

# Evaluación del efecto de la intensidad luminosa y la humedad del suelo en el crecimiento de la papa china (*Colocasia esculenta* L.)

Mauren Mosquera Cruz  
Emirtan Valencia Calimeño



Universidad del Pacífico  
Programa de Agronomía  
Buenaventura, Colombia  
2023

# **Evaluación del efecto de la intensidad luminosa y la humedad del suelo en el crecimiento de la papa china (*Colocasia esculenta* L.)**

**Mauren Mosquera Cruz  
Emirtan Valencia Calimeño**

Tesina presentada como requisito para optar al título de: Agrónomo

Director:  
MSc. PhD. Nilsen Leonardo Lasso Rivas

Línea de investigación o proyección social:  
Suelos

Universidad del Pacífico  
Programa de Agronomía  
Buenaventura, Colombia  
2023

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de investigación es dedicado primeramente a Dios todo poderoso por todas las bendiciones recibidas, por brindado fortalezas en los momentos de difíciles y desespero, además por colocar las personas adecuadas para contribuir positivamente en este logro que, gracias a Dios ahora se hace realidad.

A nuestras familias, en especial a mis padres y hermanos por ser los pilares más importantes y siempre demostrarme su amor y apoyo incondicional sin importar las dificultades presentadas Edinson Valencia y Alis Leida Calimeño (Emirtan V), Nancy Cruz y Juan José Mosquera por ser mi motivación y fuerza en mi vida y darme su apoyo incondicional (Mauren M).

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios, que a lo largo de este camino ha guiado nuestros pasos, cumpliendo nuestra meta, por cuidarnos y darnos la dicha de vivir esta gran experiencia universitaria.

A nuestro profesor Dr. Nilsen Leonardo Lasso Rivas, docente y tutor de este proyecto, por su apoyo incondicional, paciencia por transmitirnos sus conocimientos y por habernos brindado su valiosa colaboración y orientación en el desarrollo de la tesis.

A nuestra Universidad del Pacífico y cada uno de los profesores que de una u otra manera contribuyeron en nuestro proceso formativo.

A nuestras familias Nancy Cruz, Juan José Mosquera, María Felisa Murillo (Mauren M.) Edinson Valencia, Alis Leida Calimeño, Delio V., Evelia V., Ricardo V. (Emirtan V.) quienes nos han inspirado cada día a tomar este camino de desafíos, a seguir luchado y entender que la vida con esfuerzo vale más la pena, brindándonos su apoyo incondicional.

A nuestros compañeros quienes durante la práctica estuvieron involucrados con este proceso: Alberto Calimeño, Agrónoma Yovanna Alomía y Técnico electromecánico Hernando Orobio por su apoyo y colaboración.

Para concluir le damos gracias a los integrantes del laboratorio de la universidad por el apoyo y las atenciones. De igual manera a todos los compañeros y funcionarios que apoyaron de manera directa e indirecta.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
2. JUSTIFICACION .....	3
3. OBJETIVOS .....	4
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	4
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
4. MARCO TEÓRICO .....	5
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE .....	5
4.2 ASPECTOS AGRONÓMICOS DEL CULTIVO .....	5
4.2.1 Tipos y variedades de la papa china .....	6
4.2.2 Requerimientos del cultivo .....	6
4.2.3 Ciclo de crecimiento de la planta .....	6
4.2.4 Cosecha de la papa china. ....	6
4.3 ESTRÉS POR BAJA INTENSIDAD LUMÍNICA .....	7
4.4 ESTRÉS POR ANEGAMIENTO .....	7
4.5 EFECTO DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN LA PAPA CHINA .....	8
5. DISEÑO METODOLÓGICO .....	9
5.1 LOCALIZACIÓN .....	9
5.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	9
5.2.1 Variable climáticas .....	9
5.2.2 Material vegetal .....	9
5.2.3 Diseño experimental .....	10
5.2.4 Variables morfofisiológicas evaluadas .....	12
5.2.4.1 Índice de verdor .....	13
5.2.4.2 Contenido relativo de agua .....	13
5.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS .....	13
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	14
6.1 VARIABLES DEL CLIMA .....	14
6.2 EVALUACION DE LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE PAPACHINA .....	16
7. CONCLUSIONES.....	23
8. RECOMENDACIONES.....	24

<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>25</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>32</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1. Sección basal de planta de papa china utilizada para la siembra.....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 2. Montaje del experimento para el cultivo de papa china.....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 3. Estructuras para montaje del experimento, los tratamientos de sombra nivel 0% (a), sombra nivel 35% (b) y sombra nivel 65% (c). Fuente propia.....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 4. Variación de la intensidad lumínica durante el día tanto al exterior como al interior de las estructuras tipo invernadero.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 5. Variación en la intensidad luminosa al interior de las estructuras tipo invernadero durante el tiempo que duró el experimento.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 6. Variación de la temperatura máxima dentro de las estructuras tipo invernadero durante el experimento.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 7. Efecto de la intensidad lumínica y humedad en la altura de la planta de papa china... </b>	<b>17</b>
<b>Figura 8. Efecto de la intensidad lumínica y humedad en el número de hojas de la planta de Papa china.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 9. Número de hojas, Altura, CRAH, Área foliar y AFE de las plantas de papa china sometidas a condiciones de sombras en la etapa de crecimiento.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 10. Variables morfofisiológicas de plantas de papa china sometidas dos condiciones de humedad de suelo y tres diferentes niveles de sombra.....</b>	<b>22</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1. Tratamientos de sombra y humedad evaluados en el crecimiento de la papa china.....</b>	<b>10</b>
<b>Tabla 2. Resultado del análisis de varianza para los parámetros de crecimiento.....</b>	<b>18</b>

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.....</b>	<b>32</b>
<b>Anexo 2.....</b>	<b>33</b>
<b>Anexo 3.....</b>	<b>34</b>
<b>Anexo 4.....</b>	<b>35</b>
<b>Anexo 5.....</b>	<b>36</b>
<b>Anexo 6.....</b>	<b>37</b>

## RESUMEN

La papa china (*Colocasia esculenta* L.) familia aráceas, es un componente importante para la seguridad alimentaria de muchas de las comunidades que habitan en los municipios de la región Pacífico. El objetivo de este trabajo consistió en evaluar el efecto de la intensidad luminosa y la humedad del suelo en el crecimiento de la planta de papa china sembradas en bolsas de polietileno de 5 kg. Se trató de un experimento factorial con dos factores: factor sombra que contó con tres niveles 0%, 35%, y 65%, y factor humedad del suelo que contó con dos niveles: 100% y 50% de la capacidad de campo del suelo en el contenedor, en total se tuvieron 6 tratamientos y 8 repeticiones para un total de 48 plantas. Las variables evaluadas fueron: altura, masa seca (hoja y peciolo), área foliar, contenido relativo de agua de la hoja (CRAH), número de hojas y masa del cormo. Los resultados mostraron que el tratamiento de sombra tuvo un efecto significativo para las variables altura, CRAH, área foliar y área foliar específica (AFE). En el caso del tratamiento de humedad tuvo un efecto significativo para las variables masa seca total, masa seca de la hoja, y AFE. De acuerdo con los resultados obtenidos el factor sombra no tuvo un efecto significativo en el crecimiento de las plantas, sin embargo, sus efectos se dieron a nivel morfológico expresado en el tamaño y grosor de la hoja lo que implica una adaptación morfológica a dichas condiciones. Por otra parte, el tratamiento de humedad del suelo tuvo un efecto significativo en el crecimiento de las plantas expresado como una disminución en la masa seca total bajo condiciones de baja humedad. Los resultados de esta investigación indican que la sombra no genera efectos significativos en el crecimiento de la papa china y sus efectos se dan a nivel de una respuesta de tipo morfológica lo que implica una adaptación a dichas condiciones. El tratamiento de humedad del suelo tuvo un efecto significativo en el crecimiento expresado como una disminución en la masa seca total bajo condiciones de baja humedad, debido a que los niveles de sombra no tuvieron un efecto negativo en el crecimiento de la planta de papa china soporta la idea de que la variedad de papa china cultivada por algunas comunidades de la región Pacífico puede ser implementada en sistemas agroforestales.

**Palabras claves:** *Estrés hídrico, estrés por baja intensidad lumínica, humedad del suelo, seguridad alimentaria, análisis de crecimiento.*

## ABSTRACT

Taro (*Colocasia esculenta* L.) Araceae family, is an important component for the food security of many of the communities that inhabit the municipalities of the Pacific region. The objective of this work was to evaluate the effect of light intensity and soil humidity on the growth of the Chinese potato plant planted in 5 kg polyethylene bags. It was a factorial experiment with two factors: shadow factor that had three levels: 0%, 35%, and 65%, and soil moisture factor that had two levels: 100% and 50% of the field capacity of the soil. In the container, in total there were 6 treatments and 8 repetitions for a total of 48 plants. The variables evaluated were: height, dry mass (leaf and petiole), leaf area, relative leaf water content (CRAH), number of leaves and corm mass. The results showed that the shade treatment had a significant effect for the variables height, CRAH, leaf area and specific leaf area (AFE). In the case of the humidity treatment, it had a significant effect for the variables total dry mass, dry mass of the leaf, and AFE. According to the results obtained, the shade factor did not have a significant effect on the growth of the plants, however, its effects occurred at the morphological level expressed in the size and thickness of the leaf, which implies a morphological adaptation to said conditions. On the other hand, the soil moisture treatment had a significant effect on plant growth expressed as a decrease in total dry mass under low moisture conditions. The results of this investigation indicate that the shade does not generate significant effects on the growth of the Chinese potato and its effects occur at the level of a morphological response, which implies an adaptation to said conditions. Soil moisture treatment had a significant effect on growth expressed as a decrease in total dry mass under low moisture conditions. The fact that shade treatments did not have a negative effect on the growth of the Chinese potato plant supports the idea that the Chinese potato variety cultivated by some communities in the Pacific region can be implemented in agroforestry systems.

**Key words:** *Water stress, low light intensity stress, soil moisture, food security, growth analysis.*

## INTRODUCCIÓN

La papa china (*Colocasia esculenta* L.) es una planta cuyo cormo se utiliza para alimentación humana y animal además de poseer diversos usos industriales. Los cormos son la parte principal de cultivo, debido a que contienen grandes cantidades de almidón y otros elementos esenciales para la alimentación humana, como calcio, fósforo, hierro, vitamina C, tiamina, riboflavina y niacina (Lasso y Cundumí, 2016). La especie se caracteriza por tener rápido crecimiento y reproducción vegetativa, siendo el cormo la parte de la planta principalmente utilizada como método de multiplicación. A nivel mundial la papa china ocupa el quinto lugar en área sembrada dentro de las raíces y tubérculos después de la yuca, la papa, el camote y el ñame (Morales & Santacruz, 2017); la producción está alrededor de 11,8 millones de toneladas por año cultivada en alrededor de 2 millones de hectáreas, con un rendimiento promedio de 6 t/ha (Singh et al, 2012).

La papa china es un componente importante para la seguridad alimentaria de muchas de las comunidades que habitan en los municipios de la región Pacífico de los departamentos de Chocó, Cauca, Nariño y Valle del Cauca (Lozada, 2005), esto debido a que el cultivo se adapta muy bien a las condiciones edafoclimáticas allí presentes (alta precipitación, sitios anegadizos, suelos con pH entre 4,5 y 6, y temperatura promedio anual de 27 °C) (Montaldo, 1991). Los departamentos donde más se produce papa china en Colombia son: Nariño, Valle del Cauca y Chocó. Nariño es el departamento con mayor área sembrada (654.00 ton/ha.) seguido por el Chocó (556.00 ha) y Valle del Cauca (310.00 ha).

A pesar de la importancia que la papa china representa para las comunidades de la región Pacífico este cultivo no está tecnificado y existen pocos estudios tendientes a mejorar la productividad del mismo; por ejemplo, Ararat (2014) plantea que una adecuada estrategia de trasplante apropiada puede ser una alternativa útil para garantizar el establecimiento inicial cultivo lo que permite obtener mayores rendimientos del cormo. ADDAC (2009) expone dos formas de siembra para la papa china en suelos fangosos, la primera generalmente en tiempos lluvioso, donde se siembra y no se realizan ningunas labores como control de maleza, fertilizante, riesgo, solo se regresa en el tiempo de la cosecha. El otro es la siembra de secado realizada en surco canteros, requiere de tierras no anegables, puesto que este cultivo requiere mucha agua y labores agrícolas durante toda su etapa de desarrollo.

La planta de papa china se caracteriza por su capacidad de crecer en condiciones adversas, como en pantanos y áreas inundadas, en lugares con altas temperaturas y hábitat sombreado, típico de los bosques tropicales (Imbert et al., 2004, Heredia Zárate et al., 2013). Según Heredia Zárate et al. (2004) la capacidad de establecerse en lugares adversos hace que la papa china sea una especie de subsistencia ideal para zonas donde se utiliza mucha mano de obra, especialmente el trabajo familiar.

En un trabajo realizado por Juárez & Úbeda (2011) en que evaluaron el efecto de los métodos de propagación en la diseminación de plagas y enfermedades del cultivo de papa china, los

investigadores encontraron que la forma convencional de propagación vegetativa facilitaba la diseminación de las plagas y enfermedades siendo uno de los mayores problemas la presencia del virus del mosaico de dasheen (Monge et al. 1987). Cundumí (2016) sugiere que las mejores distancias de siembra para la papa china sean de 1 m x 1 m y 0,80 m x 1 m, pues generan un mayor rendimiento del cormo por planta. Carabalí (2017) evaluó la influencia de la profundidad del drenaje en el crecimiento y producción de la papa china y encontró que el drenaje de mayor profundidad resulta en un mayor rendimiento y volumen del cormo. Riascos (2016), realizó un reconocimiento de hongos formadores de micorrizas nativos en la rizosfera de papa china y reportó la presencia de varios morfotipos. También se han hecho evaluaciones sobre el uso de residuos orgánicos en el cultivo de papa china, Oliveira et al. (2008) reportaron un aumento significativo en la producción de papa china cuando se utilizaba gallinaza a la dosis de 130 kg ha<sup>-1</sup>; en esta misma línea Heredia Zárate et al. (2013) observaron alta productividad de hijuelos en las plantas cultivadas en suelo con la adición de gallinaza en cobertura.

En cuanto las enfermedades que pueden afectar el cultivo de papa china en la región Pacífico, Arboleda y Gutiérrez (2016) argumentan que las enfermedades en el cultivo pueden estar siendo un factor limitante de la producción, y aún más las de etiología desconocida, dado que el desconocimiento de los agentes causales primarios reduce las posibilidades de manejo. Quiñonez (2010) describió una enfermedad desconocida de machas foliares a manera de lecciones necróticas planas con anillos concéntricos, y con borde regular que puede causar una muerte progresiva del tejido foliar, reduciéndose así la actividad fotosíntesis y posiblemente el rendimiento. Martínez (2019) manifiesta que el principal problema que sufre el cultivo de papa china son las pérdidas postcosecha debido a la consecuencia de cambios fisiológicos, físicos y patológicos, los cuales pueden variar según lugar de producción, manipulación, distribución y el periodo de tiempo entre cosecha y consumo.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Aunque la papa china es un cultivo de gran importancia en la región Pacífico colombiana, pues contribuye de manera efectiva en la seguridad alimentaria y la economía de las comunidades allí asentadas (Lasso y Cundumí, 2016), este cultivo no está tecnificado y es limitada la investigación realizada sobre la fisiología de la planta y los aspectos agronómicos del cultivo lo que se traduce en una baja productividad, comparada con el promedio mundial, y la gran fluctuación en la producción durante las últimas dos décadas (Agronet, 2022). A lo anterior se suma que una importante proporción de los suelos de la región Pacífico son de vocación forestal por lo que la implementación de sistemas agroforestales debe ser estimulada, sin embargo uno de los aspectos desconocidos del cultivo de papa china es la respuesta de la planta cuando crece bajo sombra y bajo diferentes niveles de humedad del suelo, aspectos que se deben conocer si se plantea implementar el cultivo en sistemas agroforestales, tipo de sistema de producción bastante empleado por los agricultores de la región.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Dada la importancia que representa la papa china para la seguridad alimentaria de los habitantes de la región Pacífico colombiano, los estudios sobre la fisiología del cultivo se hacen pertinentes para desarrollar estrategias para mejorar los rendimientos del mismo. Teniendo en cuenta que el cultivo de la papa china se realiza usualmente en las vegas de los ríos en forma de monocultivo, los resultados de esta investigación permitirán realizar recomendaciones a los cultivadores de papa china sobre la factibilidad de la implementación del cultivo en sistemas agroforestales, lo que permitirían aumentar el área sembrada sin tener que aumentar la deforestación.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la intensidad luminosa y la humedad del suelo en el crecimiento de la papa china. (*Colocasia esculenta* L).

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Comparar el crecimiento vegetativo de las plantas de papa china cultivadas a tres niveles de intensidad luminosa.

Determinar el efecto de la baja intensidad luminosa en algunos aspectos fisiológicos de plantas de papa china.

Caracterizar las respuestas morfológicas de las plantas de papa china expuestas a condiciones de baja intensidad luminosa y alta humedad o baja humedad de suelo.

Determinar si en el crecimiento vegetativo de la papa china se expresan interacciones entre la intensidad luminosa y la humedad del suelo.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

La papa china pertenece a la familia *Aracea*, Subfamilia: *Aroideae*, tribu: *Colocasieae*. En Colombia también se conoce como malanga, yota, o chonque, en otros países se conoce como malanga (Cuba, Puerto Rico, México y República Dominicana), guigui, taro (Asia, África, Centroamérica), pituca (Perú), cara, taiboa (Brasil), ñame, (En las Islas Canarias y Costa Rica) ocumo chino, (Venezuela), madumbe, (Sudáfrica) (Orccottoma, 2012). La forma de la hoja es entera y ovalada hacia la porción sagital, con un ápice acuminado y lóbulos basales redondeado; las tres venas principales se originan desde el punto inserción del pecíolo y varias venas laterales prominente se originan desde las venas principales, tiene un peciolo largo y erecto y una lámina foliar grande, gruesa, glabra y completa; la lámina tiene de 25 a 85 cm de largo y de 20 a 60 cm de ancho (Lee, 1999 y Onwueme, 1978). Los cormos pueden ser esféricos, ovoides o cilíndricos, externamente aparecen divididos en entrenudos transversales angostos, cubiertos por escamas fibrosas. Estos cormos son estructuras vegetales comunes en las monocotiledóneas, que tiene la función de servir de órganos vegetativos que permanecen en estado durmiente que luego germinan para dar origen a un tallo floral (Vargas, 2001). Las raíces se encuentran en fila en la parte media e inferior de los cormos. Surgen del cormo y de los cormelos y tienen una textura fibrosa y son de color blanco en su etapa juvenil. Cuando alcanzan la madurez, se vuelven de color amarillo oscuro y tienen un diámetro que va de 3 a 6 mm. Pueden crecer hasta 2 metros de longitud y su raíz principal puede profundizar aproximadamente entre 30 y 40 cm. (Castro, 2022).

La papa china una planta aprovechable en su totalidad, los cormos son la base de alimentación de países en desarrollo elaborando productos a nivel casero como harina, tortillas, pan, pastas, bebidas y galletas. También es un alimento para los animales, siendo las hojas, tallos y cormos hervidos para alimento de cerdos y la harina integral se utiliza para alimento de ovinos. La malanga también se ha utilizado a nivel industrial como un relleno modificador para plástico biodegradable y hay evidencias que también se utiliza para la obtención de etanol obteniendo un rendimiento de 142 litros por tonelada de cormo en peso húmedo (Madrigal, 2018). Sin embargo, el tubérculo en la actualidad se considera uno de los principales cultivos en regiones tropicales y subtropicales del mundo incluyendo África occidental, Asia, América Central, América del Sur y el Caribe y las islas de Polinesia (Vanegas y Vera, 2019).

### 4.2 ASPECTOS AGRONÓMICOS DEL CULTIVO

El cormo del taro es rico en carbohidratos y vitaminas, pero tiene baja cantidad proteína, su principal beneficio radica en su elevado contenido de almidón (30-85% base seca), también es una buena fuente de proteínas (1.4-7 %), así de fibra entre un (0.6-0.8%), vitamina A, vitamina C, Calcio Fósforo (Carabalí, 2017).

**4.2.1 Tipos y variedades de la papa china.** Aunque la papa china posee numerosos cultivares agrícolas, usualmente se clasifica en dos grupos principales: el tipo eddoe y el tipo dasheen, el primero posee cormos más reducido y cormelos más grandes y toleran climas más secos que los de tipo dasheen que crecen mejor en condiciones inundadas, (Onwueme, 1978). Sobre las características del suelo Onwueme (1978) menciona que “los tipos dasheen se desarrolla mejor donde el suelo es pesado y tienen una alta capacidad de retención de humedad, los tipos eddoe prefieren tierra arcillosa bien drenadas con una lámina alta de agua”.

**4.2.2 Requerimientos del cultivo.** Onwueme (1978) y Montaldo (1991) señalan que una característica importante de este cultivo es su alto requerimiento de humedad. La papa china es una planta esencialmente tropical que requiere altas precipitaciones bien distribuidas (sobre 2.000 mm por año) para obtener los mejores rendimientos pues cuando la lluvia es baja el crecimiento del cormo se disminuye. La planta crece de manera favorable en lugares con climas cálidos y húmedos, donde las temperaturas se encuentran entre los 25 y 35 °C y las alturas varían de 0 a 1000 msnm. Prefiere terrenos que sean ricos en materia orgánica y tengan un pH de 5.5 a 6.5. También puede crecer en suelos arcillosos, aunque si hay escasez de agua durante la temporada de cultivo, su desarrollo se verá afectado. Sin embargo, puede resistir inundaciones y ser capaz de sobrevivir hasta tres días sumergida. Esta planta tiene un alto requerimiento de agua (García, 2022). Para Evangelista da Silva, (2011), el éxito del cultivo depende de factores como: temperatura ambiente, luminosidad, disponibilidad de agua y nutrientes, para sí obtener un mejor rendimiento (Sinisterra, 2014). Cuando hay poca disponibilidad de agua el crecimiento del tubérculo se reduce. La papa china es una Planta heliófila que requiere promedio de 12 horas luz por día.

**4.2.3 Ciclo de crecimiento de la planta.** El ciclo del cultivo varía entre siete a diez meses, esto en función de fertilidad humedad del suelo, con una producción entre 25 y 60 toneladas por hectárea (Mazariegos, 2018). Según Lozada (2005), el crecimiento de la papa china se puede dividir en tres periodos: el primero que va desde la brotación hasta la aparición de los cormos primarios y que dura aproximadamente 60 dds (días después de la siembra), el segundo periodo se caracteriza por un rápido crecimiento aéreo, iniciando con la formación de los cormos secundarios y finalizando al alcanzar el máximo desarrollo foliar y va desde los 60 a los 150 dds; finalmente, en el tercer periodo se genera el crecimiento acelerado de los cormos primarios y secundarios y con ello la pérdida progresiva del follaje, este empieza desde los 150-270 días después de la siembra. Y al finalizar el periodo se presenta la senescencia y amarillamiento, que es un indicador de cosecha; los cormos de la papa china pueden alcanzar pesos entre 0,7 y 2,5 kg, además puede producir cormelos cuyo peso puede variar entre 50 a 250 g. (Cóndor, 2010).

**4.2.4 Cosecha de la papa china.** La papa china esta lista para ser cosecha cuando las hojas más bajas comienzan a adquirir un tono amarillento y los cormelos se cierran en parte superior. En la costa del pacífico, la extracción de esta se realiza de manera manual, ya sea halando con fuerza

la planta o cortado las raíces laterales del cormo con ayuda de un machete, en otras partes se utilizan herramientas como el azadón la pala para llevar a cabo esta tarea (Carabalí, 2017).

#### **4.3 ESTRÉS POR BAJA INTENSIDAD LUMÍNICA**

El estrés por baja intensidad lumínica se presenta cuando la luz cae por debajo del punto de compensación lumínica lo que provoca una escasa acumulación de carbohidratos esenciales para la respiración y crecimiento de la planta (Kays, 1997). La disminución de la luz de baja intensidad disminuye la capacidad de la planta para realizar la fotosíntesis, lo que provoca un mayor deterioro en su desarrollo y la producción (Nuez, 1995). Por lo general, cuando las plantas están expuestas a baja iluminación, suelen tener entrenudos más largos, tallos más delgados, hojas anchas y finas, y un crecimiento limitado del sistema de raíces. También, pueden experimentar una disminución en el tamaño de los frutos debido a una fotosíntesis insuficiente en las hojas que están cerca de ellos, además de una coloración anormal y una disminución en el brillo. (Kays, 1999). La baja intensidad lumínica tiene un efecto en el crecimiento de las plantas en cultivos de cobertura que toleran baja intensidad menor que aquellos cultivos de plantación que requieren intensidades de luz más altas (Baligar, 2020); por ejemplo, durante el periodo reproductivo del cultivo de maní el estrés lumínico reduce el rendimiento de fruto de la especie generando daño en la calidad del mismo Ono y Ozaki (1971). Las respuestas de las plantas a los efectos de la luz son diferentes aun entre variedad de una misma especie. Por ejemplo, en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) se reporta que la variedad carioca tiene un valor más alto de índice de área foliar que la variedad pintada con intensidad de radiación baja, contraste a intensidades mayores de luz el comportamiento fue contradictorio Magalhaes y Montojo (1971), altos niveles de radiación conducen a una menor área foliar en las plantas de frijol común (Dale, 1975). En condiciones de asociación frijol-maíz se han detectado aumento en área foliar del frijol debido a la sombra que impone el otro cultivo lo que resulta en un aumento de biomasa en las plantas de dichas leguminosas (CIAT,1973).

#### **4.4 ESTRÉS POR ANEGAMIENTO**

El anegamiento ocurre cuando hay una cantidad excesiva de agua en el suelo, lo cual provoca que la porosidad de aire sea inferior al 10% de su capacidad de retención. esto sucede debido a la presencia prolongada de agua en lugar del aire en el suelo, lo que resulta en inundación. esta inundación representa un estrés abiótico que afecta el crecimiento, la productividad y la distribución de las especies (Baracaldo,2014). Cuando el suelo está saturado, las raíces son capaces de absorber cantidades limitadas de agua, lo cual da lugar a la aparición de señales de estrés. Los impactos de la inundación del suelo en la fisiología de las plantas varían ampliamente y están determinados por la especie y la etapa de desarrollo. Estos cambios incluyen alteraciones en el balance de agua, cierre de las estomas, disminución en la transpiración y en la tasa de fotosíntesis (Basso,2019).

El principal efecto del anegamiento es la eliminación de nutrientes minerales y metabolitos intermedios a través de lavado de las raíces, otra de las consecuencias es un bajo nivel de energía en las plantas, marchitamiento y el cierre de estoma, reduciendo su crecimiento y ocasionado esta su muerte. (Pardos, 2004). A nivel de la fisiología, se produce una falta de oxígeno en el entorno de las raíces, lo cual provoca cambios en los procesos biológicos de las plantas. Estos cambios van acompañados de modificaciones en su estructura y su crecimiento se reduce, así como también se produce un cambio en la apariencia de sus hojas. (Vignolio, 1994). Otro de los efectos que causa el anegamiento es la disminución del oxígeno disponible en el suelo, la respiración de las raíces y microorganismos agotan el oxígeno existente lo que resulta en una condición llamada hipoxia (limitación de la respiración mitocondrial) y luego la respiración es inhibida completamente (anoxia) (Rodríguez, 2013) y (Hurtado, 2017).

El anegamiento es un factor de estrés altamente dañino en especies como el aguacate (*Persea americana*), papaya (*Carica papaya*), lichi (*Litchi chinensis*) y la piña (*Ananas comosus*), ya que provoca graves problemas de enfermedades en las raíces debido a la acumulación de agua (Paull y Duarte 2011). En Colombia se tienen registros del estrés por anegamiento factor limitante en la producción de varios cultivos importantes, como por ejemplo la uchuva (*Physalis peruviana* L.) que disminuye su crecimiento y producción marcadamente a partir de 6 días de anegadas (Aldana et al., 2014). En tomate, el anegamiento reduce el crecimiento del tallo, área foliar, cuajamiento y rendimiento de los frutos (Baracaldo, 2014).

#### **4.5 EFECTO DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN LA PAPA CHINA**

La mayoría de los tipos y variedades de papa china posee un elevado requerimiento de humedad en el suelo incluso existen variedades que se siembran en inundación (Montaldo, 1991). En algunos casos hay que realizar drenaje cuando ocurren inundaciones en la superficie que dañan los cultivos, ya que el agua reemplaza al aire, afectando la capacidad de suministrar oxígeno y perjudicando su actividad biológica y la calidad del suelo disponible para las raíces, lo cual afecta la oxigenación y crecimientos de las raíces. Esto resulta en una disminución de la capacidad de absorción de agua y nutrientes de la mayoría de las plantas. Por ende, el propósito principal del drenaje es reducir el exceso de agua acumulada tanto en la superficie como en el suelo (Carabalí, 2017).

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se llevó a cabo en el Campus de la Universidad del Pacífico, localizado en el Km 13 vía al Aeropuerto, Barrio Triunfo Distrito Especial de Buenaventura, Valle del Cauca geográficamente ubicada en una latitud de 3° 50` N y longitud de 76°59` O. Las condiciones edafoclimáticas del área de estudio son: temperatura promedio anual 25,5 °C, precipitación 7.407,9 mm, humedad relativa 90%, brillo solar se registra 2-3 horas días luz (Tocancipá, 2011).

### 5.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El experimento consistió en evaluar el efecto de la sombra y la humedad del suelo en el crecimiento de plantas de papa china crecidas en bolsas de polietileno de 5 kg de capacidad, como sustrato de crecimientos se empleó una mezcla de arena y suelo en relación 1:1. Para la implementación de este ensayo se construyeron tres estructuras de madera de 3 metros de largo x 3 metros de ancho y 2 metros de alto con una cubierta de plástico de invernadero calibre 6; una de las estructuras se forró con malla polisombra del 35%, otra con malla polisombra del 65% y la estructura de 0% fue forrada solamente de plástico (figura 3). Se hizo el montaje del experimento (figura 2), 20 días después de la siembra se comenzó con el tratamiento de humedad y las plantas se cosecharon a los 90 días después del trasplante.

**5.2.1 Variable climáticas.** La determinación de la intensidad lumínica al interior y exterior de las estructuras durante el día se realizó utilizando luxómetro digital Unit ut383®, estas mediciones se realizaron cada hora durante un día con cielo despejado cabe, mencionar que las mediciones se hicieron en diferentes partes al interior de la estructura para tener un promedio de luz. La medición de la intensidad solar diaria se realizó diariamente una vez al día a las 12:00 hora durante el experimento. También se registraron la humedad relativa máxima y mínima, así como la temperatura máxima y mínima.

**5.2.2 Material vegetal.** El material de siembra se obtuvo de la parte basal del tallo de plantas de papa china que presentaron un tamaño apropiado para la siembra y un buen estado fitosanitario (figura 1). La recolección del material vegetal se realizó en distintas localidades en el Distrito Especial de Buenaventura.

Figura 1. Sección basal de planta de papa china utilizada para la siembra. Fuente propia.



**5.2.3 Diseño experimental.** Se trató de un experimento factorial con dos factores: factor sombra que contó con niveles 0%, 35%, y 65%, dichos niveles se lograron utilizando malla polisombra de los porcentajes antes mencionados y sin polisombra, y factor humedad del suelo que contó con dos niveles 100% y 50% de la capacidad de campo del suelo en el contenedor, en total se tuvieron seis tratamientos (tabla 1). Se sembró una planta por bolsa con 8 repeticiones por tratamiento para un total de seis tratamientos con 48 plantas.

Tabla 1. Tratamientos de sombra y humedad evaluados en el crecimiento de la papa china.

Tratamiento	Factores	Número de repeticiones
T1	Sin polisombra + Humedad 100% de C.C.	8
T2	Sin polisombra + Humedad 50% de C.C.	8
T3	Polisombra 35% + Humedad 100% de C.C.	8
T4	Polisombra 35% + Humedad 50% de C.C.	8
T5	Polisombra 65% + Humedad 100% de C.C.	8
T6	Polisombra 65% + Humedad 50% de C.C.	8

Para determinar el porcentaje de humedad de suelo en las bolsas, se tomó suelo seco en medidas exactas de peso o ( $p_1$ ) y se saturó de agua para posteriormente dejar drenar los excesos por 24 horas y se tomó el peso al punto de capacidad de campo o ( $p_2$ ); para obtener el volumen de agua para el tratamiento de 50% se calculó de la siguiente manera:  $(0,50 \times (p_2 - p_1))$ . Para el tratamiento del 100% el riego se daba de manera frecuente hasta saturación, mientras para el tratamiento

del 50% el riego se hacía cuando se evidenciaba el suelo seco y la pérdida de turgencia en la planta.

Figura 2. Montaje del experimento para el cultivo de papa china. Fuente propia.



Figura 3. Estructuras para montaje del experimento, los tratamientos de sombra nivel 0% (a), sombra nivel 35% (b) y sombra nivel 65% (c). Fuente propia.



**5.2.4 Variables morfofisiológicas evaluadas.** Se evaluaron las variables: altura, masa seca (hoja y peciolo), área foliar, índice de verdor, contenido relativo de agua de la hoja (CRAH), número de hojas, masa y diámetro del cormo. La altura de las plantas se midió con una cinta métrica desde el cuello de la raíz hasta la inserción del lamina al peciolo de la hoja más grande. La altura y el número de hojas se registraban cada 15 días. Al momento de la cosecha se separaron los órganos de la planta en cormo, raíz, hojas y peciolo y se llevaron al horno de secado a 70°C por 48 horas para determinar el peso seco de cada órgano y el peso seco total. Se calculó el área foliar específica (AFE) como la relación entre la masa seca de la hoja y el área foliar.

**5.2.4.1 Índice de verdor.** Se determinó mediante un medidor de clorofila en unidades SPAD (Figueredo y Fraija 2017), se tomó el promedio de 5 medidas en la parte media de la segunda hoja totalmente desarrollada utilizando el medidor de clorofila TSY®.

**5.2.4.2 Contenido relativo de agua.** Para obtener el CRA se tomaron cuatro muestras de la segunda hoja a cada planta con una saca bocados, las muestras se pesaron inmediatamente y se obtiene el peso fresco (PF). Para la obtención del peso turgente (PT) se colocarán las hojas en agua destilada durante 24 horas dentro de cajas Petri cerradas. Luego se pesaron periódicamente hasta obtener un peso constante, finalmente las hojas fueron secadas al horno durante 48 horas a 72 °C para obtener el peso seco o (PS). Para el cálculo de la ecuación CRA se trabajó con la siguiente fórmula:  $CRA (\%) = \left[ \frac{(PF - PS)}{(PT - PS)} \right] * 100$ .

### 5.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para determinar la existencia de diferencias entre los tratamientos los datos fueron sometidos a un análisis de varianza, en los casos en que existieron diferencias significativas entre tratamientos se empleó la prueba de separación de medias de Tukey para determinar cuáles era la naturaleza de dichas diferencias. Para la realización de los todos los análisis estadísticos se utilizó el programa estadístico R-4.1.1.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 VARIABLES DEL CLIMA

Los resultados mostraron que por fuera de las estructuras a medio día y con el cielo totalmente despejado la intensidad lumínica promedio fue de 181.233 Lux, mientras que al interior de la estructura plástica y sin polisombra la intensidad promedio fue de 105.012 Lux lo que equivale al 58% de la intensidad lumínica fuera de la estructura. La intensidad lumínica promedio para la estructura con polisombra de 35% fue de 65.085 Lux lo cual equivale al 36% de la intensidad fuera de la estructura. Finalmente, al interior de la estructura con polisombra de 65% la intensidad lumínica promedio a medio día fue de 30.978 Lux lo que equivale al 17% de la intensidad lumínica fuera de la estructura (Figura 4). Estos resultados indican que para el tratamiento control se tenía algo más de la mitad de luz que se planificó esto se debió a que el plástico de invernadero utilizado era bastante opaco para la luz visible, para el segundo tratamiento casi que se obtuvo la intensidad lumínica planificada y para el tercer tratamiento se obtuvo un 48% menos de la luz planificada. Los resultados también indican que hubo bastante fluctuación diaria en los niveles de intensidad lumínica durante el experimento (Figura 4).

Figura 4. Variación de la intensidad lumínica durante el día tanto al exterior como al interior de las estructuras tipo invernadero.

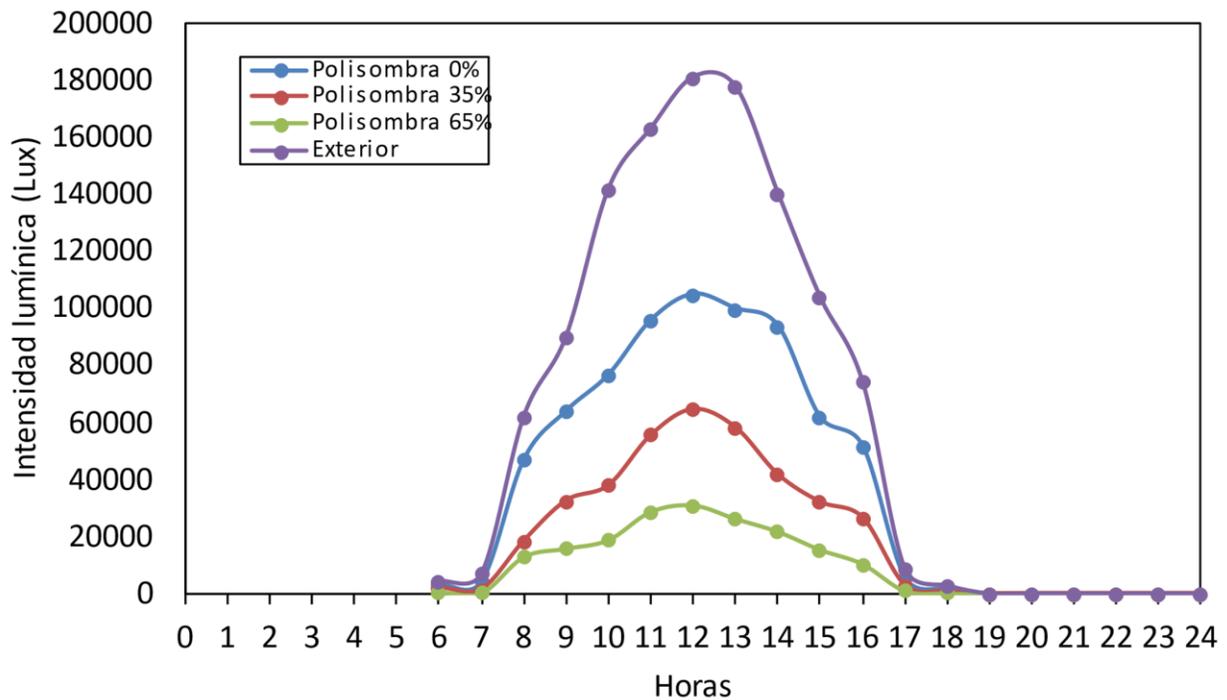
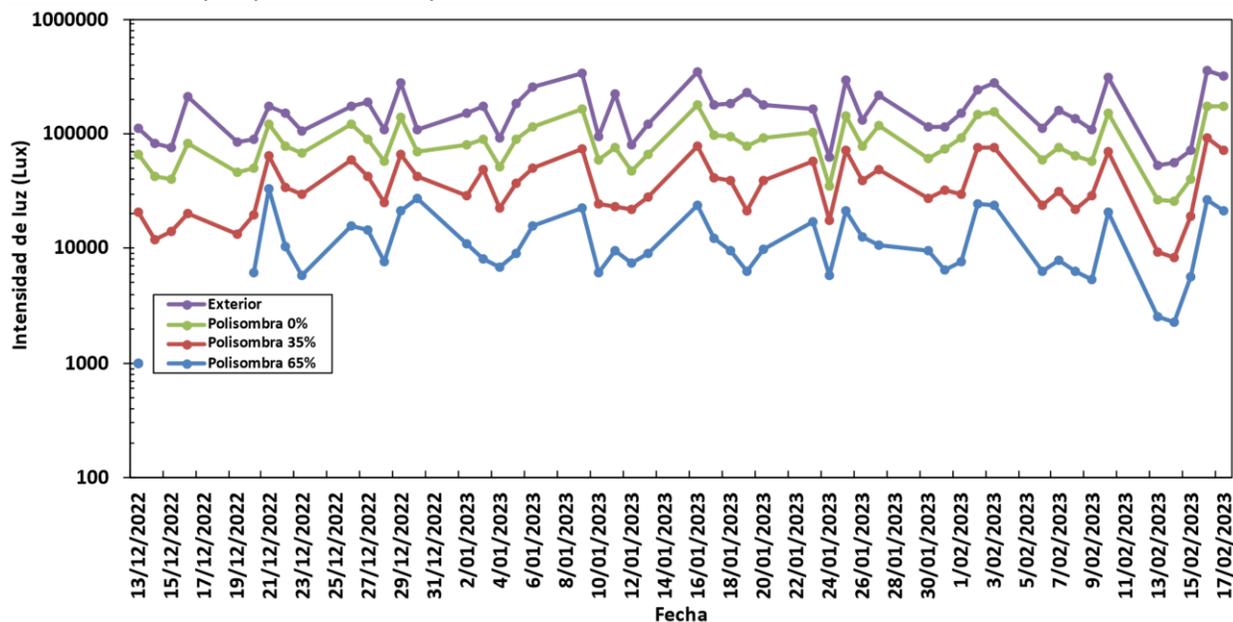
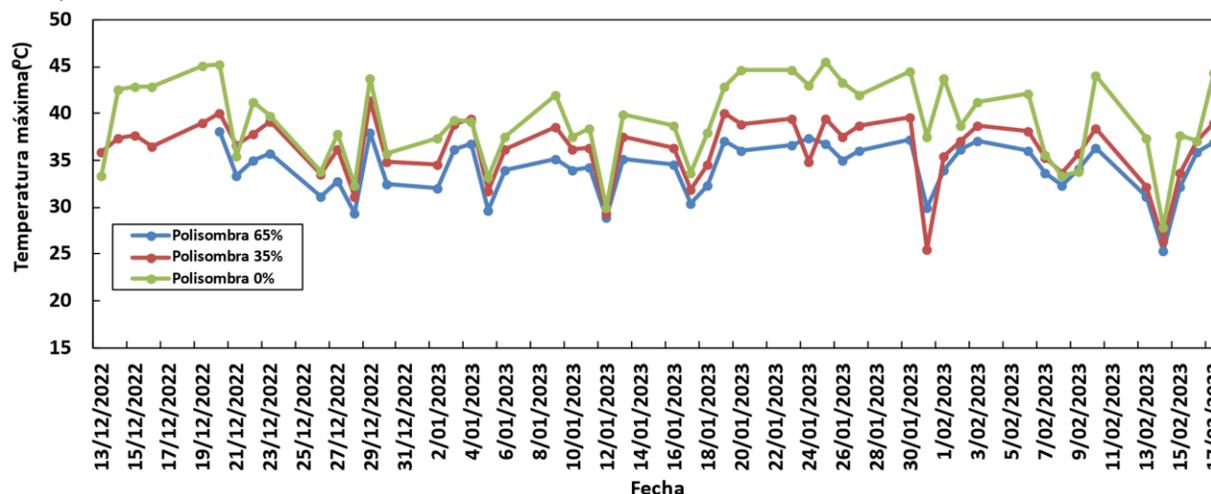


Figura 5. Variación en la intensidad luminosa al interior de las estructuras tipo invernadero durante el tiempo que duró el experimento.



Los resultados obtenidos del registro diario de la temperatura máxima y mínima al interior de las estructuras mostraron que las temperaturas más altas se registraron al interior de la estructura que no tenía cubierta de polisombra con un promedio de 39,2 °C siendo la temperatura más alta obtenida, seguida por la polisombra de 35% que fue de 36,2 °C, y la estructura de 65% que fue de 34,1 °C (Figura 6). Así mismo, los resultados de la temperatura mínima para la estructura que no tenía cubierta de polisombra fue de 23,8 °C, seguida por la polisombra de 35% que fue de 23,3 °C, y la polisombra de 65% que fue de 22,6 °C (Anexo 1). Respecto a la humedad relativa, los valores obtenidos en promedio mostraron que la máxima humedad relativa se evidencio al interior de las estructuras cubiertas con polisombas con porcentaje de 99%, mientras que en la estructura sin cubierta de polisombra fue de 97%. En contraste los valores mínimos de la humedad relativa se registraron en la estructura sin polisombra (45%), seguida por la estructura con polisombra de 35% con valores de HR de 54%, y para la estructura con polisombra de 65% el valor mínimo de HR fue de 56% (Anexos 2 y 3). Existe una relación inversa de la temperatura con la humedad, por lo que a elevadas temperaturas aumenta la capacidad de contener vapor de agua y por tanto disminuye la HR. Con temperaturas bajas, el contenido en HR aumenta (Castilla, 1998).

Figura 6. Variación de la temperatura máxima dentro de las estructuras tipo invernadero durante el experimento.



## 6.2 EVALUACION DE LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE PAPACHINA

Las curvas de crecimiento construidas a partir de la variable altura muestran en las primeras fechas a los T1 y T6 con los valores más bajos, para el final del experimento el T5 tiende a disminuir presentando el promedio más bajo. Los T3 y T4 mostraron los valores de altura más altos durante todo el experimento, el T2 estuvo siempre en la mitad (figura 7).

En el caso de la variable número de hojas los T5 y T2 muestran los promedios más bajos, para el día 30 el T2 muestra un rápido incremento de hojas superando los T5 y T6 que presentan los valores más bajos, a los 45 días el aumento de número de hojas del T2 es notable se mantienen en aumento constante presentando el mayor promedio mientras que los T6 y T3 presentan los porcentajes menores. A los 60 días el T5 presenta una reducción presentando el promedio más bajo, seguido por el T3. Finalmente, para los 75 días el T3 presentó el menor número de hojas con un promedio de 2,8 hojas mientras que el T6 mostró el promedio más alto con 4,0 hojas (Figura 8).

Cabe mencionar que a mitad del experimento las hojas de las plantas comenzaron a presentar puntos necróticos y amarillamiento general, al poco tiempo las hojas se secaban causando que el número promedio de hojas fuera bajo. La posible causa pudo ser las altas temperaturas que se llegaron a presentar al interior del invernadero, estas no eran lo suficientemente altas lo que provocaba que no hubiese una buena circulación del aire, generando también un aumento en la humedad relativa. Otro factor que también pudo afectar las plantas fue una especie de polvo que empezó a caer sobre las hojas, este era producido por el deterioro de la madera que sostenía el plástico (por cuestiones de presupuesto se tuvo que utilizar guadua amarilla que es de muy mala calidad y se deteriora muy rápidamente).

Figura 7. Efecto de la intensidad lumínica y humedad en la altura de la planta de papa china.

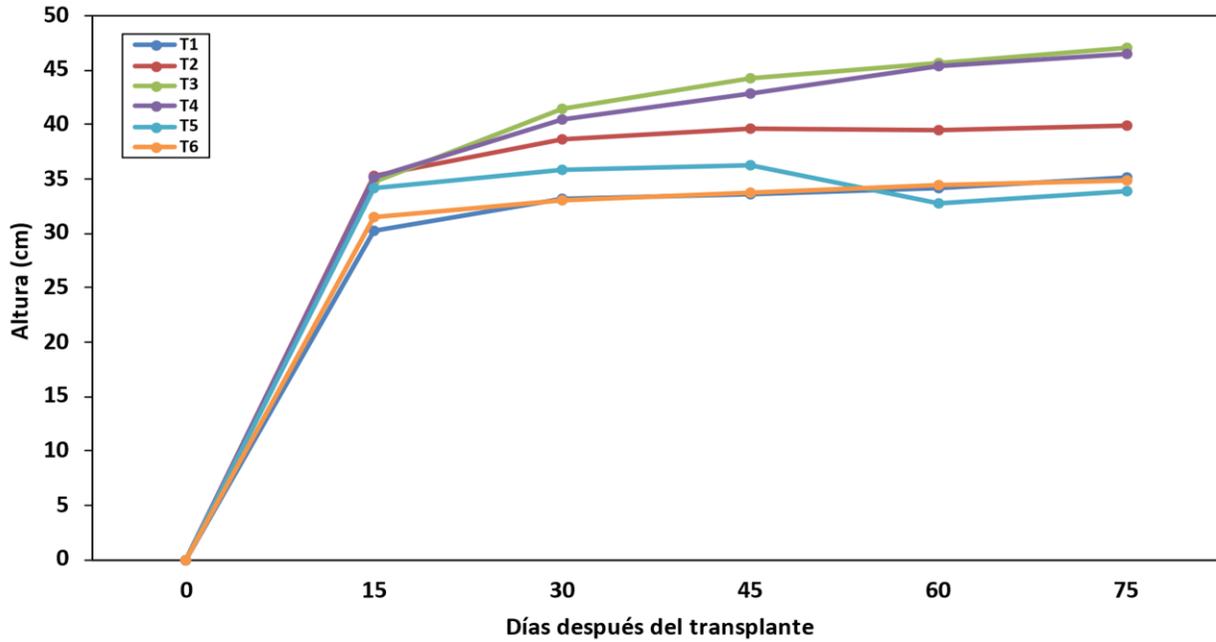


Figura 8. Efecto de la intensidad lumínica y humedad en el número de hojas de la planta de papa china.

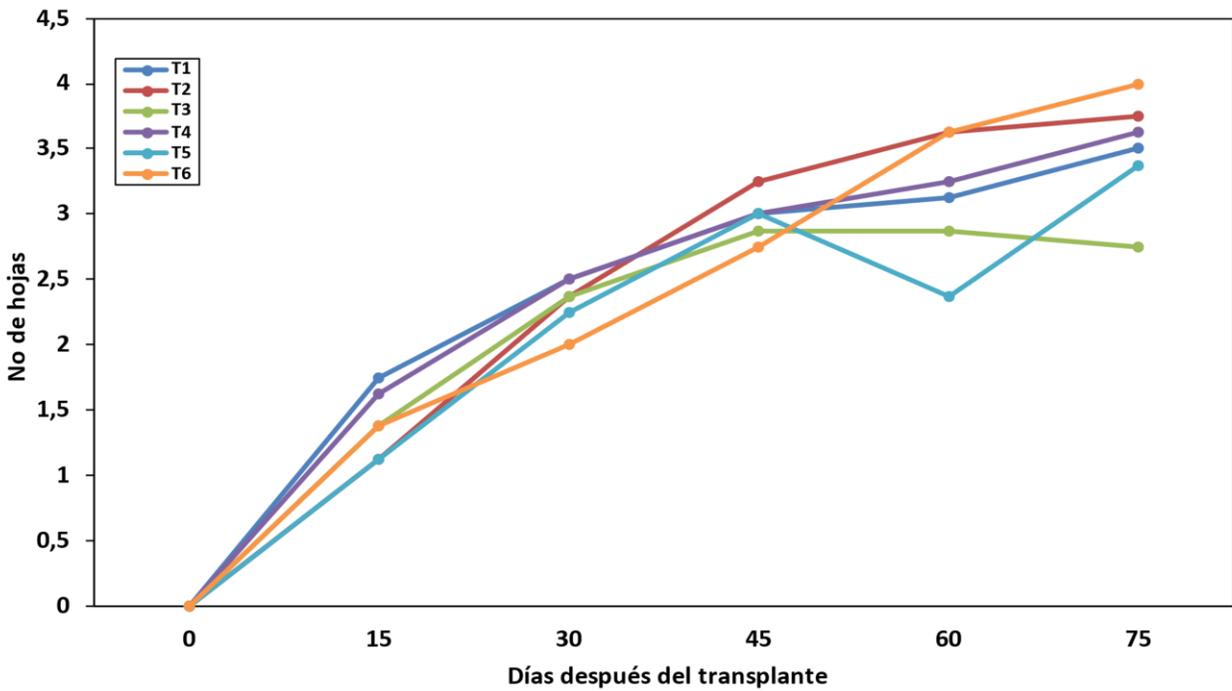


Tabla 2. Resultado del análisis de varianza para los parámetros de crecimiento de las plantas de papa china.

Parámetro	Sombra			Humedad			Sombra:Humedad		
	Gl	F	Pr(>F)	Gl	F	Pr(>F)	Gl	F	Pr(>F)
No. De hojas	2	1,17	0,321	1	4,01	0,052	2	0,39	0,680
Altura	2	16,77	4,4e-06***	1	0,94	0,34	2	0,73	0,49
Masa seca peciolo	2	0,27	0,762	1	4,58	0,082	2	0,1	0,901
Masa seca Raíz	2	1,18	0,32	1	1,54	0,22	2	1,03	0,37
Masa seca Total	2	0,06	0,943	1	5,90	0,019*	2	0,60	0,556
Masa Cormo	2	0,93	0,40	1	0,05	0,82	2	0,90	0,42
CRAH	2	7,13	0,0022**	1	0,01	0,9329	2	0,72	0,4930
Masa seca Hoja	2	0,13	0,87954	1	14,58	0,00044***	2	1,18	0,31596
AFE	2	12,57	5,3e-05***	1	4,17	0,048*	2	0,08	0,926
AF	2	21,21	4,3e-07***	1	3,04	0,089	2	1,22	0,306

De acuerdo con el análisis de varianza, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de sombra para las variables: altura, contenido relativo de agua de la hoja (CRAH), área foliar y área foliar específica (AFE). Para el tratamiento humedad de suelo se encontraron diferencias significativas para las variables: masa seca total, masa seca de la hoja y AFE (Tabla 2). Los resultados de la prueba de separación de medias para las variables significativas en el tratamiento sombra indican que en el caso de la variable altura la sombra del 65% resulto en los valores más altos (46,5 cm para la humedad de 100% y 47,0 cm para la humedad de 50%) que la sombra de 0% y 35%, que no presentaron diferencia significativa (Figura 9). Una posible explicación para estos resultados puede ser la conocida tendencia de las plantas a prolongarse cuando crecen a baja iluminación. Y es que según Morgan y Smith (1979), cuando la planta crece bajo estas condiciones utiliza la mayor parte de sus recursos para crecer en altura buscando una mayor iluminación fenómeno que se conoce como fototropismo (crecimiento en respuesta a la luz que es expresada en los meristemas de crecimiento y certifica que las hojas reciban la luz del sol óptima para el proceso de fotosíntesis). Estos resultados concuerdan con los reportados por Alfaro (2016), para una investigación en plantas de plátano (*Musa paradisiaca*) las cuales fueron sometidas a diferentes niveles de sombra, se encontró que las plantas crecidas a menor intensidad lumínica presentaban mayor altura. De manera similar, Fernández y Tapias (2004), evaluando el crecimiento de plántulas de pino bajo efecto de sombras concluyen que las plantas cultivadas en condiciones de menor iluminación eran más altas debido a que la sombra favorece el crecimiento de las misma.

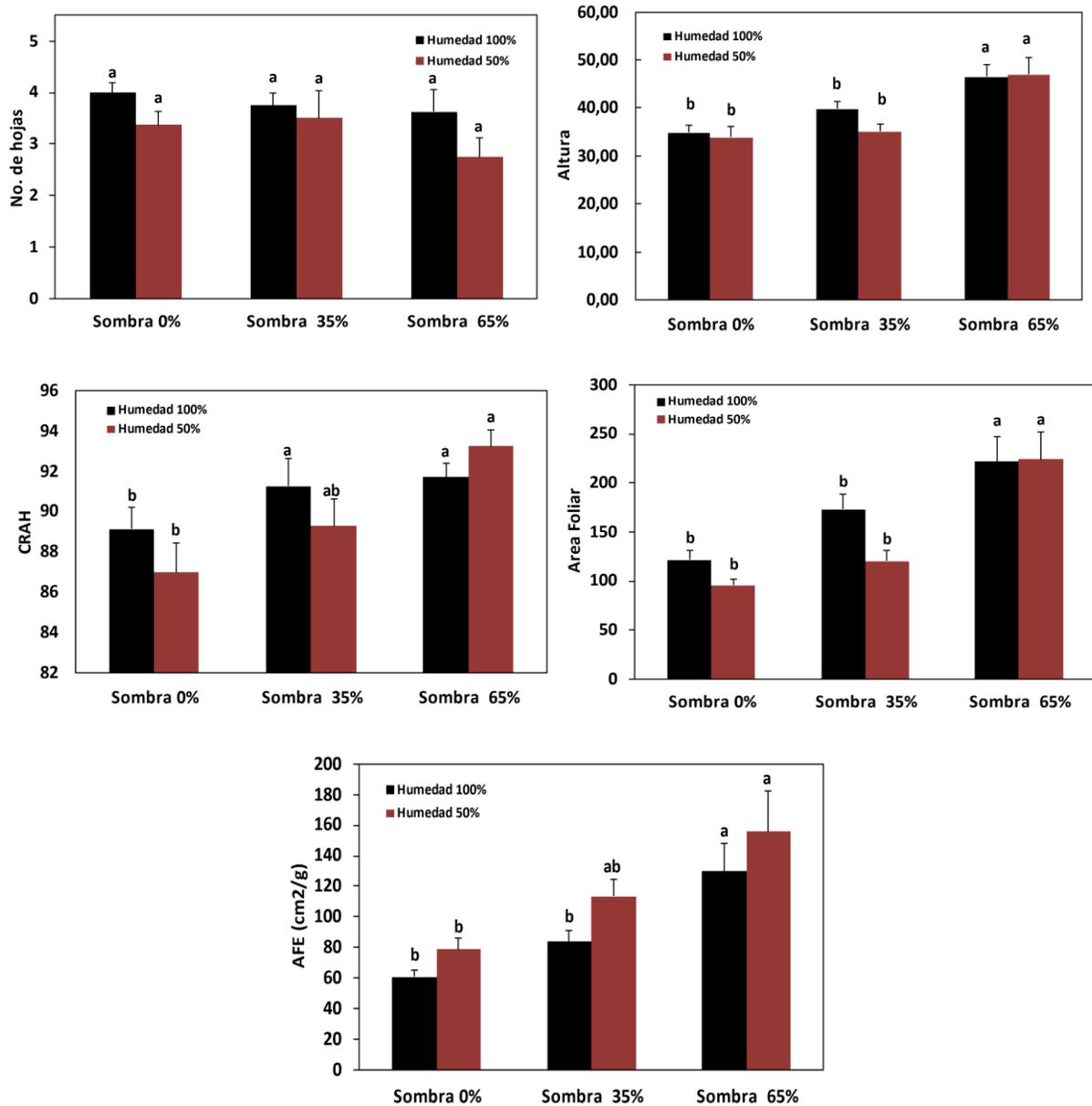
El contenido relativo de agua (CRA), es una medida del contenido de agua de un tejido respecto del total de agua que éste puede almacenar, se expresa en porcentaje y permite conocer el estado hídrico de la planta (Barrs & Weatherley 1962). Los resultados de la prueba de Tukey indicaron que las plantas del tratamiento de sombra de 65% presentaron el mayor contenido de agua en las hojas seguido por el nivel de 35% mientras que el nivel 0% presento los menores

valores (Figura 9). Dado que al interior de las estructuras de sombra se presentaron los valores más bajos de temperatura, esto resulto en la disminución de la pérdida de agua por transpiración favoreciendo la regulación del sistema suelo-planta-atmosfera (Chamba, 2018); este resultado concuerda con la investigación realizado por Melke y Fetene (2014), en plantas de café (*Coffea arabica* L.) las cuales fueron sometidas a estrés por sequía donde concluyen que el estado hídrico medido a través del contenido hídrico relativo se diferenció significativamente entre los niveles de sombras debido a que existen mejores condiciones para la retención de agua en las plantas.

En cuanto a la variable área foliar, los resultados de la prueba de Tukey indican diferencias significativas entre el nivel de sombra de 65% (que presento valores más altos) y los tratamientos de 35% y 0% (Figura 9), las hojas de dicho tratamiento eran más anchas. Como una explicación de los resultados obtenidos en las plantas de papa china tener mayor área foliar usualmente se explica como una respuesta adaptativa en la cual a menor intensidad de luz las hojas amplían su superficie para poder captar más de la poca luz disponible (Encalado et al. 2016). Por ejemplo, Rodríguez et al. (2016) en un experimento realizado en plantas de café encontraron que las plantas expuestas a menor intensidad lumínica tienden a tener mayor crecimiento de área foliar. Asimismo trabajo realizado por Taugourdeau et al. (2014) igualmente investigación reportado por Martins et al. (2013) en plantas de café bajo efecto de sombras mostraron similitud con lo obtenido en esta investigación ya que ellos en sus experimentos encontraron que bajo sombra mínima las plantas de café tienen una mayor superficie foliar debido a que las hojas de sombra maximizan la captura de la luz, mientras que las plantas a exposición solar pueden producirse un desequilibrio energético, lo que lleva a la fotoinhibición por la alta irradiación de los rayos solares.

Para el área foliar específico la sombra de 65% resulto en los valores más altos ( 129,9 cm<sup>2</sup>/g para la humedad de 100% y 155,8 cm<sup>2</sup>/g para la humedad de 50%) seguida por la sombra de 35% y 0% que no presentaron diferencia significativa, esta variable se define como la relación existente entre el área foliar y el peso seco de la hoja este índice es una medida del espesor y densidad de la hoja donde valores bajos indican hojas gruesa o más densas (Estrella, 2010; Amaro et al., 2004) citados por (Guzmán, 2020); dado que las plantas expuesta altos niveles de radiación solar usualmente presentan hojas más gruesas y menos abundantes que aquellas plantas que crecen a bajos niveles, los resultados anteriormente descritos indican una posible respuesta adaptativa de las plantas de papa china. También el AFE se utiliza para convertir el peso seco de la hoja a unidades de área de superficie fotosintética (Bouriaud et al, 2003). En un estudio realizado por Negasso et al. (2015) muestra que las plantas de café a pleno sol obtuvieron un área foliar específica menor en comparación con las cultivadas bajo sombra las cuales obtuvieron un área foliar específica mayor.

Figura 9. Número de hojas, Altura, CRAH, Área foliar y AFE de las plantas de papa china sometidas a condiciones de sombras en la etapa de crecimiento



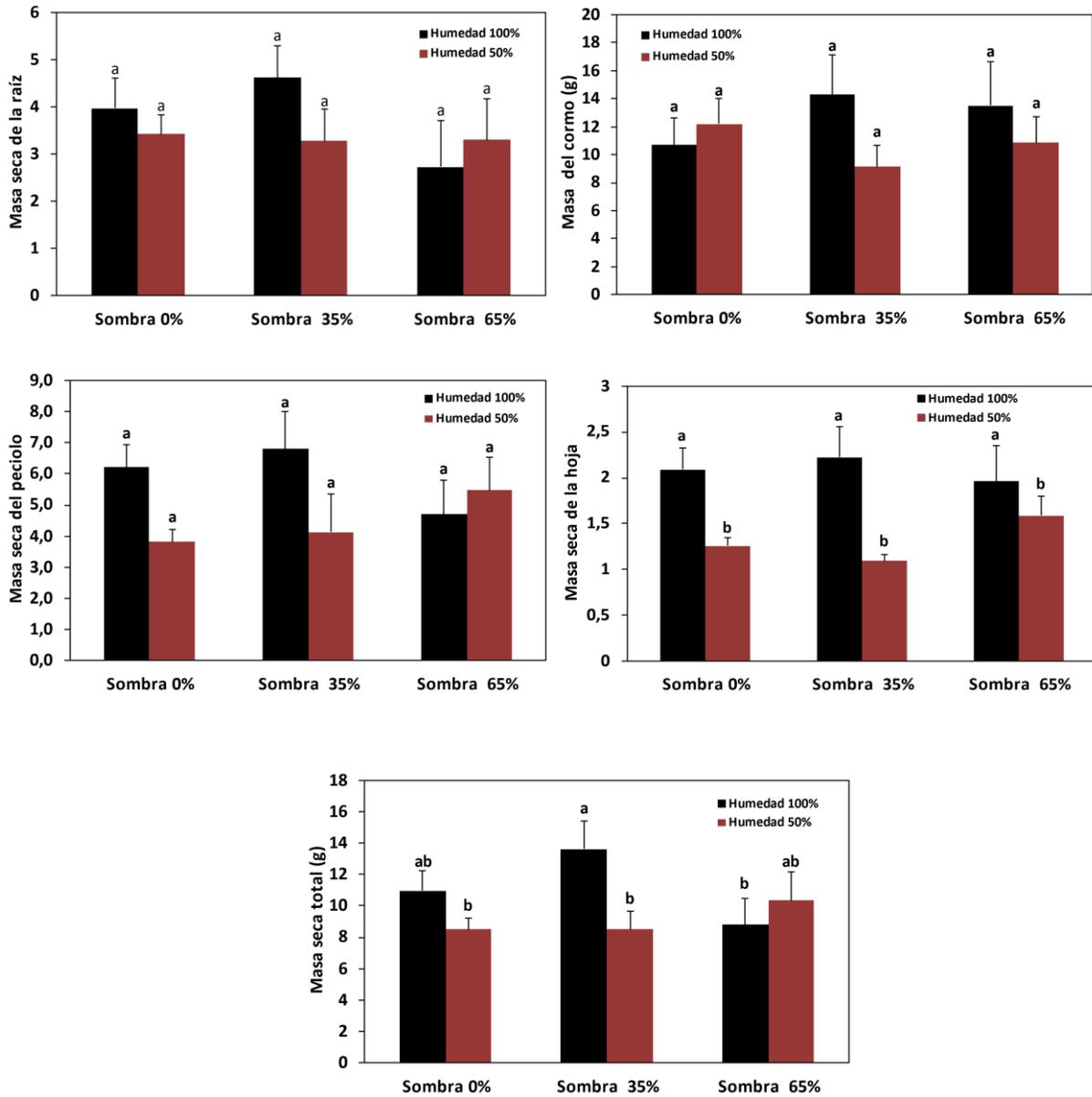
En cuanto al tratamiento de humedad del suelo, la prueba de Tukey mostró que para la variable masa seca total los valores más altos se presentaron en el tratamiento de humedad de 100% con promedio de 11,1 gramos. Para la variable masa seca de la hoja el valor más alto también lo presentaron las plantas del tratamiento de humedad 100% (Figura 10). Así, las plantas que fueron regadas a un nivel óptimo tendieron a ser más pesadas que las sometidas a régimen de sequía. Estos resultados son consistentes con lo que usualmente se reporta en la literatura como efecto del estrés por sequía manifestado como la disminución de la masa seca de la planta. Por ejemplo, Balaguera et al. (2008) evaluaron el efecto del déficit hídrico en la planta de tomate (*Solanum*

*lycopersicum* L), los autores reportaron la disminución en la biomasa total en los tratamientos de bajo nivel de humedad, esta disminución se debería a una disminución del potencial de turgencia y cierre de estomas debido a la baja humedad del suelo y potencial hídrico más negativo. En otro ensayo Van Iersel y Nemali (2004) en el que trabajaron con la caléndula (*Tagetes erecta* L.) evaluando el efecto del estrés por sequía, los investigadores observaron una disminución de la masa seca de la parte aérea y el área foliar de la planta con la disminución en el contenido de humedad del suelo. También los resultados obtenidos por (García, 2012), Bahrami et al. (2010) y (Atencio et al., 2014) en gramínea forrajera bajo estrés hídrico coinciden con lo encontrado en este trabajo ya que ellos observaron un mayor crecimiento y acumulación de materia seca en las plantas con mayor disponibilidad de agua, es decir con mayor nivel de humedad. En una Investigación reportada por May et al. (2011) en Chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) también encontraron una alta producción de biomasa seca en el nivel de mayor humedad, el mismo autor señala que la mejor condición hídrica de las plantas registrada en el tratamiento de mayor nivel de agua disponible se considera producto de una adecuada humedad del suelo y menor potencial hídrico, lo cual conlleva a un alto incremento de la producción de materia seca total en la planta.

Con relación a la variable AFE, la diferencia de medias indica que las plantas del tratamiento de humedad del 50% poseían un mayor promedio de AFE (116,0 cm<sup>2</sup>/g) que las plantas del tratamiento de humedad del 100% (91,6 cm<sup>2</sup>/g) (Figura 10), esto implica que las hojas de las plantas crecidas al menor porcentaje de humedad del suelo eran más delgadas que aquellas de la humedad del 100%. Estos resultados fueron contrarios a lo esperado pues, como se mencionó anteriormente, una respuesta a la sequía es la formación de hojas más gruesas, por ejemplo, Mohammadian et al. (2005) reportan para un experimento con remolacha sometida a déficit hídrico que AFE fue más baja en humedad mínima que en el testigo sin estrés.

Estos resultados soportan la idea de que la papa china se puede implementar en sistemas agroforestales pues la sombra y la humedad del suelo (factores a los que se someten las plantas que crecen bajo este sistema) no afectarían ni el crecimiento total ni el del cormo. Charbonnier et al. (2017) menciona que la regulación de la luz en un sistema agroforestal es provechosa para mejorar la calidad del café, disminuye el estrés hídrico y aumenta la eficiencia de la luz debido a que ésta participa en la mayoría de los procesos fisiológicos de las plantas. El desarrollo vegetativo de la planta de papa china en sistemas agroforestales se considera como un agrosistema tradicional, algunas características fisiológicas de especies de árboles en el bosque son esenciales para el cultivo de papa china debido a que demandan alto sombrero y humedad en el suelo, árboles que también toleran inundaciones y anegamientos. La planta de papa china exhibe buena tolerancia a encharcamiento y sombra. Este agrosistema de antigüedad asegura la conservación del suelo y tiene un impacto mínimo en la vegetación de los bosques pantanosos y debe considerarse sostenible y rentable en términos de la producción de cultivos. Además, este sistema debe ser conservado como patrimonio social y agrícola, ya que podría mejorar las perspectivas para la agricultura inundada que involucra asociaciones con árboles fijadores de nitrógeno tolerantes a inundaciones (Imbert et al., 2004).

Figura 10. Variables morfofisiológicas de plantas de papa china sometidas dos condiciones de humedad de suelo y tres diferentes niveles de sombra.



## **7. CONCLUSIONES**

Los resultados de esta investigación indican que, aunque la sombra no genera efectos significativos en el crecimiento de la papa china, este factor si tiene efectos de tipo morfológico lo que implicaría una respuesta de tipo adaptativa a dichas condiciones. El tratamiento de humedad del suelo tuvo un efecto significativo en el crecimiento expresado como una disminución en la masa seca total bajo condiciones de baja humedad.

El que el tratamiento de sombra no tuviese un efecto negativo en el crecimiento de la planta de papa china soporta la idea de que la variedad de papa china cultivada por las comunidades de la región Pacífico puede ser implementada en sistemas agroforestales.

## **8. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar diferentes experimentos para evaluar la producción de papa china bajo diferentes tipos de arreglos agroforestales, para de esta forma determinar qué tipos de especies forestales son las más afines al cultivo y bajo que asociaciones se podrían tener los mejores resultados a nivel de producción y calidad del producto.

Se recomienda realizar experimentos adicionales con otras variedades de papa china cultivadas en la región Pacífico para determinar si existen diferencias entre variedades con relación a los efectos de la sombra y la humedad del suelo.

Al momento de llevar a cabo este tipo de experimentos en el campus de la Universidad del Pacífico que requieren la construcción de estructuras tipo invernadero, se recomienda asegurarse de que las estructuras sean altas y amplias, y que la cubierta de plástico no cubra los laterales de la misma, de esta forma se evitarán problemas con temperatura y humedad. Adicionalmente, se recomienda evitar el uso de materiales que no sean resistentes a las condiciones climáticas de la zona.

## BIBLIOGRAFÍA

ADDAC (Asociación para la diversificación desarrollo agrícola comunal). 2009. Análisis de las cadenas de valores de malanga. 27 pág.

Agronet. 2022. Estadísticas. Recuperado de:  
<http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx>

Aldana, F., García, P. N., & Fischer, G. (2014). Efecto del estrés por anegamiento sobre el crecimiento, desarrollo y sintomatología de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(149), 393-400.

Alfaro, J. F. (2016). Evaluación de la sombra en el crecimiento de plátano en vivero; La Blanca, San Marcos.

Amaro, J. A. P., Moya, E. G., Quiroz, J. F. E., Carrillo, A. R. Q., Pérez, J. P., & Garay, A. H. (2004). Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria* híbrido, cv.). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 42(3), 447-458.

Ararat, M. Sinisterra, C. y Hernández, C. (2014). Valoraciones agronómicas y de rendimiento en la cosecha de "papa china" (*Colocasia esculenta* L.) en el trópico húmedo colombiano. *Revista de investigación agraria y ambiental*, 5(2), 169 - 180. Recuperado de <https://doi.org/10.22490/21456453.1335>.

Arboleda, C. E. y Gutiérrez, E. 2016. Análisis espacio – temporal de una enfermedad con etiología desconocida en el cultivo de papa china (*Colocasia esculenta*), bajo condiciones de Buenaventura D.E. Valle del Cauca, Universidad del Pacifico, Colombia.

Atencio, L. M., Mejía, S., & Torres, J. C. (2014). Comportamiento fisiológico de gramíneas forrajeras bajo tres niveles de humedad en condiciones de casa malla. *Temas agrarios*, 19(2), 244-258.

Bahrami, H., Jafar, M. y Kamgar, A. (2010). Efecto del estrés hídrico en diez pastos forrajeros nativos o introducidos en Irán. Sociedad Japonesa de Ciencias de los Pastizales. págs: 2

Balaguera, H. E., Álvarez-Herrera, J. G., & Rodríguez, J. D. (2008). Efecto del déficit de agua en el trasplante de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Agronomía Colombiana*, 26(2), 246-255.

Baligar, V.C, Elson, M.K., He, Z. Li. Y., Paiva, A.D.Q., Almeida, A.A.F., y Ahnert, D. (2020). Efectos de la intensidad de la luz sobre el crecimiento, parámetros fisiológicos y nutricionales de cultivos de cobertura de leguminosas perennes tropicales. *Agronomía*, 10 (10), 1515.

- Baracaldo, A. Carvajal, R. Romero, A. P. Prieto, A. M. García, F. J. Fischer, G., & Miranda, D. (2014). El anegamiento afecta el crecimiento y producción de biomasa en tomate chonto (*Solanum lycopersicum* L.), cultivado bajo sombrío. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), 92-102.
- Barrs, H.D. & Weatherley, P.E. (1962) Un nuevo examen de la técnica de turgencia relativa para estimar los déficits de agua en las hojas. *Revista australiana de ciencias biológicas* 15: 413-428.
- Basso, C. Yzquierdo, G. A. R. Rivero, G., León, R., Barrios, M., & Padilla, G. D. (2019). Respuesta del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) a condiciones de estrés por inundación. *Bioagro*, 31(3), 185-192.
- Bouriaud, O., Soudani, K. y Bréda, N. (2003). Índice de área foliar de la recolección de hojarasca: impacto de la variabilidad específica del área foliar dentro de un hayedo. *Canadian Revista de Percepción Remota*, 29 (3), 371-380.
- Carabalí, B. M. (2017). Influencia del drenaje sobre el crecimiento y producción de la papa china (*Colocasia esculenta*), en condiciones ambientales en Buenaventura D.E. Valle del Cauca. (Tesis de grado). Universidad del Pacífico, Buenaventura, Colombia.
- Castilla, N. (1998). Condiciones ambientales en invernaderos no climatizados. En: Tecnología de invernaderos. Curso superior de especialización. España: Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Fiapa. Caja Rural de Almería. P. 163-175.
- Castro-Hinojosa, G. A. (2022). Caracterización de la harina de papa china (*Colocasia esculenta*) para su utilización en la industria de panificación.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1973). Cali, Colombia. 161 p.
- Charbonnier, F., Roupsard, O., Le Maire, G., Guillemot, J., Casanoves, F., Lacoite , A., Vaast , P., Allinne, C., Cambou , A., Clément, A., Defrenet, E., Duursma, R., Jarri, L., Jourdan, C., Khac, E., Leandro, P., Medlyn, B., Saint , L., Thaler , P., Van den Meersche, K., Barquero, A., Lehner, P. y Dreyer, E. (2017). Increased light-use efficiency sustains net primary productivity of shaded coffee plants in agroforestry system. *Plant, Cell Environment*, 40(8), 1592-1608.
- Cóndor. P. J. 2010. Investigación de la Papa china y Propuesta Gastronómica. Recuperado: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11581/1/43483\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11581/1/43483_1.pdf).
- Dale, J.E. (1975). Leaf growth in (*Phaseolus vulgaris*). Temperature effects and the light factors. *Annals of Botany* (n. s.) 29 (114): 293-308.
- Encalado-Córdova, Max, Soto-Carreño, Francisco, Morales-Guevara, Donald, & Álvarez-Bello, Idioleydis. (2016). Influencia de la luz en algunas características fisiológicas del cafeto

- (*Coffea arabica* L. cv. Caturra) en condiciones de vivero. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 89-97. <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10544.76801>.
- Estrella, B., & Diego, F. (2010). Determinación y caracterización de tipos funcionales de plantas (TFPs) en bosques secundarios dentro de un gradiente altitudinal y su relación con variables bioclimáticas.
- Evangelista D.A Silva, E. (2011). *A Cultura do Taro - Inhame (Colocasia esculenta (L.) Schott): Alternativa para o Estado de Roraima*. Embrapa Brasil.
- Fernandez, M. y Tapias, R.; 2005. Influencia de la intensidad luminosa sobre la tasa fotosintética de los pinos españoles. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 20: 73-78.
- Figueredo, P. y Fraija-Castañeda. J., (2017). Efecto del estrés por anegamiento en el estado de floración de cinco variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en diferentes parámetros fisiológicos. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- García, E. 2022. Efecto de la fertilización química a base de NPK sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de pituca (*Colocasia esculenta* Schott) en la zona de Aucayacu.
- García, S. (2012). Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y habilidad competitiva de *Lolium perenne* L. y *Bromus valdivianus* Phill. Tesis de pregrado. Universidad Austral de Chile. Valdivia – Chile. 49p.
- Guzmán-Otalvarez, M. V. (2020). Relación entre daño foliar y los rasgos funcionales foliares en plantas de especies con estrategias adquisitivas y conservativas en un bosque alto-andino colombiano Bogotá - Torca. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia/100>.
- Heredia-Zárate, N. A., Resende, M. M., Vieira, M. C., Torales, E. P., Facció, F. C., y Salles, N. A. 2013. Rendimiento, rendimiento y bromatología de taros chinos y macaquinho en respuesta a las formas de agregar estiércol de pollo al suelo. *Seminario: Ciencias Agrícolas, Londrina*, v. 34, núm. 6, pág. 3321-3332.
- Heredia-Zárate, N. A., Vieira, M. C., Rosa- Junior, E. J., y Silva, C. G. 2004. Forma de adición de estiércol de aves de corral semidescompuesto al suelo para la producción de taro. *Buscar Agricultura Tropical, Goiânia*, v. 34, núm. 2, pág. 111-117.
- Hurtado. G. M. (2017). Respuestas bioquímicas al estrés por excesos hídricos en trigo y cebada. (Tesis de grado). Universidad de Montevideo, Uruguay.
- Imbert, D. Saur, E. Bonheme, I. Roseau, V. 2004. Taro tradicional (*Colocasia esculenta*) cultivo en el bosque pantanoso de Guadalupe (FWI): Impacto en la estructura forestal y la planta biodiversidad (*Revue d'Ecologie la terre et la vie*), París, vol. 59, núm. 1, pág. 181-189.

- Juárez, D. y E. Úbeda. 2011. Efecto de dos condiciones de humedad del suelo y tiempo de cosecha sobre el rendimiento de malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) para exportación. Tesis Ing. Agr. Boaco, Nicaragua. Estado Unidos UNA. 2p.
- Kays, S. 1997. Fisiología postcosecha de productos vegetales perecederos. Exon Press, Atenas, GA. Larcher, W. 2003. Ecología vegetal fisiológica. 4a ed. Springer, Berlín, Alemania. Ligarreto, G. A. 2012. Arveja y guisante. pp. 420-437 En: Pinzón, H. (ed.). Manual para el cultivo de hortalizas. Produmedios, Bogotá.
- Kays, S. 1999. Kays, S. 1999. Factores que afectan la precosecha. *Biología y Tecnología Postcosecha* 15123-247.
- Lasso-Rivas N, L & Cundumí- Jori I. (2016). Efecto de abono orgánico y densidad de siembra en crecimiento y producción de papa china (*Colocasia esculenta* L.) *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 7 (1). 8 pp. Recuperado de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Efecto\_de\_abono\_organico\_y\_densidad\_de\_siembra\_en\_.pdf.
- Lee, Wilfred (1999) "Taro (*Colocasia esculenta*)", Folletos etnobotánicos: vol. 1999: edición. 1, artículo 4.
- Lozada, A. F. 2005. Producción del cultivo de papa china (*Colocasia esculenta*) utilizando dos métodos de propagación asexual bajo cuatro niveles de fertilización orgánica. Quito: ESPE.
- Madrigal-Ambriz, L. V., Hernández-Madrigal, J. V., Carranco-Jáuregui, M. E., de la Concepción Calvo-Carrillo, M., & de Guadalupe Casas-Rosado, R. (2018). Caracterización física y nutricional de harina del tubérculo de "Malanga" (*Colocasia esculenta* L. Schott) de Actopan, Veracruz, México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 68(2).
- Magalhaes A. C. y Montojos, J. C. (1971). Effects of solar radiation on the growth parameters and yield of two varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris*). Turrialba. Costa Rica, 21 (2): 165-168.
- Martínez-Torres, J. J. 2019. Evaluación de dos tratamientos postcosecha para alargar la vida de anaquel de los cormos de malanga (*Colocasia esculenta*).
- Martins, S., Detmann, K., Reis, J., Pereira, L., Sanglard, L., Rogalski, M., y DaMatta, F. (2013). Inducción fotosintética y actividad de enzimas relacionadas con el metabolismo del carbono: información sobre las diferentes tasas netas de fotosíntesis del café al sol y las hojas de sombra. *Fisiología vegetal teórica y experimental*, vol. 25, n.º 1, págs. 62-69, ISSN 2197-0025.
- May-Lara, C., Pérez-Gutiérrez, A., Ruiz-Sánchez, E., Ic-Caamal, A. E., & García-Ramírez, A. (2011). Efecto de niveles de humedad en el crecimiento y potencial hídrico de *Capsicum chinense* Jacq. Y su relación con el desarrollo de *Bemisia tabaci* Genn. *Bemisia tabaci* Genn.

- Agroecosistemas tropicales y subtropicales, 14(3), 1039-1045. Recuperado en 19 de julio de 2023, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-04622011000300032&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000300032&lng=es&tlng=es).
- Mazariegos-Sánchez, A. 2018. cultivo de malanga (*Colocasia esculenta* Schott) en tuxtla chico, chiapas, México. *Agro Productividad*, 10(3). Recuperado a partir de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/973>.
- Melke, A. y Fetene, M. (2014). Bases ecofisiológicas del estrés por sequía en el café (*Coffea arabica*, L.) en Etiopía. *Fisiología vegetal teórica y experimental*, vol. 26, núm. 3-4, págs. 225–239, ISSN: 2197-0025.
- Mohammadian, R., M. Moghadda, V., Rahimian y Sadeghian, S. (2005). Efecto del estrés por sequía al principio de la temporada sobre las características de crecimiento de los genotipos de remolacha azucarera. *Turco. J. Agr. Para.* 29, 357-368.
- Monge, M. L., Gomez, R., Valverde, Y., Arias, O. (1987). Evaluación preliminar del comportamiento en el campo de plantas Ñanpi (*Colocasia esculenta* var. *Antiguorum*) provenientes del cultivo in vitro de ápices. *Agronomía Costarricense*. 11(2): 189-191p.
- Montaldo, A. (1991). Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Editorial IICA. Costa Rica pp. 13-67.
- Morales, V. & Santacruz, S. 2017. Uso de películas comestibles a base de carboximetilcelulosa y goma xantana para la disminución de absorción de grasa de malanga frita (*Xanthosoma sagittifolium*). *Revista Politécnica, Estado Unido* 40: 1-5.
- Morgan, DC y Smith, H. (1979). Una relación sistemática entre el desarrollo controlado por fitocromos y el hábitat de las especies, para plantas cultivadas en irradiación natural simulada. *Planta* 145: 534-536.
- Negasso, I., Mulatu, W. y Tamrat, G. (2015). Un estudio de los efectos de la sombra sobre el crecimiento, la producción y la calidad del café (*Coffea Arabica*) en Etiopía. *Revista Internacional de Ciencias Agrícolas*, vol. 5, núm. 5, págs. 748-752, ISSN: 2167-0447. Estados Unidos. Pp: 199 – 225.
- Nuez, F. (1995). *El cultivo del tomate*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Oliveira, F. L. Guerra J.G., Almeida, D. L., Ribeiro, R. L., D. Silva, E. D., Silva, V. V., y Espindola, J. A. 2008. Rendimiento de la malanga en función de las dosis de cama de aviario, bajo un sistema de producción orgánico. *Horticultura Brasileña, Brasilia*, v. 26, núm. 2, pág. 149-153.
- Ono, Y. y Ozaki. K. 1971. Efectos del tratamiento de sombreado en la etapa temprana de crecimiento sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas de maní. *Ciencia de cultivos Soc. Japan Proc.*, 40(4): 480-485.

- Onwueme, I. C. (1978). Los cultivos de tubérculos tropicales: ñame, mandioca, batata y cocoyams. Estado Unidos. Pp: 199 – 225.
- Orccottoma, A. F. M. (2012). Fitogeografía e industrialización del almidón de pituca (*Colocasia esculenta*). *Espacio y desarrollo*, (24), 97-117.
- Pardos, J. A. (2004). Respuestas de las plantas al anegamiento del suelo. *Forest Systems*, 13(4), 101-107.
- Paull, R. y Duarte, O. 2011. Frutas tropicales. vol. 1. 2ª edición. CAB International, Wallingford, Reino Unido 400 p.
- Quiñonez, E. (2010). Caracterización agromorfológica de tres variedades de papa china (*Colocasia esculenta* (L) Schott). En Zacarías zona rural de Buenaventura D.E. Valle del Cauca, Universidad del Pacifico, Colombia
- Riascos, D. 2016. Reconocimiento de hongos formadores de micorrizas nativos en la rizosfera de papa china *Colocasia esculenta* Schott en las veredas de Zacarías y sabaletas-Buenaventura – Valle de Cauca Universidad del Pacifico, Colombia
- Rodríguez, M. E. (2013). Respuestas fisiológicas y bioquímicas a la inundación en álamo (*Populus* spp). (tesis de grado) Instituto de Fisiología Vegetal, INFIVE (CONICET – UNLP). Paraná (Argentina). 170pp Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/76476218.pdf>.
- Rodríguez-Larramendi, L. A., Guevara Hernández, F., Gómez Castro, H., Fonseca Flores, M., Gómez Castañeda, J. C., & Pinto Ruiz, R. (2016). Anatomía foliar relacionada con la vía fotosintética en cafetos (*Coffea arabica* L., var. Caturra Rojo) expuestos a diferentes niveles de radiación solar en la Sierra Maestra, Granma, Cuba. *Acta Agronómica*, 65(3), 248-254.
- Singh, D. J; Hunter, D; Fullerton, R; Lebot, V; Tailor, M; Josef, T; Okpul, T; & Tyson, J. (2012). *Tizón de la hoja de taro: una amenaza para la seguridad alimentaria. Agricultura de acceso abierto. Estado Unidos (2) 182-203.*
- Sinisterra-Garcés, C. L. 2014. Evaluación del rendimiento de la papa china (*colocasia esculenta* L.) en dos fincas del corregimiento n°. 8 de Buenaventura Valle del Cauca.
- Taugourdeau, S., Maire, G., Avelino, J., Jones, J., Ramirez, L., Jara, M., Charbonnier, F., Gómez, F., Harmanda, J., Rapidel, B., Vaast, P., y Rounsard, O. (2014). Índice de área foliar como indicador de servicios ecosistémicos y prácticas de manejo: una aplicación para la agrosilvicultura cafetalera. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente*, vol. 192, núm. 1, págs. 19-37, ISSN: 0167-8809.
- Tocancipá-Falla, J., Rosero, J. E. & Restrepo, C. F. 2011). Percepciones, representaciones religiosas y conocimiento local sobre el clima y sus cambios en el Pacífico caucano, Colombia. *Perspectivas culturales del clima*, 395-426.

- Van Iersel, M. y K. Nemali. 2004. El estrés por sequía puede producir calénduras pequeñas pero no compactas. *HortScience* 36 (6), 1298-1301
- Vanegas-Romero, G. F. & Vera -Sánchez, Y. T. 2019. Efecto de la utilización de dos cereales *Hordeum vulgare* (cebada), *Chenopodium quinoa* (quinua) y tres fuentes de almidón *Manihot esculenta* (YUCA), *Colocasia esculenta* (malanga) E *Ipomoea batatas* (camote), en la elaboración de cerveza artesanal (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ).
- Vargas-Silvia, R. D. (2001). Colección guías técnicas convenio CVC; CEE pequeños proyectos productivos Buenaventura Valle.
- Vignolio, O. R., Maceira, N. O., & Fernández, O. N. (1994). Efectos del anegamiento en invierno y verano sobre el crecimiento y la supervivencia de *Lotus tenuis* y *Lotus corniculatus*. *Ecología Austral*, 4(1), 019-028.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Preparacion del suelo y siembra de la semimilla de papa china.



**Anexo 2.** Tomas de datos altura, número de hoja, medición del área foliar y determinación del CRA.



Anexo 3. Efecto de la humedad nivel de humedad del 50% (azul) y humedad del 100% (rojo).



Anexo 4. Cosecha de las plantas de papa china.

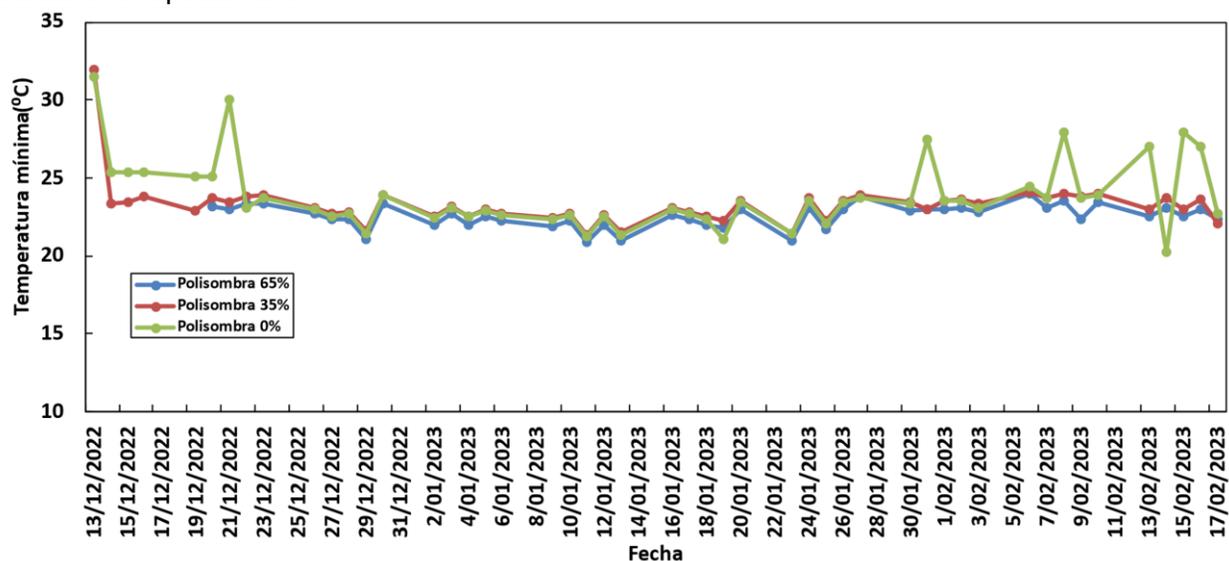


## Anexo 5.

Tabla 1. Promedios de las variables evaluadas.

Tratamientos	Promedio Altura (cm)	Promedio # de hojas	Peso cormo (g)	Peso seco raíz (g)	Peso seco peciolo (g)	Peso seco hoja (g)	Peso seco total (g)	Promedio CRA	Promedio AF (cm)	Promedio AFE (cm <sup>2</sup> /g)
T1	35,1	3,5	9,13	3,27	4,13	1,09	8,49	89,29	120,08	113,31
T2	39,9	3,8	14,28	4,61	6,80	2,23	13,63	91,27	173,21	83,99
T3	47,0	2,8	10,84	3,30	5,48	1,59	10,36	93,23	224,18	155,8
T4	46,5	3,6	13,53	2,73	4,70	1,96	8,80	91,70	221,54	129,91
T5	33,8	3,4	12,21	3,42	3,82	1,26	8,49	86,97	95,73	78,94
T6	34,8	4,0	10,67	3,96	6,21	2,09	10,99	89,12	121,53	60,83

Figura 1. Variación de la temperatura mínima al interior de las estructuras tipo invernadero durante el experimento.



## Anexo 6.

Figura 1. Variación de la humedad relativa máxima dentro de las estructuras tipo invernadero durante el experimento.

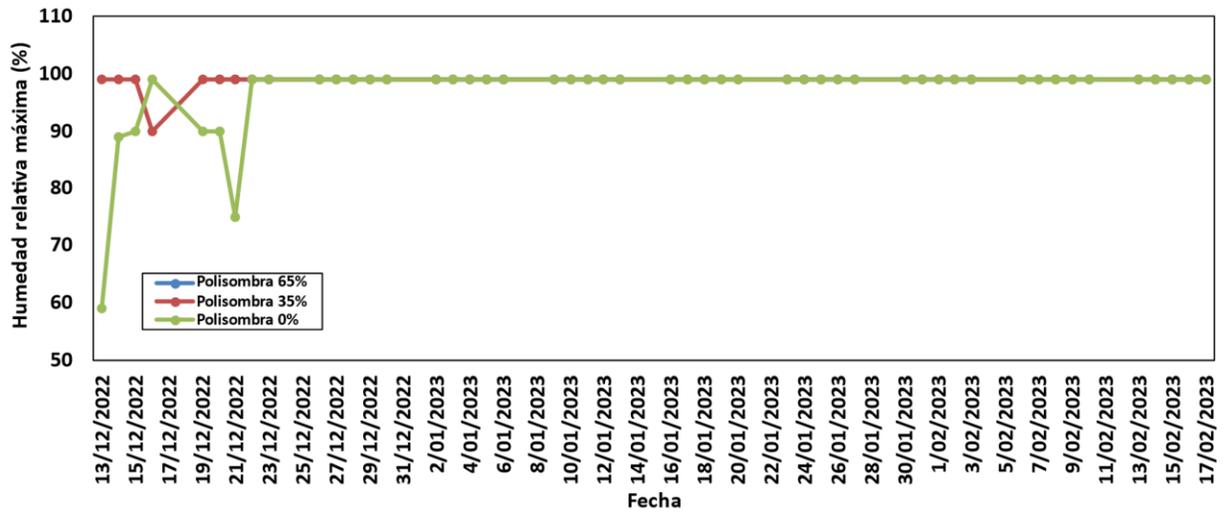


Figura 2. Variación de la humedad relativa mínima dentro de las estructuras tipo invernadero durante el experimento.

