



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

### **CARRERA AGRONOMÍA**

#### **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LECHUGA CRESPA (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia*, EN DOS TIPOS DE INVERNADEROS, PARROQUIA CALPI, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

#### **Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

#### **INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR:** LUIS ISRAEL CARGUACHI GAMBOY

**DIRECTOR:** Ing. JUAN EDUARDO LEÓN RUIZ PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022.Luis Israel Carguachi Gamboy

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo citas bibliográficas del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, **LUIS ISRAEL CARGUACHI GAMBOY**, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que proviene de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba 07 de junio del 2022



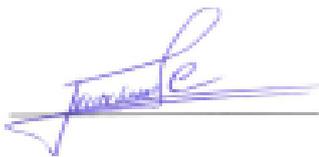
---

**Luis Israel Carguachi Gamboy**

**060422799-1**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

El tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo Proyecto de Investigación, **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LECHUGA CRESPA (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia*, EN DOS TIPOS DE INVERNADEROS, PARROQUIA CALPI, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”** realizado por el señor: **LUIS ISRAEL CARGUACHI GAMBOY**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Víctor Alberto Lindao Córdova PhD. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		_ 2022-06-07
Ing. Juan Eduardo León Ruiz PhD. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		_ 2022-06-07
Ing. Alfonso Leonel Suarez Tapia PhD. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		_ 2022-06-07

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a mi padre Luis Carguachi, a mi madre Carlota Gamboy, por ser los pilares fundamentales en mi progreso como profesional, en los ámbitos académicos, valores y todo lo bueno que me han enseñado para llegar a alcanzar mis objetivos.

A mi hermana Andrea Carguachi, quien me alentado cuando he tenido varias caídas, con quien hemos compartido varias experiencias a lo largo de nuestra vida, que de una u otra forma me ha sabido animar, ayudar para poder continuar.

A mi tía Elisa Carguachi, quien de toda mi familia ha sido la principal consejera y me ha enseñado a no arrojar la toalla fácilmente sino luchar y seguir adelante para llegar ser un profesional.

A mis abuelitas Beatriz Cajo y Lucia Tamayo quienes, con su aprecio, amor y en su momento me ayudaron, y nunca me dejaron rendir, gracias a su cariño y aprecio.

A Adriana Cepeda, quien ha sido una de las personas que me supo animar y ayudar a cumplir con este objetivo, a través de sus palabras, ánimos y consejos, siendo una de las personas que más influido hasta el final de mi carrera.

A Jhovanny Castillo quien por algunos años lo fui conociendo y lo considero como un hermano, mediante sus ánimos, consejos y ayuda en mi vida estudiantil y también personal, incluyendo a toda su familia Castillo Domínguez.

A cada uno de mis compañeros que estuvieron hasta la culminación de mi carrera.

*Luis*

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios y a la Virgen Santísima por darme sus bendiciones, logrando cumplir el objetivo de obtener mi título profesional en Ingeniera Agronómica.

Como no agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Recurso Naturales, que por todos estos años han sido mi segundo hogar, dándome sus enseñanzas por medios de cada uno de los docentes con su respectiva cátedra.

Agradecer a la Fundación Maquita Cushunchic Comercializando como Hermanos, por brindarme su asesoramiento, su financiamiento y su confianza que pusieron en mi para poder lograr cumplir con este proyecto, en especial al Ing. Raúl López, Inga. Gabriela Gaibor, que por medio de su paciencia y palabras de aliento me han ayudado a progresar y obtener mucho más conocimiento. A mis conocidos dentro de la Fundación que fueron como unos hermanos más, Don Fabián, Martha, Abel quienes de una u otra manera me han demostrado una amistad valiosa y nunca se negaron en brindarme su mano cuando necesitaba de su ayuda.

Agradecer al Instituto de Investigación Geológico y Energético, a través de estos meses, mediante su asesoramiento pude lograr conocer el funcionamiento de equipos muy avanzados en tecnología, en especial al Ing. Esteban Urresta e Ing. Darío Rodríguez por su paciencia y por su amabilidad.

Agradecer a Jessica Ortiz, quien ha llegado a mi vida para enseñarme varias cosas, una de ellas seguir adelante con el amor hacia Dios, gracias a sus palabras de ánimos, cariño y por ser alguien con quien pueda contar.

Como no extender mi más atento agradecimiento a mi Director de tesis Doctor Juan León que, por medio de su guía, ética, responsabilidad, colaboración, paciencia y asesoramiento eh podido llegar a conocer mejor su cátedra, tener más experiencia para poner en práctica en mi vida profesional.

Agradecer a mi Asesor y Biometrista Doctor Alfonso Suarez, gracias a su colaboración, profesionalismo, ética, honestidad y ayuda he podido cumplir con los parámetros propuestos, llegando a obtener un mejor conocimiento poniendo en práctica lo estudiado por todos los años transcurrido.

*Luis*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Invernadero .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.1. Generalidades .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.2. El clima en el invernadero.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.2.1. Temperatura.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.2.2. Humedad relativa.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.2.3. Grados Desarrollo .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.2.4. Luz.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.3. Ventajas y desventajas .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.3.1. Ventajas.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.3.2. Desventajas .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.4. Manejo.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2. Cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).....</b>	<b>9</b>
<b>1.2.1. Generalidades .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2.2. Clasificación taxonómica .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.3. Características botánicas .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.3.1. Raíz .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.3.2. Hojas .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.3.3. Tallo .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.3.4. Flores .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.4. Requerimientos climáticos, edáficos, nutricionales e hídricos .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.4.1. Requerimientos climáticos .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.4.2. Requerimientos edáficos .....</b>	<b>12</b>

1.2.4.3.	<i>Requerimientos nutricionales</i> .....	12
1.2.4.4.	<i>Requerimientos hídricos</i> .....	13
1.2.5.	<b><i>Etapas fenológicas para variedades tardías</i></b> .....	13
1.2.5.1.	<i>Germinación</i> .....	13
1.2.5.2.	<i>Fase de plántula - Inicial</i> .....	14
1.2.5.3.	<i>Fase de roseta - Desarrollo</i> .....	14
1.2.5.4.	<i>Fase de formación de la cabeza o repollo - Intermedio</i> .....	14
1.2.5.5.	<i>Fase de Floración</i> .....	15
1.2.6.	<b><i>Etapas fenológicas para variedades tempranas</i></b> .....	15
1.2.6.1.	<i>Etapa inicial</i> .....	15
1.2.6.2.	<i>Etapa de desarrollo</i> .....	16
1.2.6.3.	<i>Etapa intermedia</i> .....	16
1.2.6.4.	<i>Etapa final</i> .....	16
1.2.7.	<b><i>Principales plagas y enfermedades del cultivo</i></b> .....	16
1.2.7.1.	<i>Plagas</i> .....	16
1.2.7.2.	<i>Enfermedades</i> .....	18
1.2.8.	<b><i>Manejo del cultivo</i></b> .....	20

## CAPÍTULO II

2.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	22
2.1.	<b>Caracterización del lugar</b> .....	22
2.1.1.	<i>Localización</i> .....	22
2.1.4.	<i>Ubicación Geográfica</i> .....	22
2.2.	<b>Materiales y equipos</b> .....	22
2.3.	<b>Métodos</b> .....	23
2.3.1.	<b><i>Metodología</i></b> .....	24
2.3.1.1.	<i>Actividades preliminares</i> .....	24
2.3.1.2.	<i>Riego</i> .....	24
2.3.1.3.	<i>Porcentaje de prendimiento (sobrevivencia)</i> .....	26
2.3.1.4.	<i>Etapas Fenológicas</i> .....	26
2.3.1.5.	<i>Altura de la planta</i> .....	27
2.3.1.6.	<i>Número de hojas de la planta</i> .....	27
2.3.1.7.	<i>Presencia de plagas y enfermedades</i> .....	27
2.3.1.8.	<i>Temperatura y humedad relativa</i> .....	28
2.3.1.9.	<i>Contenido de humedad en el suelo</i> .....	28

2.3.1.10.	<i>Contenido de Materia seca</i> .....	29
2.3.1.11.	<i>Contenido Relativo de Agua</i> .....	29
2.3.1.12.	<i>Huella hídrica</i> .....	30
2.3.1.13.	<i>Rendimiento (t/ha)</i> .....	30
2.3.1.14.	<i>Análisis económico</i> .....	30
2.3.2.	<b><i>Manejo del ensayo</i></b> .....	31
2.3.2.1.	<i>Preparación del invernadero</i> .....	31
2.3.2.2.	<i>Delimitación del área de producción</i> .....	31
2.3.2.3.	<i>Trasplante</i> .....	31
2.3.2.4.	<i>Riego</i> .....	31
2.3.2.5.	<i>Elaboración de camas</i> .....	32
2.3.2.6.	<i>Fertilización de camas</i> .....	32
2.3.2.7.	<i>Control de plagas y enfermedades</i> .....	32
2.3.2.8.	<i>Fertilización</i> .....	32
2.3.2.9.	<i>Control de malezas</i> .....	32
2.3.2.10.	<i>Evaluación de parámetros</i> .....	32
2.3.2.11.	<i>Cosecha</i> .....	32
2.3.3.	<b><i>Características del campo experimental</i></b> .....	32
2.3.4.	<b><i>Factores en estudio</i></b> .....	33
2.3.5.	<b><i>Diseño estadístico</i></b> .....	33

### CAPÍTULO III

3.	<b>RESULTADOS</b> .....	36
3.1.	<b>Identificación de las Etapas Fenológicas del ciclo del cultivo</b> .....	36
3.2.	<b>Porcentaje de Materia seca</b> .....	38
3.3.	<b>Rendimiento del cultivo</b> .....	39
3.4.	<b>Porcentaje de sobrevivencia del cultivo</b> .....	41
3.5.	<b>Altura del cultivo</b> .....	42
3.6.	<b>Número de hojas del cultivo</b> .....	43
3.7.	<b>Temperatura y humedad relativa del Invernadero Climatizado</b> .....	45
3.7.1.	<i>Valores de temperatura y humedad relativa máximos, mínimos y promedio en todo el ciclo del cultivo-Invernadero climatizado</i> .....	45
3.8.	<b>Temperatura y humedad del Invernadero Tradicional</b> .....	48
3.8.1.	<i>Valores de temperatura y humedad relativa máximos, mínimos y promedio en todo el ciclo del cultivo-Invernadero tradicional.</i> .....	48

<b>3.9.</b>	<b>Relación de parámetros Biométricos del cultivo de lechuga crespa (<i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> frente a los factores de temperatura, humedad relativa y humedad del suelo</b> .....	51
<b>3.9.1.</b>	<i>Altura de las plantas (cm) vs Humedad del suelo (kPa)</i> .....	52
<b>3.9.2.</b>	<i>Número de hojas vs Humedad del suelo (kPa)</i> .....	53
<b>3.10.</b>	<b>Volumen de agua aplicado en el ciclo del cultivo</b> .....	54
<b>3.11.</b>	<b>Huella Hídrica</b> .....	57
<b>3.12.</b>	<b>Contenido relativo de agua</b> .....	58
<b>3.13.</b>	<b>Análisis Económico</b> .....	59
<b>3.13.1.</b>	<i>Relación Beneficio/Costo</i> .....	59
<b>3.14.</b>	<b>Discusiones</b> .....	60
<b>3.14.1.</b>	<i>Fase de campo: Desarrollo vegetativo del cultivo de lechuga crespa (<i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> en los dos tipos de invernaderos (Climatizado y Tradicional)</i> .....	60
<b>3.14.1.1.</b>	<i>Materia seca</i> .....	60
<b>3.14.1.2.</b>	<i>Rendimiento t/ha</i> .....	60
<b>3.15.</b>	<b>Factores ambientales: Relación de los factores ambientales (temperatura, humedad relativa y humedad del suelo) con el desarrollo del cultivo de lechuga crespa (<i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> en los dos tipos de invernaderos (Climatizado y Tradicional)</b> .....	62
<b>3.15.1.</b>	<i>Invernadero climatizado</i> .....	62
<b>3.15.1.1.</b>	<i>Temperatura (°C)</i> .....	62
<b>3.15.1.2.</b>	<i>Humedad relativa (%)</i> .....	62
<b>3.15.1.3.</b>	<i>Altura (cm) y número de hojas de las plantas vs Humedad del suelo (kPa)</i> .....	63
<b>3.15.2.</b>	<i>Invernadero Tradicional</i> .....	64
<b>3.15.2.1.</b>	<i>Temperatura (°C)</i> .....	64
<b>3.15.2.2.</b>	<i>Humedad relativa (%)</i> .....	64
<b>3.15.2.3.</b>	<i>Invernadero climatizado vs tradicional</i> .....	65
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	67
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	68
	<b>GLOSARIO</b>	
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Taxonomía del cultivo de lechuga .....	10
<b>Tabla 2-1:</b>	Plagas del cultivo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) .....	16
<b>Tabla 3-1:</b>	Enfermedades del cultivo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) .....	18
<b>Tabla 4-1:</b>	Manejo del cultivo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) .....	20
<b>Tabla 1-2:</b>	Materiales de campo .....	23
<b>Tabla 2-2:</b>	Equipos .....	23
<b>Tabla 3-2:</b>	Etapas fenológicas del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> .....	27
<b>Tabla 4-2:</b>	Densidad de siembra .....	30
<b>Tabla 5-2:</b>	Diseño de los invernaderos .....	33
<b>Tabla 6-2:</b>	Diseño de la plantación .....	33
<b>Tabla 1-3:</b>	Duración de las etapas fenológicas (días) del cultivo de lechuga cresp ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> .....	36
<b>Tabla 2-3:</b>	Prueba T de Student de la duración del ciclo (días) del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> en los dos tipos de invernaderos .....	37
<b>Tabla 3-3:</b>	Prueba T de Student para porcentaje de materia seca del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> en los dos tipos de invernaderos. ....	38
<b>Tabla 4-3:</b>	Prueba T de Student en el rendimiento del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> a la cosecha (gr). ....	40
<b>Tabla 5-3:</b>	Porcentaje de sobrevivencia a los 15 DDT del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> . ....	41
<b>Tabla 6-3:</b>	Prueba T de Student del porcentaje de sobrevivencia del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> . ....	42
<b>Tabla 7-3:</b>	Prueba T de Student de la altura (cm) del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> al final del ciclo. ....	43
<b>Tabla 8-3:</b>	Prueba T de Student del número de hojas al final del ciclo del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> . ....	44
<b>Tabla 9-3:</b>	Valores (máximos y mínimos) temperatura (°C) en todo el ciclo del cultivo. ....	45
<b>Tabla 10-3:</b>	Valores (máximos y mínimos) Humedad relativa (%) en todo el ciclo del cultivo .....	46
<b>Tabla 11-3:</b>	Valores promedios de Temperatura (°C) vs Humedad relativa (%) durante todo el ciclo .....	47
<b>Tabla 12-3:</b>	Valores (máximos y mínimos) temperatura (°C) en todo el ciclo del cultivo ....	48

<b>Tabla 13-3:</b>	Valores (máximos y mínimos) Humedad relativa (%) en todo el ciclo del cultivo .....	49
<b>Tabla 14-5:</b>	Valores promedios de Temperatura (°C) vs Humedad relativa (%) durante todo el ciclo .....	50
<b>Tabla 15-3:</b>	Análisis de correlación y regresión lineal de los parámetros biométricos frente a los factores en estudio, en los dos tipos de invernaderos Climatizado y Tradicional.....	51
<b>Tabla 16-3:</b>	Anova de regresión de los parámetros altura de las plantas (cm) vs la humedad del suelo (kPa) - Invernadero Climatizado.....	52
<b>Tabla 17-3:</b>	Anova de regresión de los parámetros número de hojas vs humedad del suelo (kPa) - Invernadero Climatizado .....	53
<b>Tabla 18-3:</b>	Volumen de agua (lt/m <sup>2</sup> ) aplicado por etapa fenológica del cultivo en el invernadero Climatizado. ....	54
<b>Tabla 19-3:</b>	Volumen de agua (lt/m <sup>2</sup> ) aplicado por etapa fenológica del cultivo en el	54
<b>Tabla 20-3:</b>	Volumen total de agua aplicado (lt/m <sup>2</sup> ) en todo el ciclo del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> .....	55
<b>Tabla 21-3:</b>	Prueba T de Student del volumen de agua aplicado en todo el ciclo del cultivo en los dos tipos de invernaderos.....	56
<b>Tabla 22-3:</b>	Huella Hídrica del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> en cada invernadero.....	57
<b>Tabla 23-3:</b>	Contenido relativo de agua del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> en los dos invernaderos .....	58
<b>Tabla 24-3:</b>	Relación B/C del cultivo en los dos tipos de invernaderos .....	59
<b>Tabla 25-3:</b>	Parámetros biométricos con diferencias no significativas (ns).....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Prueba de las dos colas (Doble cola) para aceptar o rechazar Hipótesis al 5% de significancia.....	34
--------------------	--	----

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Duración de las etapas fenológicas (días) del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> en los dos tipos de invernaderos. ....	36
<b>Gráfico 2-3:</b>	Porcentaje de materia seca del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> de cada invernadero. ....	38
<b>Gráfico 3-3:</b>	Peso promedio más p-valor = ( $<0.00012$ ) de las plantas de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> de los dos invernaderos (gr) a la cosecha. ....	39
<b>Gráfico 4-3:</b>	Rendimiento del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> (t/ha) en los dos tipos de invernadero. ....	40
<b>Gráfico 5-3:</b>	Altura (cm) del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> al final del ciclo en los dos tipos de invernaderos. ....	42
<b>Gráfico 6-3:</b>	Número de hojas del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> en todo el ciclo en los dos tipos de invernaderos. ....	43
<b>Gráfico 7-3:</b>	Comportamiento de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) valores máximos y mínimos en todo el ciclo del cultivo - Invernadero climatizado. ....	45
<b>Gráfico 8-3:</b>	Comportamiento de la humedad relativa (%) valores máximos y mínimos en todo el ciclo del cultivo – Invernadero climatizado. ....	46
<b>Gráfico 9-3:</b>	Comportamiento de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y humedad relativa (%) promedio en todo el ciclo del cultivo - Invernadero climatizado. ....	47
<b>Gráfico 10-3:</b>	Comportamiento de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) valores máximos y mínimos en todo el ciclo del cultivo - Invernadero tradicional. ....	48
<b>Gráfico 11-3:</b>	Comportamiento de la humedad relativa (%) valores máximos y mínimos en todo el ciclo del cultivo - Invernadero tradicional. ....	49
<b>Gráfico 12-3:</b>	Comportamiento de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y humedad relativa (%) promedio en todo el ciclo del cultivo - Invernadero tradicional. ....	50
<b>Gráfico 13-3:</b>	Correlación entre la altura de las plantas y la humedad del suelo (kPa) del invernadero climatizado. ....	52
<b>Gráfico 14-3:</b>	Correlación entre el número de hojas y la humedad del suelo (kPa) del invernadero climatizado. ....	53
<b>Gráfico 15-3:</b>	Lámina de riego aplicado por etapa fenológica ( $\text{lt}/\text{m}^2$ ). ....	54
<b>Gráfico 16-3:</b>	Volumen total aplicado en todo el ciclo del cultivo ( $\text{lt}/\text{m}^2$ ) de cada invernadero. ....	55
<b>Gráfico 17-3:</b>	Huella Hídrica del cultivo de lechuga crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Batavia</i> en los dos tipos de invernaderos. ....	57
<b>Gráfico 18-3:</b>	Contenido relativo de agua promedio (WRC). ....	58

**Gráfico 19-3:** Beneficio/Costo del ensayo ..... 59

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA PRIMERA SEMANA- INVERNADERO CLIMATIZADO.
- ANEXO B:** COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA SEGUNDA SEMANA-INVERNADERO CLIMATIZADO.
- ANEXO C:** COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA TERCERA SEMANA-INVERNADERO CLIMATIZADO.
- ANEXO D:** COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA CUARTA SEMANA-INVERNADERO CLIMATIZO.
- ANEXO E:** COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA QUINTA SEMANA-INVERNADERO CLIMATIZO.
- ANEXO F:** COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA SEXTA SEMANA-INVERNADERO CLIMATIZO.
- ANEXO G:** COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA PRIMERA SEMANA-INVERNADERO TRADICIONAL.
- ANEXO H:** COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA SEGUNDA SEMANA-INVERNADERO TRADICIONAL.
- ANEXO I:** COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA TERCERA SEMANA-INVERNADERO TRADICIONAL.
- ANEXO J:** COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA CUARTA SEMANA-INVERNADERO TRADICIONAL.
- ANEXO K:** COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA CUARTA SEMANA-INVERNADERO TRADICIONAL.
- ANEXO L:** COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA CUARTA SEXTA-INVERNADERO TRADICIONAL.
- ANEXO M:** PRESENCIA DE PLAGAS DEL CULTIVO SEGÚN LOS DÍAS TRANSCURRIDOS EN LOS DOS TIPOS DE INVERNADEROS.
- ANEXO N:** PRESENCIA DE ENFERMEDADES DEL CULTIVO SEGÚN LOS DÍAS TRANSCURRIDOS EN LOS DOS TIPOS DE INVERNADEROS.
- ANEXO O:** COSTOS DEL TRATAMIENTO 1 - INVERNADERO CLIMATIZADO.
- ANEXO P:** COSTOS DEL TRATAMIENTO 2 - INVERNADERO TRADICIONAL.
- ANEXO Q:** REALIZACIÓN DE PRUEBA WRC.
- ANEXO R:** CULTIVO DEL INVERNADERO CLIMATIZADO Y TRADICIONAL.
- ANEXO S:** TOMA DE DATOS SEMANALES.
- ANEXO T:** IDENTIFICACIÓN DE PLAGAS.

**ANEXO U:** MAPA GEORREFERENCIADO DEL LUGAR DEL ENSAYO (FUNDACIÓN MAQUITA CUSHUNCHIC).

**ANEXO V:** ANÁLISIS DE SUELO DE LOS DOS INVERNADEROS CLIMATIZADO Y TRADICIONAL.

**ANEXO W:** DISTRIBUCIÓN DEL ENSAYO EN EL INTERIOR DE LOS INVERNADEROS

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento de lechuga cresspa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* en dos tipos de invernaderos en la parroquia Calpi perteneciente al cantón Riobamba provincia de Chimborazo, se evaluó las variables agronómicas de 100 plantas muestras al azar en los dos tipos de invernaderos climatizado y tradicional , etapas fenológicas, porcentaje de sobrevivencia, altura de las plantas, número de hojas, presencia de plagas o enfermedades, los datos eran tomados cada 8 y 15 días después de su última toma, se sometió a pruebas respectivas para obtener el porcentaje de materia seca , rendimiento y contenido relativo de agua; mediante el uso de equipos adecuados se interpretó como la temperatura , humedad relativa y humedad del suelo influía en el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo; finalmente se realizó el análisis económico a través de la relación costo beneficio de cada tratamiento; los datos recolectados se sometió a una prueba T (Student) al 5% para de determinar si existía cifras o diferencias significativas entre las medias de las dos condiciones. Los mejores resultados se obtuvo en el cultivo del invernadero climatizado desde el inicio de sus etapas fenológicas cumpliendo su ciclo en 43 días a comparación del tradicional que se cumplió en 48 días , con una altura y número de hojas promedio de 22.71 cm con 21 unidades, un porcentaje de materia seca de 29.87% arrojando un rendimiento de 29.18 t/ha, un contenido relativo de agua de 70.04% , finalmente una relación beneficio/costo de \$1.19 dólares con una rentabilidad del 19%. Concluyendo que el invernadero climatizado al ser automatizado se obtuvo mejores variables agronómicas con un mayor rendimiento, se recomienda elegir el cultivo correcto adaptándose a los rangos de temperatura, humedad relativa, etc., que se dan dentro de las estructuras.

**Palabras Clave:** <LECHUGA CRESPEA (*Lactuca sativa* L.)>, <VARIEDAD BATAVIA>, <COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO>, <INVERNADERO CLIMATIZADO>, <INVERNADERO TRADICIONAL>.



Ing. Christian Castillo



1274-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the yield of crisp lettuce (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* in two types of greenhouses in the Calpi parish, Riobamba canton, Chimborazo province. It was evaluated the agronomic variables of 100 randomly sampled plants in the two types of heated and traditional greenhouses, phenological stages, percentage of survival, plant height, number of leaves, and presence of pests or diseases, the data were taken every 8 and 15 days after the last data were taken and were subjected to respective tests to obtain the percentage of dry matter, yield, and relative water content. It was interpreted how temperature, relative humidity, and soil moisture influenced the yield and agronomic behavior of the crop using appropriate equipment. Finally, the economic analysis was carried out through the cost-benefit ratio of each treatment. The data collected were subjected to a Student's T-test at 5% to determine if there were significant figures or differences between the means of the two conditions. The best results were obtained in the climate-controlled greenhouse crop from the beginning of its phenological stages, completing its cycle in 43 days compared to the traditional one which was completed in 48 days, with an average height and number of leaves of 22.71 cm with 21 units, a percentage of dry matter of 29.87%, giving a yield of 29.18 t/ha, the relative water content of 70.04%, and finally a benefit/cost ratio of 1.19 dollars with a profitability of 19%. It was concluded that the climate-controlled greenhouse, being automated, obtained better agronomic variables with a higher yield. It is recommended to choose the correct crop adapting to the ranges of temperature, relative humidity, etc. that occur within the structures.

**Keywords:** <CRISP LETTUCE (*Lactuca sativa* L.)>, <BATAVIA VARIETY>, <AGRONOMIC BEHAVIOR>, <CLIMATE-CONTROLLED GREENHOUSE>, <TRADITIONAL GREENHOUSES>.



firmado electrónicamente por:  
SILVANA  
PATRICIA  
CELLERI QUINDE

**Silvana Patricia Céleri Quinde**

**C.C. 0602669830**

## INTRODUCCIÓN

Implementar y cultivar bajo invernaderos diferentes especies hortícolas como lechuga, tomate, pimiento, apio, espinaca, etc., maximiza la producción, la calidad y precocidad, aumentando la rentabilidad. Lo que se logra con la protección de los cultivos es incrementar la seguridad de cosecha obteniendo mayor proporción de productos de alta calidad, estas estructuras ofrecen protección a fenómenos climáticos adversos como granizos, lluvias intensas, vientos fuertes, heladas, entre otros, además brindan una mejor condición laboral (Ecuador, 2010 pág. 14).

Existen diferentes tipos de invernaderos entre estos se encuentran el cultivo en invernadero multitúnel el cual realiza un control exhaustivo del clima, pudiendo aportar las condiciones necesarias para el desarrollo de cada estado fenológico del cultivo, el cultivo en invernadero tradicional a este se lo implementa cuando las condiciones no son favorables, donde los requerimientos climáticos son más exigentes que los que el clima de la zona en la que se implementa y los cultivos en invernadero de malla tiene como objetivo la protección de los factores ambientales aportando cierta precocidad y protección contra las plagas (SIGAGRO . 2008 citado por Galeas . M, 2010 pág. 8).

El cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la actualidad presenta una gran demanda en su producción en varios sectores del país y también del mundo , esta especie pertenece al grupo de las hortalizas de hojas, con el pasar de los años la producción de hortalizas ha tenido un alto rendimiento y calidad, la superficie cultivada de esta hortaliza se ha incrementado, debido a que por una parte la introducción de nuevos cultivares ha traído la atención de los agricultores para su producción y comercialización. Por eso en la actualidad es adecuado la determinación del rendimiento y producción de estos nuevos cultivares ya sea en diferentes épocas de siembra y también en los diferentes sistemas de producción. Según (Bietti, 2003 pág. 2) .

La producción de hortalizas en el Ecuador tiene éxito en todos los mercados locales y también en mercados internacionales, debido a la calidad de los productos, mediante nuevas formas de producción realizados por los agricultores (Grageda, et al. 2012 pág. 22). Las provincias más concurrentes con este tipo de cultivo son:

- Tungurahua con 3256 toneladas en un área de 640 hectáreas
- Chimborazo con 2560 toneladas en un área de 366 hectáreas
- Pichincha con 548 toneladas en un área de 68 hectáreas
- Azuay, Carchi, Loja e Imbabura se hallan con un rango de 45 a 49 hectáreas

- Cañar y Cotopaxi con 4 a 29 hectáreas (SIGAGRO . 2008 citado por Galeas . M, 2010 pág. 12).

La producción de lechuga se realiza a campo abierto, pero con el pasar del tiempo se ha ido generando nuevas alternativas cultivando bajo cubiertas o invernaderos; mientras más grande son los costos de producción, el precio en el mercado del producto subirá más y tendrá mayor demanda. Para tener una producción adecuada se deberá estudiar y conocer bien los factores climáticos o ambientales que pueden influir en este tipo de cultivo interpretando su patrón de crecimiento, en numerosas investigaciones la radiación, temperatura, nutrición, humedad relativa ,luz etc. cómo estos influyen en el desarrollo del cultivo y como podrían aprovechar estos factores de manera adecuada (SIGAGRO . 2008 citado por Galeas . M, 2010 pág. 16).

En las últimas décadas, se ha visto afectado los recursos por su mal uso, por ende, en la actualidad se ha intentado recuperar, mejorar y utilizar esos recursos de mejor manera, por tal motivo, se ha tratado de buscar nuevas maneras de producción y nuevos equipos, con los cuales se puede encontrar soluciones adecuadas y orientadas para mantener la sostenibilidad del sistema agrícola mediante la explotación racional de los recursos y aplicación de medidas adecuadas para preservar el ambiente (Grageda, et al. 2012 pág. 22).

## **Problema**

Debido a condiciones climáticas adversas (heladas, granizadas, bajas temperaturas, etc.), para el cultivo de hortalizas los rendimientos son bajos en la provincia de Chimborazo llegando entre los 20.4 a 22.1 t/ha anual, es necesario buscar nuevas alternativas de producción como invernaderos tecnificados, uso de luces led, hidroponía, aeroponía, acuicultura, cultivos verticales, sistemas de riegos tecnificados, fertirriego etc. , los cuales se toman en cuenta tecnologías de punta mediante el uso de equipos como estaciones meteorológicas o equipos para medir temperatura , humedad relativa , punto de rocío , pH de soluciones , humedad del suelo, volúmenes de agua, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico , conductiva eléctrica , elementos , microelementos , etc.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Evaluar el rendimiento de lechuga crespa (*Lactuca sativa L.*) var. *Batavia*, en dos tipos de invernaderos, Parroquia Calpi, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

### **Específicos**

- Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de lechuga crespa en dos tipos de invernaderos.
- Evaluar cómo los factores temperatura y humedad relativa en los dos tipos de invernadero influyen en el rendimiento y comportamiento agronómico de la lechuga.
- Analizar económicamente cada uno de los tratamientos.

### **Hipótesis**

#### ➤ *Nula*

Ninguno de los dos tipos de invernadero influye en el rendimiento del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa L.*) var. *Batavia*.

#### ➤ *Alternativa*

Al menos uno de los dos tipos de invernadero influye en el rendimiento del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa L.*) var. *Batavia*.

### **Operacionalización de variables**

#### ➤ *Variables dependientes*

Rendimiento del cultivo

#### ➤ *Variables independientes*

Invernadero climatizado

Invernadero tradicional

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. Invernadero

#### 1.1.1. Generalidades

Es una estructura cerrada, estática pero no hermético, el cual puede ser construido de materiales como metal, plástico, hormigón y madera , compuesto por una estructura exterior transparente siendo construida de materiales como vidrio o plástico, gracias a este, se puede obtener un microclima mediante el control de temperatura, humedad relativa , humedad del suelo, radiación solar, luz , riego y otros factores que existen dentro de la estructura, este se lo construye con el propósito de obtener productos vegetales de alta calidad y durante cualquier época del año , gracias a su cubierta se protege a los cultivos de factores ambientales errantes como heladas , lluvias acidas, radiación solar en exceso, viento , etc. los cuales de una u otra manera producen daño en alguna etapa de su desarrollo fenológico (Vega, 2017 págs. 10-11).

Las especies cultivadas bajo esta protección pueden ser hortalizas , frutas , flores , plantas de viveros y ornamentales, las cuales se pueden adaptar a temperaturas con medias mensuales entre los 17 a 27 °C, perteneciendo temperaturas mínimas medias de 12 °C y de máximas medias de 32 °C, gracias a que dentro del invernadero se puede modificar el entorno para cada una de estas especies se puede acelerar su desarrollo fenológico , obteniendo de estos , precocidad , la producción fuera de épocas , un mayor rendimiento , el ahorro o consumo de agua y fertilizantes , etc. , en la actualidad se encuentra desarrollando estructuras climatizadas donde se puede sincronizar sistemas automáticos de riegos , ventilación y entre otros factores (Prados, 2007 pág. 9).

#### 1.1.2. El clima en el invernadero

##### 1.1.2.1. Temperatura

Esta debe oscilar entre los 18-25 °C para que el cultivo que se halle dentro del invernadero pueda tener un desarrollo adecuado y pueda crecer correctamente sin ningún problema, si dentro de la estructura la temperatura no se halla en su rango óptimo el cultivo no conseguirá crecer correctamente y no cumplirá su ciclo biológico de manera adecuada (Prados, 2007 págs. 12-14).

Los rangos óptimos suelen decrecer con el tiempo de desarrollo de la planta, esta interviene en la germinación, crecimiento, floración, fructificación, etc., la temperatura trabaja conjuntamente con el CO<sup>2</sup>, si esta aumenta también lo hace la temperatura, y si la temperatura es menor o disminuye la calidad del producto es menor, debido a la apertura y cierre de los estomas los cuales participan en los ciclos biológicos como la fotosíntesis y respiración, el diseño de la estructura debe facilitar el manejo especialmente de la temperatura y humedad (AAIC, 2004 págs. 16-18).

#### *1.1.2.2. Humedad relativa*

La humedad del interior de la estructura es mayor que la del exterior y por ende aumenta la evapotranspiración tanto de las plantas y del suelo, es necesario esto para que pueda cumplirse el intercambio gaseoso y el proceso de fotosíntesis; los rangos adecuados para que el cultivo tenga un mejor desarrollo va entre el 60%-80% especialmente para el cultivo de lechuga (AAIC, 2004 págs. 18-19).

Salirse de estas condiciones ideales de humedad puede provocar efectos adversos, en la fenología y sobre todo en el rendimiento del cultivo, al disminuir la temperatura, aumenta la humedad relativa y si no se controla esto puede provocar efectos secundarios como:

- Afecta al desarrollo de la planta al exceder la humedad va reducir la transpiración, descendiendo así la absorción de los nutrientes
- Afecta la polinización y a la vez va a favorecer a la aparición de plagas y enfermedades
- Cuando es lo contrario a un exceso, la planta debe realizar un esfuerzo más alto para mantener los estomas abiertos, el cual puede ocasionar que se dé una marchitez por deshidratación.
- Afecta la calidad del fruto y existe un menor cuaje (Sonoma, 2020 págs. 20-21).

Según (INFOAGRO, 2020 pág. 1) "El sistema radicular de la lechuga es muy reducido en comparación con la parte aérea , por lo que, es muy sensible a la falta de humedad y soporta mal un período de sequía."

#### *1.1.2.3. Grados Desarrollo*

Esta debe oscilar entre los 18-30 °C para que el cultivo que se halle dentro del invernadero pueda tener un desarrollo adecuado y pueda crecer correctamente sin ningún problema (Prados, 2007 págs. 17-19).

Para cada una de las etapas de crecimiento del cultivo la temperatura oscila entre los 14-18 °C por el día y 5-8 °C por la noche, para cultivos poco exigentes como el cultivo de lechuga, fresa, clavel entre otros oscilan entre los 10-25 °C en el día y por la noche oscilan entre los 7-10 °C; para cultivos con exigencias medias como tomate , pimiento , etc. , oscilan entre 16-30 °C día y en la noche entre 13-18 °C; finalmente para cultivos muy exigentes como sandia, pepino , melón , etc. los rangos oscilan entre los 20-35 °C día y en la noche 18-24 °C (Prados, 2007 pág. 22). Se distinguen ciertos tipos de temperaturas según los efectos que ocasionan sobre los cultivos dentro del invernadero:

- Temperatura mínima letal: Se encuentra por debajo cual se producen daños.
- Temperatura óptima: El rango para el cual la planta se desarrolla de manera normal.
- Temperatura máximas y mínimas: Son valores por encima o por debajo, donde la planta no puede alcanzar una etapa fenológica específica o afecta a una de ellas.
- Temperatura máxima letal: Aquella la que causa daños en mayor grado (INFOAGRO, 2020 pág. 3).

#### *1.1.2.4. Luz*

Este factor dentro del invernadero, será usado para ayudar a cumplir el proceso de fotosíntesis en el fotoperiodismo, el material de la cubierta debe ser transparente para que tenga una adecuada penetración y usada para los cultivos, mientras mayor es la penetración de luz hacia el invernadero mayor será la temperatura (Zoilo, 2005 págs. 18-19).

La temperatura, humedad relativa, CO<sup>2</sup> y radiación solar son los factores climáticos más importantes a tomar en cuenta para producir de manera eficiente en condiciones de invernadero, estos factores definen las mejores estrategias de manejo y tecnología necesaria a instalar. No se puede generalizar el uso de herramientas o tecnologías, debido a que el clima es muy variable y depende del lugar específico donde se encuentre el invernadero las condiciones climáticas, ya que el éxito para producir bajo invernadero solo se logra conjugar todos los aspectos (manejo climático, fitosanidad, etc.); sin embargo, el clima juega un papel fundamental para la producción (Vázquez, 2014 págs. 24-25).

### ***1.1.3. Ventajas y desventajas***

#### ***1.1.3.1. Ventajas***

- **Intensificación de la producción:**

Se establece dentro de los invernaderos condiciones apropiadas para que los cultivos tengan un mayor desarrollo acortando su tiempo de crecimiento, a la vez se puede colocar más plantas por unidad de superficie que a campo abierto, mejorando e intensificando las condiciones hasta un punto óptimo (Zoilo, 2005 págs. 26-28).

- **Aumento del rendimiento:**

Si se implementa cultivos dentro de estos espacios y con el uso adecuado de sustratos, fertilizantes, riego, etc. el rendimiento por unidad de superficie aumenta de 2 a 3 veces en comparación de campo abierto, si existe mayor temperatura más rápido será el desarrollo del cultivo (Zoilo, 2005 págs. 28-29).

- **Menor riesgo de producción:**

Al ser estructuras cerradas protegen al cultivo de factores ambientales riesgosos para su desarrollo, minimizan el daño que pueden tener en campo abierto, obteniendo un mejor rendimiento, en cambio si los factores climáticos son errantes en el exterior estos podrían provocar pérdidas totales de los productos (Zoilo, 2005 pág. 29).

- **Mayor control de plagas, malezas y enfermedades:**

Para que pueda un invernadero controlar plagas, malezas y enfermedades este debe ser bien construido y diseñado, usando los materiales correctos y mediante una programación adecuada el control de estos será efectivo, caso contrario estos fallarán (Zoilo, 2005 pág. 30).

- **Condiciones ideales para investigación:**

Existen invernaderos los cuales cuentan con un control automático de factores o parámetros ambientales, los cuales ayudan y permiten analizar el comportamiento del o de los cultivos dentro de estos, obteniendo así datos no errantes o alterados debido a los factores climáticos del exterior (Zoilo, 2005 pág. 30).

- Obtención de productos de alta calidad:

Gracias a su microclima y una programación adecuada en su interior, se puede obtener productos de mejor calidad, presentación, buen color, suaves y con un sabor agradable a comparación con los que se puede obtener en el exterior (Zoilo, 2005 pág. 30).

#### *1.1.3.2. Desventajas*

- Inversión inicial elevada:

El costo para la implementación de este tipo de cubiertas es realmente alto, por esta razón la inversión es elevada, se realiza con el objetivo de obtener cultivos como hortalizas, especies ornamentales y frutales los cuales serán netamente viable con un costo de venta alto, recuperando la inversión y obteniendo ingresos mediante la comercialización de los productos (Zoilo, 2005 pág. 31).

- Desconocimiento de las estructuras:

Este debe ser construido en función de las condiciones climáticas de la zona y los requerimientos climáticos del o de los cultivos que se requiera producir u obtener, con los materiales adecuados y correctos para su uso (Zoilo, 2005 pág. 31).

- Altos costos de producción:

Por ser una estructura compleja de materiales específicos el costo de producción de este es muy elevado, por ende, se debe tener claro con qué objetivo se lo va a construir y para que cultivo irá dirigido si queremos tener ingresos y recuperar la inversión inicial; los costos se elevarán si se implementa un invernadero climatizado o tecnificado, el cual, controlará factores ambientales dentro de este (Zoilo, 2005 pág. 31).

- Alto nivel de capacitación:

Las personas encargadas del seguimiento y desarrollo fenológico de las plantas cultivadas dentro del invernadero, deberán estar muy bien capacitadas, ya que el hecho que se pueda controlar los factores ambientales, tienden, a que el personal pueda resolver problemas que se pueda presentar gracias a su capacitación (Zoilo, 2005 pág. 32).

#### **1.1.4. Manejo**

- Las personas que trabajen e ingresen tendrán que usar ropa adecuada y calzado cerrado.
- Las herramientas que se usarán dentro deberán desinfectarse.
- Se debe revisar periódicamente la cubierta plástica.
- No permitir la entrada de animales.
- Mantener las áreas aledañas al invernadero libre de malezas o desechos.
- Realizar una limpieza de la tubería o goteros para evitar obstrucciones
- Las puertas del invernadero deberán estar siempre cerradas.
- Colocar un área para desinfección para la entrada del invernadero.
- El acceso será solo permitido para la persona o personas que deben realizar su trabajo.
- No se debe fumar dentro del invernadero (Zoilo, 2005 pág. 32).

### **1.2. Cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.)**

#### **1.2.1. Generalidades**

La lechuga pertenece a la familia de las Asteráceas conocidas anteriormente como Compuestas o Compositae, este cultivo tiene una clasificación amplia debido a los diferentes tipos de hojas que posee y su desarrollo, es considerado como un cultivo de uso principal en la dieta humana en distintas regiones del planeta, se ha descrito que este tipo de lechuga está relacionado con un género aproximado de la misma llamada *L. serriola* (Saavedra Del R. et al. 2017 pág. 10).

*Lactuca* es definido como un nombre genérico el cual procede del latín *lac* "leche" refiriéndose a la sustancia láctea que exudan de los tallos al momento de cortarlas, *sativa* es un epíteto haciendo referencia a una especie cultivada (Saavedra Del R. et al. 2017 pág. 12).

Este cultivo puede soportar heladas ligeras, pero no soporta temperaturas superiores a los 30°C, para su desarrollo como cualquier cultivo interviene un balance entre intensidad luminosa y la temperatura del ambiente donde esta se encuentre sembrada; una de las características primordiales en este cultivo es su floración, esta aparece cuando los días son largos y las temperaturas del ambiente son altas, con más frecuencia en verano y otoño (FAO, 2002 pág. 2).

### 1.2.2. Clasificación taxonómica

**Tabla 1-1:** Taxonomía.

<b>Taxonomía de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.)</b>	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Subfamilia:	Cichorioideae
Tribu:	Lactuceae
Género:	<i>Lactuca</i>
Especie:	<i>Lactuca sativa</i> L.

**Fuente:** (Mallar, 1978 pág. 14) tomado de : *Manual de producción de lechuga*

### 1.2.3. Características botánicas

Este tipo de lechuga *Batavia* se diferencia de las Iceberg, debido a que su cabeza no es compacta y es menos densa, pequeñas y de forma irregular; el desarrollo de este cultivo pasa de un estado de roseta hasta que las primeras hojas se alarguen donde cada incremento de hoja u hojas, aumenta el grosor de la planta, cuando esta se encuentra lista para su cosecha se verá ancha y frondosa, y para su estadio maduro esta tiende a alargarse. Una de sus características botánicas principal para su reconocimiento son sus hojas, estas se hallan compuestas por hojas grandes, las cuales se colocan una sobre otras mientras el cultivo sigue desarrollándose, su forma puede variar y pueden ir de los menos dentado a lo más dentado, brillantes, sin espinas; las hojas inferiores son enteras con un peciolo corto al igual que su tallo, mientras que sus hojas superiores son sésiles, con forma redonda (Granval, et al. 2008 pág. 16).

#### 1.2.3.1. Raíz

Su sistema radical está compuesto por una raíz poco profunda la cual no llega a sobrepasar los 30 cm, tiene un rápido desarrollo, es pivotante, corta y tiene abundante látex (sustancia lechosa o láctea), sus primeras raíces laterales son horizontales las cuales se hallan cerca de la superficie del suelo (Sandoval, 2016 pág. 15). El crecimiento de las raíces laterales empieza pocos días después de la emergencia, el 35% de estas se hallan bajo el suelo a 20 cm, y el otro porcentaje son raíces superficiales (Saavedra Del R. et al. 2017 pág. 18).

### *1.2.3.2. Hojas*

Se hallan desplegadas en el tipo *Batavia*, mientras que en el tipo *Iceberg* se hallan unidas o acogolladas, se disponen en forma de espiral, son simples, sésiles con láminas lisas, anchas y redondeadas, la textura de estas es suave y son crujientes. Sus bordes son enteros, lisos, aserrados, ondulados y rizados (Sandoval, 2016 pág. 17).

### *1.2.3.3. Tallo*

Tiene una forma cilíndrica de un tamaño pequeño, aplastado, es el lugar donde las hojas emergen, esta parte de la planta no es consumida para la dieta humana, pero si usada para alimentos de animales, el tallo se alarga cuando finaliza la etapa comercial, además existe la presencia inflorescencia en los extremos de las ramillas terminales (Saavedra Del R. et al. 2017 pág. 24).

### *1.2.3.4. Flores*

La agrupación de estas son denominados capítulos, el cual se halla compuesto de 15 a 25 flores rodeado por brácteas imbricadas, se compone de un androceo con cinco estambres los cuales se hallan unidos a la base de la corola y con presencia de cinco anteras, estos forman el tubo polínico el cual rodea al estilo. El cáliz al madurar la semilla forma el vilano, actuando como el responsable de la diseminación por el viento (Saavedra Del R. et al. 2017 pág. 25).

## ***1.2.4. Requerimientos climáticos, edáficos, nutricionales e hídricos***

### *1.2.4.1. Requerimientos climáticos*

#### *1.2.4.1.1. Temperatura*

Para que este tipo de cultivo pueda alcanzar sus diferentes etapas fenológicas necesita de rangos de temperaturas óptimas, para la germinación va de los 18-20 °C, y para el resto de sus etapas varía entre los 14-18 °C para el día y para la noche varía entre los 5-8 °C. Este cultivo puede soportar temperatura bajas o mínimas que va hasta los -6 °C y soportar temperaturas altas máximas hasta los 30 °C (INFOAGRO, 2020 pág. 3). Si la temperatura aumenta por la noche al igual que el día, el rendimiento aumentará pero también su metabolismo, el cual implica una mayor demanda de insumos para poder cubrir las necesidades de las plantas, como, el incremento del

volumen de agua de riego y una mayor demanda de nutrientes minerales como potasio , fósforo nitrógeno , boro ,magnesio etc. (Leal, 2017 pág. 32).

#### 1.2.4.1.2. Humedad relativa

Es sensible el sistema radicular y reducido en comparación con la parte aérea de la planta, por la cual la humedad no puede faltar, la humedad para este tipo de cultivo varía entre el 60% al 80%, es necesario esto para que pueda cumplirse el intercambio gaseoso y el proceso de fotosíntesis (INFOAGRO, 2020 pág. 3).

#### 1.2.4.1.3. Iluminación

Este tipo de cultivo exige una gran cantidad de luz, se ha comprobado que al no existir una adecuada cantidad de luz el cultivo disminuye su calidad, principalmente sus hojas , las cuales se vuelven delgadas y las cabezas tienden a soltarse, por eso es recomendable sembrar una densidad de población calculada y adecuada (INFOAGRO, 2020 pág. 3).

#### 1.2.4.2. *Requerimientos edáficos*

El pH óptimo del suelo, el cual se adapta mejor va de los 6.7 - 7.4, los suelos preferidos son de tipo ligeros, arenosos-limosos, pero en su mayoría se adapta a cualquier tipo de suelo, los más preferidos para este tipo de cultivo y en cual se vegeta mucho mejor son los humíferos, si tiende a ser un suelo ácido será necesario encalar para contrarrestar la acidez. El cultivo de lechuga es exigente en humedad por el cual no puede y no admite sequía, se debe controlar la humedad debido a que, si es en exceso, puede provocar enfermedades y pudriciones (Saavedra Del R. et al. 2017 pág. 26).

#### 1.2.4.3. *Requerimientos nutricionales*

En épocas de temperaturas bajas, este tipo de cultivo es exigente en potasio, cuando más sea el consumo del potasio habrá una mayor absorción de magnesio, se debe evitar el exceso de abonado en especial del nitrógeno, con el objetivo de evitar toxicidades por el exceso de sales y así poder conseguir una alta calidad del producto y un buen desarrollo en especial de las hojas y del cogollo. También el cultivo de lechuga es exigente en molibdeno cuando se encuentra en sus etapas iniciales de desarrollo, la aplicación de nitrógeno también es importante, las aplicaciones de los

diferentes tipos de fertilizantes pueden ser suministradas vía foliar y vía edáfica, con la utilización del riego en especial el tipo goteo (INFOAGRO, 2020 pág. 3).

El 60% y 65% de los nutrientes que se hallan en los fertilizantes son absorbidos cuando se halla en la etapa de formación del cogollo, se puede realizar el aporte de estiércol en el cultivo a una razón de 3 kg/m<sup>2</sup> siempre y cuando el cultivo ya se halla desarrollo, si el cultivo se halla bajo invernadero no es recomendable realizar el aporte de estiércol, sino de una solución por fertirriego (Saavedra Del R. et al. 2017 pág. 32).

#### *1.2.4.4. Requerimientos hídricos*

Para el cultivo de lechuga es recomendable hacer el uso del tipo de riego goteo en especial si se halla bajo cubierta (invernadero), aunque la mayoría de agricultores hacen riegos por gravedad el cual no es tan recomendado para este tipo de cultivo ya que tiende a ser muy delicada con la humedad; los riegos se darán con frecuencias y con la cantidad adecuada de agua procurando que el suelo quede con apariencia seca sobre la superficie mientras que en su interior debe hallarse con la humedad correcta evitando así pudriciones; el consumo de agua de una lechuga es aproximado de 1 litro por planta por día, si existe la cantidad y disponibilidad de agua el desarrollo de la planta será más efectivo y tendrá éxito, si no existe una cantidad de agua correcta afectará el rendimiento y calidad del cultivo como todas las hortalizas (INFOAGRO, 2020 pág. 2).

#### *1.2.5. Etapas fenológicas para variedades tardías*

En general el cultivo de lechuga tiene un ciclo corto en comparación con otros cultivos, pero este ciclo puede variar dependiendo la variedad de lechuga cultivada o sembrada que puede ir de las más temprana a la más tardía por lo general se representa cuatro etapas Fenológicas:

##### *1.2.5.1. Germinación*

Esta etapa dura aproximadamente 3 días a una temperatura de 15 a 20 °C y hasta 15 días cuando la temperatura es de 5°C, si la temperatura tiende a sobrepasar los 25 °C ya no será tan efectiva la germinación. Es recomendable que el semillero este en sombra si los días son calurosos o con altas temperaturas, las semillas tienen una alta latencia que se rompe con más facilidad a una baja temperatura, basta con solo humedecer las semillas en 48 horas empieza su germinación (FAO, 2002 pág. 2).

#### *1.2.5.2. Fase de plántula - Inicial*

Se da en primer lugar la aparición de la radícula y después la emergencia de cotiledones, la radícula tiende a crecer en profundidad y finalmente se da la aparición de 3 a 4 hojas verdaderas, esta fase puede variar o comprende entre 3 a 4 semanas de duración. Se forma una raíz pivotante la cual crece alrededor de 3 cm en 48 horas. En esta etapa fenológica se da más prioridad al crecimiento de las primeras hojas verdaderas y el desarrollo de la raíz, existiendo una elongación y división celular (Saavedra Del R. et al. 2017 pág. 42).

En resumen, se da las siguientes situaciones:

- Aparición de la radícula y emergencia de los cotiledones
- Aparición de 3 a 4 hojas verdaderas
- Duración de 3 a 4 semanas
- Temperatura óptima es 18-21°C
- Crecimiento en profundidad (Saavedra Del R. et al. 2017 pág. 43).

#### *1.2.5.3. Fase de roseta - Desarrollo*

En esta fase, la lechuga continúa generando nuevas hojas verdaderas e individuales en una sucesión, cada hoja generada será más ancha a la anterior y estas serán diferentes según la especie sembrada, formando una cabeza erecta en el tipo Crespa o una cabeza redondeada como en el tipo Iceberg, se produce un acortamiento de los peciolo, el ancho y el largo de las hojas son influencias y disminuidas por el largo del día. Esta fase puede durar entre 3 a 4 semanas, el número de hojas para esta fase puede ir entre las 12 a 14 formando la roseta.

En resumen, se da las siguientes situaciones:

- Aparición de nuevas hojas entre 12 a 14
- Influencia entre el largo y ancho de las hojas
- Acortamiento de los peciolo
- Cada hoja verdadera nueva es más ancha a la anterior.
- Duración de esta fase entre las 3 a 4 semanas (Galvan , et al. 2014 pág. 48).

#### *1.2.5.4. Fase de formación de la cabeza o repollo - Intermedio*

Las hojas tienden a volverse más anchas que largas, si existe la cantidad de luz adecuada las hojas se tornarán más anchas; por el eje de la nervadura central toman una curvatura quedando las hojas

una sobre otras envueltas o sueltas, preparándose para su madurez y cosecha. La aparición de hojas tiende a disminuirse y a tornarse erectas, esta fase puede durar entre 3 a 6 semanas.

En resumen, se da las siguientes situaciones:

- Hojas más anchas que largas
- Hojas curvadas por el eje de la nervadura central
- Hojas en posición erecta
- Duración de la fase entre 3 a 6 semanas (Saavedra Del R. et al. 2017 pág. 46).

#### *1.2.5.5. Fase de Floración*

La cabeza pierde calidad y las hojas se tornan envejecidas, su sabor cambia a amargo, la cabeza se torna alargada y el tallo empieza a elongarse produciendo las estructuras reproductivas en tipo capítulos con 15 a 25 flores cada uno.

En resumen, se da las siguientes situaciones:

- La cabeza se torna alargada
- Elongación del tallo
- Inflorescencias tipo capítulo de 15 a 25 flores (Saavedra Del R. et al. 2017 pág. 48).

#### *1.2.6. Etapas fenológicas para variedades tempranas*

El tiempo de desarrollo del cultivo de lechuga depende de la variedad, zona, factores climáticos y también de las estaciones climáticas en el caso de existir, las variedades que se escogen pueden ir de las variedades tempranas y tardías.

- Variedades tempranas 40 – 50 días (repolladas) y de 60 – 70 días (Batavia, mantecosa, Great lakes, etc.)
- Variedades tardías 80 – 120 días (Iceberg, escarolada, etc.)

Por lo tanto, específicamente para estas variedades tempranas se denota un ciclo más corto en comparación de las demás variedades dándose en:

##### *1.2.6.1. Etapa inicial*

También es conocida como fase de prendimiento, el tiempo que puede cumplirse esta etapa es de 15 días, las plántulas se hallarán con un número de hojas que varía entre 4 – 5 hojas hasta la aparición de las nuevas hojas verdaderas (Saavedra Del R. et al. 2017 pág. 49).

### 1.2.6.2. Etapa de desarrollo

Conocida como fase de formación de la roseta el cual tiene un tiempo estimado entre los 20 a 30 días, ya existe nuevas hojas verdaderas, en esta etapa las hojas tienden a ensancharse en vez de alargarse, se forma una cabeza erecta, en el tipo Batavia (Saavedra Del R. et al. 2017 pág. 50).

### 1.2.6.3. Etapa intermedia

En esta etapa la planta se halla en el proceso de formación de la cabeza para previo dar paso a la cosecha, puede durar entre los 15 a 20 días, la nervadura central toma una curvatura quedando las hojas una sobre otras envueltas o sueltas (Japón, 2000 págs. 50-51).

### 1.2.6.4. Etapa final

Se cumple el proceso de maduración y estará lista para su cosecha, puede durar entre 10 a 15 días para estar lista y realizar el proceso de cosecha se debe tener en cuenta que sus hojas tengan la mejor calidad, color y textura para proceder a la recolección (Japón, 2000 pág. 52).

## 1.2.7. Principales plagas y enfermedades del cultivo

### 1.2.7.1. Plagas

**Tabla 2-1:** Plagas del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

<b>Plaga</b>	<b>Daño</b>	<b>Control</b>
<b>Trips</b> <i>(Frankliniella occidentalis)</i>	El principal daño asociado a su presencia corresponde a su participación como vector del virus de la mancha necrótica del Impatiens (INSV), el cual se evidencia a través de manchas foliares, inicialmente cloróticas y posteriormente necróticas e irregulares.	Un adecuado manejo del riego, fertilización y control de malezas permite disminuir el desarrollo. La eliminación inmediata del rastrojo después de cosecha evita el desarrollo de nuevas generaciones del insecto, disminuyendo su ocurrencia en cultivos cercanos posteriores.
<b>Minadores</b>	El ataque más común de este tipo de plaga es hacia las hojas	Es recomendable que los tratamientos empiecen cuando

<p><i>(Liriomyza trifolii y Liriomyza huidobrensis)</i></p>	<p>el cual forman galerías estas reducen la capacidad fotosintética de las plantas y las hojas atacadas mueren prematuramente. En ataques severos las plantas se marchitan y pueden perder la mayor parte del follaje.</p>	<p>aparezcan los primeros síntomas, aplicando sobre la superficie de la planta, es necesario instalar mallas antiáfidos plástico del invernadero posteriormente es importante revisar las plántulas que estén libre de plagas.</p>
<p><b>Mosca blanca</b> <i>(Trialeurodes vaporariorum)</i></p>	<p>El daño provocado por la succión de la savia por las ninfas, debilita las plantas en caso de ataques severos, cubriendo con una abundante mielecilla los frutos y hojas, lo que favorece el desarrollo de fumagina en toda la planta.</p>	<p>Se debe realizar los tratamientos químicos cuando la población de la mosca se incrementa, la utilización de trampas cromáticas amarillas, uso de cerramiento adecuados para evitar la entrada , eliminar malas hierbas y restos de cultivos ya que actúan como reservorios.</p>
<p><b>Pulgones</b> <i>(Narsonovia ribisnigri)</i></p>	<p>Los daños directos sobre la planta son contaminación e infección, transmitiendo diversos virus y atacando la planta desde dentro hacia fuera. En hojas apicales, media y basales de la planta con daño con encarrujamiento de hojas y presencia del insecto.</p>	<p>Existen insectos benéficos que son depredadores del pulgón, como la chinita o la crisopa. Existen además parasitoides que contaminan las plantas, pudiendo generar de esta forma eventuales problemas. Se debe realizar con suma urgencia la revisión de las plantas jóvenes.</p>

<p><b>Gusano Soldado</b> (<i>Spodoptera exigua</i>)</p>	<p>Las larvas de todos los instares causan daños, se alimentan del follaje, inflorescencias) y frutos. Las larvas jóvenes dejan únicamente las nervaduras de las hojas; las larvas más desarrolladas hacen perforaciones irregulares en las hojas. En los cultivos de col y lechuga, las larvas se introducen hasta el centro de la cabezuela para alimentarse.</p>	<p>La eliminación de malezas dentro y en los alrededores de las parcelas y la destrucción inmediata de residuos de cosecha son las practicas más importantes. Se puede encontrar enemigos naturales de esta plaga como lo son: (<i>Trichogramma pretiosum</i>) para el control de huevecillos. <i>Bacillus thuriemgeusis</i> para el control de larvas y <i>Beauveria bassiana</i> para el control de pupas.</p>
---	---	--

**Fuente:** (Hubner, 1808 pág. 32), (Saavedra Del R. et al. 2017 pág. 64), (INFOAGRO, 2020 pág. 45), (SOCIETY, 2001 pág. 38).

**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

#### 1.2.7.2. Enfermedades

**Tabla 3-1:** Enfermedades del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

<b>Enfermedad</b>	<b>Daño</b>	<b>Control</b>
<p><b>Mildiu</b> (<i>Bremia lactucae</i>)</p>	<p>Se caracteriza por presentar manchas cloróticas limitadas por nervaduras principales en la superficie de las hojas que luego avanzan a café y secan el follaje, en correspondencia con las manchas (24 a 48 horas) se desarrolla en la cara inferior de las hojas el signo del patógeno que corresponde a un micelio de color blanco grisáceo con abundante esporulación.</p>	<p>La aplicación de fungicidas deberá comenzar en el almácigo y continuar en tanto las condiciones ambientales sean las adecuadas para el desarrollo de la enfermedad. Entre los fungicidas autorizados se encuentran Metalaxyl, Azoxystrobin, Clortalonil, Mancozeb. Es importante alternar los fungicidas con distintos principios activos.</p>

<p><b>Pudrición Gris</b> (<i>Botrytis cinérea</i>)</p>	<p>Produce una podredumbre blanda que al comienzo es de color marrón anaranjado a marrón claro y que luego se cubre de un moho difuso de color gris blanquecino . En las plantas de lechuga establecidas, el moho gris puede causar descomposición del tejido de la corona produciendo un crecimiento deficiente, marchitamiento de las hojas más viejas y eventualmente muerte de la planta.</p>	<p>Es importante lograr una buena ventilación del invernadero, evitar la humedad excesiva y no permitir que se forme agua en el follaje. Desinfectar las estructuras del invernadero, herramientas, etc. Se la puede realizar con hipoclorito de sodio entre el 4 y 7%. Pueden utilizarse peróxido de hidrógeno, dióxido de cloro, amonio cuaternario, alcohol al 70%, etc.</p>
<p><b>Moho Blanco</b> (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)</p>	<p>El síntoma inicial es la marchitez de las hojas más externas de la planta, lo cual generalmente ocurre cuando el cultivo se acerca a la madurez; este síntoma indica que la corona o base de la planta ha sido infectada. Al avanzar la infección la corona desarrollará una pudrición acuosa, suave, de color café seguida por el desarrollo de un crecimiento blanco algodonoso que destruye el tejido y provoca que la planta muera.</p>	<p>Entre los fungicidas con acción se encuentran el chlorotalonil, dichloran, iprodione, metiltiofanato, vinclozolin y metam sodio, aunque su eficacia puede ser abatida por la cantidad de follaje de las plantas que interfiere en la aplicación de los fungicidas. Se sugiere hacer un barbecho profundo de las parcelas infestadas después de la cosecha o corte de manera que los esclerocios que sobren.</p>

<b>Oídio, moho polvoriento, peste cenicilla</b> <i>(Erysiphe cichoracearum)</i>	Se caracteriza por presentar manchas pulverulentas compuestas por micelio de color blanquecino que puede cubrir ambas caras de las hojas. En ataques severos cubre completamente las hojas, causando pérdida de la calidad comercial.	Realizar aplicaciones semanales preventivas de azufre, que es un fungicida de contacto, para proteger la planta en su crecimiento. Si ya se presenta micelio, deben aplicarse fungicidas de tipo sistémico para el control del hongo.
--	---	---

Fuente: (FAO, 2002 pág. 2), (Saavedra Del R. et al. 2017 pág. 20).

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

### 1.2.8. Manejo del cultivo

**Tabla 4-1:** Manejo del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Actividades	Descripción
<b>Control de malezas</b>	El número de deshierbas durante todo el ciclo del cultivo puede variar entre 2 a 5 los cuales son los recomendados, pero depende del trato del agricultor, se lo realiza de manera manual con las herramientas necesarias. Es recomendado no hacer el uso de herbicidas.
<b>Aporque</b>	En este tipo de cultivo no es tan recomendable realizar este tipo de práctica ya que el tallo es muy corto y necesita espacio hacia la superficie, con una buena cama para su siembra el cultivo se desarrollará de manera adecuada.
<b>Blanqueo</b>	Es una práctica que se realiza entre los 5 a 7 días antes de la cosecha, en lechugas con hojas alargadas (Batavia) se tienden atar con hule, pero la mayoría de especies de estas se acogollan por si solas. En lechugas con hojas sueltas se realiza campanas de periódico.
<b>Riego</b>	Se hace el uso del tipo goteo para este tipo de cultivos, debido a que son cultivos de un tamaño pequeño, se hace el uso de este tipo de riego si son en áreas pequeñas, mientras si son en extensiones grandes se hace el uso de riego por

	<p>aspersión o gravedad; el consumo de agua por planta será de 1 litro aproximadamente por día.</p>
<b>Control de enfermedades</b>	<p>Para el control adecuado de enfermedades, se recomienda aplicaciones de productos químicos, caldo bordéles y también aplicación de productos orgánicos dependiendo de la situación que se presente. Las aplicaciones se deberán colocar cuando sea el caso, debemos tener el conocimiento para la identificación del agente causal y el tipo de enfermedad que se presenta mediante un monitoreo adecuado y después dar la solución.</p>
<b>Cosecha</b>	<p>La lechuga es un tipo de cultivo muy delicado el cual se debe manipular con precaución para no perder su calidad, estas son colocadas después del corte en canastas o gavetas de plásticos bien lavadas y desinfectadas, es necesario protegerlas especialmente del sol, estarán listas en las variedades de hojas sueltas cuando se haya terminado de formar las hojas terminales y las de abajo no están quebradizas, mientras en las de tipo que forman cabeza las hojas deben estar bien compactadas. Una vez cuando las lechugas se hallan procesadas se darán la venta al mercado, si en el proceso de cosecha existió el trato adecuado las lechugas pueden mantener su calidad y frescas, caso contrario se dañaran con facilidad y rapidez.</p>

**Fuente:** (FUNDESYRAM, 2016 pág. 40).

**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

## CAPÍTULO II

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Caracterización del lugar**

#### ***2.1.1. Localización***

La presente investigación correspondiente a la evaluación del rendimiento de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* en dos tipos de invernaderos, se llevó a cabo en los invernaderos ubicados en los predios de la Fundación Maquita Cushunchic Comercializando como Hermanos, perteneciente a la Parroquia de Calpi, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

#### ***2.1.2. Temperatura***

El lugar oscila entre 3°C en las noches y 25°C en el día  
(Fundación Maquita Cushunchic pág. 2).

#### ***2.1.3. Humedad***

El lugar oscila entre 81% al 84%  
(Fundación Maquita Cushunchic pág. 2).

#### ***2.1.4. Ubicación Geográfica***

- Longitud: -78.73331
- Latitud: -1.6543
- Altitud: 3200 msnm

(Fundación Maquita Cushunchic pág. 2).

### **2.2. Materiales y equipos**

**Tabla 1-2:** Materiales de campo.

<b>Materiales</b>	
▪ Piola	▪ Carretilla
▪ Azadón	▪ Machete
▪ Estacas	▪ Combo
▪ Martillo	▪ Pico, sacos
▪ Alambre	▪ Cuaderno
▪ Pala	▪ Libreta de campo
▪ Cintas de riego	▪ Regla
▪ Rastrillo	▪ Esferos
▪ Cinta metica	▪ Letreros de identificación

**Fuente:** Datos tomados. 2022

**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

**Tabla 2-2:** Equipos.

<b>Equipos</b>	
▪ Motocultor	▪ Ventiladores
▪ Bomba de mochila de 20 lt	▪ Estufa
▪ Sensores de humedad y temperatura (Datta loggers)	▪ Saca bocados
▪ Sensor de humedad del suelo (tensiómetros de 30cm)	▪ Balanza digital
▪ Bombas de calor	▪ Computadora
▪ Barreno	▪ Estación meteorológica

**Fuente:** Datos tomados. 2022

**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

### 2.2.3. Insumos

- Plántulas de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia*.
- Insumos para desinfección y fertilización
- Insumos para el control de plagas (etiqueta verde – orgánico)

### 2.3. Métodos

### **2.3.1. Metodología**

#### **2.3.1.1. Actividades preliminares**

El ensayo se llevó a cabo en los invernaderos ubicados en los predios de la Fundación Maquita Cushunchic Comercializando como Hermanos, perteneciente a la Parroquia de Calpi, Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Se detalla los invernaderos:

**Invernadero Climatizado:** Los factores en su interior (temperatura, humedad relativa) fueron controlados por equipos y por sensores (Datta loogers).

- **Funcionamiento en el día:** Si la temperatura llegaba a sobrepasar los 18 - 20 °C los ventiladores y ventanas se activaban automáticamente encendiéndose y abriéndose para evacuar el calor, caso contrario si la temperatura tendía a descender menos del rango planteado los ventiladores automáticamente se apagaban y se cerraban las ventanas para mantener una temperatura adecuada, esto a cualquier hora del día.
- **Funcionamiento en la noche:** A partir de las 6 pm de la tarde, las bombas de calor al interior del invernadero empezaban su funcionamiento, las ventanas automáticamente se cerraban hasta la siguiente mañana, en el cenital se encontraba implementado una boya térmica la cual se inflaba a la misma hora, cubriendo todo el espacio para conservar el calor al interior entre 4-8 °C durante toda la noche, hasta la mañana siguiente que se apagaban automáticamente.

**Invernadero Tradicional:** Los factores en su interior (temperatura, humedad relativa) son controlados por medio de sensores (Datta loogers).

- **Funcionamiento en el día:** Al no poseer ninguno de los equipos que se hallaban al interior del invernadero climatizado, las ventanas se debían abrir de manera manual, durante todo el día.
- **Funcionamiento en la noche:** A partir de las 6 pm de la tarde, se cerraban las ventanas de forma manual hasta la mañana siguiente, las cuales se abrían nuevamente.

Los indicadores a evaluarse se detallan a continuación, los mismos que serán monitoreados hasta obtener su cosecha en cada uno de los dos tipos de invernaderos.

#### **2.3.1.2. Riego**

Se usó dos cintas de goteo en cada cama de 1.6 lt/h de caudal con distancia entre goteros de 15 cm, se realizó la aplicación del agua (láminas de riego) en función de los requerimientos hídricos del cultivo mediante una previa programación de riego , calculando : agua útil, lámina neta, frecuencia máxima , lámina bruta , volumen de riego , caudal , tiempo de riego previamente realizados, los cuales se correlacionados con el rendimiento y huella hídrica. Se usó las siguientes fórmulas:

▪ **Agua útil:**

$$AU = (CC - PMP) * Da * Z$$

Donde:

**AU**= Agua útil o lámina total de agua disponible para las plantas en la zona radicular (mm).

**Z**= Profundidad de la zona radicular (mm).

**CC**= Contenido de humedad a capacidad de campo.

**PMP**= Contenido de humedad a punto de marchitez permanente.

**Da**= Densidad aparente de suelo ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) (León, 2008 pág. 12).

▪ **Lámina neta**

$$Ln = AU * UR \text{ (hortalizas 25\%)}$$

Donde:

**Ln**= Lámina de riego neta.

**UR**= Umbral de riego.

**AU**= Agua útil (León, 2008 pág. 14).

▪ **Frecuencia de riego:**

$$FR_{\max} = \frac{Ln}{ETc}$$

Donde :

**FR<sub>max</sub>**= Frecuencia de riego máxima (días).

**Ln**= Lámina neta (mm).

**ET<sub>c</sub>**= Evapotranspiración del cultivo ( $\text{mm}/\text{día}$ ) (León, 2008 pág. 15).

▪ **Lámina bruta**

$$Lb = \frac{ETc * Fr}{Ef}$$

**Lb**= Lámina bruta de riego (mm).

**ETc**= Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

**Fr**= Frecuencia de riego (días).

**Ef**=Eficiencia de aplicación de agua (León, 2008 pág. 16).

▪ **Volumen de riego**

$$V = Lb * \text{Área}$$

Donde:

**V**= Volumen de riego a aplicar (litros).

**Lb**= Lámina bruta de riego (mm).

**Área**= cultivada (m<sup>2</sup>) (León, 2008 pág. 16).

▪ **Tiempo de riego**

$$Tr = \frac{Vr}{Q}$$

Donde:

**T**= Tiempo de riego.

**Vr**= Volumen de riego.

**Q**= Caudal (Lt/hora) (León, 2008 pág. 17).

*2.3.1.3. Porcentaje de prendimiento (sobrevivencia)*

Para determinar este indicador se contabilizó de manera visual directa el número de plantas prendidas (sobrevivientes) a los 8 y 15 días después del trasplante en los dos invernaderos. Se aplicó la fórmula citada por (León, 2008).

$$\% \text{ Prendimiento} = \frac{\text{Número de plantas prendidas}}{\text{Número de plantas trasplantadas}} \times 100$$

Se consideró una planta prendida cuando ésta fuera vigorosa y no presentaba marchitez.

*2.3.1.4. Etapas Fenológicas*

Durante el ciclo del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* se determinaron cuatro etapas fenológicas (inicial , desarrollo , intermedia y final ) según la (Tabla 7-2), mediante forma visual directa como se detalla a continuación:

**Tabla 3-2:** Etapas fenológicas del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia*.

<b>Trasplante</b>	<b>Descripción</b>
<b>Etapa inicial</b>	Esta etapa inició desde el día del trasplante hasta cuando se observó el 70% de las plantas prendidas. Código 19 según escala BBCH (4 a 10 hojas verdaderas desplegadas).
<b>Etapa de desarrollo</b>	Esta etapa empieza al culminar la etapa inicial y se llevó a cabo hasta que el 70% de plantas según el Código 41 de la escala BBCH (Empieza la formación de la roseta).
<b>Etapa Intermedia</b>	Esta etapa inició al culminar la etapa de desarrollo y se llevó a cabo hasta que el 70% de las plantas según el Código 47 de la escala BBCH (se alcanzado el 70% del tamaño esperado de la cabeza).
<b>Etapa Final</b>	Esta etapa se produjo cuando culminó la etapa intermedia y el 70% de las plantas estaban listas para la cosecha , según el Código 49 de la escala BBCH (Tamaño , forma y firmeza de la cabeza típicos).

Fuente: (M. Enz & Ch. Dachler, 1998 pág. 63)

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

#### 2.3.1.5. Altura de la planta

Para el monitoreo de este indicador se utilizó un flexómetro, regla y cinta métrica, con los cuales se midió cada planta muestra desde su base hasta la parte apical (alta) de estas , los datos fueron expresados en cm.

#### 2.3.1.6. Número de hojas de la planta

Para determinar este indicador se contabilizó el número de hojas de las plantas muestras cada 8 días de su última toma.

#### 2.3.1.7. Presencia de plagas y enfermedades

Se realizó revisiones periódicas durante todo el ciclo del cultivo para determinar si existía o no síntomas de la presencia de plagas o enfermedades en las plantas al azar y con el objetivo de intervenir a tiempo ante algún tipo de ataque. En el caso de existir la presencia se planteó utilizar productos compatibles con un sistema de producción orgánica (etiqueta verde).

#### 2.3.1.8. *Temperatura y humedad relativa*

Se registró los datos de temperatura y humedad relativa diaria (cada hora) máxima, mínima y promedio semanal de los dos invernaderos, mediante el uso de sensores de temperatura (Data loggers). La temperatura expresada en °C y la humedad relativa en %.

**Data loggers modelos SL300TH:** Registrador electrónico de datos en el tiempo y en relación a la ubicación, mide temperatura en °C, humedad relativa en % cada hora, los datos almacenados se hallan directo en una memoria interna los cuales se pueden acceder y procesar mediante un software gratuito para su interpretación por medio de una PC.

#### 2.3.1.9. *Contenido de humedad en el suelo*

Se implementó tensiómetros de 30 cm de profundidad en el suelo en cada invernadero, los datos se tomaron diariamente (cada día).

Para la toma de dichos datos se realizó una calibración previa de los instrumentos siendo el proceso el siguiente:

- Se realizó la aplicación de una lámina pesada (primer riego) en las camas de cada invernadero.
- Se dejó transcurrir 24 horas y con la ayuda de un barreno se tomó muestras de los dos invernaderos a 30 cm respectivamente.
- Método Volumétrico: Previamente las muestras fueron expuestas a una estufa dándonos como resultado el porcentaje de humedad que tenía cada una de ellas.
- Esto se repitió hasta obtener la capacidad de campo y punto de marchitez permanente de los dos invernaderos. Por medio de la fórmula propuesto por (León, 2008 pág. 21).

$$\% \text{Humedad} = \frac{\text{peso humedo (ph)} - \text{Peso seco (ps)}}{\text{Peso seco (ps)}} \times 100$$

Donde:

**ph** = Peso húmedo de la muestra.

**ps** = Peso seco de la muestra.

#### 2.3.1.10. Contenido de Materia seca

Una vez cosechas las plantas, de cada invernadero se tomó 20 plantas al azar (5 plantas por cama), fueron pesadas enteras obteniendo un peso húmedo o inicial (ph), se procedió a ser picadas, luego se colocó en bandejas de papel aluminio para posterior colocarlas en la estufa durante 24 horas a 120 °C; al cumplir el tiempo previsto dentro de la estufa se procedió a pesar por última vez obteniendo un peso seco o final (ps). Para el peso total se hará la relación con la fórmula citada por (Bonierbale, et al. 2010 pág. 46).

$$\% \text{Humedad} = \frac{\text{peso húmedo (ph)} - \text{Peso seco (ps)}}{\text{Peso húmedo (ph)}} \times 100$$

$$\% \text{Materia seca} = 100 - \% \text{Humedad}$$

Donde:

**ph** = Peso húmedo del tejido.

**ps** = Peso seco del tejido.

#### 2.3.1.11. Contenido Relativo de Agua

De cada invernadero se tomó 20 plantas al azar (5 plantas por cama) se determinó el contenido relativo de agua (WRC) en hojas; para esta evaluación se usó un saca bocado, se tomó submuestras de una hoja de cada planta, los anillos obtenidos se pesaron obteniendo el primer peso (peso fresco) en una balanza analítica digital, la submuestra pesada se dejó embeber en agua destilada por 24 horas, pasado el tiempo previsto se procedió a pesar nuevamente obteniendo un segundo peso (Peso turgente) y finalmente se colocó por 24 horas más en la estufa a 64 °C obteniendo un tercer peso (Peso seco). La relación se realizó con la fórmula citada por (Smart, 1974 pág. 32).

$$\text{WRC (\%)} = \frac{(Pf) - (Ps)}{(Pt) - (Ps)} \times 100$$

Donde:

**Pf** = Peso fresco de la submuestra.

**Pt** = Peso turgente de la submuestra.

**Ps** = Peso seco de la submuestra.

#### 2.3.1.12. Huella hídrica

Se sumó los aportes de riego para cada tratamiento y se correlacionó con parámetros de rendimiento con la siguiente fórmula citada por (FAO, 2013 pág. 2).

$$HH = \frac{V}{R}$$

**HH**= Huella hídrica.

**V**= Volumen total de agua utilizado en la producción (lt/ha).

**R**= Rendimiento total (kg/ha).

#### 2.3.1.13 Rendimiento (t/ha)

Cuando el 70% de las plantas estuvieron listas para su cosecha , se procedió a la toma del peso de las 100 plantas muestras etiquetadas previamente en cada uno de ellos, los valores obtenidos fueron expresados en gr , kg y posterior proyectados a t/ha.

**Tabla 4-2:** Densidad de siembra.

<b>Detalle</b>	<b>Descripción</b>
Número de plantas trasplantadas:	856 (Por invernadero) – (1712 plantas total)
Número de plantas a evaluarse:	100 (Por invernadero) – (200 plantas muestras total)

**Fuente:** Datos tomados 2022

**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

#### 2.3.1.14. Análisis económico

El análisis económico se evaluará en torno a la relación beneficio costo del ensayo, relación que toma los ingresos y egresos del proyecto, para determinar cuáles son los beneficios por cada uno de los tratamientos. Mediante la fórmula cita por (Bravo, 2011 pág. 24).

$$R/C = \frac{IT}{CT}$$

**R/C**= Relación beneficio-costo.

**IT**= Ingresos totales por venta del producto.

**CT**= Costo total de producción.

### **2.3.2. Manejo del ensayo**

#### *2.3.2.1. Preparación del invernadero*

Se realizó la limpieza de las áreas destinadas retirando todo tipo de escombros, material vegetal y con la ayuda de un motocultor tratando al suelo del lugar, a fin de que el espacio quede totalmente limpio y nivelado. Finalmente, se realizó 4 camas en cada invernadero para el trasplante de las plántulas.

#### *2.3.2.2. Delimitación del área de producción*

De acuerdo con las medidas del invernadero se destinó un área neta de producción de tal manera que se diferenció:

- Parcela neta
- Parcela bruta
- 100 plantas muestras en cada invernadero.

#### *2.3.2.3. Trasplante*

El trasplante se realizó de forma manual en las camas respectivas de los invernaderos cuidando de que queden bien ancladas al medio para garantizar un buen desarrollo, para esta actividad se tomó en cuenta una distancia de 30 cm entre planta – planta y 50 cm entre hileras.

#### *2.3.2.4. Riego*

El tipo de riego que se utilizó fue a goteo, con un caudal de 1.6 lt/h, distancia entre goteros de 15 cm, fueron colocadas dos cintas en cada cama teniendo un total de 8 líneas en cada invernadero. El riego fue controlado de forma manual, se dejó consumir el 25% de agua aprovechable realizando la aplicación de las láminas correspondiente; a través de los tensiómetros calibrados con anterioridad se pudo conocer “cuando” regar en cada uno de los dos tipos de invernaderos según demandaban.

#### *2.3.2.5. Elaboración de camas*

Se realizó cuatro camas en cada invernadero, las cuales tenían una medida de 32 m de largo, 1 m de ancho y 1 m de espacio entre caminos, con la ayuda de un motocultor, azadón, estacas y piola.

#### *2.3.2.6. Fertilización de camas*

En cada cama se colocó 10 sacos de Biofertil y 1 saco de Ecogreen.

#### *2.3.2.7. Control de plagas y enfermedades*

Esta evaluación se realizó de manera visual y periódica, denotando si existía o no la presencia de plagas o enfermedades.

#### *2.3.2.8. Fertilización*

Se aplicó fertilizantes foliares principalmente ricos en potasio, calcio y micronutrientes (Bioplus).

#### *2.3.2.9. Control de malezas*

Se realizó de manera manual con la ayuda de un azadón de acuerdo a la incidencia de los mismos.

#### *2.3.2.10. Evaluación de parámetros*

Los parámetros se evaluaron conforme a lo detallado en la metodología y conforme al cronograma establecido cada 8 y 15 días.

#### *2.3.2.11. Cosecha*

Se realizó cuando el 70% las plantas de lechuga alcanzaron la madurez comercial, se las colocó en gavetas para su comercialización.

### ***2.3.3. Características del campo experimental***

**Tabla 5-2:** Diseño de los invernaderos.

<b>Método</b>	<b>Descripción</b>
Forma:	Rectangular
Área total:	240 m <sup>2</sup> (35 m largo * 7 m de ancho)
Área de producción:	224 m <sup>2</sup> (32 m largo * 7 m de ancho)
Número de camas:	4 (por invernadero)
Líneas por camas:	2
Total de líneas:	8 (por invernadero)
Largo de cama:	32 m
Ancho de cama:	1 m
Camino:	1 m

Fuente: Datos tomados 2022

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**Tabla 6-2:** Diseño de la plantación.

<b>Método</b>	<b>Descripción</b>
Método:	Trasplante
Trasplante:	Doble hilera (dos líneas en la misma cama)
Distancia de trasplante:	30 cm entre plantas y 50 cm entre hileras
Número de plantas:	856 (Por invernadero) – (1712 plantas total)
Número de plantas a evaluarse:	100 (Por invernadero) – (200 plantas muestras total)

Fuente: Datos tomados 2022

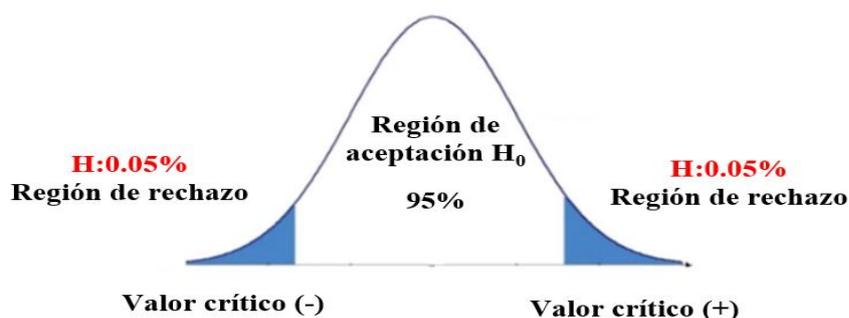
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

#### **2.3.4. Factores en estudio**

- Invernadero Climatizado
- Invernadero Tradicional

#### **2.3.5. Diseño estadístico**

Es un experimento de T (Student) independiente (comparación de medias entre los dos tratamientos - invernadero climatizado y tradicional).



**Figura 1-2.** Prueba de las dos colas (Doble cola) para aceptar o rechazar Hipótesis al 5% de significancia.

Lo que se considera en este proyecto es un invernadero tradicional basado en el rendimiento del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia*, se propone un nuevo diseño de invernadero climatizado para mejorar el rendimiento del cultivo, el cual se somete a pruebas controladas. En este caso se busca evidencias para concluir:

- Si la media muestral no se desvía una cantidad significativa de la media hipotética  $\mu_0$ ,  $H_0$  (Hipótesis nula) no se rechazará, lo contrario se aceptará.
- Si la media muestral es significativamente menor o significativamente mayor, se rechazará  $H_0$  (Hipótesis nula).

Siendo interpretadas como:

- $H_0: \mu = \mu_0$ : En el invernadero tradicional las variables agronómicas del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* serán iguales, en comparación con el invernadero climatizado.
- $H_a: \mu \neq \mu_0$ : En el invernadero climatizado las variables agronómicas del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* no serán iguales, en comparación con el invernadero tradicional.

Se muestreó 100 plantas al azar, las observaciones se realizaron en los 2 invernaderos, es decir se tomó las muestras y luego se realizó la comprobación mediante la comparación de los datos obtenidos, esto mediante una prueba T (Student) al 5%, realizando la prueba de las dos colas (doble cola) con los

datos recolectados durante el proceso del proyecto, con el objetivo de determinar si existía cifras o diferencias significativas entre las medias de las dos condiciones, los datos proceden de una población con distribución normal. La fórmula de t citada por (Anderson , et al. 2008 pág. 122), es igual a:

$$t = \frac{x - \mu}{e/\sqrt{n}}$$

Donde:

$\mu$  = Media de la población.

$x$  = Media de la distribución de datos.

$n$  = Tamaño de la muestra.

$e$  = Error estándar de la muestra, esto basado según (Anderson , et al. 2008 pág. 132).

#### *2.3.5.1. Análisis Funcional*

- Se realizó la prueba de T (Student) al 5% de doble cola cuando exista diferencias significativas entre las condiciones.
- Se utilizó la relación beneficio costo para el análisis económico de los tratamientos.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Identificación de las Etapas Fenológicas del ciclo del cultivo

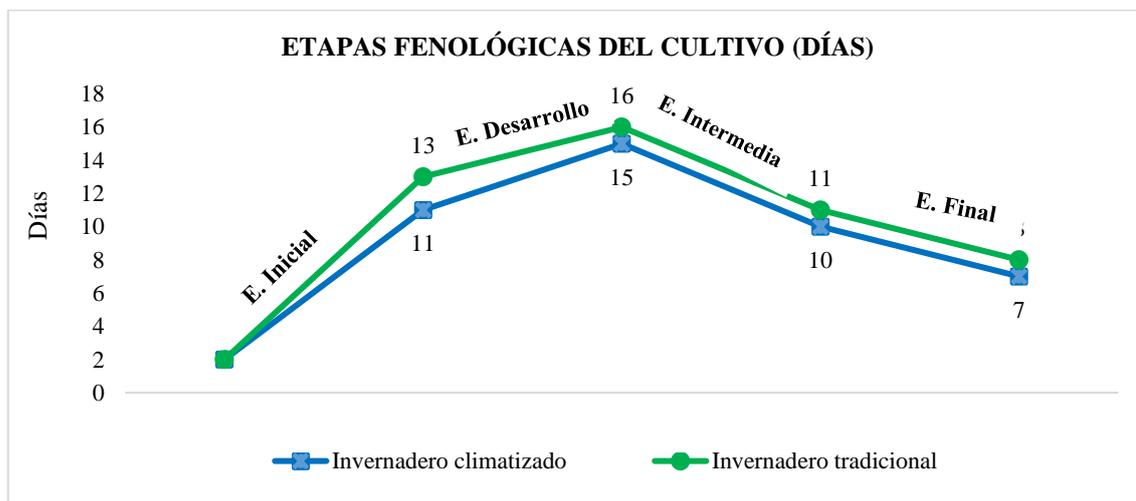
El cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* se pudo determinar en todo el ciclo del cultivo cuatro etapas fenológicas: Emergencia (Etapa inicial), Formación de la roseta (Etapa de desarrollo), Formación de la cabeza (Etapa intermedia) y Maduración-cosecha (Etapa final).

**Tabla 1-3:** Duración de las etapas fenológicas (días) del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia*.

Tratamientos	Etapa inicial (Días)	Etapa de desarrollo (Días)	Etapa intermedia (Días)	Etapa final (Días)	Total (Días)
Invernadero climatizado	11	15	10	7	43
Invernadero tradicional	13	16	11	8	48

Fuente: Datos tomados 2022

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



**Gráfico 1-3.** Duración de las etapas fenológicas (días) del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* en los dos tipos de invernaderos.

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

Como se observa en la tabla 1-3, gráfico 1-3, la etapa inicial para el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* en el invernadero climatizado fue de 11 días (DDT) y en el tradicional fue de 13 días (DDT); la etapa de desarrollo duró en el invernadero climatizado 15 días y en el tradicional 16 días; la etapa intermedia duró en el invernadero climatizado 10 días, en el invernadero tradicional duró 11 días, y la etapa final se cumplió en 7 días en el invernadero climatizado, en el invernadero tradicional 8 días. Al finalizar la investigación los días total de duración del ciclo del cultivo fue de 43 días en el invernadero climatizado y 48 días en el invernadero tradicional, existiendo una diferencia numérica de 5 días entre los dos tratamientos con respecto al tiempo transcurrido para cumplir todas las etapas fenológicas.

**Tabla 2-3:** Prueba T de Student de la duración del ciclo (días) del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* en los dos tipos de invernaderos.

<b>Prueba T para muestras Independientes</b>		
	<b>I. Climatizado</b>	<b>I. Tradicional</b>
Media	10.75	12.01
Varianza	10.92	11.33
Observaciones	4	4
Estadístico t	0.529	
$\bar{x}$ de las condiciones		46 días
Diferencia entre tratamientos		5 días
P(T<=t) dos colas ( <i>p-valor</i> )	0.615	
Significancia	ns	

**Fuente:** Infostat

p-valor >0.01 y > 0.05 ns (No significativo)

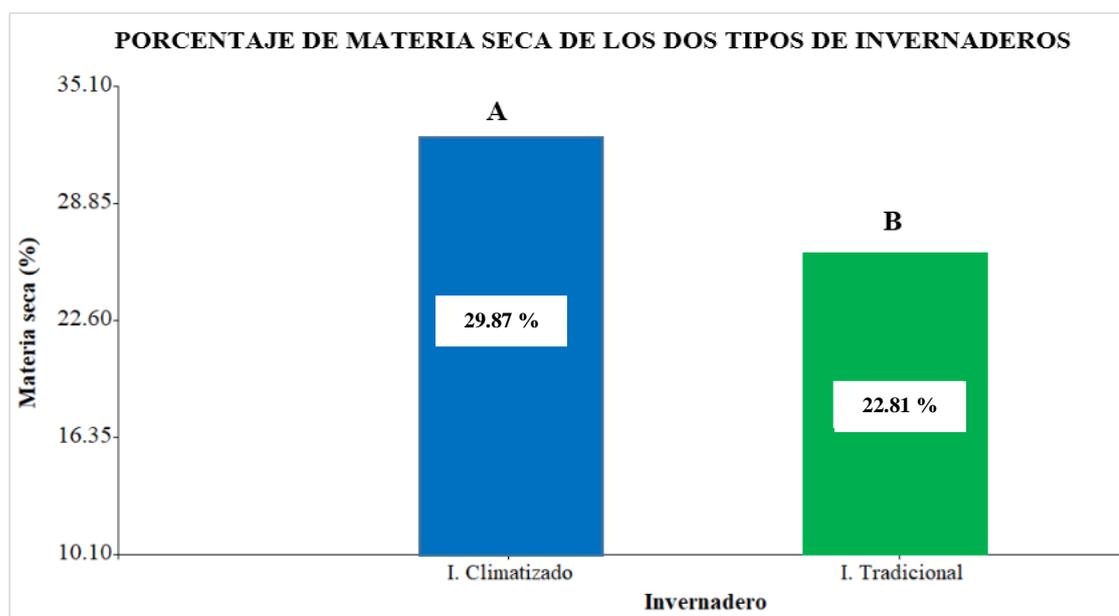
p-valor >0.01 y < 0.05 \* (Significativo)

p-valor < 0.01 y < 0.05 \*\* (Altamente significativo)

**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

Según la tabla 2-3, se puede observar la aplicación de la prueba T de Student a la duración en días del ciclo del cultivo (43 días - Invernadero climatizado y 48 días - Invernadero tradicional), obteniendo una media entre las condiciones de 46 días, un *p-valor* igual a (0.615) siendo mayor al porcentaje de error planteado (0.05%), determinando que no existe diferencias significativas (ns) entre las medias de las dos condiciones, datos los cuales proceden de una población con distribución normal.

### 3.2. Porcentaje de Materia seca



**Gráfico 2-3.** Porcentaje de materia seca del cultivo de lechuga cresa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* de cada invernadero.

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**Tabla 3-3:** Prueba T de Student para porcentaje de materia seca del cultivo de lechuga cresa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* en los dos tipos de invernaderos.

Prueba T para muestras Independientes		
	I. Climatizado	I. Tradicional
Media	29.87	22.81
Varianza	142.12	46.00
Observaciones	20	20
Diferencia entre tratamientos		7.06 %
Estadístico t	2.302	
P(T<=t) dos colas ( <i>p</i> -valor)	0.027	
Significancia	*	

Fuente: Infostat

p-valor > 0.01 y > 0.05 ns (No significativo)

p-valor > 0.01 y < 0.05 \* (Significativo)

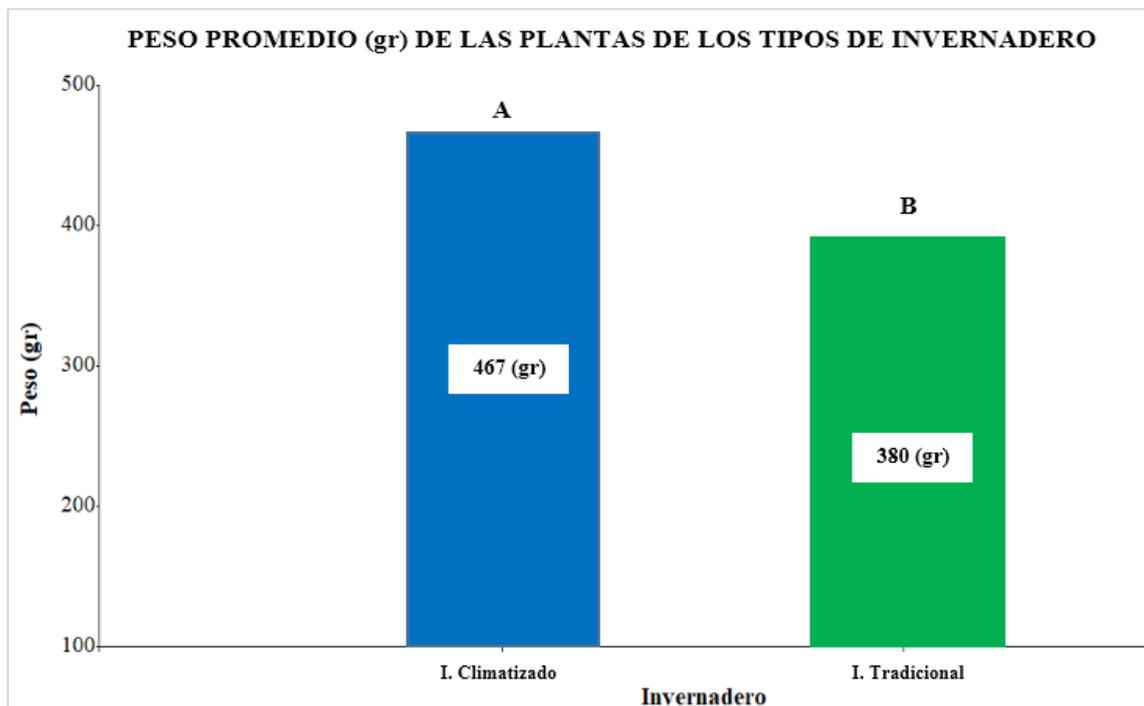
p-valor < 0.01 y < 0.05 \*\* (Altamente significativo)

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

Según el gráfico 2-3 y la tabla 3-3 se puede observar la aplicación de la prueba T de Student al porcentaje de materia seca, obteniendo un *p*-valor igual a (0.027) siendo menor al porcentaje de

error planteado (0.05%) cayendo en la región de rechazo ; el invernadero climatizado se coloca en el rango “A” al obtener una media del 29.87% de materia seca y en el rango “B” el invernadero tradicional con una media del 22.81% , existiendo una diferencia numérica de 7.06% de materia seca entre los tratamientos, determinando que sí existe diferencias significativas (\*) entre las medias de las dos condiciones, según menciona (Anderson , et al. 2008 pág. 123), entre menor sea el *p*-valor mayor es la evidencia en contra de *H*<sub>0</sub> (hipótesis nula) y a favor de la *H*<sub>a</sub>. (hipótesis alternativa).

### 3.3. Rendimiento del cultivo



**Gráfico 3-3.** Peso promedio más *p*-valor = ( $<0.00012$ ) de las plantas de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* de los dos invernaderos (gr) a la cosecha.

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

El gráfico 3-3 representa el peso promedio que se logró obtener al pesar las 100 plantas muestras de cada invernadero cuando se encontraban listas para la cosecha, obteniendo así un peso promedio de 467 gr en el invernadero climatizado colocándose en el rango “A” , mientras que en el invernadero tradicional en el rango “B” con un peso promedio de 380 gr, existiendo una diferencia numérica de 87 gr entre los dos tratamientos, siendo el mejor promedio del invernadero climatizado a comparación del tradicional existiendo una diferencia obvia entre los dos .

**Tabla 4-3:** Prueba T de Student en el rendimiento del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* a la cosecha (gr).

Prueba T para muestras independientes		
	I. Climatizado	I. Tradicional
Media	466.83	380.19
Varianza	13305.29	20114.57
Observaciones	100	100
Estadístico t	4.739	
Diferencia entre tratamientos		5.41 t/ha
P(T<=t) dos colas ( <i>p</i> -valor)	< 0.00012	
Significancia	**	

**Fuente:** Infostat

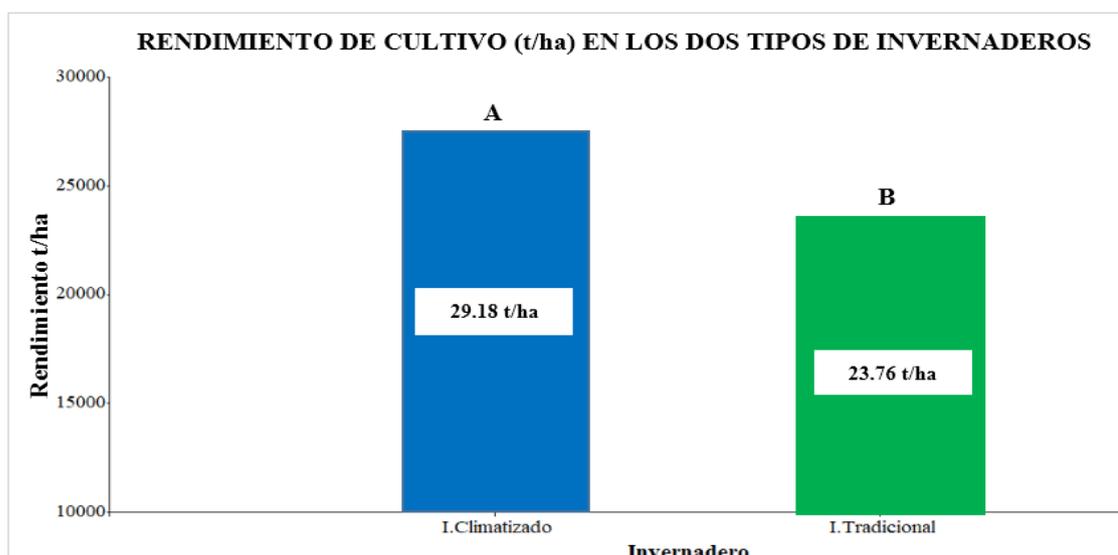
p-valor >0.01 y > 0.05 ns (No significativo)

p-valor >0.01 y < 0.05 \* (Significativo)

p-valor < 0.01 y < 0.05 \*\* (Altamente significativo)

**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

Según la tabla 4-3 se puede observar la aplicación de la prueba T de Student en base al peso promedio (gr) del cultivo a la cosecha (final de ciclo) en cada invernadero, obteniendo un *p*-valor igual a (< 0.00012) siendo menor al porcentaje de error planteado (0.05%) cayendo en la región de rechazo, determinando que, sí existe diferencias altamente significativas (\*\*) entre las medias de las dos condiciones, según menciona (Anderson, et al. 2008 pág. 123), entre menor sea el *p*-valor mayor es la evidencia en contra de *H*<sub>0</sub> (hipótesis nula) y a favor de la *H*<sub>a</sub>. (hipótesis alternativa).



**Gráfico 4-3.** Rendimiento del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* (t/ha) en los dos tipos de invernadero.

**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

El gráfico 4-3 representa el rendimiento del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* en los dos tipos de invernaderos, colocándose en el rango “A” el invernadero climatizado con un rendimiento de 29.18 t/ha, mientras que el invernadero tradicional en el rango “B” con un rendimiento de 23.76 t/ha, existiendo una diferencia numérica de 5.41 t/ha, aumentando la producción y rendimiento en el invernadero climatizado del cultivo de lechuga fresca en un porcentaje del 22.79% en comparación al invernadero tradicional.

### 3.4. Porcentaje de sobrevivencia del cultivo

**Tabla 5-3:** Porcentaje de sobrevivencia a los 15 DDT del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia*.

Fecha	Tipo de invernadero	Número de plantas trasplantadas	Número final plantas	% de prendimiento
15 Días después del trasplante 30/07/2021	Invernadero Climatizado	856	853	99.77%
	Invernadero Tradicional	856	852	99.65%

**Fuente:** Datos tomados 2022

**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

En la tabla 5-3 se puede apreciar el porcentaje de sobrevivencia (prendimiento) que tuvo el cultivo en cada invernadero a los 15 días después del trasplante (DDT), denotando que en el invernadero climatizado obtuvo un porcentaje promedio del 99.77% con un total de 853 plántulas prendidas y en el invernadero tradicional obtuvo un porcentaje promedio del 99.65% con un total de 852 plántulas prendidas, en referencias con las 856 plántulas trasplantadas, existiendo una diferencia numérica del 0.12% entre tratamientos.

Según la tabla 6-3, se puede observar la aplicación de la prueba T del porcentaje de sobrevivencia del cultivo a los 15 DDT en los dos tipos de invernaderos, obteniendo una media de 99.71%, un *p-valor* igual a (0.684) siendo mayor al porcentaje de error planteado (0.05%), determinando que no existe diferencias significativas (ns) entre las medias de las dos condiciones.

**Tabla 6-3:** Prueba T de Student del porcentaje de sobrevivencia del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia*.

Prueba T para muestras Independientes		
	I. Climatizado	I. Tradicional
Media	99.77	99.83
Varianza	0.03	0.01
Observaciones	2	2
Estadístico t	0.471	
$\bar{x}$ de las condiciones		99.71%
Diferencia entre tratamientos		0.12%
P(T<=t) dos colas ( <i>p-valor</i> )	0.684	
Significancia	ns	

**Fuente:** Infostat

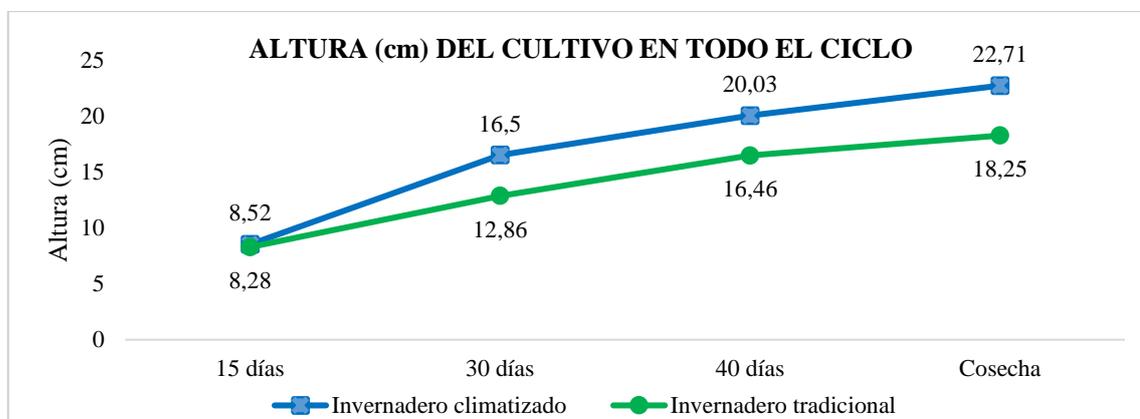
p-valor >0.01 y > 0.05 ns (No significativo)

p-valor >0.01 y < 0.05 \* (Significativo)

p-valor < 0.01 y < 0.05 \*\* (Altamente significativo)

**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

### 3.5. Altura del cultivo



**Gráfico 5-3.** Altura (cm) del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* al final del ciclo en los dos tipos de invernaderos.

**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

En el gráfico 5-3, se puede apreciar la altura del cultivo en cada invernadero al finalizar su ciclo transcurriendo 48 días en el invernadero tradicional y 43 días en el invernadero climatizado, se obtuvo una altura promedio total de 22.71 cm en el invernadero climatizado, mientras que en el tradicional una altura promedio total de 18.25 cm, por lo tanto, hasta llegar al final de su ciclo existía una diferencia numérica de 4.46 cm promedio entre tratamientos.

**Tabla 7-3:** Prueba T de Student de la altura (cm) del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* al final del ciclo.

Prueba T para muestras Independientes		
	I. Climatizado	I. Tradicional
Media	16.94	13.96
Varianza	37.98	19.38
Observaciones	4	4
Estadístico t	0.786	
P(T<=t) dos colas ( <i>p-valor</i> )	0.462	
$\bar{x}$ de las condiciones		20.48 cm
Diferencia entre tratamientos		4.46 cm
Valor crítico de t (dos colas)	2.447	
Significancia	ns	

Fuente: Infostat

p-valor >0.01 y > 0.05 ns (No significativo)

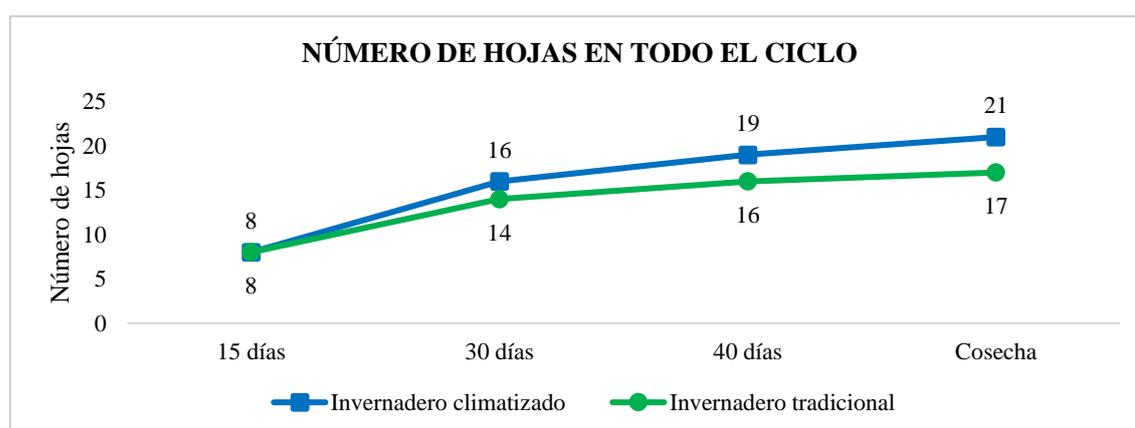
p-valor >0.01 y < 0.05 \* (Significativo)

p-valor < 0.01 y < 0.05 \*\* (Altamente significativo)

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

Según la tabla 7-3, se puede observar la aplicación de la prueba T de Student sobre el parámetro altura (cm) al final del ciclo del cultivo, obteniendo una media de 20.48 cm de altura entre los dos tratamientos, un *p-valor* igual a (0.462) siendo mayor al porcentaje de error planteado (0.05%), determinando que no existe diferencias significativas (ns) entre las medias de las dos condiciones.

### 3.6. Número de hojas del cultivo



**Gráfico 6-3.** Número de hojas del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* en todo el ciclo en los dos tipos de invernaderos.

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

En el gráfico 6-3, se puede apreciar el número de hojas del cultivo en cada invernadero al final de su ciclo, transcurriendo 48 días en el invernadero tradicional y 43 días en el invernadero climatizado, se obtuvo un número de hojas promedio total 21 unidades en el invernadero climatizado, mientras que el invernadero tradicional se obtuvo un número de hojas promedio total 17 unidades, por lo tanto, hasta llegar a su cosecha existía una diferencia numérica de 4 unidades de hojas promedio.

**Tabla 8-3:** Prueba T de Student del número de hojas al final del ciclo del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia*.

<b>Prueba T para muestras Independientes</b>		
	<b>I. Climatizado</b>	<b>I. Tradicional</b>
Media	16	13.95
Varianza	32.66	19.38
Observaciones	4	4
Estadístico t	0.643	
P(T<=t) dos colas ( <i>p-valor</i> )	0.544	
$\bar{x}$ de las condiciones		19
Valor crítico de t (dos colas)	2.447	
Significancia	ns	

**Fuente:** Infostat

p-valor >0.01 y > 0.05 ns (No significativo)

p-valor >0.01 y < 0.05 \* (Significativo)

p-valor < 0.01 y < 0.05 \*\* (Altamente significativo)

**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

Según la tabla 8-3, se puede observar la aplicación de la prueba T de Student al número de hojas hasta el final del ciclo, obteniendo una media de 19 unidades, un *p-valor* igual a (0.544) siendo mayor al porcentaje de error planteado (0.05%), determinando que no existe diferencias significativas (ns) entre las medias de las dos condiciones.

### 3.7. Temperatura y humedad relativa del Invernadero Climatizado

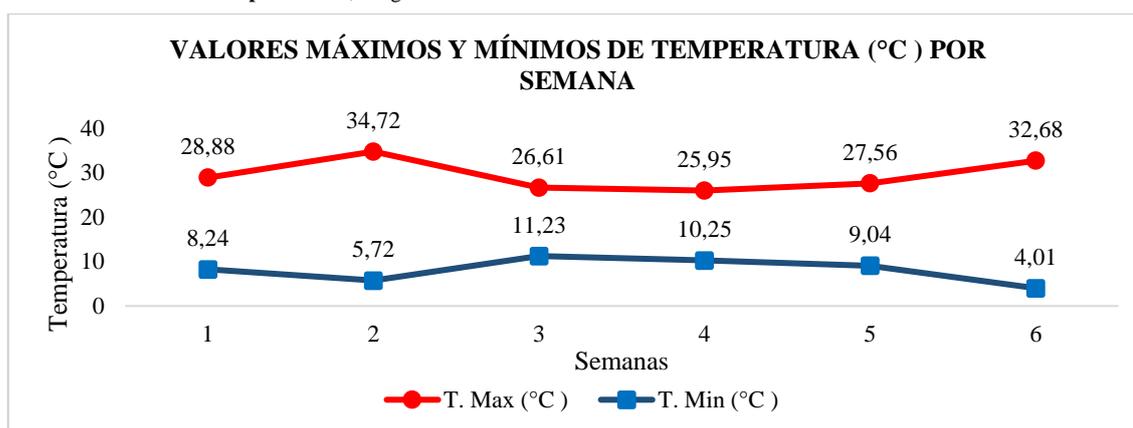
#### 3.7.1. Valores de temperatura y humedad relativa máximos, mínimos y promedio en todo el ciclo del cultivo-Invernadero climatizado

**Tabla 9-3:** Valores (máximos y mínimos) temperatura (°C) en todo el ciclo del cultivo.

Semana	T. Max (°C)	T. Min (°C)	Diferencias T. °C (Max-Min)
1	28.88	8.24	20.64
2	34.72	5.72	29.00
3	26.61	11.23	15.38
4	25.95	10.25	15.70
5	27.56	9.04	18.52
6	32.68	4.01	28.67

Fuente: Datos tomados 2022

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



**Gráfico 7-3.** Comportamiento de la temperatura (°C) valores máximos y mínimos en todo el ciclo del cultivo - Invernadero climatizado.

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

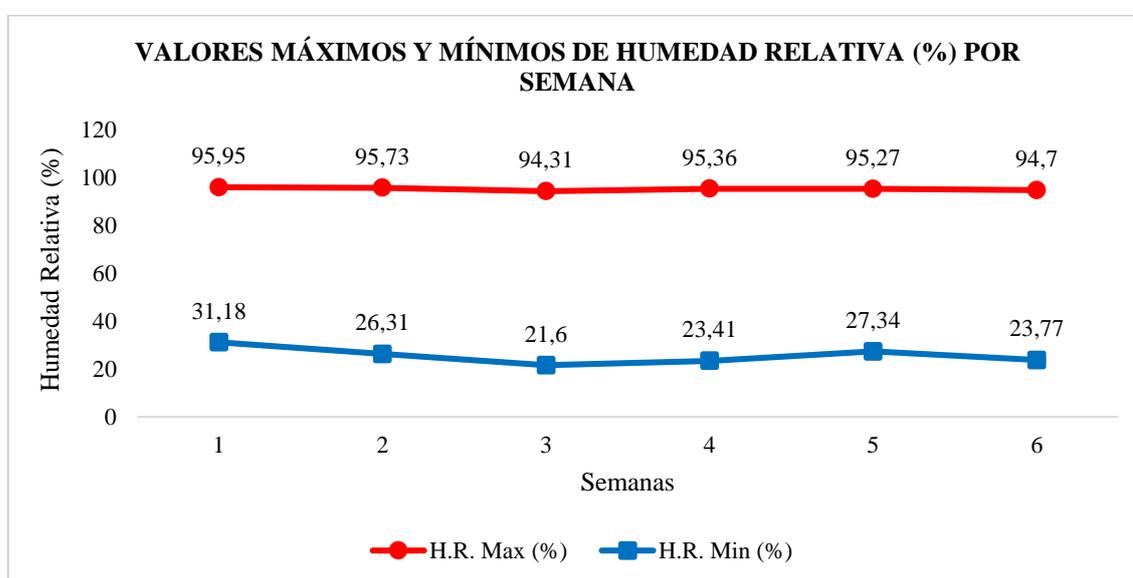
En la tabla 9-3 y gráfico 7-3 se puede denotar los valores de temperatura máximos y mínimos transcurridos en las seis semanas que se desarrolló el cultivo hasta su cosecha, siendo el punto de temperatura máximo de 34.72 °C perteneciente a la segunda semana del ciclo y el valor mínimo fue de 4.01 °C perteneciente a la sexta semana, la temperatura adecuada para el cultivo de lechuga crepsa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* varía entre los 14-18 °C en el día y la noche varía entre los 5-8 °C; puede adaptarse y soportar temperaturas bajas o mínimas que va hasta los -6 °C y soportar temperaturas altas máximas hasta los 30 °C según menciona (INFOAGRO, 2020 pág. 2), hallando una diferencia que va en el rango de 15.38 - 29 °C indicando que no existe alta variación.

**Tabla 10-3:** Valores (máximos y mínimos) Humedad relativa (%) en todo el ciclo del cultivo.

Semana	H.R. Max (%)	H.R. Min (%)	Diferencias H.R. % (Max-Min)
1	95.95	31.18	64.77
2	95.73	26.31	69.42
3	94.31	21.6	72.71
4	95.36	23.41	71.95
5	95.27	27.34	67.93
6	94.7	23.77	70.93

Fuente: Datos tomados 2022

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



**Gráfico 8-3.** Comportamiento de la humedad relativa (%) valores máximos y mínimos en todo el ciclo del cultivo – Invernadero climatizado.

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

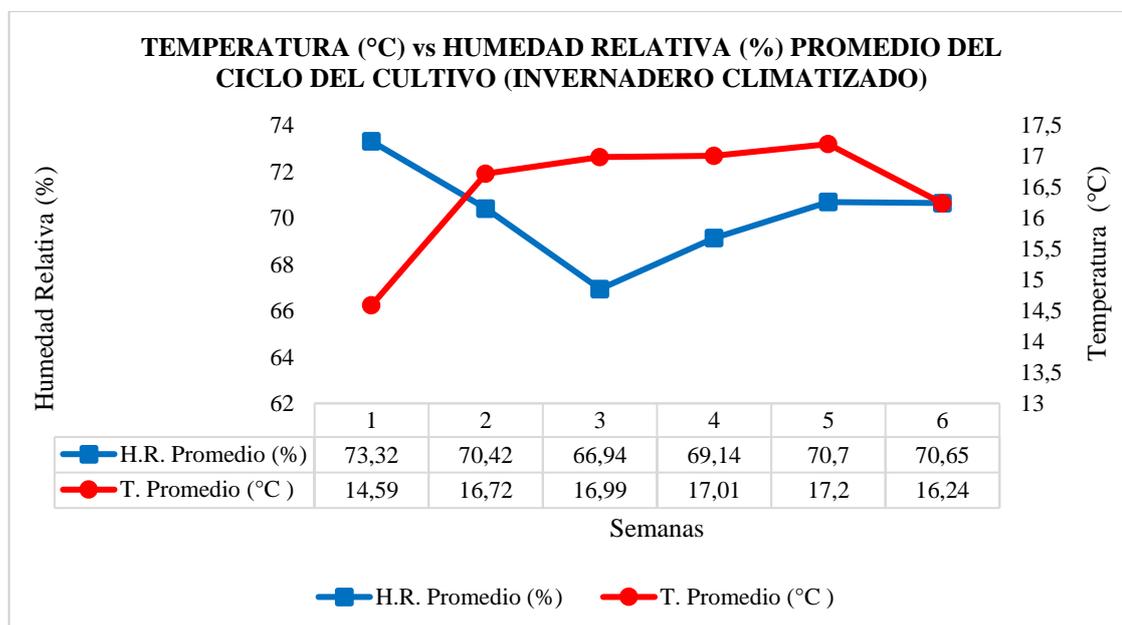
En la tabla 10-3 y gráfico 8-3 se puede denotar los valores de humedad relativa máximos y mínimos transcurridos en las seis semanas que se desarrolló el cultivo hasta su cosecha, siendo el valor o punto máximo 95.95% perteneciente a la primera semana del ciclo y el valor mínimo de 21.6% perteneciente a la tercera semana, el rango óptimo de humedad relativa para el cultivo es entre el 60% a 80% propuesto por (AAIC, 2004 pág. 30), hallando una diferencia que va en el rango de 64.77-72.71% , previamente ingresando a los rangos óptimos mencionados.

**Tabla 11-3:** Valores promedios de Temperatura (°C) vs Humedad relativa (%) durante todo el ciclo.

Semana	T. Promedio (°C)	H.R. Promedio (%)
1	14.59	73.32
2	16.72	70.42
3	16.99	66.94
4	17.01	69.14
5	17.2	70.7
6	16.24	70.65

Fuente: Datos tomados 2022

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



**Gráfico 9-3.** Comportamiento de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) promedio en todo el ciclo del cultivo - Invernadero climatizado.

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

Según la tabla 11-3 y el gráfico 9-3 se puede observar la temperatura y humedad relativa promedio semanal que tuvo el invernadero climatizado durante todo el ciclo del cultivo, observando que relativamente los dos factores en estudio se encuentran asociados, es decir, si él un factor baja el otro también lo hace y viceversa moviéndose constantemente, el propósito que se quería lograr con este tipo de invernadero era el de mantener un rango de temperatura óptimo entre 18-20 °C en el día, 4-8 °C en la noche y cómo estos influían en el desarrollo del cultivo, denotando que el rango de temperatura fue menor y tenía menores variaciones a comparación del tradicional, mientras que los rangos de humedad relativa fueron menores e ingresaron al rango óptimo que necesitaba el cultivo.

### 3.8. Temperatura y humedad del Invernadero Tradicional

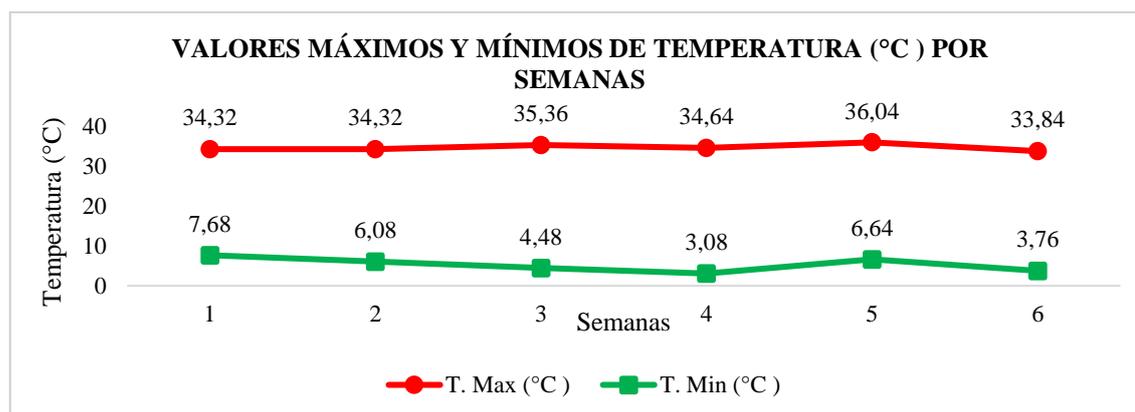
#### 3.8.1. Valores de temperatura y humedad relativa máximos, mínimos y promedio en todo el ciclo del cultivo-Invernadero tradicional.

**Tabla 12-3:** Valores (máximos y mínimos) temperatura (°C) en todo el ciclo del cultivo.

Semana	T. Max (°C)	T. Min (°C)	Diferencias T. °C (Max-Min)
1	34.32	7.68	26.64
2	34.32	6.08	28.24
3	35.36	4.48	30.88
4	34.64	3.08	31.56
5	36.04	6.64	29.40
6	33.84	3.76	30.08

Fuente: Datos tomados 2022

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



**Gráfico 10-3.** Comportamiento de la temperatura (°C) valores máximos y mínimos en todo el ciclo del cultivo - Invernadero tradicional.

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

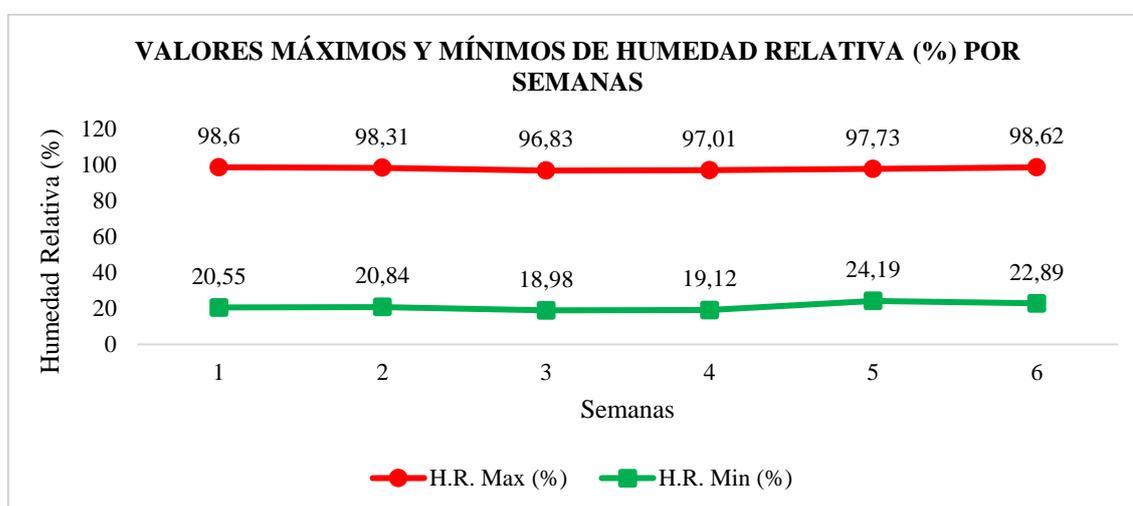
En la tabla 12-3 y gráfico 10-3 se puede observar los valores de temperatura máximos y mínimos transcurridos en las seis semanas en las que se desarrolló el cultivo hasta su cosecha, siendo el punto de temperatura máximo de 36.04 °C perteneciente a la quinta semana del ciclo y el valor mínimo de 3.08 °C perteneciente a la cuarta semana, la temperatura adecuada para el cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* según (INFOAGRO, 2020 pág. 2) menciona que esta varía entre los 14-18 °C en el día y en la noche de 5-8 °C, puede adaptarse y soportar temperaturas mínimas que va hasta los -6 °C y soportar temperaturas máximas hasta los 30 °C, hallando una diferencia que va en el rango de 26.64 - 31.56 °C indicando que existe alta variación.

**Tabla 13-3:** Valores (máximos y mínimos) Humedad relativa (%) en todo el ciclo del cultivo.

Semana	H.R. Max (%)	H.R. Min (%)	Diferencias H.R. % (Max-Min)
1	98.60	20.55	78.05
2	98.31	20.84	77.47
3	96.83	18.98	77.85
4	97.01	19.12	77.89
5	97.73	24.19	73.54
6	98.62	22.89	75.73

Fuente: Datos tomados 2022

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



**Gráfico 11-3.** Comportamiento de la humedad relativa (%) valores máximos y mínimos en todo el ciclo del cultivo - Invernadero tradicional.

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

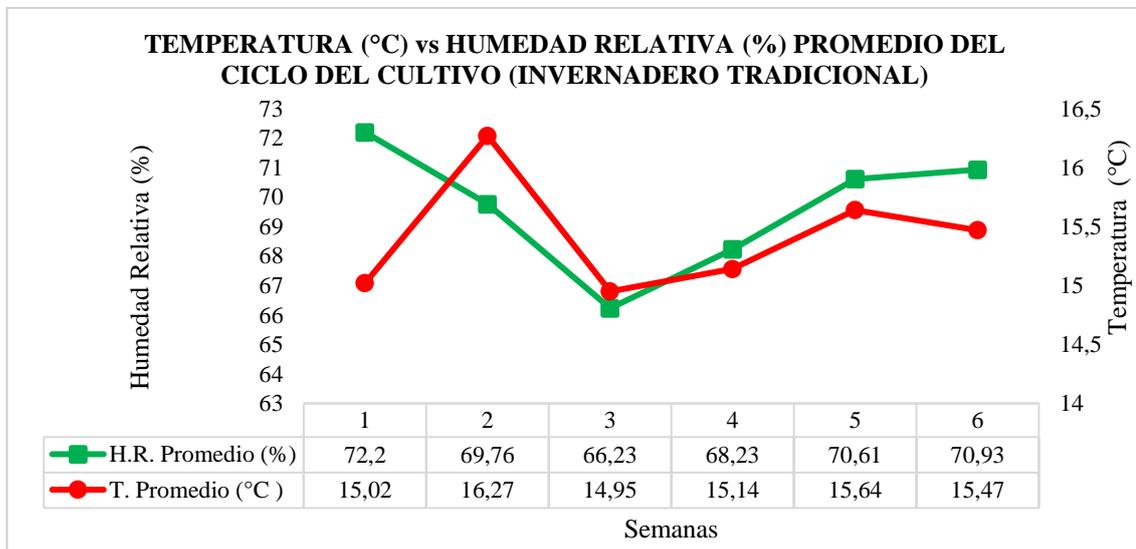
Según la tabla 13-3 y gráfico 11-3 se puede denotar los valores de humedad relativa máximos y mínimos transcurridos en las seis semanas en las que se desarrolló el cultivo hasta su cosecha, siendo el punto máximo 98.62% perteneciente a la sexta semana del ciclo y el valor mínimo de 18.98% perteneciente a la tercera semana, sin embargo, el rango óptimo de humedad relativa para el cultivo es entre el 60% a 80% propuesto por (AAIC, 2004 pág. 38), hallando una diferencia que va en el rango de 73.54 - 78.05% , previamente ingresando a los rangos óptimos mencionados.

**Tabla 14-5:** Valores promedios de Temperatura (°C) vs Humedad relativa (%) durante todo el ciclo.

Semana	T. Promedio (°C)	H.R. Promedio (%)
1	15.02	72.2
2	16.27	69.76
3	14.95	66.23
4	15.14	68.23
5	15.64	70.61
6	15.47	70.93

Fuente: Datos tomados 2022

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



**Gráfico 12-3.** Comportamiento de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) promedio en todo el ciclo del cultivo - Invernadero tradicional.

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

Según la tabla 14-3 y el gráfico 12-3 se puede observar la temperatura y humedad relativa promedio semanal que tuvo el invernadero tradicional durante todo el ciclo del cultivo, observando que relativamente los dos factores en estudio se encuentran asociados, es decir, si él un factor baja el otro también lo hace y viceversa moviéndose constantemente, el propósito que se quería lograr con este tipo de invernadero era del conocer cómo estos factores influían en el desarrollo del cultivo al no ser controlados a diferencia del invernadero climatizado, por lo tanto, al no ser automatizado y al no poder controlar estos factores a diferencia del otro invernadero se obtuvo rangos muy altos y bajos de temperatura aleatoriamente colocándose en el rango de temperatura máxima letal, al igual que los rangos de humedad relativa estos fueron mayores.

**3.9. Relación de parámetros Biométricos del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* frente a los factores de temperatura, humedad relativa y humedad del suelo**

**Tabla 15-3:** Análisis de correlación y regresión lineal de parámetros biométricos frente a los factores en estudio, en los dos tipos de invernaderos Climatizado y Tradicional.

Parámetros biométricos	Factores en estudio	SIG	Coficiente de Regresión “b” ( <i>p</i> -valor)	Coficiente de Correlación “r”	Coficiente de Determinación “R <sup>2</sup> ”
<b>Invernadero Climatizado</b>					
Altura de plantas	Temperatura	ns	0.281	0.529	0.280
Altura de plantas	Humedad relativa	ns	0.627	-0.254	0.065
<b>Altura de plantas</b>	<b>Humedad del suelo</b>	<b>*</b>	<b>0.045</b>	<b>0.779</b>	<b>0.607</b>
Número de hojas	Temperatura	ns	0.260	0.547	0.300
Número de hojas	Humedad relativa	ns	0.644	-0.242	0.058
<b>Número de hojas</b>	<b>Humedad del suelo</b>	<b>*</b>	<b>0.045</b>	<b>0.798</b>	<b>0.637</b>
<b>Invernadero Tradicional</b>					
Altura de plantas	Temperatura	ns	0.855	0.097	0.009
Altura de plantas	Humedad relativa	ns	0.978	-0.015	0.0002
Altura de plantas	Humedad del suelo	ns	0.365	0.455	0.207
Número de hojas	Temperatura	ns	0.944	0.037	0.001
Número de hojas	Humedad relativa	ns	0.778	-0.148	0.022
Número de hojas	Humedad del suelo	ns	0.332	0.482	0.233

p-valor >0.01 y > 0.05 ns (No significativo)

p-valor >0.01 y < 0.05 \* (Significativo)

p-valor < 0.01 y < 0.05 \*\* (Altamente significativo)

**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

En la tabla 15-3, se puede observar cada uno de los parámetros biométricos relacionados con los factores climáticos del interior de las estructuras, denotando que la altura y números de hojas del cultivo del invernadero climatizado en relación a la humedad del suelo (kPa) obtuvieron diferencias significativas (\*), con un (*p*-valor) igual a 0.045 respectivamente, mientras que en los demás parámetros y en el invernadero tradicional presentaron diferencias no significativas (ns).

### 3.9.1. Altura de las plantas (cm) vs Humedad del suelo (kPa)

**Tabla 16-3:** Anova de regresión de los parámetros altura de las plantas (cm) vs la humedad del suelo (kPa) - Invernadero Climatizado.

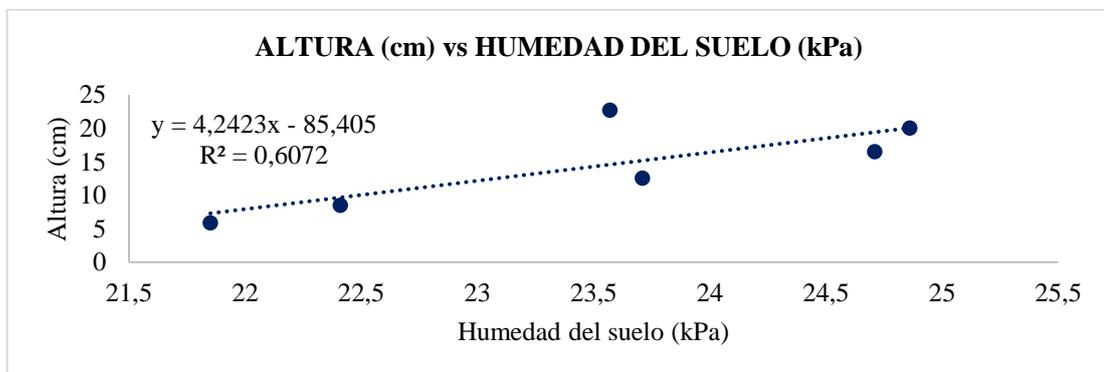
Estadísticas de la regresión								
Coefficiente de correlación	0.779							
Coefficiente de Determinación $R^2$	0.607							
$R^2$ ajustado	0.509							
Error típico	4.598							
Observaciones	6							
Valor crítico	0.045							
F.V	SC	gl	CM	F	LI (95%)	LS (95%)	P-valor	sg
Modelo	130.82	1	130.82	6.19	-196.86	26.09	0.101	ns
Altura (cm) - Humedad s.(kPa)	130.82	1	130.82	6.19	-0.49	8.98	0.045	*
Error	84.58	4	21.14					
Total	215.40	5						

p-valor >0.01 y > 0.05 ns (No significativo)

p-valor >0.01 y < 0.05 \* (Significativo)

p-valor < 0.01 y < 0.05 \*\* (Altamente significativo)

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



**Gráfico 13-3.** Correlación entre la altura de las plantas y la humedad del suelo (kPa) del invernadero climatizado.

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

Según la tabla 16-3 y el gráfico 13-3 se puede observar el valor de coeficiente de correlación entre las dos variables dando como resultado un valor de 0.779 perteneciendo a una correlación positiva hallándose en un rango entre  $0.6 < r < 0.8$  (correlación alta); un coeficiente de determinación de 0.607 y finalmente obteniendo un *p-valor* igual a 0.045 interpretándose como significativo (\*) es decir entre las variables altura de las plantas frente a la humedad del suelo si existe una relación directa según menciona (Anderson, et al. 2008 pág. 124).

### 3.9.2. Número de hojas vs Humedad del suelo (kPa)

**Tabla 17-3:** Anova de regresión de los parámetros número de hojas vs humedad del suelo (kPa) - Invernadero Climatizado.

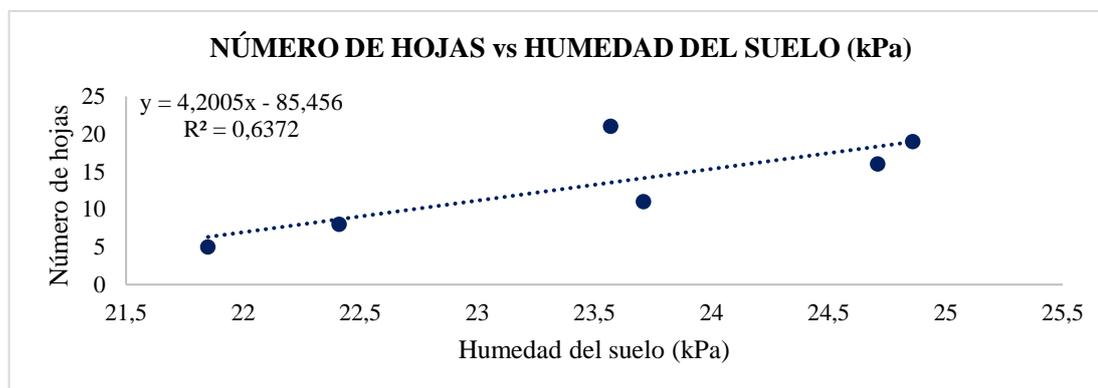
Estadísticas de la regresión								
Coeficiente de correlación								0.798
Coeficiente de Determinación R <sup>2</sup>								0.637
R <sup>2</sup> ajustado								0.546
Error típico								4.273
Observaciones								6
Valor crítico								0.045
F.V	SC	gl	CM	F	LI (95%)	LS (95%)	P-valor	sg
Modelo	128.30	1	128.30	7.03	-170.11	79.28	0.045	*
Número de H.- Humedad s.(kPa)	128.30	1	128.30	7.03	-4.00	11.13	0.045	*
Error	73.03	4	18.26					
Total	201.33	5						

p-valor >0.01 y > 0.05 ns (No significativo)

p-valor >0.01 y < 0.05 \* (Significativo)

p-valor < 0.01 y < 0.05 \*\* (Altamente significativo)

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



**Gráfico 14-3.** Correlación entre el número de hojas y la humedad del suelo (kPa) del invernadero climatizado.

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

Según la tabla 17-3 y el gráfico 14-3, se puede observar el valor de coeficiente de correlación entre las dos variables dando como resultado un valor de 0.798 perteneciendo a una correlación positiva hallándose en el rango  $0.6 < r < 0.8$  (correlación alta); un coeficiente de determinación de 0.637 y finalmente obteniendo un *p-valor* igual a 0.045 interpretándose como significativo (\*), es decir si tienen una relación directa entre las variables número de hojas de las plantas frente a la humedad del suelo según menciona (Anderson , et al. 2008 pág. 124).

### 3.10. Volumen de agua aplicado en el ciclo del cultivo

**Tabla 18-3:** Volumen de agua (lt/m<sup>2</sup>) aplicado por etapa fenológica del cultivo en el invernadero Climatizado.

Etapas fenológicas	Días	Lámina diaria (mm)	Lámina total (lt/m <sup>2</sup> )
Inicial	11	3,94	43,31
Desarrollo	15	6,04	90,57
Intermedia	10	5,83	58,29
Final	7	4,65	32,52

Fuente: Datos tomados. 2022

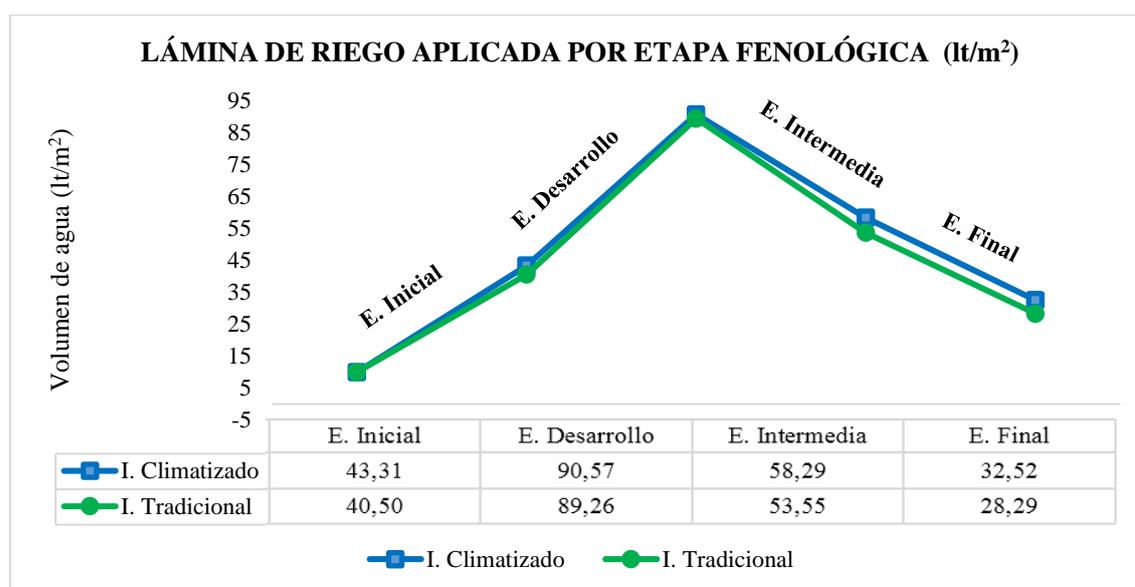
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**Tabla 19-3:** Volumen de agua (lt/m<sup>2</sup>) aplicado por etapa fenológica del cultivo en el invernadero Tradicional.

Etapas fenológicas	Días	Lámina diaria (mm)	Lámina total (lt/m <sup>2</sup> )
Inicial	13	3,12	40,50
Desarrollo	16	5,58	89,26
Intermedia	11	4,87	53,55
Final	8	3,54	28,29

Fuente: Datos tomados. 2022

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



**Gráfico 15-3.** Lámina de riego aplicado por etapa fenológica (lt/m<sup>2</sup>).

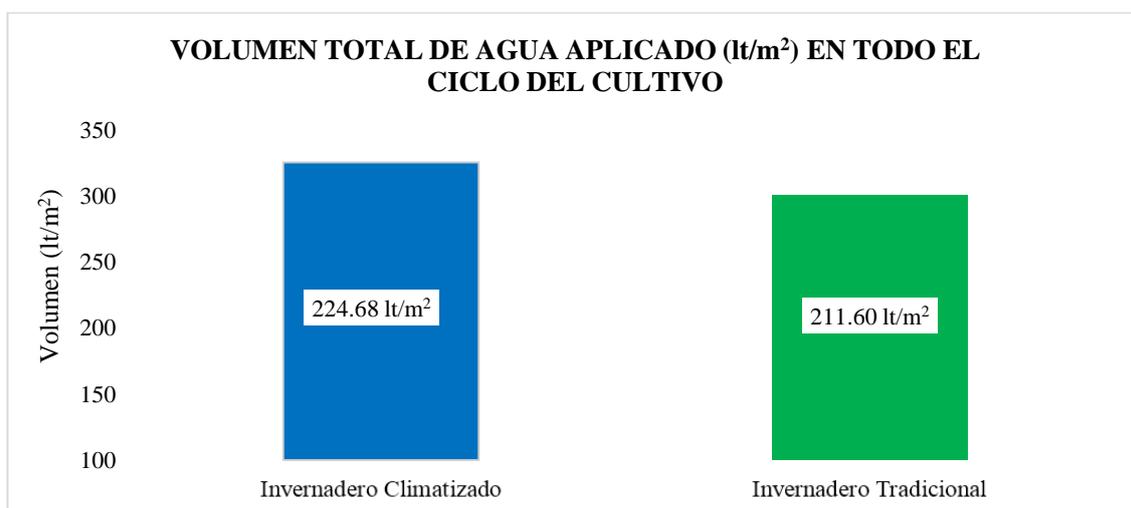
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

Los resultados que se pueden observar según la tabla 18-5 y 19-5, en el invernadero climatizado la etapa inicial del cultivo se aplicó una lámina diaria de 3.94 mm dando un total de 43.31 lt/m<sup>2</sup>, en la etapa de desarrollo una lámina diaria de 6.04 mm dando un total de 90.57 lt/m<sup>2</sup>, la etapa intermedia una lámina diaria de 5.83 mm dando un total de 58.29 lt/m<sup>2</sup> y en la etapa final una lámina diaria de 4.65 mm dando un total de 32.52 lt/m<sup>2</sup>; por otro lado en el invernadero tradicional se aplicó una lámina diaria de 3.12 mm dando un total de 40.50 lt/m<sup>2</sup>, en la etapa de desarrollo una lámina diaria de 5.58 mm dando un total de 89.26 lt/m<sup>2</sup>, en la etapa intermedia una lámina diaria de 4.87 mm dando un total de 53.55 lt/m<sup>2</sup> y en la etapa final una lámina diaria de 3.54 mm dando un total de 28.29 lt/m<sup>2</sup>, deduciendo que la etapa que tuvo mayor consumo de agua fue la etapa de desarrollo en ambos casos , considerando el 25% de abatimiento de la humedad aprovechable del suelo a través del tensiómetro, este instrumento calibrado indicando el momento exacto de realizar el riego para llegar a capacidad de campo , marcando en el invernadero climatizado 25 kPa con una capacidad de campo 17% con un punto de marchitez 10.5%, mientras que en el tradicional 20 kPa con a una capacidad de 15.1% con un punto de marchitez de 9.5% , de esta manera realizando los riegos necesarios y compensando dicho consumo.

**Tabla 20-3:** Volumen total de agua aplicado (lt/m<sup>2</sup>) en todo el ciclo del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia*.

<b>Tratamiento</b>	<b>Volumen de agua en todo el ciclo (lt/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Abatimiento de la humedad aprovechable del suelo (%)</b>
Invernadero Climatizado	224.68	25
Invernadero Tradicional	211.60	25

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



**Gráfico 16-3.** Volumen total aplicado en todo el ciclo del cultivo (lt/m<sup>2</sup>) de cada invernadero.

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

Según la tabla 20-3 y el gráfico 16-3 se observa los resultados obtenidos de la aplicación total del agua en todo el ciclo del cultivo en cada invernadero , denotando claramente que el invernadero climatizado tiene una lámina de 224.68 lt/m<sup>2</sup>, mientras que en el invernadero tradicional una lámina de 211.60 lt/m<sup>2</sup>, deduciendo que el invernadero con una lámina más pesada fue del invernadero climatizado , existiendo una diferencia de 13.08 lt/m<sup>2</sup> entre láminas , esto puede deberse a los factores controlados que previamente se mencionó, los cuales intervinieron para demandar un mayor lámina de agua, a diferencia del invernadero tradicional el cual demando una lámina menor hasta el final del ciclo del cultivo .

**Tabla 21-3:** Prueba T de Student del volumen de agua aplicado en todo el ciclo del cultivo en los dos tipos de invernaderos.

<b>Prueba T para muestras Independientes</b>		
	<b>I. Climatizado</b>	<b>I. Tradicional</b>
Media	56.17	52.90
Varianza	637.52	693.96
Observaciones	4	4
Estadístico t	0.18	
P(T<=t) dos colas ( <i>p-valor</i> )	0.866	
Diferencia entre tratamientos		13.08 lt/ m <sup>2</sup>
Valor crítico de t (dos colas)		2.674
Significancia		ns

p-valor >0.01 y > 0.05 ns (No significativo)

p-valor >0.01 y < 0.05 \* (Significativo)

p-valor < 0.01 y < 0.05 \*\* (Altamente significativo)

**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

Según la tabla 21-3, se puede observar la aplicación de la prueba T de Student al volumen de agua aplicado en cada invernadero durante todo el ciclo del cultivo, obteniendo una diferencia de 13.08 lt/m<sup>2</sup>, un *p-valor* igual a (0.866) siendo mayor al porcentaje de error planteado (0.05%), determinando que no existe diferencias significativas (ns) entre las medias de las dos condiciones. Según (Banfi, 2000 págs. 50-52) menciona que un déficit de riego al inicio será más difícil de poder corregir más adelante , las plántulas exploran solo un pequeño volumen de suelo , por esta razón se requiere un sistema de riego con una buena uniformidad ,siendo según (Intagri, 2008 pág. 36) el tipo goteo con una eficiencia del 90% - 95% el más indicado para este tipo de cultivos con un buen cubrimiento , caudal adecuado y siempre controlándolo así evitando la propagación de enfermedades por exceso de humedad.

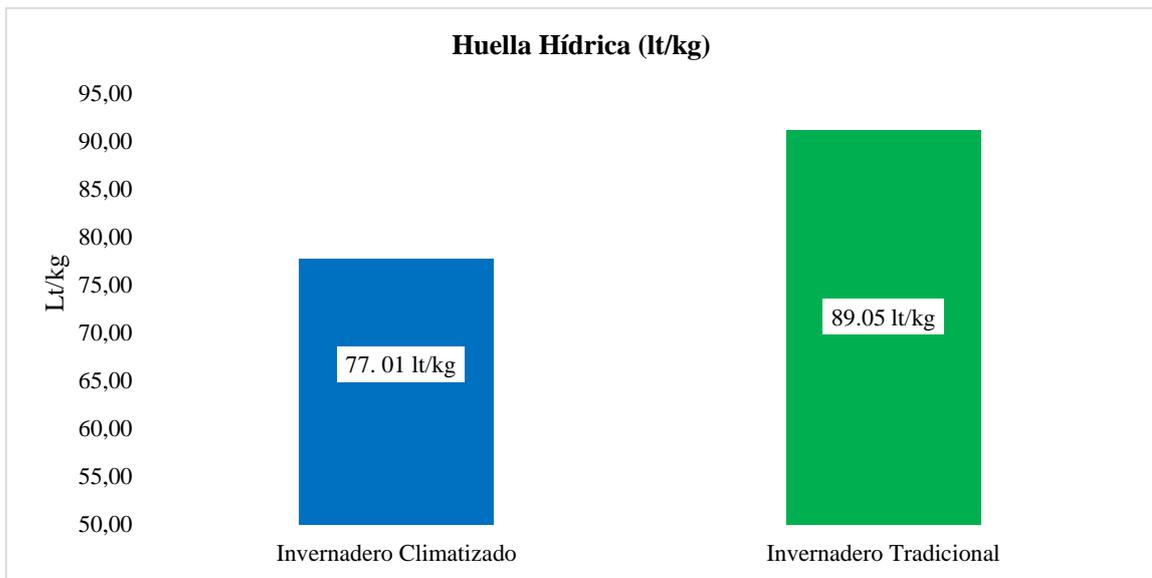
### 3.11. Huella Hídrica

**Tabla 22-3:** Huella Hídrica del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* en cada invernadero.

Tratamiento	Huella Hídrica (lt/kg)
Invernadero Climatizado	77.01
Invernadero Tradicional	89.05

Fuente: Datos tomados. 2022

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



**Gráfico 17-3.** Huella Hídrica del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* en los dos tipos de invernaderos.

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

Como se observa según la tabla 22-3 y el gráfico 17-3, existe diferencias entre los dos tratamientos, predominando el invernadero tradicional con una huella hídrica de 89.05 lt por cada kg de producción, mientras que en el invernadero climatizado presento una huella hídrica de 77.01 lt por cada kg de producción, determinando la cantidad de agua aplicada entre cada uno de los tratamientos para producir un 1 kg de lechuga, se puede observar que el tratamiento del invernadero climatizado requiere menor cantidad de agua, esto puede deberse a las diferentes láminas y tiempo de riego aplicado respectivamente 224.68 lt/m<sup>2</sup> en el invernadero climatizado y 211.60 lt/m<sup>2</sup> en el invernadero tradicional, teniendo en cuenta que cada invernadero presentó un microclima diferente independiente uno del otro y también al del exterior, por lo tanto, el riego es uno de los factores indispensables en el desarrollo del cultivo trabajando en conjunto con los factores ambientales del interior de las estructuras, es recomendable usar sistemas de riegos apropiados para cada cultivo, como menciona (Banfi, 2000 pág. 68).

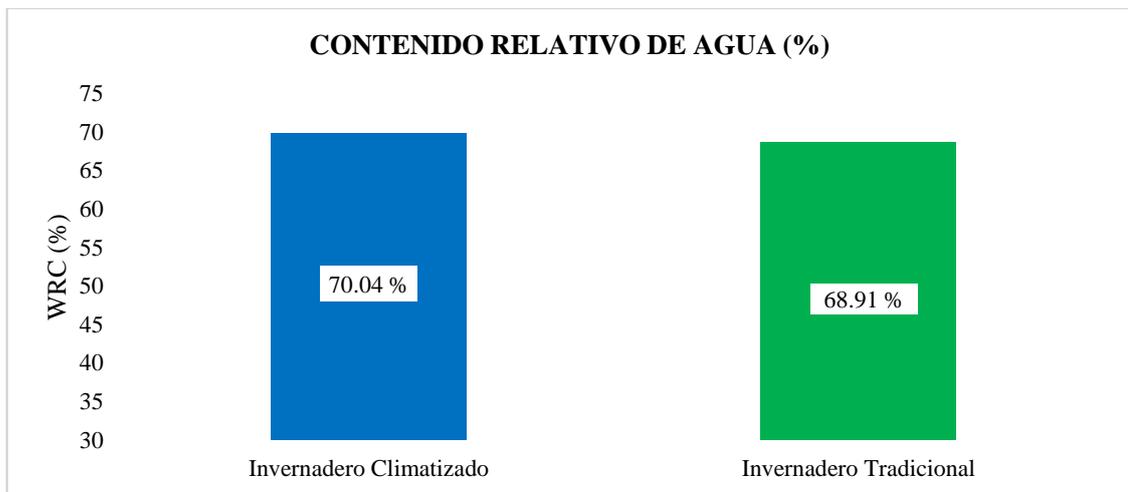
### 3.12. Contenido relativo de agua

**Tabla 23-3:** Contenido relativo de agua del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* en los dos invernaderos.

Tratamiento	WRC (%)
Invernadero Climatizado	70.04
Invernadero Tradicional	68.91

Fuente: Datos tomados. 2022

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



**Gráfico 18-3.** Contenido relativo de agua promedio (WRC).

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

En la tabla 23-3 y gráfico 18-3 se puede observar el porcentaje de cantidad de agua relativa de las hojas en estudio de cada invernadero respectivamente, obteniendo diferencias entre los dos tratamientos, en las muestras usadas del invernadero climatizado arrojó un promedio del 70.04% de WRC, mientras que el invernadero tradicional arrojó un 68.91% de WRC, los respectivos resultados obtenidos puede deberse a la cantidad de agua aplicada durante cada etapa fenológica y el desarrollo fisiológico de la planta, deduciendo que el cultivo contiene un gran cantidad de agua en su estructura morfológica según (Argente, et al. 2006 pág. 76) mencionan que el WRC es la expresión más usada para medir el nivel de agua de un tejido siendo una medida del contenido de agua respecto al total que este puede llegar a almacenar a la vez siendo un determinante de la actividad metabólica y de la sobrevivencia foliar dando respuestas fisiológicas a la desecación, permitiendo conocer el estado hídrico de la planta relacionándose con el potencial hídrico, por lo tanto, al obtener los resultados respectivos se puede conocer en qué estado hídrico se halla el cultivo en estudio, siendo el agua un recurso indispensable para su desarrollo hasta llegar al final del ciclo del cultivo.

### 3.13. Análisis Económico

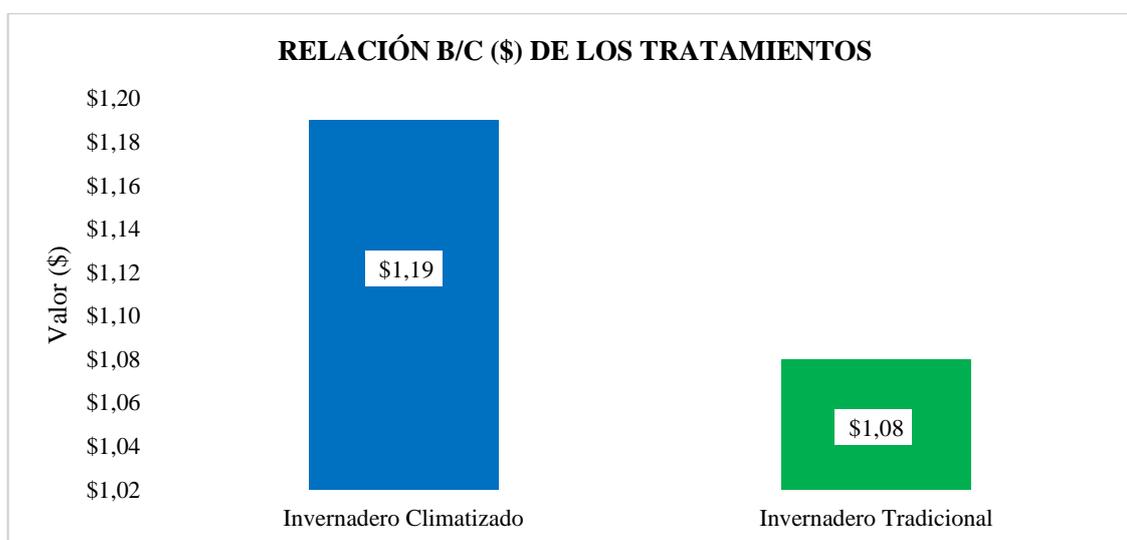
#### 3.13.1. Relación Beneficio/Costo

**Tabla 24-3:** Relación B/C del cultivo en los dos tipos de invernaderos.

Tratamiento	Relación B/C (\$)	Rentabilidad (%)
Invernadero Climatizado	\$ 1.19	19%
Invernadero Tradicional	\$ 1.08	8%

Fuente: Datos tomados. 2022

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



**Gráfico 19-3.** Beneficio/Costo del ensayo.

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

Como se observa en la tabla 24-3 y el gráfico 19-3, la mejor relación beneficio/costo alcanzó el tratamiento del invernadero climatizado con \$1.19 dólares, es decir se recuperó el dólar invertido y se obtuvo una ganancia de 0.19 ctvs., con una rentabilidad del 19%; contrario a ellos, la menor relación beneficio /costo presentó el tratamiento del invernadero tradicional con \$1.08 dólares, recuperando el dólar invertido y obteniendo una ganancia de 0.08 ctvs. con una rentabilidad del 8%.

### 3.14. Discusiones

#### 3.14.1. Fase de campo: Desarrollo vegetativo del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* en los dos tipos de invernaderos (Climatizado y Tradicional).

##### 3.14.1.1. Materia seca

Al realizar las pruebas respectivas para obtener el porcentaje de materia seca, en el invernadero climatizado se logró obtener un porcentaje del 29.87% mientras que en el invernadero tradicional un porcentaje de 22.81%, existiendo una diferencia numérica de 7.06% de materia seca entre los dos tratamientos (Gráfico 2-3), el cual mediante la prueba estadística se determinó que sí existe diferencias significativas (\*) entre las medias de las dos condiciones (Tabla 3-3). Según (Vega, 2017 pág. 25) puede ser debido a que en el interior de las cubiertas existen un microclima, donde los factores ambientales son diferentes en comparación a los del exterior, por lo tanto afecta el desarrollo del cultivo de una manera gradual, pudiendo existir mayor o menor desarrollo del cultivo según sea las condiciones proporcionadas, cada invernadero en su interior poseía un microclima diferente e independiente uno del otro, esto debido a que en el invernadero climatizado se controlaba de manera automática la temperatura (uso de bombas en la noche, ventiladores y ventanas en el día) participando conjuntamente con la humedad relativa y la humedad del suelo, mientras que en el invernadero tradicional no, solo se tomaban las lecturas con los equipos de medición arrojadas por día, gracias a los resultados obtenidos se permitió aseverar que el mayor contenido de materia seca se obtuvo en el invernadero climatizado, demostrando que este tipo de invernadero tuvo una alta influencia en el ciclo y desarrollo.

##### 3.14.1.2. Rendimiento t/ha

Los resultados del ensayo del cultivo lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* arrojaron un rendimiento de 29.18 t/ha en el invernadero climatizado, mientras que el invernadero tradicional un rendimiento de 23.76 t/ha, (Gráfico 4-3), existiendo una diferencia numérica de 5.42 t/ha entre los tratamientos, aumentando en un 22.79% la producción y rendimiento del cultivo de lechuga fresca en el invernadero climatizado, en comparación al invernadero tradicional, mediante la prueba estadística se determinó que sí existe diferencias altamente significativas (\*\*) entre las medias de las dos condiciones (Tabla 4-3). Según (García, 2010 pág. 18) menciona que los rendimientos en variedades de lechuga pueden alcanzar los 22.5 a 30 t/ha, con pesos de cabeza de 0.5-1 kg, la producción depende del tamaño de las plantas en el momento de

la recolección y del número de plantas y por m<sup>2</sup> siendo considerada como un buen rendimiento cuando se recogen entre 3 a 5 kg por m<sup>2</sup> obteniendo de 8 a 15 unidades por m<sup>2</sup>, por lo tanto, los resultados obtenidos en el ensayo cubren estos rangos y se hallan dentro de los mismos, obteniendo un mayor rendimiento y acortamiento del tiempo de cosecha en el invernadero climatizado a diferencia del invernadero tradicional que tuvo un rendimiento menor al momento de la recolección , demostrando que las condiciones del invernadero climatizado afectaron el rendimiento.

**Tabla 25-3:** Parámetros biométricos con diferencias no significativas (ns).

<b>VARIABLES EN ESTUDIO</b>	<b>Medias de las condiciones</b>	<b>Significancia</b>	<b>Diferencias entre tratamientos</b>
<b>Porcentaje de sobrevivencia</b>	99.71%	ns	0.12%
<b>Altura</b>	20.48 cm	ns	4.46 cm
<b>Número de hojas</b>	19 unidades	ns	4 unidades

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

Los parámetros biométricos del cultivo como porcentaje de sobrevivencia, altura de las plantas y número de hojas, al realizar la prueba estadística se obtuvo que no poseían diferencias significativas, solo se logró obtener medias y diferencias entre tratamientos (Tabla 25-3).

Según (Sonoma, 2020 pág. 34) , las plantas demuestran mayor cambios fisiológicos y morfológicos cuando se encuentran bajo este tipo de cubiertas en comparación a campo abierto , debido a las condiciones climáticas en su interior , en el caso del invernadero climatizado la mayoría de plantas tenían mayor uniformidad en su morfología , mientras que en el invernadero climatizado no , esto pudo deberse a que el clima en el interior de mencionados invernaderos no poseían una uniformidad , formándose bolsas de aire que contenían diferentes condiciones del resto de espacio , siendo la humedad uno de los factores que más intervino en dicha uniformidad climática, debido a que las plantas constantemente transpiran vapor de agua aumentando la humedad alrededor de estas , si las plantas se encuentran sembradas juntas o poseen un follaje denso, la humedad puede quedar atrapada dando resultado a otro microclima, por lo tanto puede ser el motivo que las plantas del invernadero climatizado tuvieron mejor uniformidad a comparación del invernadero tradicional que no las tuvieron. Gracias a la toma de datos permitió aseverar el número de días por las cuales estuvieran atravesando cada etapa fenológica el cultivo mediante una evaluación visual llevando al término que el 70% de las plantas se hallarán (iniciando- finalizando) por alguna de estas etapas.

### **3.15. Factores ambientales: Relación de los factores ambientales (temperatura, humedad relativa y humedad del suelo) con el desarrollo del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* en los dos tipos de invernaderos (Climatizado y Tradicional)**

#### **3.15.1. Invernadero climatizado**

##### **3.15.1.1. Temperatura (°C)**

El objetivo del experimento era conocer como este factor participa en el desarrollo del cultivo en este tipo de invernadero , para esto se hizo el uso de los ventiladores , el cenital y ventanas automáticas abriéndose para evacuar el exceso de temperatura durante el día y durante la noche cerrándose herméticamente y conservándola tratando de mantener rangos óptimos entre 18-20 °C en el día y ente 4-8 °C en la noche , el valor máximo de temperatura que se obtuvo en este invernadero fue 34.72 °C y un valor mínimo de 4.01 °C , dando como resultado una diferencia hallándose entre el rango de 15.38 a 29 °C, concretando que el cultivo pudo soportar el punto máximo 34.72 °C sin efectos secundarios , por lo tanto , dicho invernadero no tiene una variación alta entre sus rangos de temperatura máximos y mínimos pero si necesita una mayor ventilación y calefacción para establecer rangos adecuados, (Tabla 9-3) y (Gráfico 7-3). Según (Prados, 2007 pág. 44) manifiesta que el clima al interior de la cubierta al ser controlado , el cultivo puede desarrollarse uniformemente en su morfología, siempre y cuando en el interior del invernadero se halle modificando constantemente la temperatura del aire conjuntamente la humedad atmosférica, evacuando el aire interior enriquecido de vapor de agua por la transpiración de las plantas el cual dará como resultado la composición gaseosa de la atmósfera en especial CO<sup>2</sup> , todo esto en sus rangos óptimos. Según (Leal, 2017 pág. 30) manifiesta que si la temperatura es controlada el cultivo puede acortar su tiempo de desarrollo , si esta es la ideal actuara directamente sobre la tasa de crecimiento, la cantidad de hojas , la altura, y otros estándares de calidad , los resultados obtenidos pudo deberse a lo mencionado , ya que este factor puede adelantar el proceso de crecimiento, considerando a este invernadero más versátil y factible para un mejor desarrollo.

##### **3.15.1.2. Humedad relativa (%)**

Al ser automatizado, la humedad relativa tampoco presentaba variaciones altas, encontrándose en un rango entre 66.94% al 72.71% , (Tabla 10-3) y (Gráfico 8-3), cumpliendo con los rangos propuestos por (AAIC, 2004 pág. 69) ,el cual manifiesta que varía entre el 60% al 80% su rango óptimo , esto pudo deberse a dos razones, una las láminas de riego aplicadas y la otra razón que

en el interior de la estructura la humedad es mayor que la del exterior , por ende , aumenta la evapotranspiración tanto de las plantas y del suelo, es necesario esto para que pueda cumplirse el intercambio gaseoso y el proceso de fotosíntesis , logrando obtener diferencias notables desde el inicio de sus etapas fenológicas. La humedad relativa siempre se verá afectada por la temperatura hipotéticamente , cuando esta disminuye es porque la temperatura ha aumentado y si está ha aumentado es porque la temperatura ha disminuido, los resultados obtenidos pudo deberse a que existió una correcta humedad relativa favoreciendo el desarrollo de las plantas regulando la apertura de los estomas , con lo cual , la transpiración y la fotosíntesis se realizó con normalidad , según manifiesta (Mario Lensack ; & Norma Iglesias, 2019 pág. 132). Si existiera altos niveles de humedad relativa favorecería el desarrollo de enfermedades como *Sclerotinia sclerotiorum* entre otras, para lo cual si se pretende obtener un adecuado rendimiento se debe controlar dicho factor, caso contrario el rendimiento variaría.

### 3.15.1.3. Altura (cm) y número de hojas de las plantas vs Humedad del suelo (kPa)

Según los resultados obtenidos reflejados en la (Tabla 15-3) , se obtuvo que tanto la altura y número de hojas tuvieron diferencias significativas (\*) en relación a la humedad del suelo, estos pueden deberse al riego suministrado durante cada una de sus etapas fenológicas , cabe recalcar que cada invernadero tenía un número y un tiempo de riego diferente, tratando de mantener la capacidad de campo , dejando consumir el 25% del agua aplicada al cultivo concordando con lo mencionado por (AAIC, 2004 pág. 72) , el riego puede ser uno de los factores más indispensable al interior de la estructura, ayudando a mantener una humedad adecuada siempre y cuando este sea controlada ya que si es alta puede provocar enfermedades o estrés ,pero, si esta es baja el desarrollo de las plantas se verán comprometidas tardándose en obtener un tamaño adecuado, por lo tanto , los mejores resultados pudo deberse a una correcta aplicación , frecuencia y tiempo de riego en la estructura climatizada , según (Japón, 2000 pág. 118) manifiesta que los cultivos con suficiente agua disponible en el suelo pueden soportar temperaturas del aire de 40 °C pero sin embargo si el agua es un factor limitante las hojas pueden morir , ya que las plantas para conservar agua cierran sus estomas reduciendo el beneficio de enfriamiento producido por transpiración , por ende , los resultados obtenidos se debe a las láminas de agua aplicadas ya que es un factor indispensable para el desarrollo del cultivo , trabajando conjuntamente con la temperatura y humedad relativa.

### **3.15.2. Invernadero Tradicional**

#### **3.15.2.1. Temperatura (°C)**

Este invernadero al no ser automatizado y al no poder controlar la temperatura a diferencia del invernadero climatizado se obtuvo rangos muy altos y bajos aleatoriamente, colocándose en el rango letal con el punto máximo de 36.04 °C y descendiendo hasta los 3.08 °C, (Tabla 12-3) y (Gráfico 10-3), dando como resultado una diferencia hallándose entre el rango de 31.56 a 26.64°C siendo altos y con mayor variación. Según (Prados, 2007 pág. 78) menciona que al existir mayor variación de temperatura produce daños al cultivo en mayor grado en su fisiología y morfología vegetal, no permitiendo desarrollarse de manera correcta, al prevalecer en constantes cambios de temperaturas en el interior de las estructuras afecta adversamente la fotosíntesis, la respiración, las relaciones hídricas, la estabilidad de las membranas, niveles de hormonas y metabolitos secundarios, necesitando más insumos como nutrientes, microelementos, agua, etc. para mantener su metabolismo y poder evitar daños a los tejidos y que estos puedan retardar el desarrollo del cultivo, por lo tanto, los resultados obtenidos en este invernadero pudo deberse a las variaciones de temperatura que sufrió al interior de la estructura afectando al desarrollo normal del cultivo obteniendo diferencias morfológicas, ya que al aumentar en exceso también aumenta la cantidad de agua que se pierde por transpiración y los estomas se cierran, mientras que si la temperatura es baja las tasas metabólicas son reducidas, afectando el desarrollo del cultivo en alguna de sus etapas fenológicas, siendo una razón de los cambios que sufrió en cultivo, según menciona (Sonoma, 2020 pág. 80).

#### **3.15.2.2. Humedad relativa (%)**

Al no ser automatizado, la humedad relativa también presentó variaciones, encontrándose en un rango entre 73.54% al 78.05%, (Tabla 13-3) y (Gráfico 11-3), siendo muy diferente al del invernadero climatizado, pero hallándose en el rango adecuado del 60% al 80% favoreciendo al desarrollo de la planta, regulando la apertura de los estomas, con lo cual la transpiración y la fotosíntesis se realizan con normalidad, mencionado por (AAIC, 2004 pág. 110), las variaciones obtenidas pudo deberse a que es dificultoso la medida y control en condiciones no automatizadas, las cuales tienden a modificarse por el aporte de las láminas de riego como vapor en el aire en conjunto a la temperatura, según (Mario Lensack ; & Norma Iglesias, 2019 pág. 86), es necesario considerar este parámetro para obtener una adecuada sanidad y desarrollo del cultivo, debido a que esta se enriquece de vapor de agua proveniente del suelo y de la transpiración de las plantas

; para tener una adecuada ventilación se necesita de ventanas y de cenitales específicos favoreciendo al clima del interior y para las pérdidas de calor se debe tener una adecuada calefacción mediante dispositivos de aislamientos, por lo tanto, los cambios que tuvo el cultivo eran notorios como la desigualdad en su desarrollo. Si existe el exceso de humedad se reduce la transpiración y dificulta la evaporación, lo que disminuye la absorción de nutrientes y afecta el crecimiento de la planta, en cambio sí existe una humedad baja aumenta la transpiración dificultando la fotosíntesis forzando a la planta por mantener los estomas abiertos ocasionando una marchitez y deshidratación, esta situación ocurre en el mantenimiento de gradiente hídrico del cultivo a través del concepto continuo sistema suelo-planta-atmósfera determinando el cierre parcial o total de los estomas, según menciona (Sonoma, 2020 pág. 96).

### ***3.15.2.3. Invernadero climatizado vs tradicional***

La temperatura y humedad relativa en los dos tipos de invernadero influyeron distintamente, es decir, en el invernadero climatizado dichos factores influyeron de manera positiva obteniendo el cultivo un mejor desarrollo y adaptación, mejorando sus características morfológicas y fisiológicas; la temperatura al interior de la estructura según (Leal, 2017 pág. 84) participa junto a otros factores como el CO<sup>2</sup>, iluminación, la humedad del suelo, la radiación, etc., radicalmente interviniendo en la apertura de las estomas participando en los procesos de fotosíntesis, transpiración y respiración de la planta, los cuales se hallan en el envés de las hojas, en condiciones óptimas se abrirá para permitir el intercambio gaseoso dejando ingresar el CO<sup>2</sup> y liberando oxígeno, los resultados obtenidos como el acortamiento del tiempo de cosecha en 43 días, una mejor uniformidad, altura, número de hojas y rendimiento pudo deberse ya que en el interior de esta cubierta el clima tuvo una uniformidad debido a sus sistemas de control climático de ventilación y calefacción, evitando formarse otros microclimas en el resto de espacio.

Mientras que en el invernadero tradicional estos factores influyeron de manera negativa debido a los cambios bruscos de temperatura afectando la humedad relativa y humedad del suelo, ya que, al no contar con una ventilación y calefacción adecuada, por consecuencia se obtuvo que el cultivo sufriera cambios, los cuales fueron reflejados en su morfología. Según (Vega, 2017 págs. 69-70) menciona que, al existir cambios bruscos de factores climáticos en el interior de las cubiertas pueden ralentizarse comprometiéndose en los procesos metabólicos y calidad de la producción, teniendo consecuencias en el desarrollo de las hojas, la altura o acelerando la floración, traduciendo un acortamiento del tiempo para su cosecha de mala calidad, por lo tanto, los cambios que tuvo el cultivo en este invernadero como la desigualdad en su desarrollo y las diferencias en

su morfología pudo deberse al diferir dichos parámetros, para ello se debe tener una adecuada ventilación de ventanas y de cenitales específicos favoreciendo la circulación de aire y para las pérdidas de calor se debe tener una adecuada calefacción mediante dispositivos de aislamientos.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que los requerimientos de temperatura , humedad relativa y humedad del suelo para el desarrollo del cultivo tuvieron gran variación entre invernaderos, a medida que existía una alta variación en el invernadero tradicional su desarrollo se vio comprometido, obteniendo parámetros más bajos a que del invernadero climatizado el cual al no tener una alta variación los factores no se vieron tan afectados, por ende, el desarrollo del cultivo obtuvo rangos más estables.

## CONCLUSIONES

- Las plántulas de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* con mejores características agronómicas se las obtuvieron en el invernadero climatizado, correspondiente al control de los factores temperatura y humedad relativa, logrando mantener casi un rango óptimo durante el día y la noche con su automatización, sobresaliendo por alcanzar el mayor número de hojas, acortando el tiempo de su cosecha, altura de las plantas, mejor vigor, mejor desarrollo y rendimiento, a diferencia del invernadero tradicional que tuvo parámetros menores.
- La temperatura y humedad relativa en los dos tipos de invernadero influyeron distintamente, es decir, en el invernadero climatizado dichos factores influyeron de manera positiva ya que al casi lograr rangos óptimos el cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* L.) var. *Batavia* pudo obtener un mejor desarrollo y adaptación, mejorando sus características morfológicas y fisiológicas; mientras que en el invernadero tradicional estos factores influyeron de manera negativa ya que al no contar con una ventilación y calefacción adecuada los rangos y cambios bruscos de dichos factores por consecuencia se obtuvo que el cultivo no tuviera un desarrollo adecuado desde el inicio de sus etapas fenológicas; también denotando que dichos parámetros se encuentran relacionados entre sí, es decir si la temperatura tiende a descender la humedad relativa tiende a ascender y viceversa, trabajando conjuntamente con otros factores que se encuentran en el interior de las estructuras en los dos tipos de invernaderos optimizando los recursos hídricos. El mejor rendimiento por hectárea se alcanzó en el tratamiento 1 que corresponde al invernadero climatizado obteniendo 29.18 t/ha, mientras que el tratamiento con menor rendimiento fue el 2 correspondiente al invernadero tradicional obteniendo 23.76 t/ha.
- El tratamiento 1 correspondiente al invernadero climatizado se logró la mayor relación beneficio/costo con 1.19 dólares correspondiente a una rentabilidad del 19%, a diferencia del invernadero tradicional que obtuvo 1.08 dólares con una rentabilidad del 8%, deduciendo que este tipo de cultivo dentro de estos tipos de invernaderos no tienen gran rentabilidad a diferencia de otros cultivos.

## **RECOMENDACIONES**

- Para tener cultivos de mejor calidad se puede implementar dichos invernaderos, acortando su tiempo de cosecha, siempre y cuando se elija al cultivo correcto que pueda soportar los rangos de temperatura, humedad relativa, etc., que se dan dentro de las estructuras.
- Para obtener una mejor relación beneficio/costo y rentabilidad se debe colocar cultivos que puedan soportar rangos altos de temperatura, debido a que los parámetros en el interior de las estructuras pueden tener un cambio brusco si no son automatizados, mientras que al ser automatizados para su manejo debería tener una capacitación previa y conocimiento exactos de la fenología del cultivo elegido.
- Para optimizar los recursos hídricos y la obtención de mejores productos se recomienda el uso de esta alternativa tecnológica teniendo en cuenta que tendrá pérdidas al inicio del proyecto debido a la inversión realizada.
- Se recomienda instalar el sistema de riego adecuado para el cultivo sembrado al interior de las estructuras.

## GLOSARIO

**Abatimiento:** El aumento de agua por incrementación de zonas urbanas así también como el uso del agua en riegos por condiciones de sequía (Definición, 2021 pág. 1).

**Morfología:** Vegetal, estudia la estructura externa; es decir, los órganos que componen el cuerpo de la planta hojas, tallos, raíces, etc. la anatomía estudia la estructura interna de la planta (Definición, 2021 pág. 1).

**Fotosíntesis:** Proceso químico que tiene lugar en las plantas con clorofila y que permite, gracias a la energía de la luz, transformar el sustrato inorgánico en materia orgánica rica en energía (FUNDACIÓN, 2019 pág. 2).

**Humedad relativa:** Es la relación entre vapor de agua contenida en el aire humedad absoluta y la máxima cantidad que el aire sería capaz de contener a esa temperatura humedad absoluta de saturación (S&P, 2018 pág. 4).

**Temperatura:** El denominado efecto invernadero consiste de la superficie terrestre y de las capas bajas de la atmósfera debido a un exceso de radiación solar, que al no poder escapar hacia la exterior queda atrapada y provoca un aumento de la temperatura (Definición, 2021 pág. 1).

**Uniformidad:** Sistema de riego es un parámetro fundamental en la medida de la eficiencia de nuestro sistema de riego, si el agua en no se distribuye homogéneamente, habrá zonas que reciban menos cantidad de agua (Definición, 2021 pág. 1).

**Metabólica:** Relacionado con el metabolismo el conjunto de todos los cambios químicos que ocurren en una célula o un organismo para producir la energía y los materiales básicos necesarios para importantes procesos vitales. (Definición, 2021 pág. 1).

**Gradiente hídrico:** Es la capacidad de las moléculas de agua para moverse en un sistema particular depende de su energía libre (Definición, 2021 pág. 1).

**Evapotranspiración:** Es la combinación de dos procesos: evaporación desde el suelo y desde la superficie cubierta por las plantas. transpiración desde las hojas de las plantas (Inecol, 2015 pág. 2).

**Deshidratación:** Extracción del agua que contiene una sustancia, un organismo o un tejido orgánico para los cereales y leguminosas se han construido secaderos y plantas de selección (Definición, 2021 pág. 1).

**Fenología:** Ciencia que estudia los fenómenos biológicos como por ejemplo los ciclos biológicos de plantas anuales e insectos, los cambios observados en el desarrollo de árboles (AEMETBLOG, 2019 pág. 2).

**Coefficiente de variación:** Es una medida de dispersión que permite el análisis de las desviaciones de los datos con respecto a la media y al mismo tiempo las dispersiones que tienen los datos dispersos entre sí. (Anderson David, 2008 pág. 167).

**Desecación:** Es el proceso de eliminación de la humedad de un sólido y conservación de un ambiente seco para los materiales sensibles a la humedad (Definición, 2021 pág. 1).

**Riego localizado:** Supone la aplicación de agua sólo en una parte del suelo, utilizando pequeños caudales a baja presión (SerchJiménez, 2016 pág. 3).

**Microclima:** Es un conjunto de patrones y procesos atmosféricos que caracterizan un entorno o ámbito reducido (Definición, 2021 pág. 1).

## BIBLIOGRAFÍA

**AAIC, ASOCIACIÓN DE AGRÓNOMOS INDÍGENAS DEL CAÑAR.** *Diseño , construcción y mantenimiento de invernaderos de madera.* [En línea] 2004. [Citado el: 20 de 10 de 2021.] <https://books.google.com.ec/books?id=VYYzAQAAMAAJ&pg=PA1&lpg=PA1&dq=AAIC,+Asociación+de+Agrónomos+Indígenas+del+Ca%C3%B1ar+Dise%C3%B1o+,+construcción+y+mantenimiento+de+invernaderos+de+madera&source=bl&ots=hoLX0gqWQg&sig=ACfU3U2PpwL1pbdHJIResFHueGFfBjQzCw>. PROMSA-MAG.

**AEMETBLOG.** *Breve Introducción a la Fenología.* [En línea] 23 de 02 de 2019. [Citado el: 16 de 12 de 2021.] <https://aemetblog.es/2019/02/23/breve-introducción-a-la-fenología/#:~:text=Fenolog%C3%ADa%3A%20Ciencia%20que%20estudia%20los,que%20tienes%20relaci%C3%B3n%20con%20el>.

**ANDERSON, D. et al.** *Estadística para Administración y Economía.* [En línea] Décima Edición, 2008. [Citado el: 11 de 28 de 2021.] <https://www.upg.mx/wp-content/uploads/2015/10/LIBRO-13-Estadística-para-administración-y-economía.pdf>.

**ARGENTEL, L. et al.** *Cuba : Cultivos Tropicales - Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas,* 2006, Vol. 27. ISSN:0258-5936, pp. 5-28

**BANFI, G.** *Suelos , fertilizantes y riego.* [En línea] 08 de 2000. [Citado el: 29 de 11 de 2021.] [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_manual\\_citricultura\\_cap8.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manual_citricultura_cap8.pdf).

**BIETTI, S. & ORLANDO , J.** *Introducción al cultivo de lechuga.* [En línea] 28 de Junio de 2003. [Citado el: 02 de 09 de 2021.] <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/143/T-UTB-FACIAG-AGR-000039.03.pdf;jsessionid=CB21BBFAA1469B09A63773C120DA5938?s>.

**BONIERBALE, M. et al.** *Composition.* [En línea] Cahiers de nutrition et, 2010. [Citado el: 22 de 08 de 2021.] <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/25519/TESIS%20DOCTORADO%20GABRIEL%20FINAL%2015%20DIC%202013.pdf?sequence=1>. 45, S28-S36.

**BRAVO, H.** *La Economía del Cambio Climático e Impactos Sociales: Métodos y Técnicas de Análisis. Análisis de Costo Beneficio.* [En línea] Febrero de 2011. [Citado el: 08 de 01 de 2022.] [https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/03\\_análisis\\_costo\\_beneficio.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/03_análisis_costo_beneficio.pdf).

**DEFINICIÓN.** *Definición.* [En línea] 2021. [Citado el: 28 de 12 de 2021.] <https://definición.de/vastago/>.

**CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.** *El Derecho a la Alimentación en el Ecuador : Balance del Estado Alimentario de la Población Ecuatoriana desde una perspectiva de derechos humanos.* Ecuador : FIAN Ecuador, 2010.

**ENZ, M. & DACHLER, CH .** *Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono- y dicotiledóneas cultivadas. Escala BBCH extendida.* [En línea] 1998. [Citado el: 10 de 01 de 2022.] [https://www.agro.basf.es/Documents/es\\_files/pdf\\_1\\_files/services\\_files/descarga.pdf](https://www.agro.basf.es/Documents/es_files/pdf_1_files/services_files/descarga.pdf).

**FAO.** *El Cultivo Protegido en Clima Mediterráneo.* [En línea] Dirección de Producción y Protección Vegetal, Manual preparado por el Grupo de Cultivos Hortícolas, Capítulo 6, 2002. [Citado el: 18 de 10 de 2021.] <https://www.fao.org/3/s8630s/s8630s.pdf>. pp. 10-50

**FAO.** *La Huella Hídrica. AQUASTAT - Sistema mundial de información de la FAO sobre el agua en la agricultura.* [En línea] 2013. [Citado el: 12 de 12 de 2022.] <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s02.pdf>. pp. 10-45

**FAO, Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación.** *El cultivo protegido del Mediterráneo.* Roma : Estudio FAO Producción y Protección Vegetal, 2009. pp. 2-50

**FUNDACIÓN MAQUITA CUSHUNCHIC.** [En línea] [Citado el: 27 de 12 de 2021.] <https://maquita.com.ec/>.

**FUNDACIÓN AQUAE.** *Fotosíntesis de las plantas: ¿Cómo funciona?* [En línea] 2019. [Citado el: 16 de 12 de 2021.] <https://www.fundacionaquae.org/wiki/fotosíntesis-plantas/#:~:text=La%20fotos%C3%ADntesis%20es%20un%20proceso,y%20liberan%20di%C3%B3xido%20de%20carbono.>

**FUNDESYRAM.** Biblioteca Agroecológica. *Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental*. [En línea] 2016. [Citado el: 24 de 09 de 2021.] <https://fundesyram.info/>.

**GABRIEL SAAVEDRA DEL , R. et al.** *Manual de producción*. INIA. Chile : Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2017.pp. 5-20.

**GALVAN , G. et al.** *Fenología de la Lechuga (Lactuca sativa)*. [En línea] 02 de 08 de 2014. [Citado el: 10 de 10 de 2021.] <https://es.scribd.com/presentation/380568579/FENOLOGÍA-LECHUGA>.

**GARCÍA, M.** *Cultivo de lechuga*. [En línea] 2010. [Citado el: 29 de 11 de 2021.] [https://www5.uva.es/guía\\_docente/uploads/2012/446//1/Documento2.pdf](https://www5.uva.es/guía_docente/uploads/2012/446//1/Documento2.pdf).

**GRAGEDA, O. et al.** *South American agricultural science journals indexed in Scielo: Relationship with agricultural development indicators*. [En línea] 2012. [Citado el: 28 de 08 de 2021.] <https://www.redalyc.org/journal/2630/263064570013/html/>.

**GRANVAL, N. et al.** *Stimulation of lettuce productivity by manipulation of diurnal temperature and light*. [En línea] 2008. [Citado el: 26 de 11 de 2021.] <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/caracterización-lechuga-lactuca-sativa-t44527.htm>.

**HUBNER, F.** *Ficha Técnica. Spodoptera exigua - Gusano Soldado*. [En línea] 1808. [Citado el: 18 de 09 de 2021.] [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633036/Gusano\\_soldado\\_\\_spodoptera\\_exigua.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633036/Gusano_soldado__spodoptera_exigua.pdf).

**INECOL.** *Instituto de Ecología , A.C.* [En línea] 2015. [Citado el: 18 de 12 de 2021.] <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/996-evapotranspiración-proceso-esencial-e-invisible>.

**INFOAGRO.** *El Cultivo de lechuga*. [En línea] 29 de ABRIL de 2020. [Citado el: 27 de 10 de 2021.] <https://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>.

**INTAGRI.** *Sistema de Riego por Goteo. Fundamentos para un Diseño Eficiente del Sistema.* [En línea] 2008. [Citado el: 29 de 11 de 2021.] <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo>.

**JAPÓN, J.** *El Cultivo de lechuga.* [En línea] Publicación Extensión Agraria, 2000. [Citado el: 10 de 09 de 2021.] [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1977\\_10.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1977_10.pdf).

**LEAL, F.** *Fisiología Vegetal-Nutrición Mineral.* London : Segunda Edición, 2017.

**LENSACK, M. & IGLESIAS, N.** *Invernaderos Tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino (del paralelo 23 al 54).* [En línea] 2019. [Citado el: 25 de 11 de 2021.] [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_-\\_invernaderos.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_invernaderos.pdf). IPAF.

**LEÓN, J.** *Texto básico de riego tecnificado.* Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Chimborazo - Ecuador, 2008, pp. 2-24

**MALLAR, A.** La Lechuga. [En línea] 1978. [Citado el: 16 de 10 de 2021.] [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-8\\_\\_bibliografia\\_1.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-8__bibliografia_1.pdf).

**PRADOS, N.** *Invernaderos de Plástico manejo y tecnología.* Madrid.Barcelona.México : Mundi-Prensa, 2007, pp. 10-80

**S&P.** *El Blog de la ventilación eficiente.* [En línea] 09 de 04 de 2018. [Citado el: 28 de 12 de 2021.] <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/humedad-relativa-especifica-absoluta/>.

**SANDOVAL, G. & CARRASCO, C.** *Manual práctico del cultivo de la lechuga.* [www.mundiprensa.com](http://www.mundiprensa.com). [En línea] Mundi-Prensa, 2016. [Citado el: 10 de 11 de 2021.] [https://books.google.com.ec/books?id=t0sPDQAAQBAJ&pg=PA131&dq=Sandoval,+Gilda+Carrasco+%26+Claudio.+2016.+Manual+práctico+del+cultivo+de+la+lechuga.&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjDq9uaptL0AhX\\_TTABHUq9AdQQ6wF6BAgIEAE#v=onepage&q=Sandoval%20Gilda%20Carrasco%20](https://books.google.com.ec/books?id=t0sPDQAAQBAJ&pg=PA131&dq=Sandoval,+Gilda+Carrasco+%26+Claudio.+2016.+Manual+práctico+del+cultivo+de+la+lechuga.&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjDq9uaptL0AhX_TTABHUq9AdQQ6wF6BAgIEAE#v=onepage&q=Sandoval%20Gilda%20Carrasco%20). ISBN:978-84-8476-672-8.

**SERCH, J.** *Hidráulica Fácil.* [En línea] 12 de 07 de 2016. [Citado el: 22 de 12 de 2021.] <https://www.hidraulicafacil.com/2016/07/que-es-el-riego-localizado.html#:~:text=El%20riego%20localizado%20es%20la,restrictida%20del%20volume>

n%20de%20ra%C3%ADces.&text=Estos%20sistemas%20que%20ahorran%20agua,la%20salin  
izaci%C3%B3n%20de%20los%20suelos.

**SIGAGRO, M.** *Experiencias en el manejo integrado de recursos naturales en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador.* [En línea] SANREM CRSP, 11 de 2010. [Citado el: 12 de 09 de 2021.] <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56531.pdf>.

**SMART, R. & BINGHAM, G.** *Rapid Estimates of Relative Water Content.* [En línea] Plant Physiology, 1974. [Citado el: 01 de 12 de 2021.] <https://doi.org/10.1104>, pp.53-258

**SOCIETY, THE AMERICAN PHYTOPATHOLOGICAL.** *Plagas y enfermedades de la lechuga.* New York : Mundi-Prensa, 2001, pp. 20-38

**SONOMA, M.** Nutricontrol. *Humedad relativa en invernadero.* [En línea] 29 de 01 de 2020. [Citado el: 28 de 10 de 2021.] <https://nutricontrol.com/es/la-humedad-relativa-en-invernadero/>.

**SONOMA, M.** Nutricontrol. *(Entrada de Blog) Humedad y temperatura.* [En línea] 27 de 01 de 2020. [Citado el: 18 de 09 de 2021.] [https://nutricontrol.com/es/la-importancia-de-la-temperatura-para-el-cultivo-en-invernadero/#:~:text=Entre%20los%20factores%20clim%C3%A1ticos%20que,de%20temperatura%20para%20distintas%20especies\).](https://nutricontrol.com/es/la-importancia-de-la-temperatura-para-el-cultivo-en-invernadero/#:~:text=Entre%20los%20factores%20clim%C3%A1ticos%20que,de%20temperatura%20para%20distintas%20especies).)

**VÁZQUEZ, G.** *Manejo del Clima en los Invernaderos.* [En línea] Intagri. Curso de Capacitación (Blog), 2014. [Citado el: 16 de 11 de 2021.] <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/%20%20principios-básicos-para-el-manejo-climático-de-invernaderos>.

**VEGA, A.** *Manejo y mantimimiento de invernaderos.* [En línea] Ediciones Mundi-Empresas, 2017. [Citado el: 14 de 11 de 2021.] [https://books.google.com.ec/books?id=n6s2DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Vega,+Alberto+Moreno.+2017.+Manejo+y+mantenimiento+de+invernaderos&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Vega%2C%20Alberto%20Moreno.%202017.%20Manejo%20y%20mantenimiento%20de%20invernad](https://books.google.com.ec/books?id=n6s2DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Vega,+Alberto+Moreno.+2017.+Manejo+y+mantenimiento+de+invernaderos&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Vega%2C%20Alberto%20Moreno.%202017.%20Manejo%20y%20mantenimiento%20de%20invernad).

**ZOILO, S.** *Construcción de Invernaderos.* [En línea] Mundi-Prensa, 2005. [Citado el: 18 de 11 de 2021.]

[https://books.google.com.ec/books?id=GIip3Q7T9mEC&printsec=frontcover&dq=Zoilo,+Serrano+Cerme%20B1o.+2005.+Construccion+de+Invernaderos&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Zoilo%20Serrano%20Cerme%20B1o.%202005.%20Construccion%20de%20Invernaderos&f=fal](https://books.google.com.ec/books?id=GIip3Q7T9mEC&printsec=frontcover&dq=Zoilo,+Serrano+Cerme%20B1o.+2005.+Construccion+de+Invernaderos&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Zoilo%20Serrano%20Cerme%20B1o.%202005.%20Construccion%20de%20Invernaderos&f=fal).



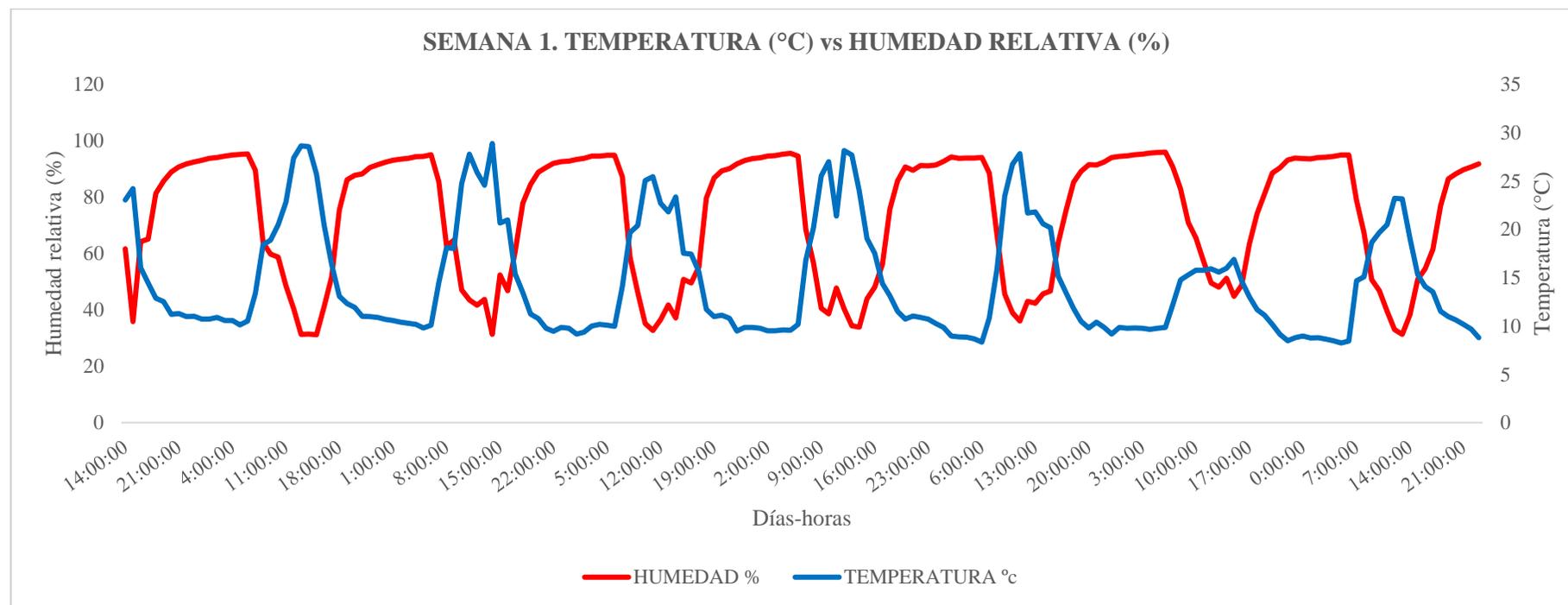
Ing. Cristhian Castille



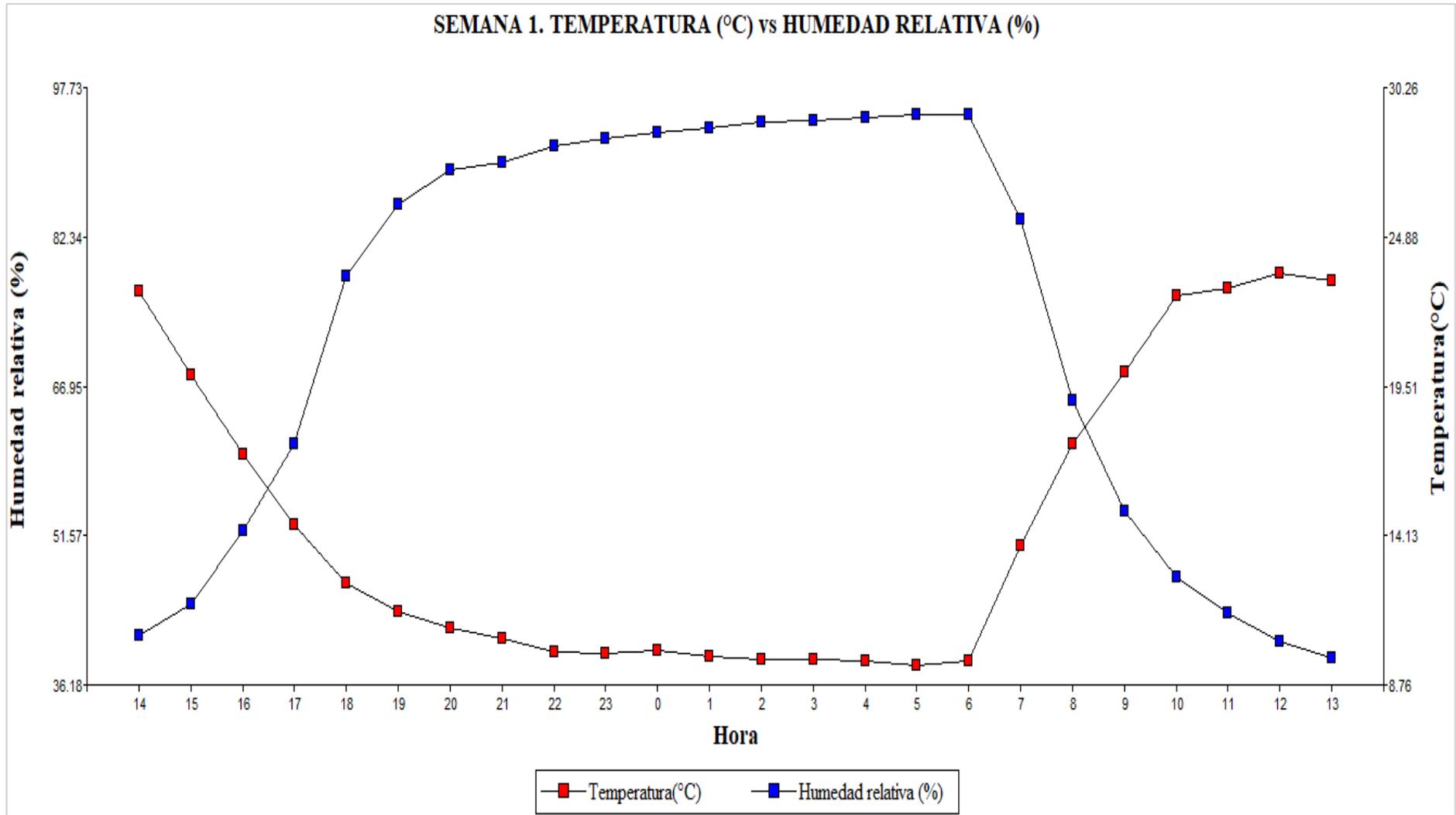
## ANEXOS

### ANEXO A: COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA PRIMERA SEMANA-INVERNADERO CLIMATIZADO.

Variable	n	Media	D.E.	Mínimo	Máximo
Temperatura	179	14,59	5,78	8,24	28,88
Humedad relativa	179	73,32	22,27	31,18	95,95



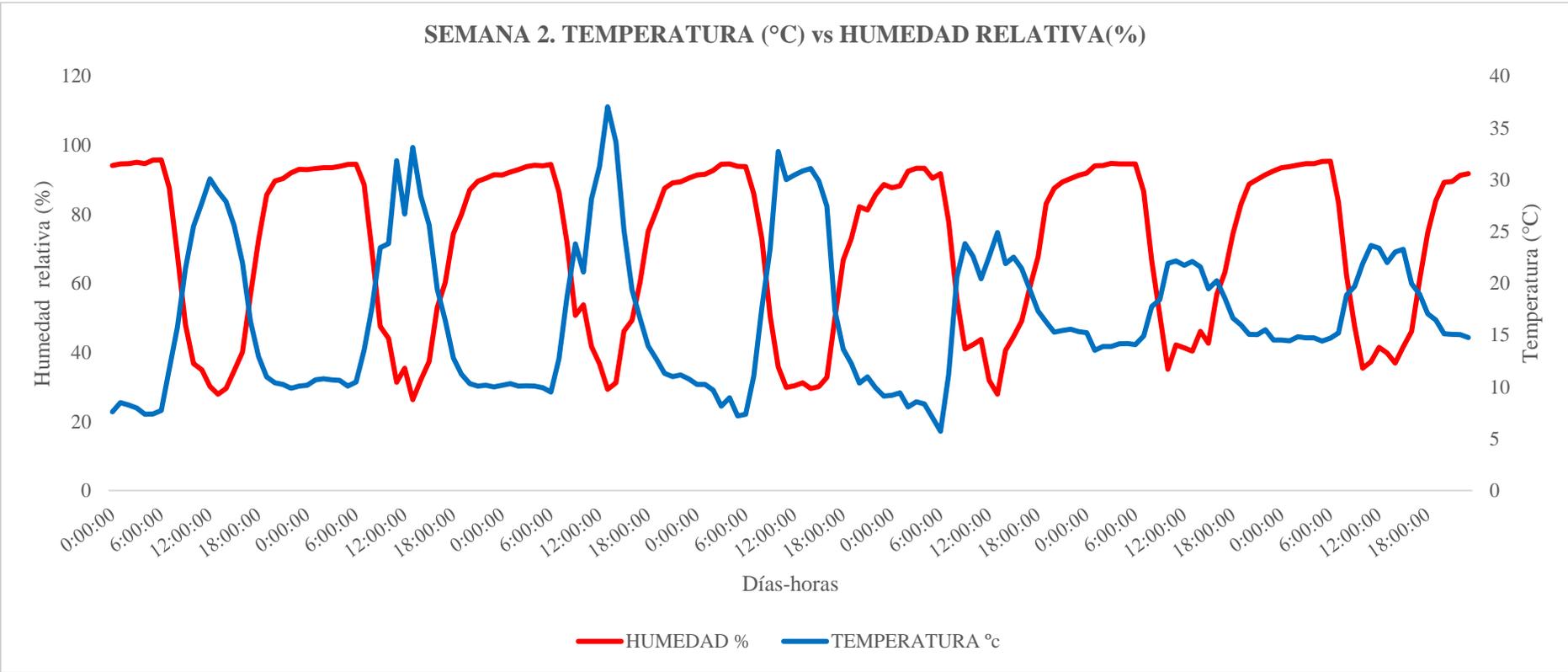
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



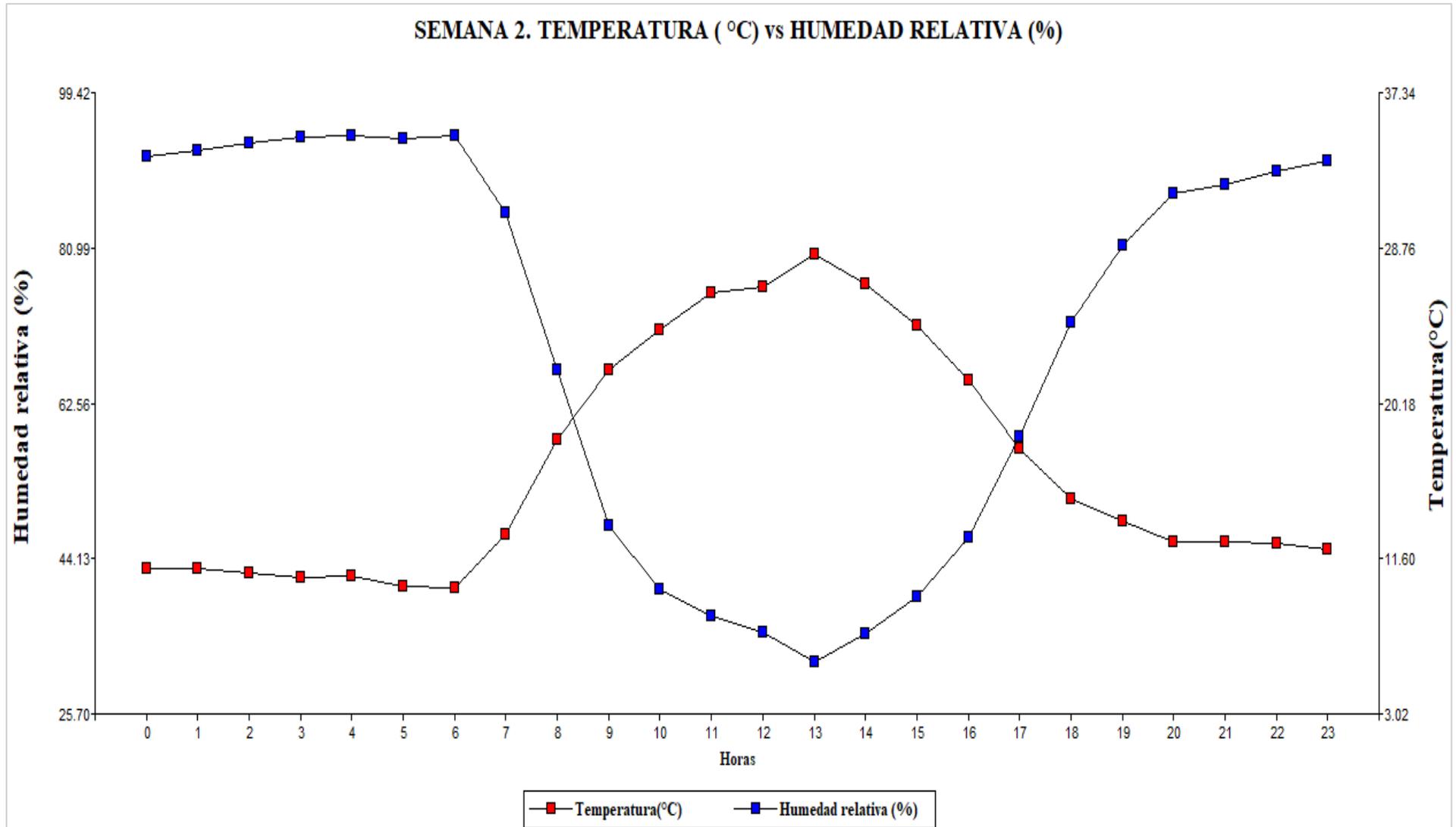
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**ANEXO B: COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA SEGUNDA SEMANA-INVERNADERO CLIMATIZADO**

Variable	n	Media	D.E.	Mínimo	Máximo
Temperatura	179	16,72	6,98	5,72	37,04
Humedad relativa	179	70,43	24,23	26,31	95,73



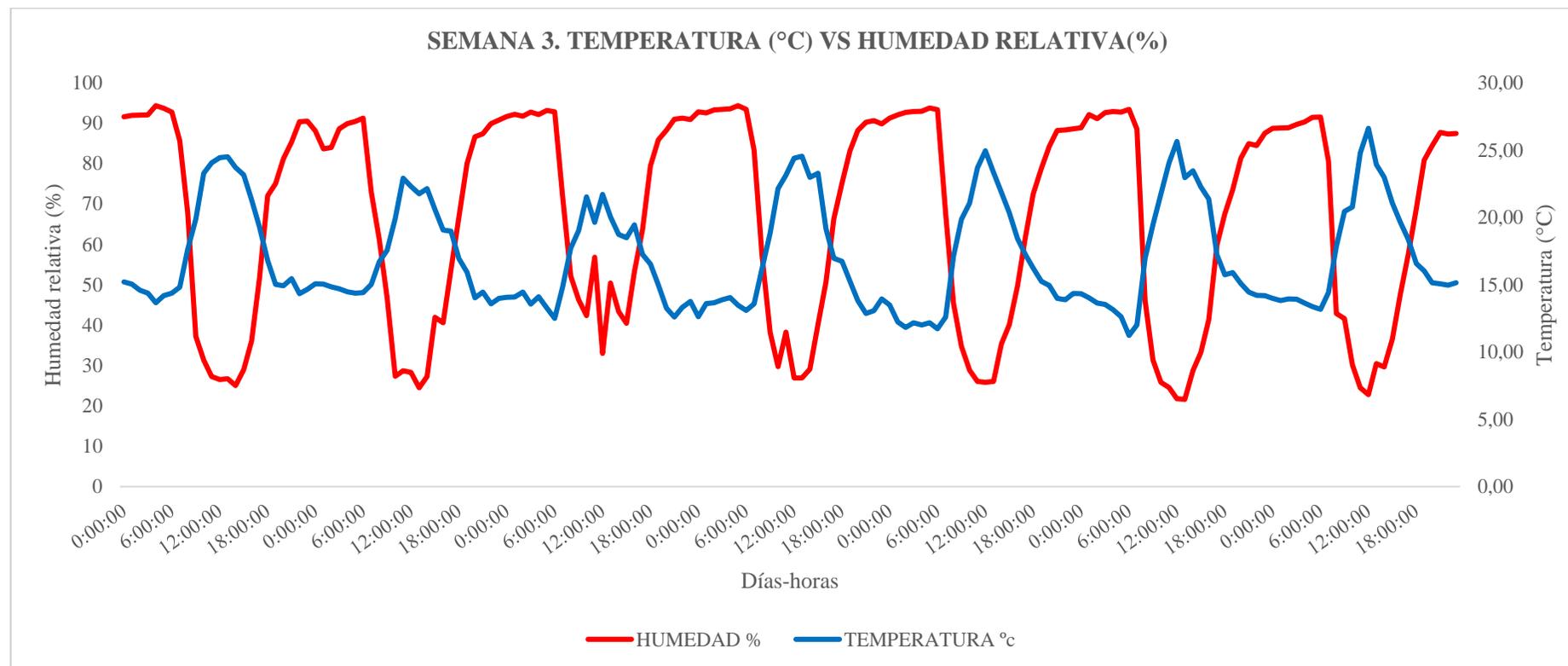
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



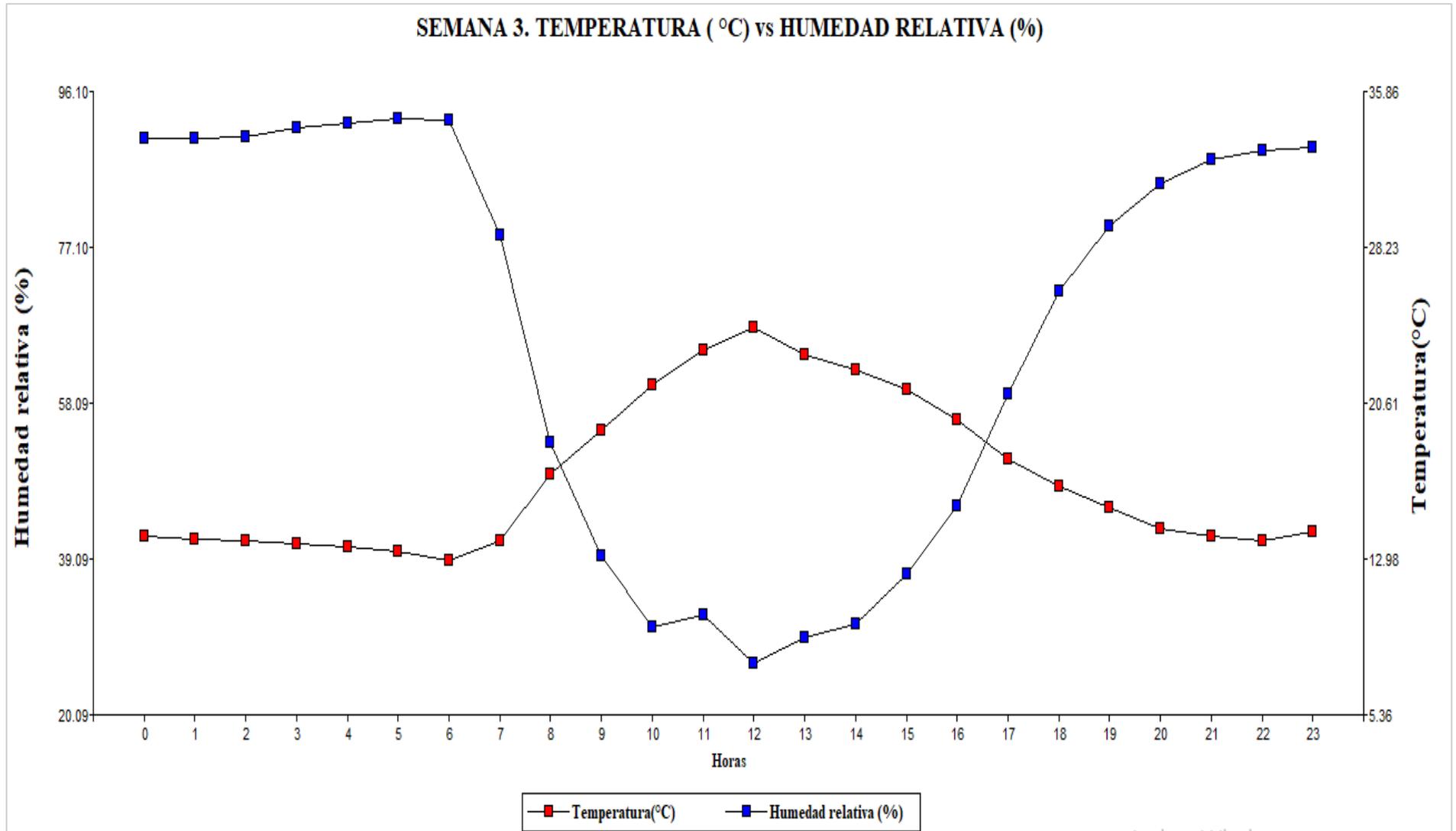
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**ANEXO C: COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA TERCERA SEMANA- INVERNADERO CLIMATIZADO.**

Variable	n	Media	D.E.	Mínimo	Máximo
Temperatura	168	16,99	3,86	11,23	26,61
Humedad relativa	168	66,94	25,93	21,60	94,31



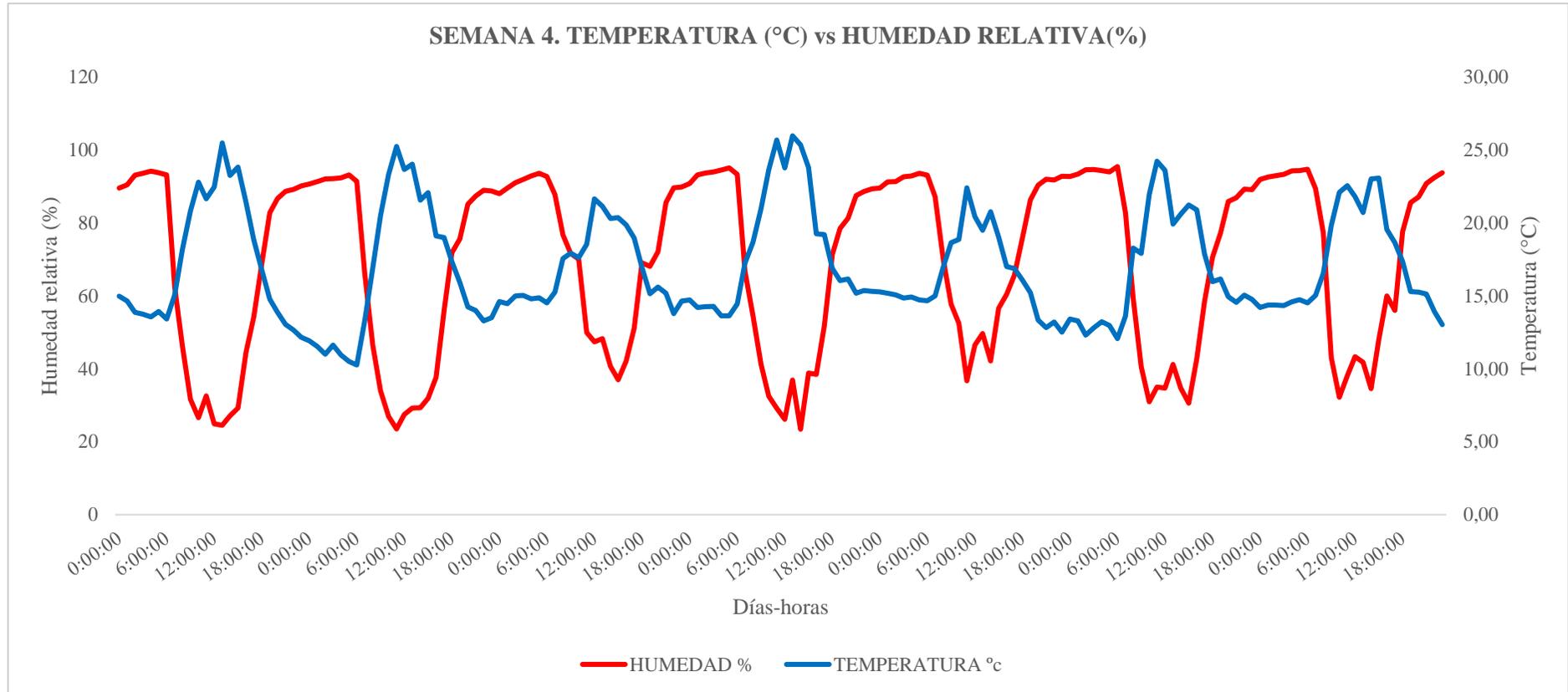
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



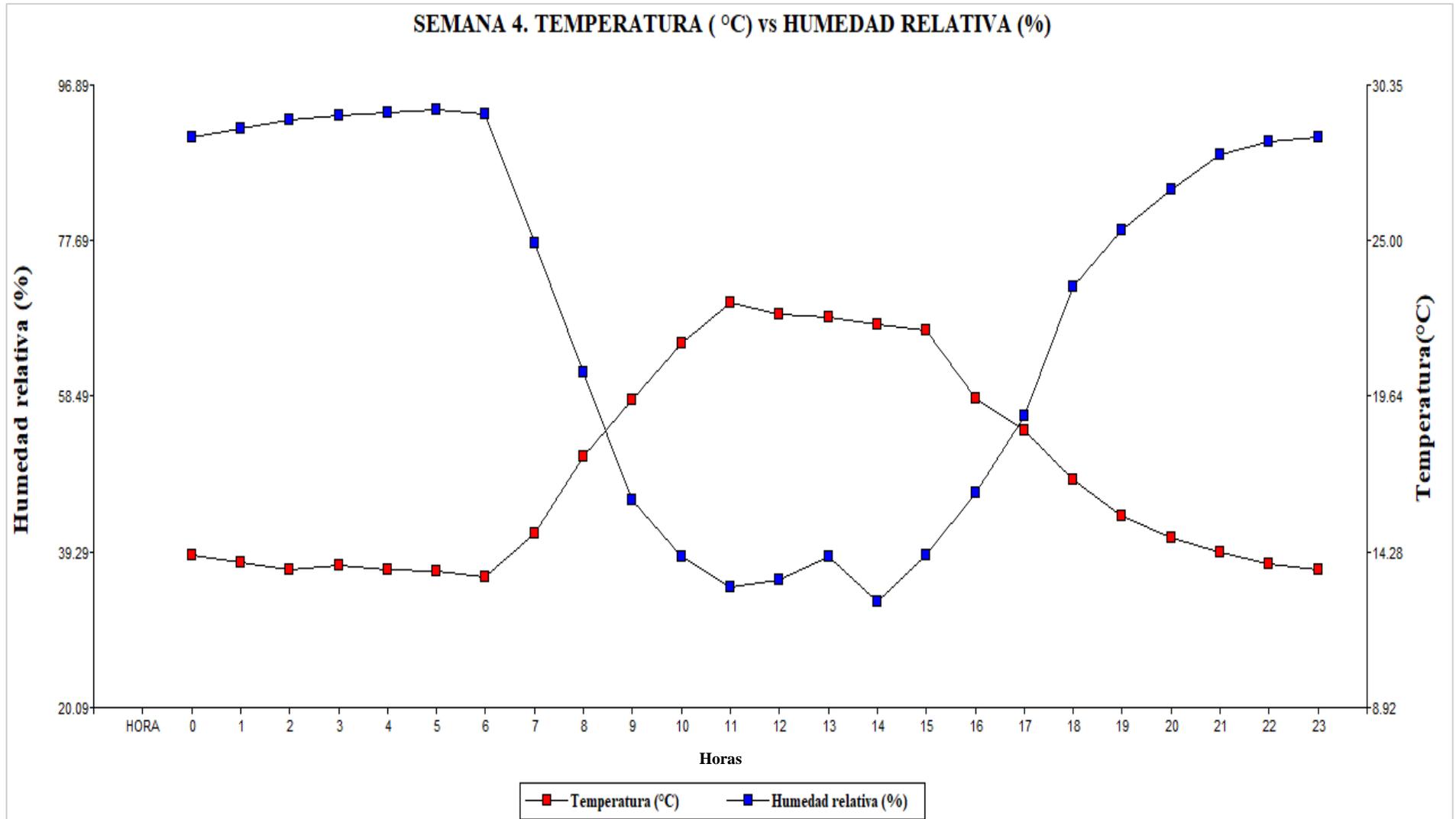
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**ANEXO D: COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA CUARTA SEMANA-INVERNADERO CLIMATIZO.**

Variable	n	Media	D.E.	Mínimo	Máximo
Temperatura	168	17,01	3,76	10,25	25,95
Humedad relativa	168	69,14	24,54	23,41	95,36



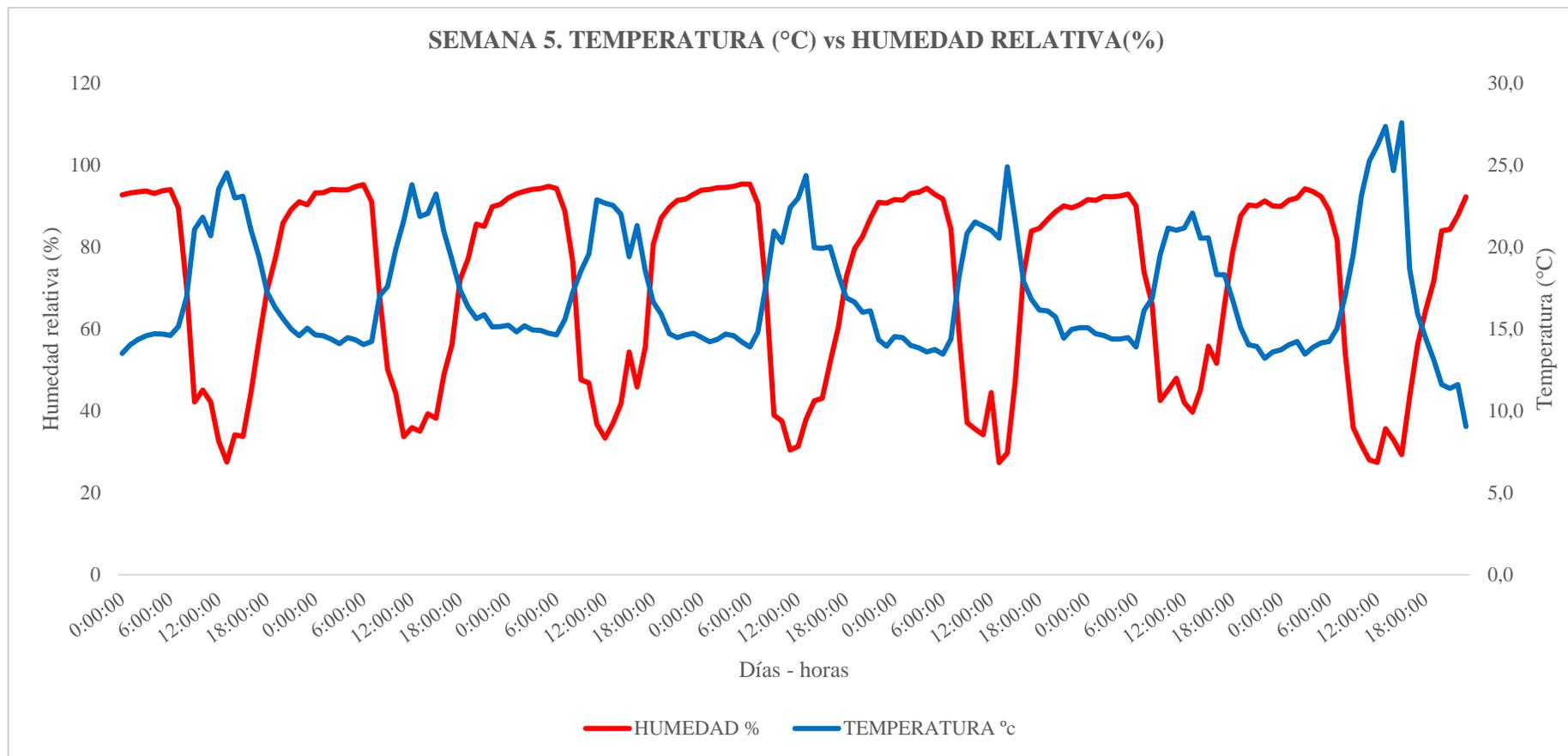
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



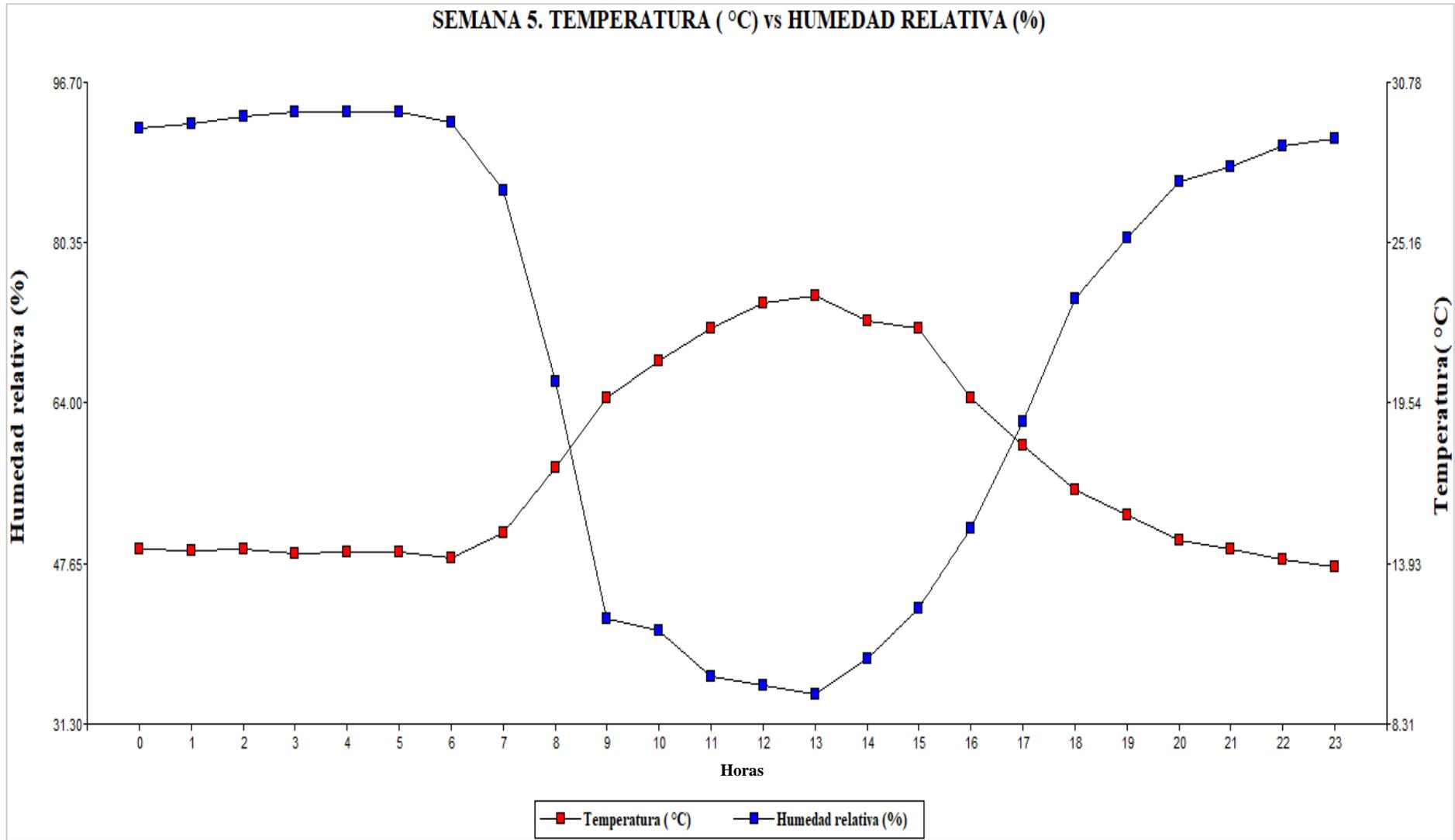
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**ANEXO E: COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA QUINTA SEMANA-INVERNADERO CLIMATIZO.**

Variable	n	Media	D.E.	Mínimo	Máximo
Temperatura	168	17,22	3,63	9,04	27,56
Humedad relativa	168	70,72	23,89	27,34	95,27



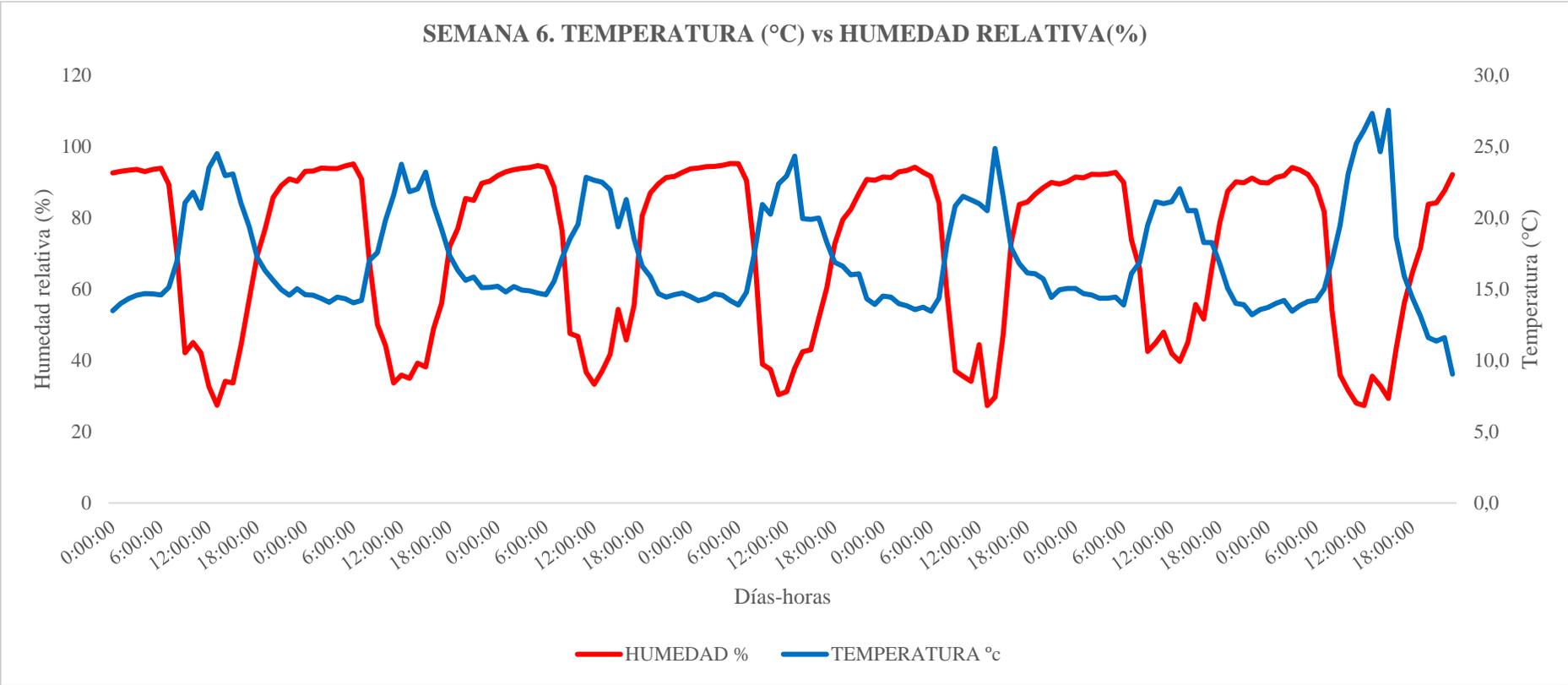
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



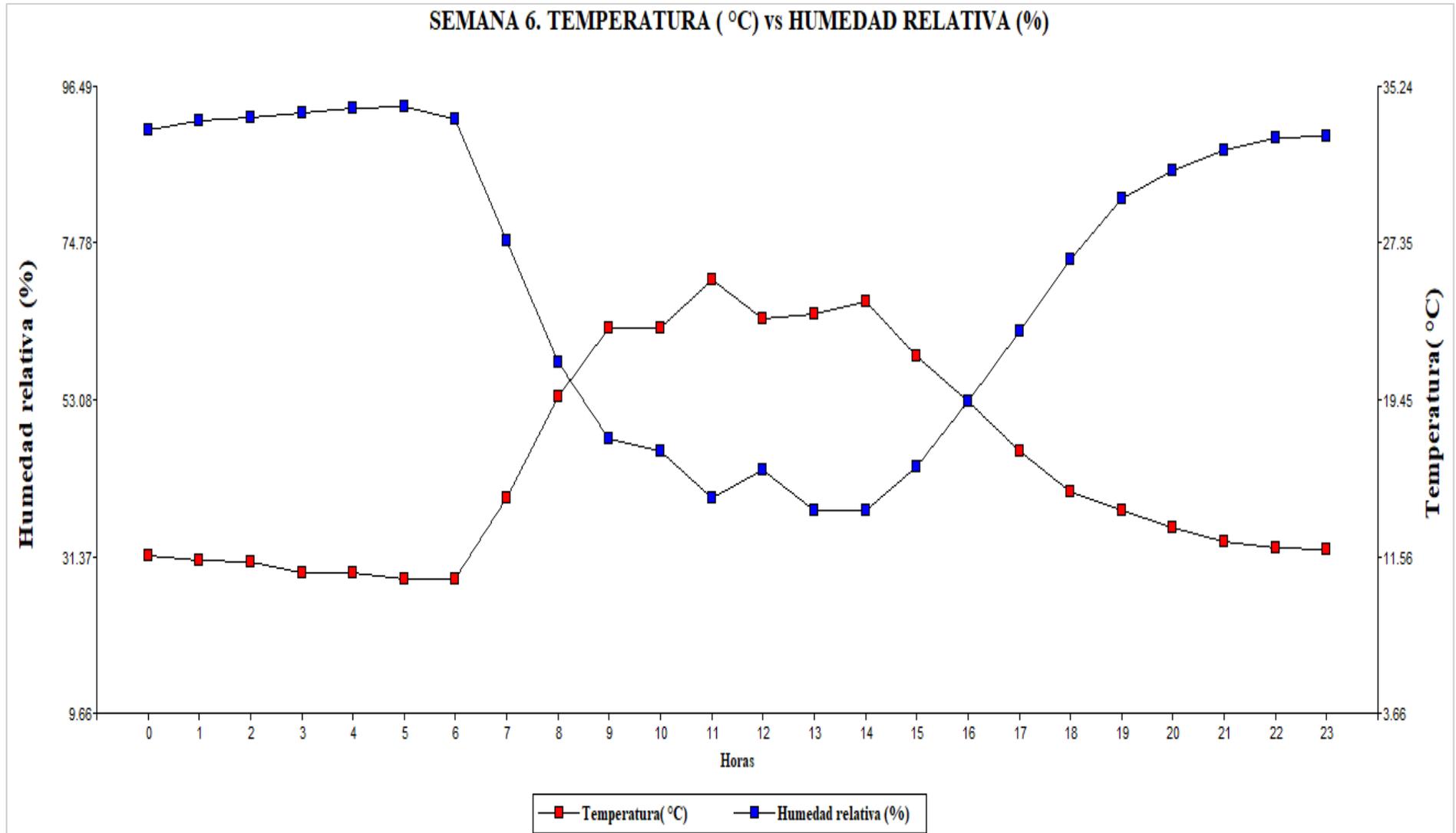
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**ANEXO F: COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA SEXTA SEMANA-INVERNADERO CLIMATIZO.**

Variable	n	Media	D.E.	Mínimo	Máximo
Temperatura	168	16,24	6,23	3,44	32,68
Humedad relativa	168	70,65	22,38	23,77	94,70



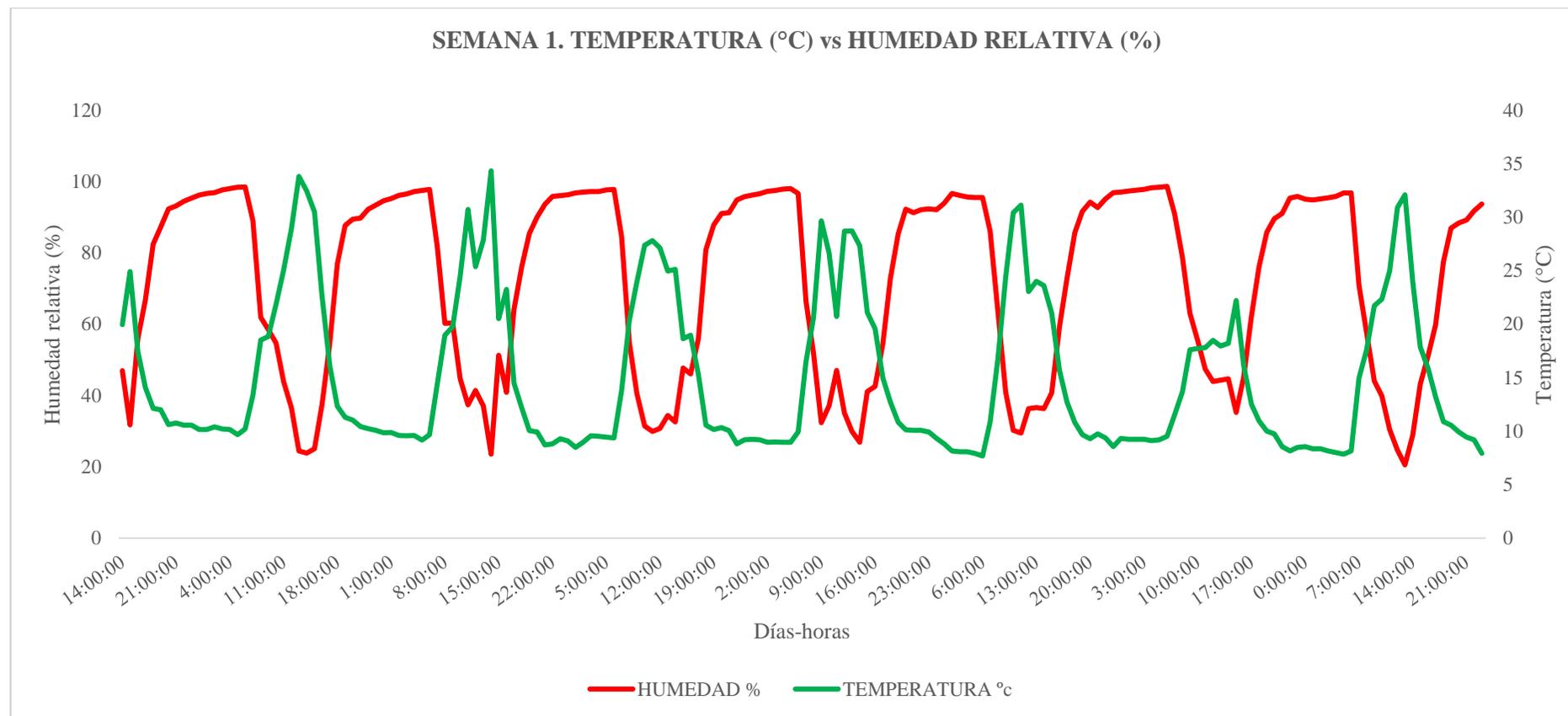
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



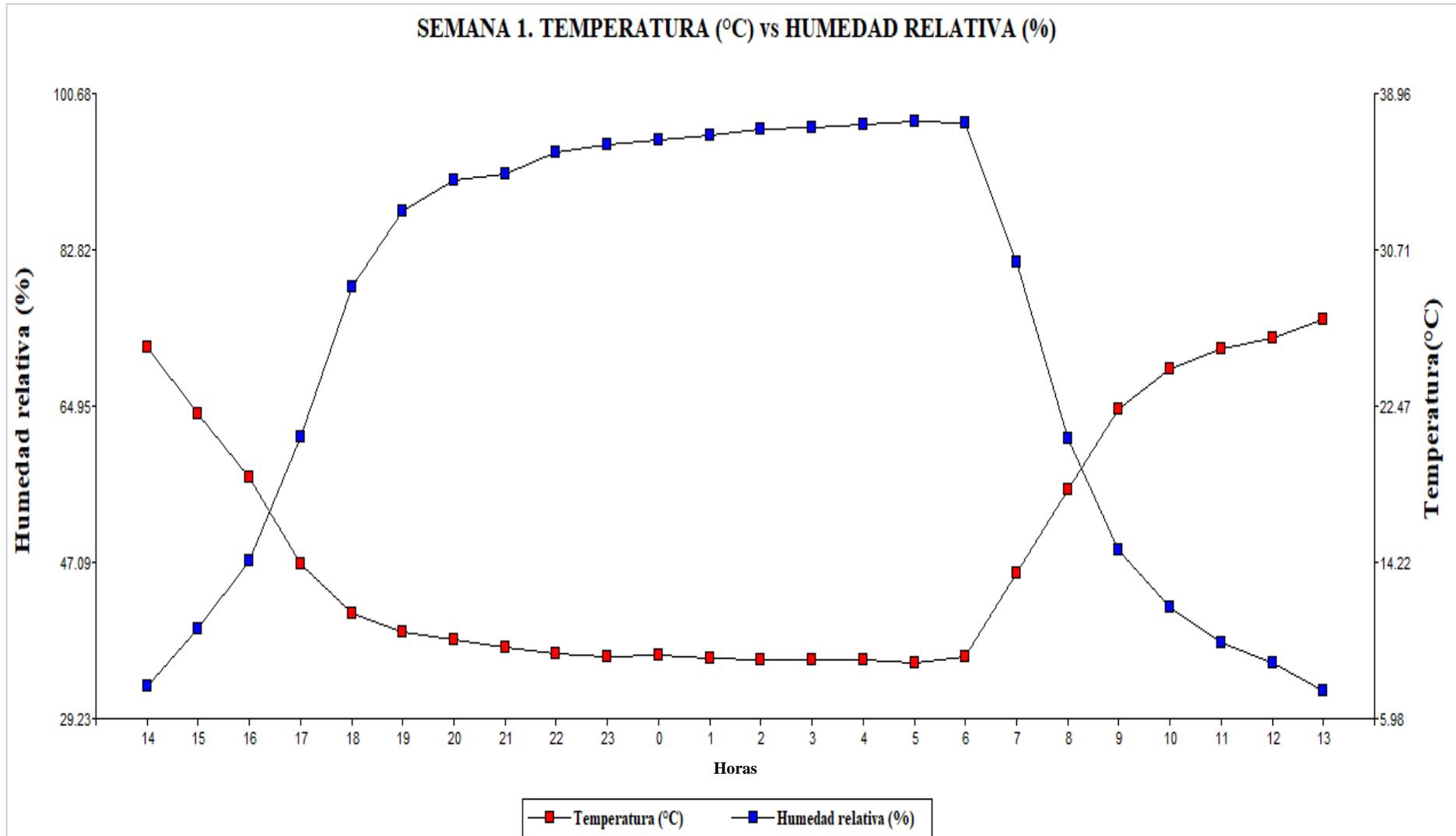
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**ANEXO G: COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA PRIMERA SEMANA-INVERNADERO TRADICIONAL**

Variable	n	Media	D.E.	Mínimo	Máximo
Temperatura	178	15,03	7,18	7,68	34,32
Humedad relativa	178	72,21	25,80	20,55	98.60



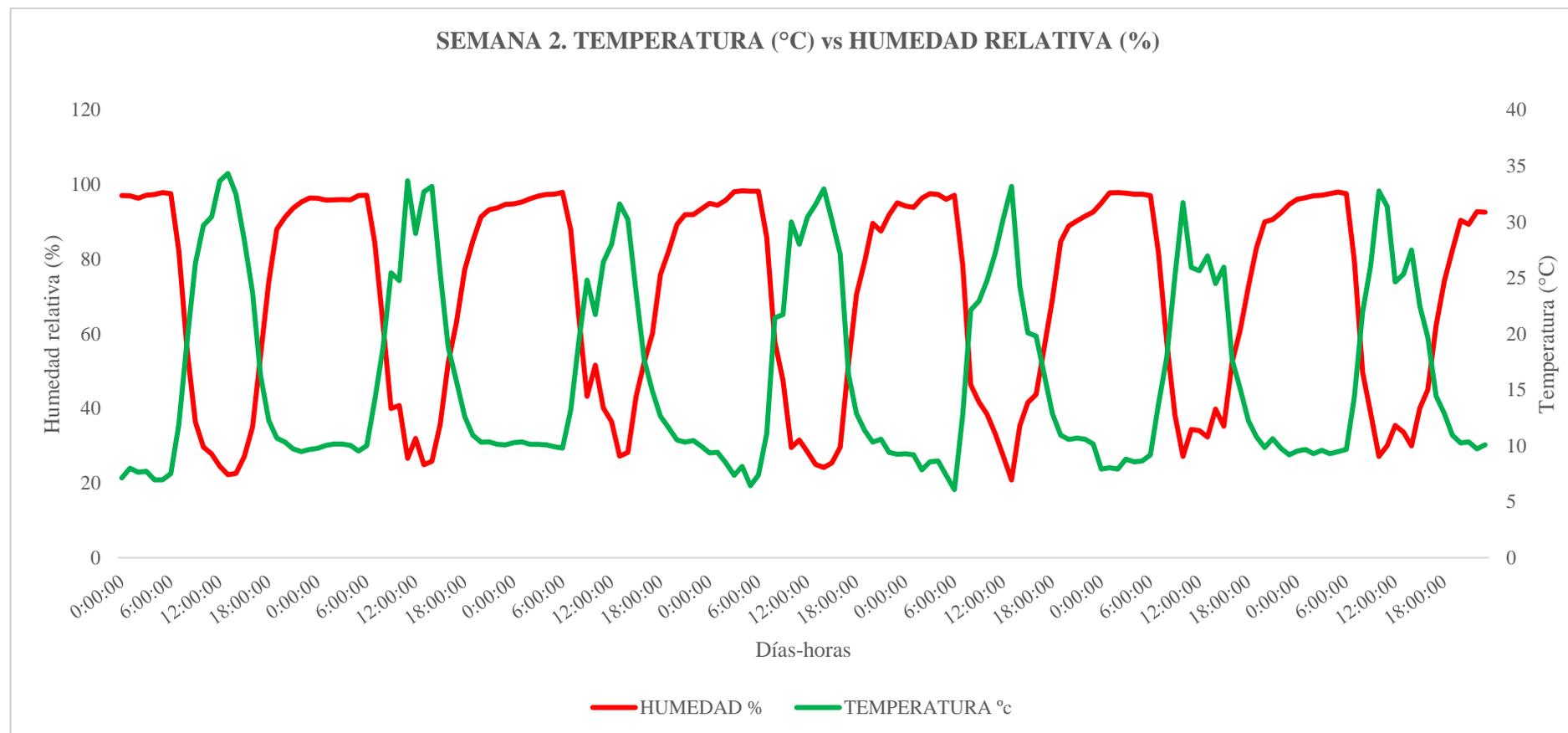
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



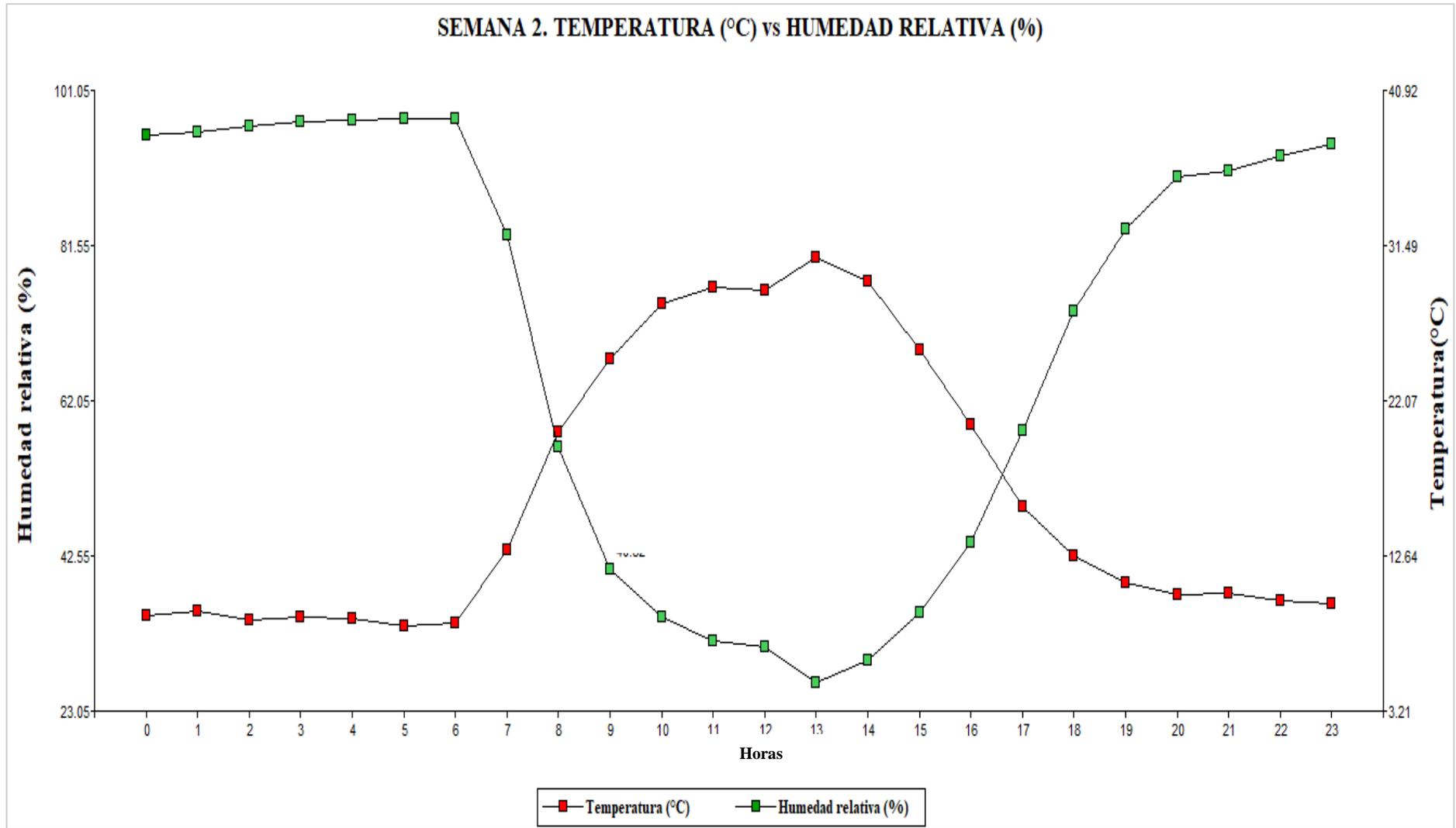
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**ANEXO H: COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA SEGUNDA SEMANA-INVERNADERO TRADICIONAL**

Variable	n	Media	D.E.	Mínimo	Máximo
Temperatura	168	16,28	8,45	6,08	34,32
Humedad relativa	168	69,76	27,80	20,84	98,31



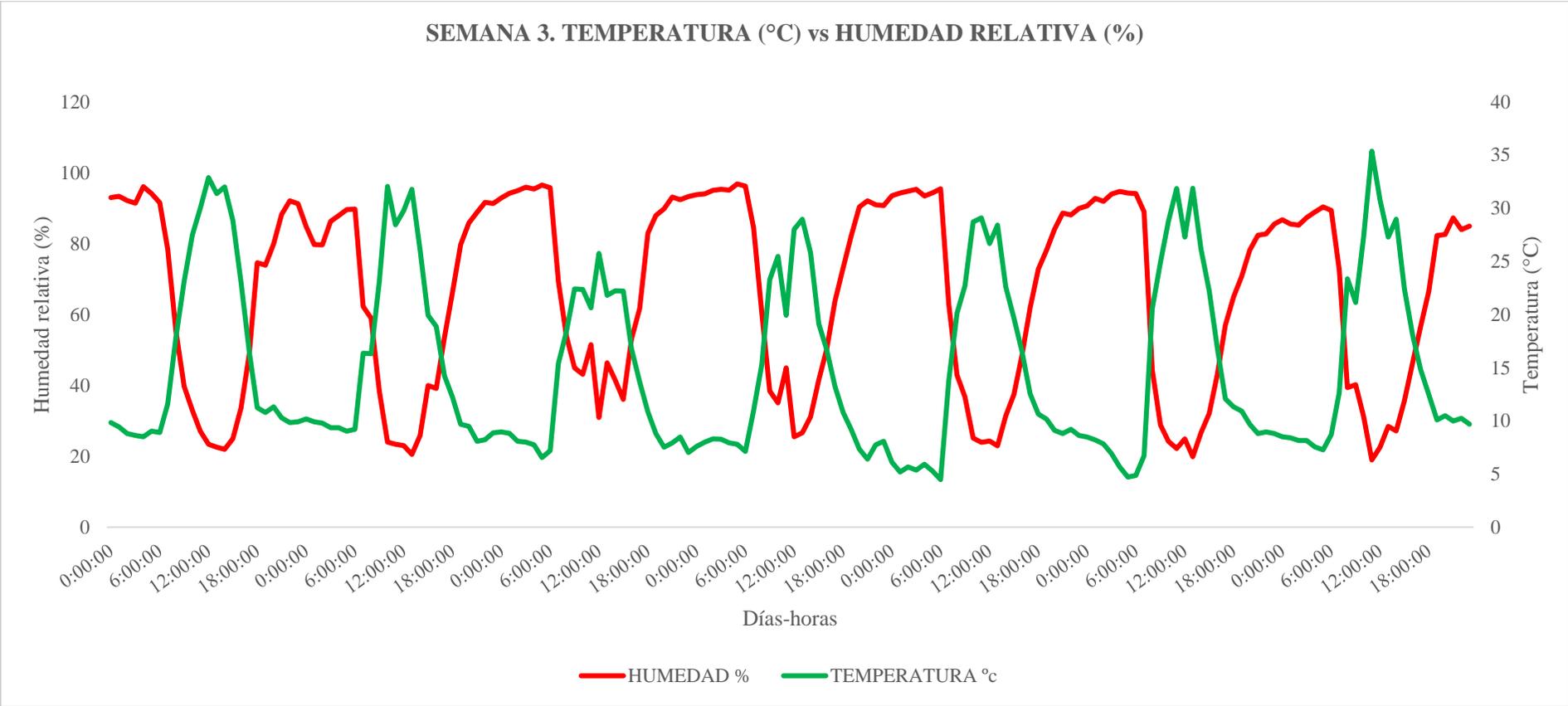
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



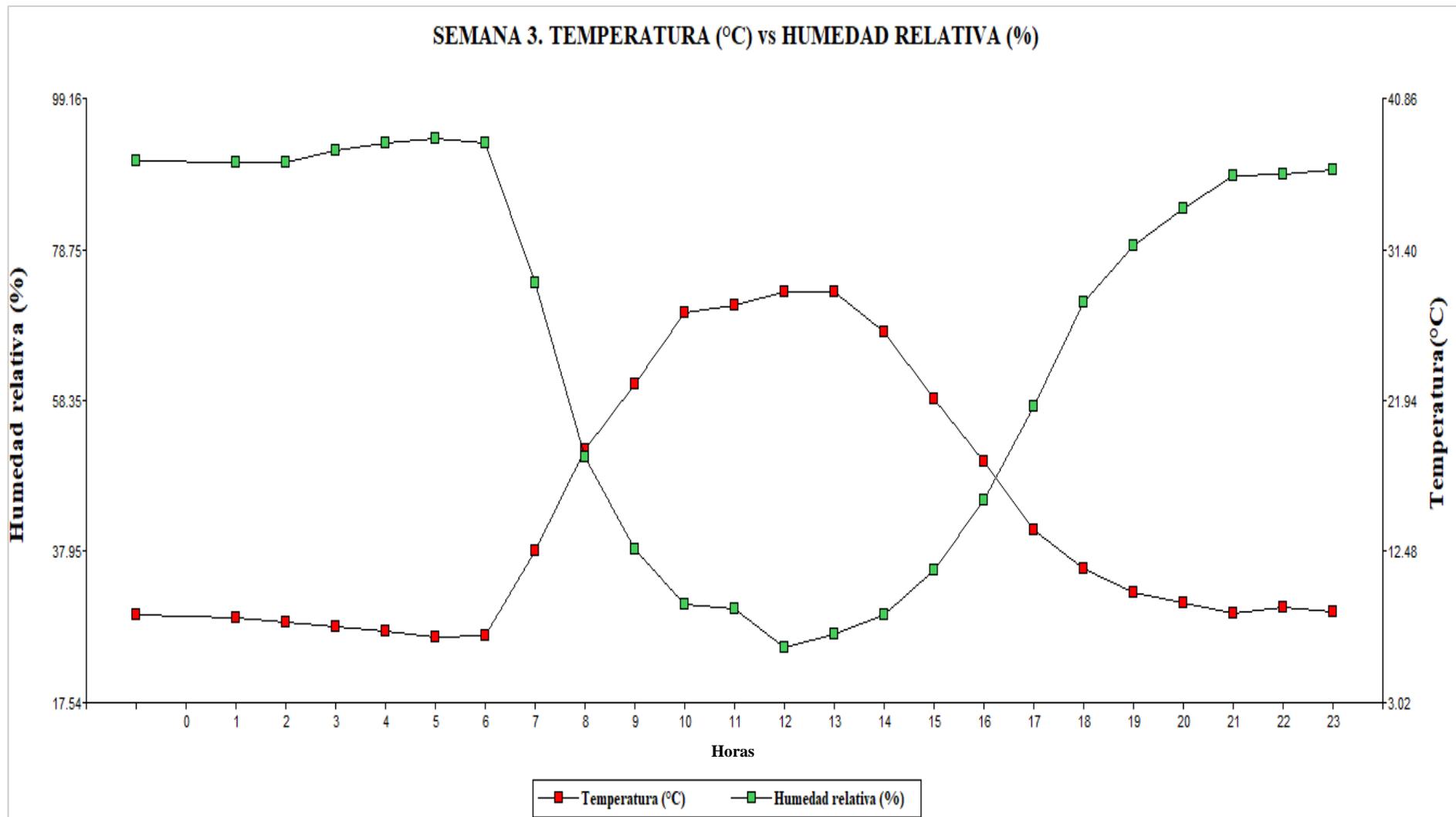
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**ANEXO I: COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA TERCERA SEMANA- INVERNADERO TRADICIONAL.**

Variable	n	Media	D.E.	Mínimo	Máximo
Temperatura	168	14,95	8,28	4,48	35,36
Humedad relativa	168	66,24	26,88	18,98	96,83



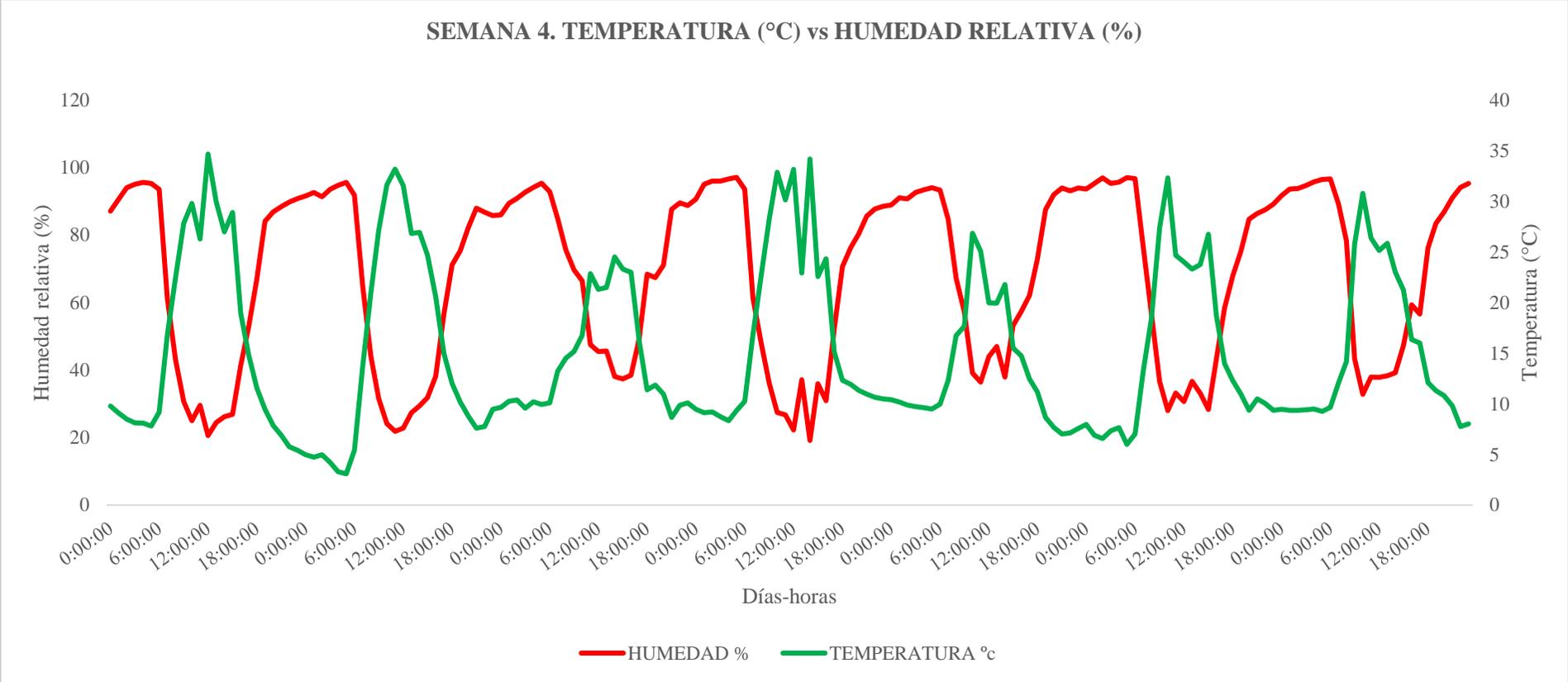
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

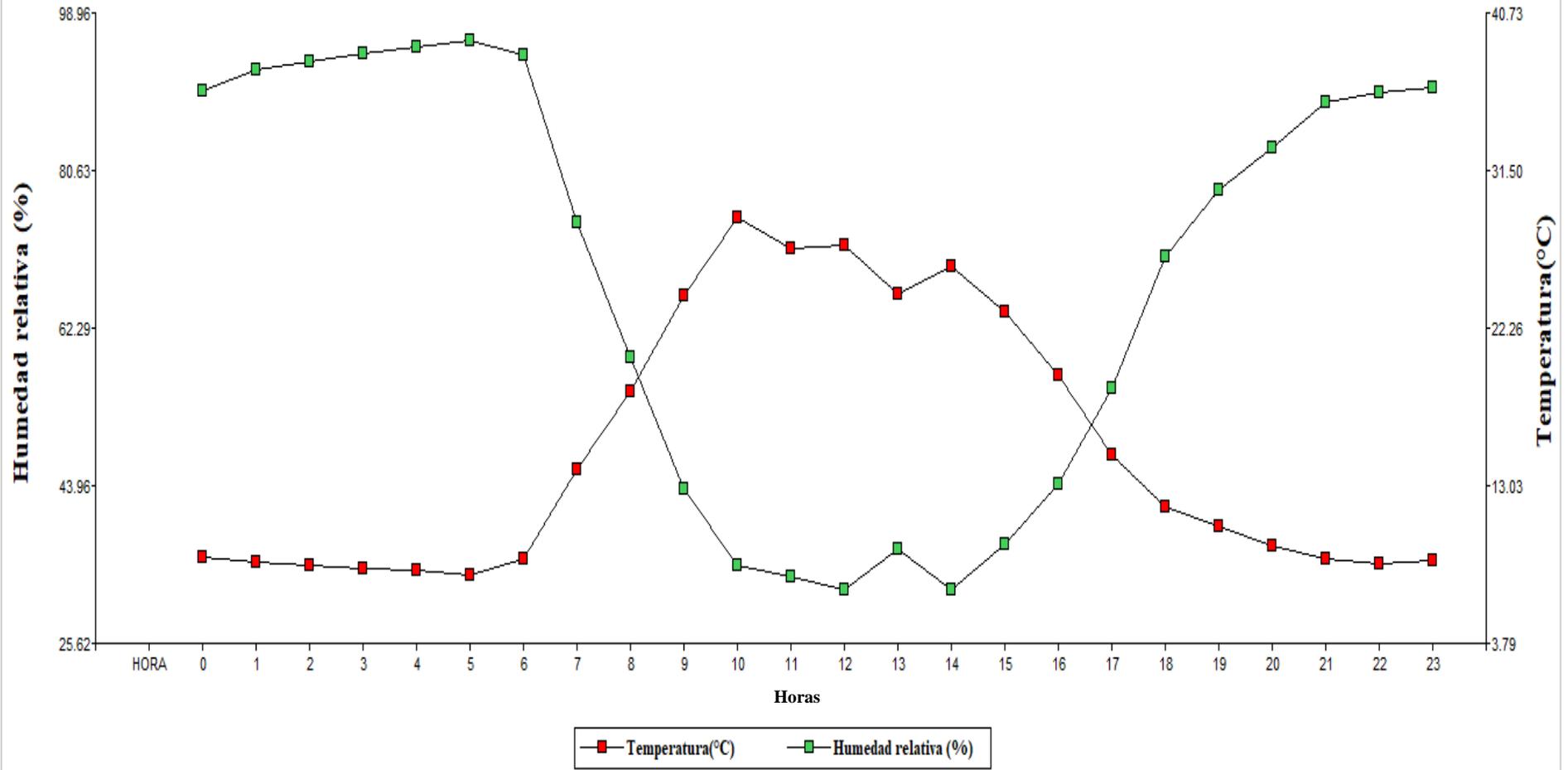
**ANEXO J: COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA CUARTA SEMANA-INVERNADERO TRADICIONAL.**

Variable	n	Media	D.E.	Mínimo	Máximo
Temperatura	168	15,14	8,07	3,08	34,64
Humedad relativa	168	68,23	25,82	19,12	97,01



Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

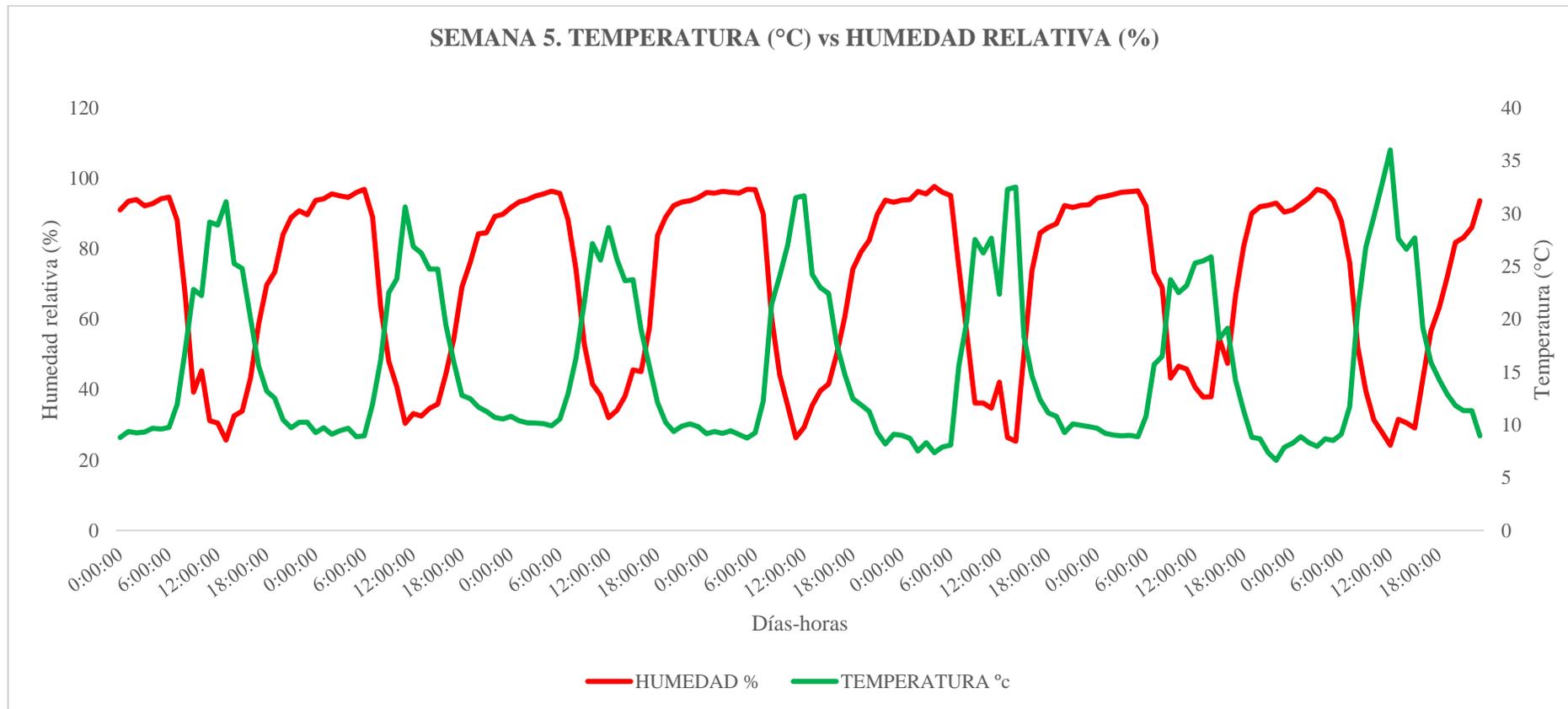
SEMANA 4. TEMPERATURA (°C) vs HUMEDAD RELATIVA (%)



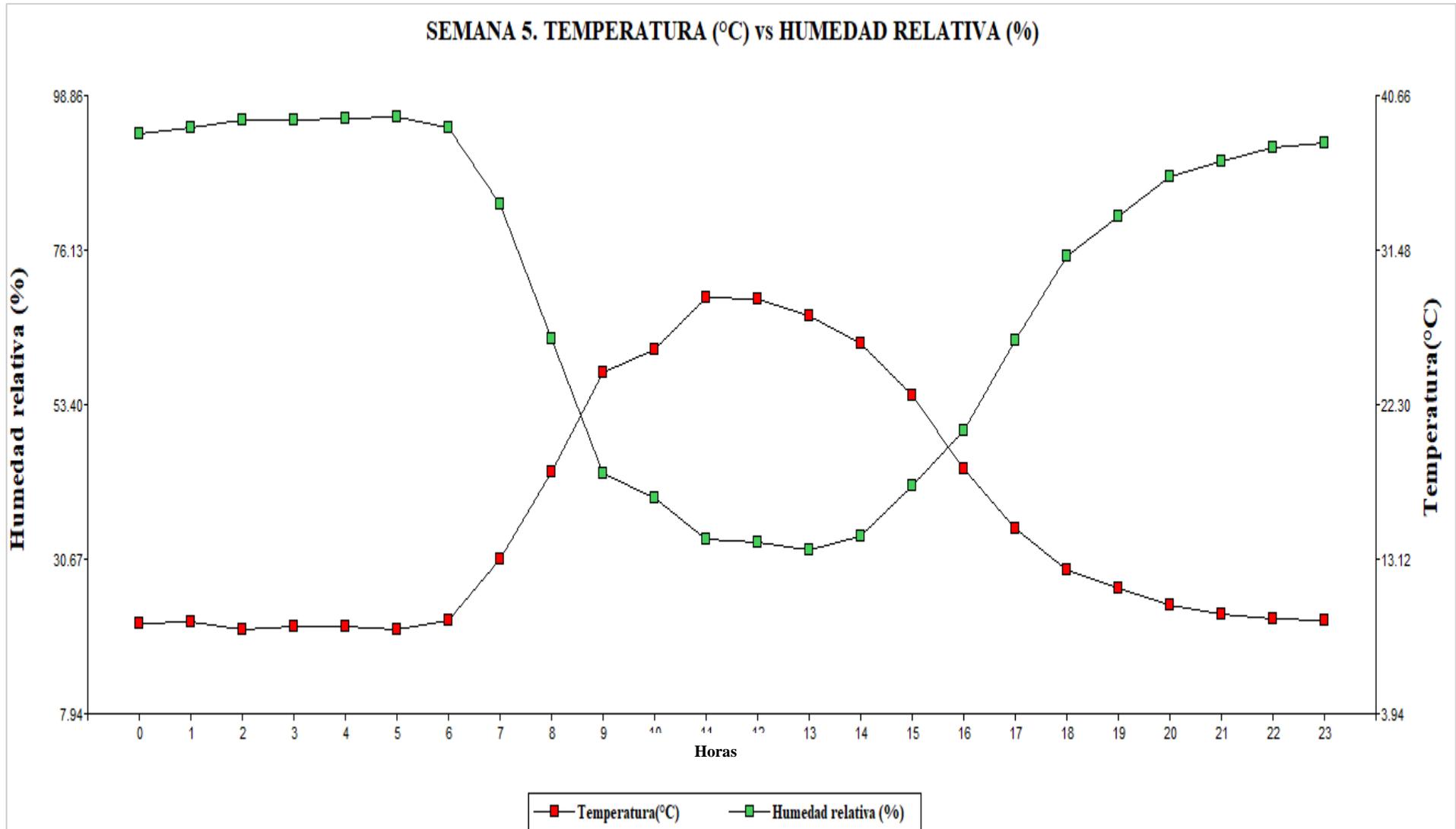
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**ANEXO K: COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA CUARTA SEMANA- INVERNADERO TRADICIONAL.**

Variable	n	Media	D.E.	Mínimo	Máximo
Temperatura	168	15,65	7,59	6,64	36,04
Humedad relativa	168	70,61	25,30	24,19	97,73



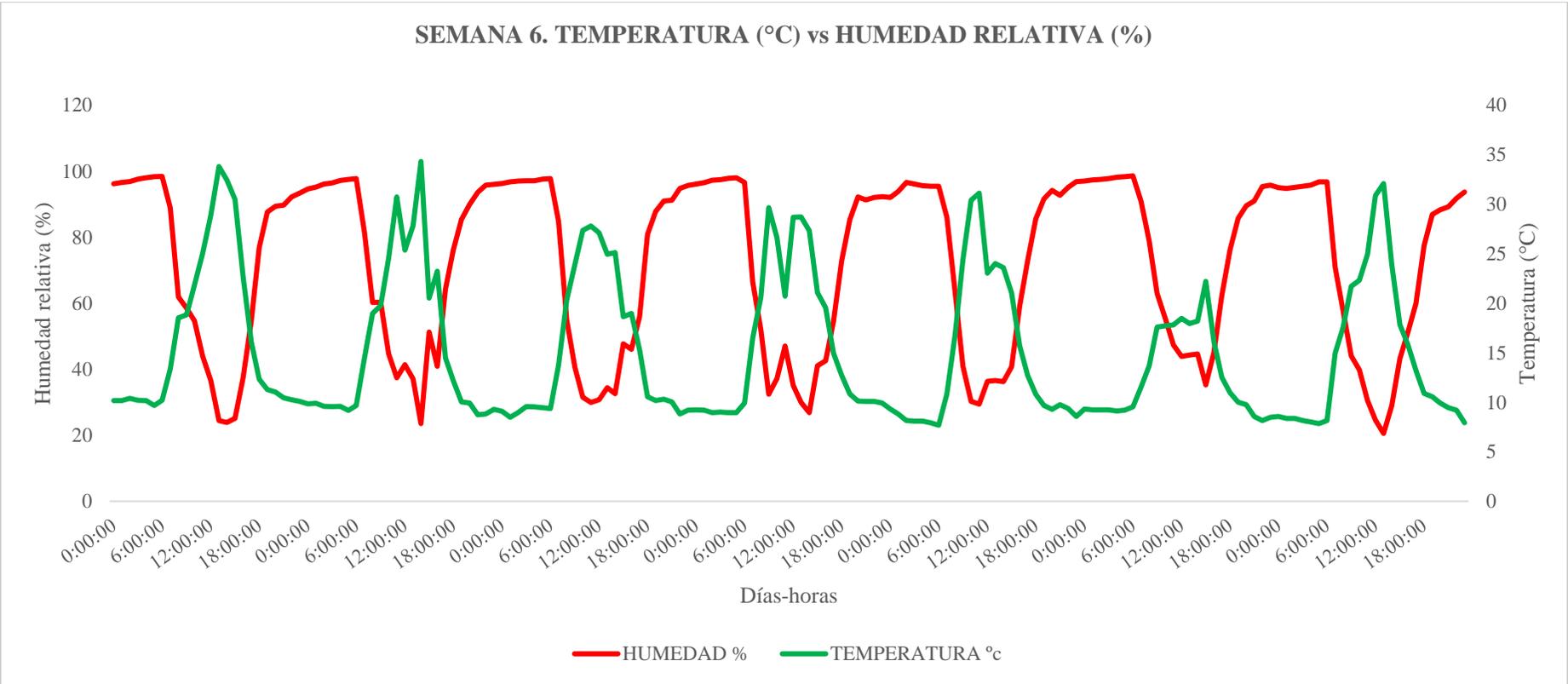
Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022



Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

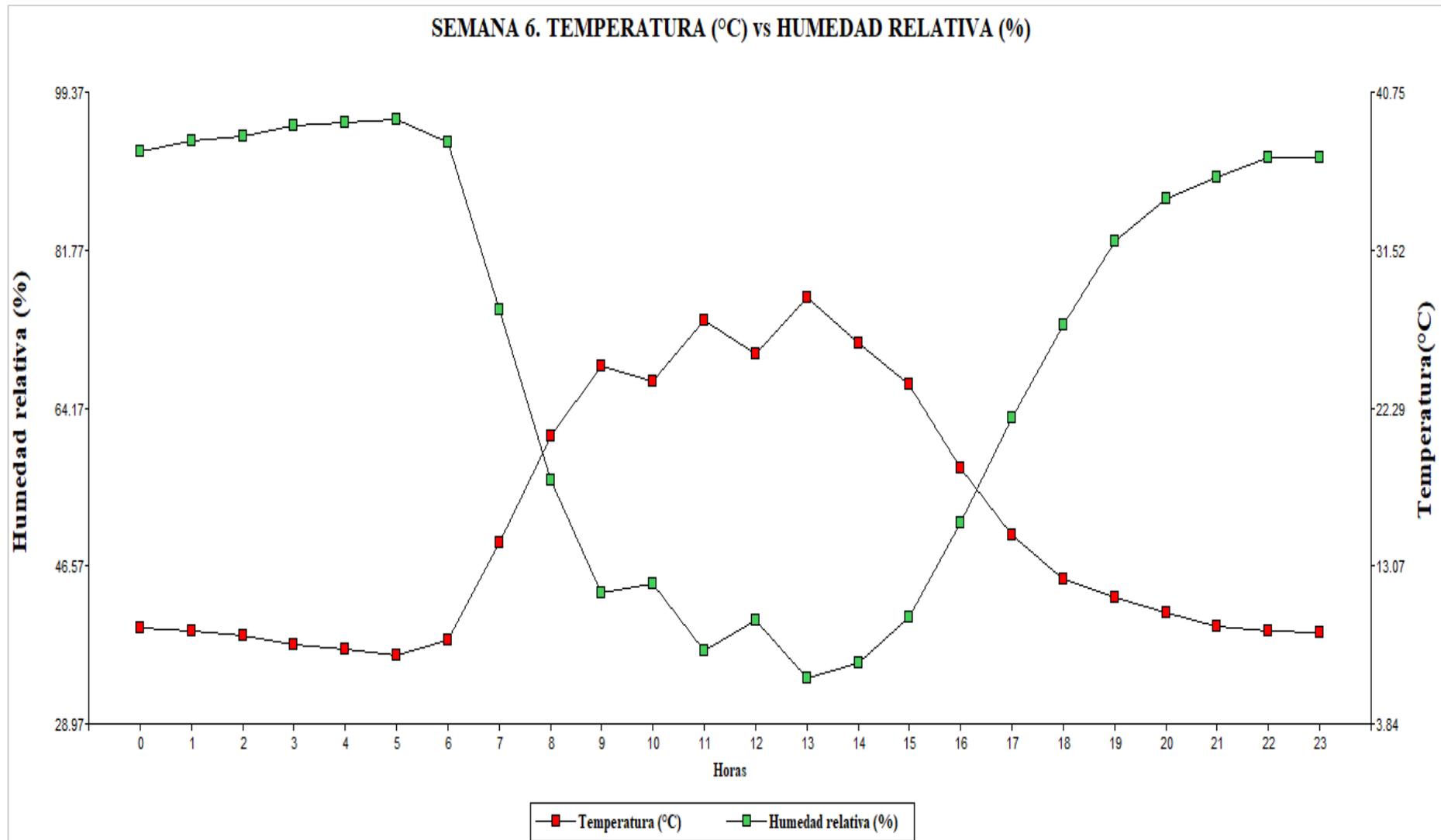
**ANEXO L: COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA CUARTA SEXTA-INVERNADERO TRADICIONAL.**

Variable	n	Media	D.E.	Mínimo	Máximo
Temperatura	168	15,48	7,77	3,76	33,84
Humedad relativa	168	70,93	24,55	22,89	98,62



Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

SEMANA 6. TEMPERATURA (°C) vs HUMEDAD RELATIVA (%)



Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**ANEXO M: PRESENCIA DE PLAGAS (X) EN EL CULTIVO SEGÚN LOS DÍAS  
TRANSCURRIDOS EN LOS DOS TIPOS DE INVERNADEROS.**

<b>Factor</b>	<b>Presencia: I. Climatizado – I. Tradicional</b>			
	<b>8 DDT</b>	<b>15 DDT</b>	<b>30 DDT</b>	<b>Cosecha</b>
<b>Trips</b> <i>(Frankliniella occidentalis)</i>	-	-	-	-
<b>Minadores</b> <i>(Liriomyza trifolii y Liriomyza huidobrensis)</i>	-	-	-	-
<b>Pulgón de la lechuga</b> <i>(Nasonovia ribisnigri)</i>	-	-	-	-
<b>Mosca blanca</b> <i>(Trialeurodes vaporariorum)</i>	-	-	-	-
<b>Pulgones</b> <i>(Myzus persicae, Macrosiphum solani y Narsonovia ribisnigri)</i>	-	-	-	-
<b>Gusano soldado</b> <i>(Spodoptera exigua)</i>	<b>X</b>	-	-	-

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**ANEXO N: PRESENCIA DE ENFERMEDADES (X) EN EL CULTIVO SEGÚN LOS DÍAS  
TRANSCURRIDOS EN LOS DOS TIPOS DE INVERNADEROS.**

<b>Factor</b>	<b>Presencia: I. Climatizado – I. Tradicional</b>			
	<b>8 DDT</b>	<b>15 DDT</b>	<b>30 DDT</b>	<b>Cosecha</b>
<b>Mildiu</b> <i>(Bremia lactucae)</i>	-	-	-	-
<b>Pudrición Gris</b> <i>(Botrytis cinérea)</i>	-	-	-	-
<b>Moho Blanco</b> <i>(Sclerotinia sclerotiorum)</i>	-	-	-	-
<b>Oídio, moho polvoriento, peste cenicilla</b> <i>(Erysiphe cichoracearum)</i>	-	-	-	-

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**ANEXO O: COSTOS DEL TRATAMIENTO 1 - INVERNADERO CLIMATIZADO.**

<b>TRATAMIENTO 1- INVERNADERO CLIMATIZADO</b>				
<b>RUBRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Infraestructura - Invernadero</b>				
Estructura Metálica	m <sup>2</sup>	10000	\$ 6.00	\$ 4,583.33
Sistema de calefacción	Sistema	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
Plástico	kg	5400	\$ 4.70	\$ 12,690.00
Sistema de Riego	Sistema	1	\$ 5,600.00	\$ 1,400.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 23,673.33</b>
<b>Preparación del suelo</b>				
EcoGreen	Quintal	18	\$ 14.25	\$ 256.50
Biofertil	Quintal	2	\$ 12.25	\$ 24.50
Mano de obra	Jornal	6	\$ 15.00	\$ 90.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 371.00</b>
<b>Control de plagas o enfermedades</b>				
Insecticidas	Litros	2	\$ 3.50	\$ 7.00
Mano de obra	Jornal	2	\$ 15.00	\$ 30.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 37.00</b>
<b>Herramientas</b>				
Bomba de mochila	Equipo	1	\$ 20.00	\$ 20.00
Rastrillo	Equipo	1	\$ 10.00	\$ 10.00
Piola	Rollo	1	\$ 6.00	\$ 6.00
Machete	Unidad	1	\$ 5.00	\$ 5.00
Sacos	Unidad	10	\$ 0.25	\$ 2.50
Alambre	Rollo	1	\$ 2.50	\$ 2.50
Flexómetro	Equipo	1	\$ 2.50	\$ 2.50
Estacas	Unidad	8	\$ 0.50	\$ 4.00
Azadón	Equipo	1	\$ 10.00	\$ 10.00
Tanque para mezclas	Equipo	1	\$ 5.00	\$ 5.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 67.50</b>
<b>Trasplante</b>				
Plántulas	Unidad	1696	\$ 0.04	\$ 67.84
Transporte	Carro	1	\$ 6.00	\$ 6.00
Mano de obra	Jornal	4	\$ 15.00	\$ 60.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 133.84</b>
<b>Labores Culturales</b>				
Deshierbe	Jornal	4	\$ 15.00	\$ 60.00
Riego	Jornal	1	\$ 15.00	\$ 15.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 75.00</b>
<b>Equipos</b>				
Datta loggers	Unidad	2	\$ 135.00	\$ 270.00
Flash	Unidad	1	\$ 5.00	\$ 5.00

Tensiómetro	Unidad	2	\$ 150.00	\$ 300.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 575.00</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	Jornal	4	\$ 15.00	\$ 60.00
Gavetas	Unidad	70	\$ 2.00	\$ 140.00
Transporte	Carro	1	\$ 15.00	\$ 15.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 215.00</b>
<b>TOTAL</b>				\$ 25,147.67
<b>IMPREVISTOS 10%</b>				\$ 2,514.77
<b>GRAN TOTAL</b>				<b>\$ 27,662.44</b>

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

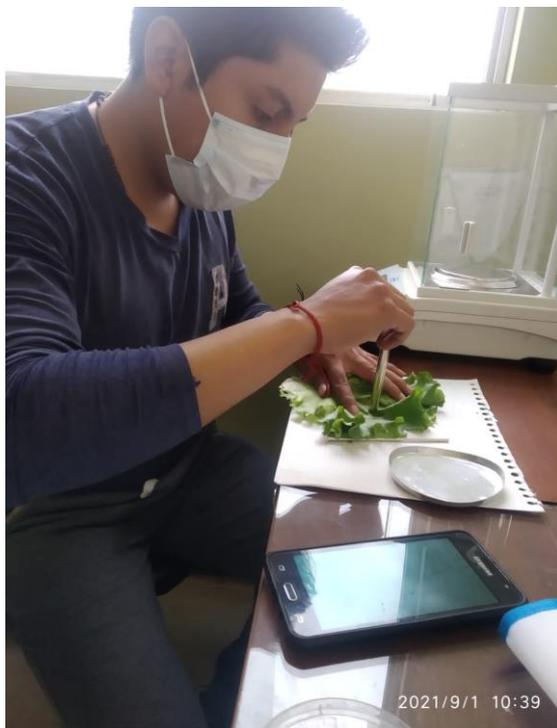
**ANEXO P: COSTOS DEL TRATAMIENTO 2 - INVERNADERO TRADICIONAL.**

<b>TRATAMIENTO 2- INVERNADERO TRADICIONAL</b>				
<b>RUBRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Infraestructura - Invernadero</b>				
Estructura Metálica	m <sup>2</sup>	10000	\$ 6.00	\$ 4,583.33
Plástico	kg	5400	\$ 4.70	\$ 12,690.00
Sistema de Riego	Sistema	1	\$ 5,600.00	\$ 1,400.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 18,673.33</b>
<b>Preparación del suelo</b>				
EcoGreen	Quintal	18	\$ 14.25	\$ 256.50
Biofertil	Quintal	2	\$ 12.25	\$ 24.50
Mano de obra	Jornal	6	\$ 15.00	\$ 90.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 371.00</b>
<b>Control de plagas o enfermedades</b>				
Insecticidas	Litros	2	\$ 3.50	\$ 7.00
Mano de obra	Jornal	2	\$ 15.00	\$ 30.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 37.00</b>
<b>Herramientas</b>				
Bomba de mochila	Equipo	1	\$ 20.00	\$ 20.00
Rastrillo	Equipo	1	\$ 10.00	\$ 10.00
Piola	Rollo	1	\$ 6.00	\$ 6.00
Machete	Unidad	1	\$ 5.00	\$ 5.00
Sacos	Unidad	10	\$ 0.25	\$ 2.50
Alambre	Rollo	1	\$ 2.50	\$ 2.50
Flexómetro	Equipo	1	\$ 2.50	\$ 2.50
Estacas	Unidad	8	\$ 0.50	\$ 4.00
Azadón	Equipo	1	\$ 10.00	\$ 10.00
Tanque para mezclas	Equipo	1	\$ 5.00	\$ 5.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 67.50</b>
<b>Trasplante</b>				

Plántulas	Unidad	1696	\$ 0.04	\$ 67.84
Transporte	Carro	1	\$ 6.00	\$ 6.00
Mano de obra	Jornal	4	\$ 15.00	\$ 60.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 133.84</b>
<b>Labores Culturales</b>				
Deshierbe	Jornal	4	\$ 15.00	\$ 60.00
Riego	Jornal	1	\$ 15.00	\$ 15.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 75.00</b>
<b>Equipos</b>				
Datta loggers	Unidad	2	\$ 135.00	\$ 270.00
Flash	Unidad	1	\$ 5.00	\$ 5.00
Tensiómetro	Unidad	2	\$ 150.00	\$ 300.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 575.00</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra	Jornal	4	\$ 15.00	\$ 60.00
Gavetas	Unidad	70	\$ 2.00	\$ 140.00
Transporte	Carro	1	\$ 15.00	\$ 15.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 215.00</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 20,147.67</b>
<b>IMPREVISTOS 10%</b>				<b>\$ 2,014.77</b>
<b>GRAN TOTAL</b>				<b>\$ 22,162.44</b>

Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

#### ANEXO Q: REALIZACIÓN DE PRUEBA WRC.



Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

## **ANEXO R: CULTIVO DEL INVERNADERO CLIMATIZADO Y TRADICIONAL.**



**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

## **ANEXO S: TOMA DE DATOS SEMANALES.**



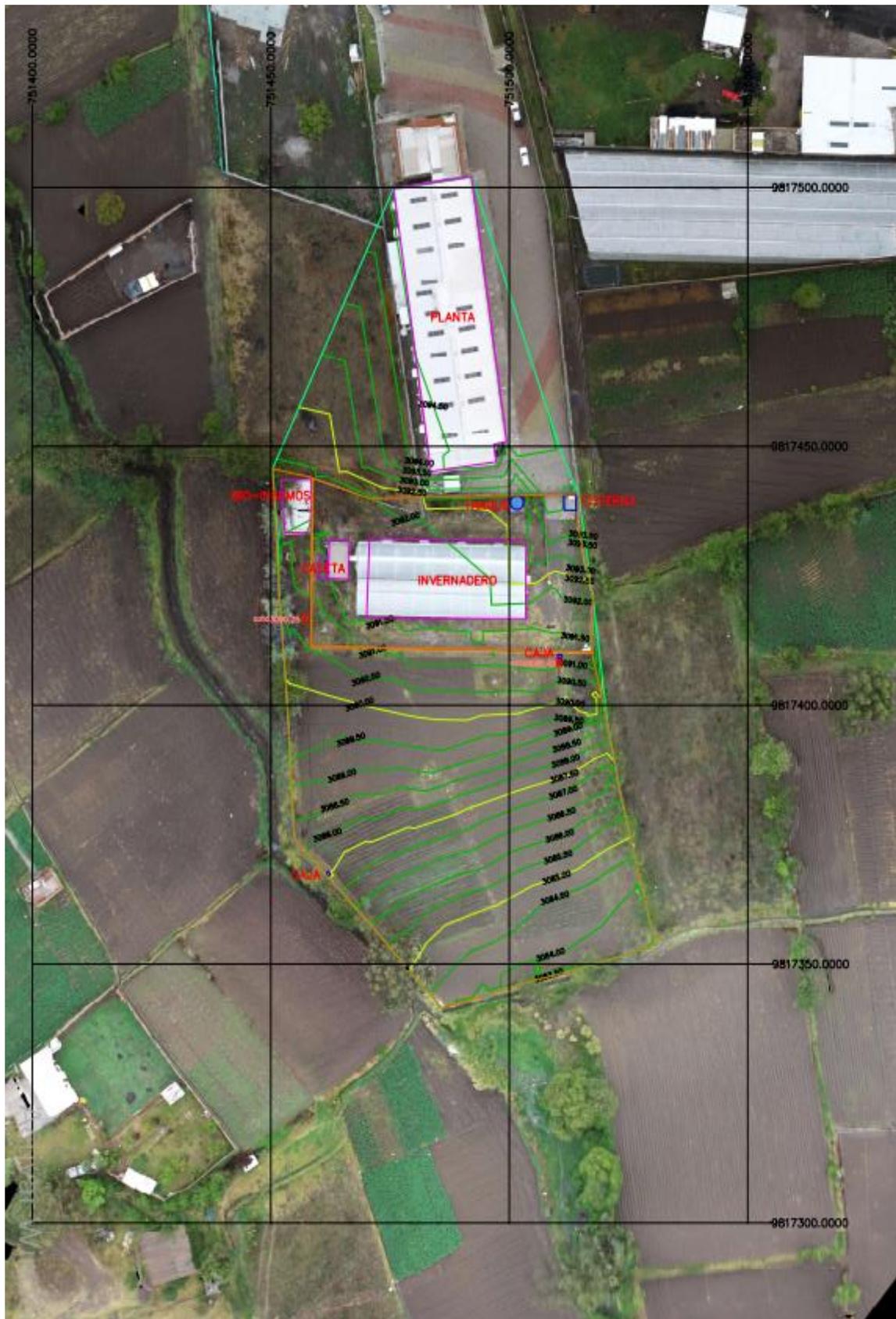
**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

## **ANEXO T: IDENTIFICACIÓN DE PLAGAS.**



**Realizado por:** Luis I., Carguachi G. 2022

**ANEXO U: MAPA GEORREFERENCIADO DEL LUGAR DEL ENSAYO (FUNDACIÓN MAQUITA CUSHUNCHIC).**



Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

**ANEXO V: ANÁLISIS DE SUELO DE LOS DOS INVERNADEROS CLIMATIZADO Y TRADICIONAL.**



**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS**  
 Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.  
 Teléfonos: (02) 3007284 / (02)2504240.  
 Email: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec



**REPORTE DE ANÁLISIS DE FÍSICA DE SUELOS**  
**INFORME DE ENSAYO No: 21-0526**

<b>NOMBRE DEL CLIENTE:</b>	Fundación Maquita Cushunchi	<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b>	23/06/2021
<b>PETICIONARIO:</b>	Fundación Maquita Cushunchi	<b>HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b>	12:50
<b>EMPRESA / INSTITUCIÓN:</b>	Fundación Maquita Cushunchi	<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	28/06/2021
<b>DIRECCIÓN:</b>	Av. Rumichaca S26-y Moro Moro	<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	02/07/2021
		<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	C.C.; P.M-P.; Da.; Hg.

No. Laboratorio	Identificación de la muestras	Humedad gravimétrica (%)		Da.	Hg	Hv	M. O.	TEXTURA			
		C.C.	P.M.P.					g/cc	%	%	%
21-2000	Invernadero Tradicional	15.1	9.5	1.37	9.9	13.5	1.7	Arena % 63	Limo % 32	Arcilla % 5	Franco Arenoso
21-2001	Invernadero Climatizado	17.08	10.53	1.06	19.1	20.2	6.3	57	36	7	Franco Arenoso

Simbología		
CC: Capacidad de Campo	Da: Densidad aparente	Hg: Humedad gravimétrica; Hv: Humedad volumétrica
PMP: Punto de Marchitez Permanente	MO: Materia Orgánica	A: Alto; M: Medio; B: Bajo

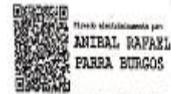
Metodología	
CC, PMP: Ollas de Richards	MO: Combustión - TOC
Textura: Bouyoucos	

**RESPONSABLES DEL INFORME**



Firma digitalizada por:  
**IVAN RODRIGO SAMANIEGO**  
 MAQUA

**Dr. Iván Samaniego**  
**RESPONSABLE DEL LABORATORIO**



Firma digitalizada por:  
**RAFAEL RAFAEL PARRA BURGOS**

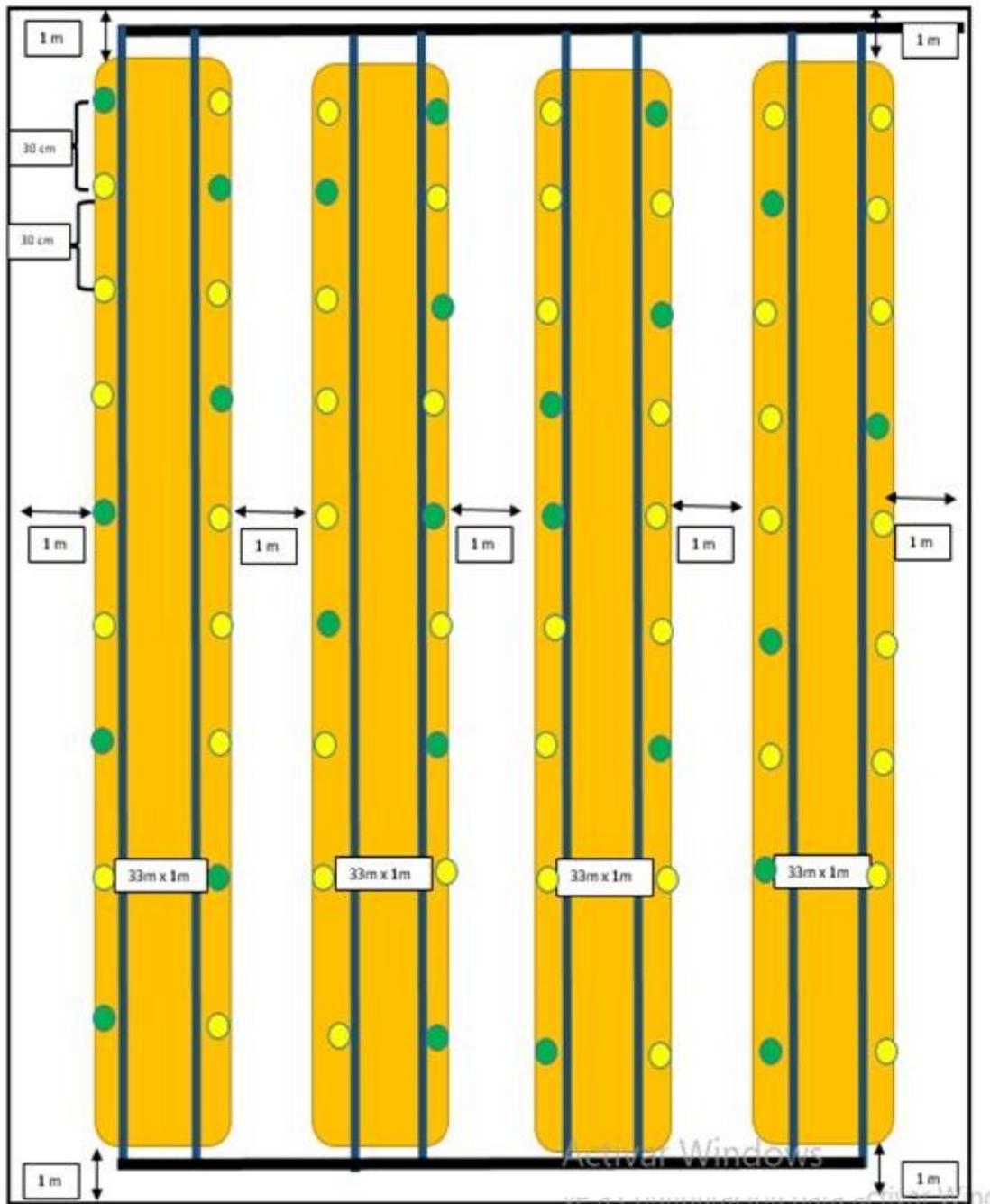
**Ing. Rafael Parra**  
**LABORATORISTA**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensay

**NOTA DE DESCARGO:** La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

**Fuente:** INIAP.

ANEXO W: DISTRIBUCIÓN DEL ENSAYO EN EL INTERIOR DE LOS INVERNADEROS.



Realizado por: Luis I., Carguachi G. 2022

