98.00
27/12/2021	16.60	33.60	1.40	39.00	96.00
28/12/2021	18.40	31.80	0.00	48.00	94.00
29/12/2021	19.60	31.90	2.40	46.00	98.00
30/12/2021	19.20	29.00	2.00	59.00	98.00
31/12/2021	18.80	29.20	8.40	56.00	98.00
<b>PROMEDIOS</b>	<b>25.01</b>		<b>163.00</b>	<b>71.47</b>	

**Tabla A3.** Datos meteorológicos registrados en el mes de enero del 2022.

Fecha	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	
	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima
01/01/2022	19.70	30.00	0.00	60.00	91.00
02/01/2022	19.60	29.00	0.00	62.00	90.00
03/01/2022	19.20	31.20	0.00	60.00	96.00
04/01/2022	20.20	27.40	5.60	65.00	95.00
05/01/2022	19.60	30.20	7.50	75.00	100.00
06/01/2022	19.80	32.00	25.00	45.00	100.00
07/01/2022	20.20	28.60	25.60	75.00	100.00
08/01/2022	20.20	26.00	0.00	75.00	93.00
09/01/2022	19.20	31.00	0.00	44.00	89.00
10/01/2022	19.00	28.00	0.00	67.00	98.00
11/01/2022	19.40	27.20	0.00	77.00	93.00
12/01/2022	19.40	31.60	0.00	61.00	98.00
13/01/2022	18.90	30.90	0.30	58.00	96.00
14/01/2022	19.10	27.00	44.00	61.00	100.00
15/01/2022	18.20	31.00	0.00	83.00	100.00
16/01/2022	19.60	28.80	0.00	67.00	95.00
17/01/2022	19.50	28.00	75.00	55.00	96.00
18/01/2022	18.50	27.50	0.00	65.00	100.00
19/01/2022	19.00	27.40	26.60	59.00	99.00
20/01/2022	19.80	28.40	0.00	66.00	91.00
21/01/2022	22.00	29.60	0.00	59.00	88.00
22/01/2022	21.00	27.20	0.00	77.00	100.00
23/01/2022	20.40	29.00	43.20	66.00	97.00
24/01/2022	20.10	30.20	0.60	57.00	97.00
25/01/2022	19.80	29.00	0.80	60.00	98.00
26/01/2022	18.00	30.80	0.20	52.00	100.00
27/01/2022	20.20	27.60	0.60	67.00	96.00
28/01/2022	19.00	26.20	5.60	76.00	96.00
29/01/2022	19.80	26.00	9.00	69.00	98.00
30/01/2022	19.20	23.80	11.60	81.00	98.00
31/01/2022	19.40	29.00	0.00	65.00	96.00
<b>PROMEDIOS</b>	<b>24.14</b>		<b>281.20</b>	<b>80.53</b>	

**Tabla A4.** Datos meteorológicos registrados en el mes de febrero del 2022.

Fecha	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	
	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima
01/02/2022	20.00	30.20	8.00	63.00	100.00
02/02/2022	19.40	27.20	1.00	63.00	100.00
03/02/2022	19.60	33.20	0.00	46.00	90.00
04/02/2022	19.40	24.40	14.50	83.00	96.00
05/02/2022	19.20	31.40	14.40	60.00	91.00
06/02/2022	19.80	29.00	17.40	61.00	98.00
07/02/2022	18.90	27.00	0.00	60.00	90.00
08/02/2022	18.40	30.50	0.00	62.00	98.00
09/02/2022	18.00	31.40	0.00	56.00	91.00
10/02/2022	19.20	31.00	0.00	59.00	86.00
11/02/2022	18.20	30.70	27.40	56.00	95.00
12/02/2022	19.20	25.70	28.10	85.00	98.00
13/02/2022	18.10	32.00	0.00	52.00	92.00
14/02/2022	19.00	31.20	0.00	66.00	98.00
15/02/2022	20.40	25.40	27.40	87.00	95.00
16/02/2022	18.40	32.20	0.40	51.00	98.00
17/02/2022	19.80	25.60	15.80	81.00	98.00
18/02/2022	19.80	26.40	30.20	72.00	98.00
19/02/2022	19.00	30.20	8.40	70.00	98.00
20/02/2022	19.40	28.40	18.40	69.00	95.00
21/02/2022	19.80	28.00	16.60	59.00	94.00
22/02/2022	19.20	33.00	5.40	58.00	97.00
23/02/2022	17.20	33.00	3.80	71.00	100.00
24/02/2022	17.20	30.40	0.00	68.00	98.00
25/02/2022	18.80	30.00	0.00	64.00	91.00
26/02/2022	19.00	28.40	20.40	61.00	96.00
27/02/2022	19.00	30.00	0.00	65.00	98.00
28/02/2022	18.70	30.40	8.70	63.00	98.00
<b>PROMEDIOS</b>	<b>24.26</b>		<b>266.30</b>	<b>80.14</b>	

**Tabla A5.** Datos meteorológicos registrados en el mes de marzo del 2022.

Fecha	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	
	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima
01/03/2022	18.80	26.20	4.00	79.00	99.00
02/03/2022	16.10	29.80	0.00	56.00	99.00
03/03/2022	18.30	29.80	0.00	58.00	99.00
04/03/2022	18.90	30.20	7.00	58.00	100.00
05/03/2022	18.70	29.00	1.00	69.00	100.00
06/03/2022	19.40	25.80	6.00	80.00	100.00
07/03/2022	18.60	25.50	13.00	80.00	100.00
08/03/2022	17.00	30.10	2.00	56.00	99.00
09/03/2022	18.50	24.10	54.60	85.00	100.00
10/03/2022	18.00	31.30	15.00	49.00	98.00
11/03/2022	19.00	28.00	2.00	67.00	99.00
12/03/2022	18.20	29.90	22.00	57.00	98.00
13/03/2022	17.70	28.70	23.00	57.00	98.00
14/03/2022	18.40	28.00	18.00	65.00	98.00
15/03/2022	17.70	27.40	0.00	65.00	100.00
16/03/2022	17.70	27.40	0.00	76.00	100.00
17/03/2022	16.80	31.10	1.00	35.00	100.00
18/03/2022	17.00	31.90	0.00	43.00	96.00
19/03/2022	18.20	31.00	1.00	51.00	98.00
20/03/2022	17.00	27.20	20.00	65.00	100.00
21/03/2022	17.60	27.00	49.00	71.00	98.00
22/03/2022	18.00	31.30	25.00	49.00	97.00
23/03/2022	17.20	31.00	1.20	56.00	98.00
24/03/2022	19.90	29.60	8.00	67.00	100.00
25/03/2022	18.80	28.90	4.00	66.00	99.00
26/03/2022	19.20	29.10	0.00	62.00	100.00
27/03/2022	19.10	28.10	4.40	71.00	100.00
28/03/2022	19.10	28.80	0.00	58.00	99.00
29/03/2022	17.40	32.00	14.00	50.00	98.00
30/03/2022	17.00	29.80	0.00	55.00	100.00
31/03/2022	18.20	30.20	7.60	57.00	98.00
<b>PROMEDIOS</b>	<b>23.54</b>		<b>302.80</b>	<b>80.34</b>	

**Tabla A6.** Datos meteorológicos registrados en el mes de abril del 2022.

Fecha	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	
	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima
01/04/2022	18.90	25.30	26.00	78.00	99.00
02/04/2022	17.80	28.80	2.00	60.00	99.00
03/04/2022	18.60	28.40	6.00	62.00	99.00
04/04/2022	18.40	31.20	19.00	54.00	100.00
05/04/2022	18.20	31.40	6.00	51.00	100.00
06/04/2022	17.10	29.30	10.00	64.00	99.00
07/04/2022	18.50	29.10	17.00	61.00	100.00
08/04/2022	16.80	31.60	0.00	50.00	99.00
09/04/2022	17.00	30.60	20.60	52.00	100.00
10/04/2022	18.20	30.60	0.00	51.00	99.00
11/04/2022	17.40	30.90	0.00	57.00	99.00
12/04/2022	19.40	31.00	1.00	52.00	100.00
13/04/2022	19.40	28.20	0.00	66.00	99.00
14/04/2022	20.20	29.10	0.00	58.00	100.00
15/04/2022	20.20	26.00	4.00	77.00	100.00
16/04/2022	18.70	30.10	0.00	49.00	99.00
17/04/2022	17.60	28.40	0.00	63.00	99.00
18/04/2022	17.00	29.40	0.00	58.00	100.00
19/04/2022	18.90	27.10	1.00	61.00	100.00
20/04/2022	17.00	31.00	0.00	52.00	100.00
21/04/2022	17.00	30.00	0.00	53.00	100.00
22/04/2022	17.00	32.00	0.00	47.00	100.00
23/04/2022	18.00	30.80	0.00	55.00	98.00
24/04/2022	19.20	31.20	5.00	47.00	100.00
25/04/2022	19.20	25.00	35.00	80.00	100.00
26/04/2022	16.00	30.00	0.00	51.00	99.00
27/04/2022	17.20	30.40	0.00	50.00	99.00
28/04/2022	19.00	29.60	3.00	61.00	99.00
29/04/2022	18.60	29.80	10.00	52.00	100.00
30/04/2022	18.40	31.80	27.00	47.00	100.00
<b>PROMEDIOS</b>	<b>23.88</b>		<b>192.60</b>	<b>78.40</b>	

**Tabla A7.** Datos meteorológicos registrados en el mes de mayo del 2022.

Fecha	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	
	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima
01/05/2022	18.80	29.00	2.00	53.00	99.00
02/05/2022	18.30	31.00	12.00	49.00	100.00
03/05/2022	18.30	28.80	1.00	68.00	100.00
04/05/2022	18.20	29.40	0.00	56.00	100.00
05/05/2022	18.00	27.40	6.80	59.00	100.00
06/05/2022	18.00	29.80	2.00	49.00	99.00
07/05/2022	19.40	30.20	0.00	51.00	99.00
08/05/2022	19.40	29.20	2.00	55.00	99.00
09/05/2022	18.60	30.40	0.00	51.00	99.00
10/05/2022	18.40	29.80	42.60	55.00	100.00
11/05/2022	19.10	28.60	7.00	59.00	100.00
12/05/2022	19.10	28.40	0.00	61.00	99.00
13/05/2022	18.40	30.00	0.00	53.00	99.00
14/05/2022	19.00	30.80	0.00	49.00	99.00
15/05/2022	19.00	30.00	10.00	57.00	99.00
16/05/2022	19.40	30.80	7.00	53.00	100.00
17/05/2022	19.00	26.40	17.00	71.00	100.00
18/05/2022	17.00	29.40	12.00	62.00	100.00
19/05/2022	18.90	27.10	0.00	66.00	99.00
20/05/2022	17.00	31.00	0.00	48.00	97.00
21/05/2022	17.00	30.00	0.00	54.00	97.00
22/05/2022	17.00	32.00	0.00	70.00	98.00
23/05/2022	17.80	29.40	0.00	55.00	100.00
24/05/2022	18.00	29.40	0.00	53.00	100.00
25/05/2022	18.80	24.60	16.40	75.00	100.00
26/05/2022	16.80	29.20	0.00	54.00	99.00
27/05/2022	18.80	27.00	27.00	68.00	100.00
28/05/2022	17.50	28.40	0.00	60.00	99.00
29/05/2022	17.00	26.40	0.00	69.00	99.00
30/05/2022	15.80	29.40	0.00	52.00	100.00
31/05/2022	19.00	25.50	4.00	71.00	100.00
<b>PROMEDIOS</b>	<b>23.61</b>		<b>168.80</b>	<b>78.79</b>	

**Tabla A8.** Datos meteorológicos registrados en el mes de junio del 2022.

Fecha	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	
	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima
01/06/2022	18.00	26.90	0.00	60.00	100.00
02/06/2022	19.00	26.00	13.00	71.00	100.00
03/06/2022	18.90	26.00	9.00	71.00	100.00
04/06/2022	19.00	28.50	5.00	56.00	100.00
05/06/2022	19.20	28.20	7.00	65.00	100.00
06/06/2022	18.70	28.80	3.00	58.00	100.00
07/06/2022	19.00	29.30	2.00	57.00	100.00
08/06/2022	19.50	29.70	0.00	53.00	100.00
09/06/2022	18.30	29.50	0.00	53.00	99.00
10/06/2022	18.40	29.60	1.00	48.00	99.00
11/06/2022	16.10	24.70	20.00	52.00	99.00
12/06/2022	16.90	25.70	0.40	55.00	100.00
13/06/2022	17.40	26.60	0.00	53.00	99.00
14/06/2022	14.00	27.80	0.00	43.00	100.00
15/06/2022	12.50	28.10	0.00	46.00	100.00
16/06/2022	12.30	28.80	0.00	40.00	99.00
17/06/2022	13.70	28.90	0.00	45.00	99.00
18/06/2022	13.90	29.30	0.00	49.00	99.00
19/06/2022	17.90	27.50	7.00	57.00	100.00
20/06/2022	16.60	28.00	0.00	53.00	99.00
21/06/2022	16.60	29.80	0.00	50.00	99.00
22/06/2022	16.50	29.20	0.00	49.00	100.00
23/06/2022	17.90	29.50	1.00	47.00	100.00
24/06/2022	16.20	29.70	1.00	45.00	99.00
25/06/2022	16.70	21.50	12.00	93.00	98.00
26/06/2022	12.70	28.20	0.00	49.00	98.00
27/06/2022	12.30	28.50	1.00	47.00	98.00
28/06/2022	12.10	29.00	0.00	51.00	98.00
29/06/2022	14.70	30.50	0.00	44.00	98.00
30/06/2022	13.70	29.70	0.00	46.00	98.00
<b>PROMEDIOS</b>	<b>22.20</b>	<b>28.40</b>	<b>82.40</b>	<b>76.40</b>	

**Tabla A9.** Datos meteorológicos registrados en el mes de julio del 2022.

Fecha	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	
	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima
01/07/2022	12.90	30.60	0.00	44.00	98.00
02/07/2022	14.10	30.20	0.00	43.00	97.00
03/07/2022	13.70	28.50	0.00	53.00	99.00
04/07/2022	16.20	30.70	0.00	42.00	100.00
05/07/2022	13.70	30.10	0.00	46.00	98.00
06/07/2022	13.70	30.50	0.00	44.00	96.00
07/07/2022	13.90	30.90	0.00	44.00	98.00
08/07/2022	13.90	31.50	0.00	41.00	98.00
09/07/2022	17.90	29.00	25.00	51.00	98.00
10/07/2022	15.30	29.90	0.00	50.00	100.00
11/07/2022	17.10	30.40	0.00	45.00	99.00
12/07/2022	17.50	29.10	0.40	52.00	100.00
13/07/2022	19.30	30.20	0.00	48.00	99.00
14/07/2022	18.20	27.60	0.00	54.00	99.00
15/07/2022	19.70	28.70	0.00	53.00	98.00
16/07/2022	19.90	29.20	0.40	55.00	100.00
17/07/2022	18.50	30.10	0.00	41.00	99.00
18/07/2022	18.50	27.30	11.00	58.00	100.00
19/07/2022	15.90	30.30	0.00	45.00	98.00
20/07/2022	16.90	29.70	0.00	42.00	99.00
21/07/2022	14.90	30.70	0.00	49.00	100.00
22/07/2022	14.20	30.20	0.00	44.00	99.00
23/07/2022	15.70	30.50	0.00	44.00	98.00
24/07/2022	17.90	28.70	0.00	55.00	100.00
25/07/2022	17.70	29.30	1.00	51.00	99.00
26/07/2022	18.60	28.70	1.20	52.00	100.00
27/07/2022	15.70	30.40	0.00	41.00	98.00
28/07/2022	15.30	30.90	0.00	43.00	100.00
29/07/2022	15.10	31.50	0.00	41.00	99.00
30/07/2022	15.50	31.50	0.00	39.00	99.00
31/07/2022	16.80	31.00	0.00	45.00	99.00
<b>PROMEDIOS</b>	<b>23.10</b>	<b>39.00</b>	<b>39.00</b>	<b>72.89</b>	

**Tabla A10.** Ficha de registro de la altura de planta (cm)

<b>Bloques</b>	Distanciamientos de siembra (Tratamientos)				
	T1	T2	T3	T4	T5
<b>I</b>	118.900	111.100	109.500	126.900	121.100
<b>II</b>	114.300	113.700	116.000	122.600	116.800
<b>III</b>	97.700	103.300	113.500	111.000	117.100

**Tabla A11.** Ficha de registro del número de rizomas por planta

<b>Bloques</b>	Distanciamientos de siembra (Tratamientos)				
	T1	T2	T3	T4	T5
<b>I</b>	19.200	16.000	13.800	19.400	15.800
<b>II</b>	17.900	15.400	15.000	18.800	17.300
<b>III</b>	15.600	17.300	17.000	19.500	19.400

**Tabla A12.** Ficha de registro de la longitud de rizomas (cm)

<b>Bloques</b>	Distanciamientos de siembra (Tratamientos)				
	T1	T2	T3	T4	T5
<b>I</b>	8.950	7.850	7.050	8.200	7.350
<b>II</b>	8.700	7.850	7.150	8.500	7.150
<b>III</b>	9.350	7.800	7.100	7.950	7.100

**Tabla A13.** Ficha de registro del diámetro de los rizomas (cm)

<b>Bloques</b>	Distanciamientos de siembra (Tratamientos)				
	T1	T2	T3	T4	T5
<b>I</b>	7.150	6.950	5.500	7.100	6.260
<b>II</b>	7.100	6.900	5.650	7.050	6.200
<b>III</b>	7.350	7.000	5.800	6.950	6.300

**Tabla A14.** Ficha de registro del peso de rizomas por planta (gr)

<b>Bloques</b>	Distanciamientos de siembra (Tratamientos)				
	T1	T2	T3	T4	T5
<b>I</b>	120.800	107.550	104.500	135.190	106.520
<b>II</b>	132.060	105.080	104.330	125.480	105.620
<b>III</b>	107.610	106.970	106.860	149.660	115.130

**Tabla A15.** Ficha de registro del peso de rizomas por hectárea (kg/ha)

<b>Bloques</b>	Distanciamientos de siembra (Tratamientos)				
	T1	T2	T3	T4	T5
<b>I</b>	2684.444	5121.429	3870.370	3862.571	5917.778
<b>II</b>	2934.667	5003.810	3864.074	3585.143	5867.778
<b>III</b>	2391.333	5093.810	3957.778	4276.000	6396.111

## ANEXO B. Fotografías

Figura B1. Vista de las parcelas.



**Figura B2.** Vista panorámica del campo experimental.



**Figura B3.** Cosecha de los rizomas.





**Figura B4.** Selección de los rizomas.

