



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“EVALUACION DE LOS EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE TRES
CONCENTRACIONES DE CO₂ BAJO INVERNADERO EN EL CULTIVO DE
LECHUGA CRESPA (*Lactuca sativa* *vas. crispata*), EN EL SECTOR SALACHE,
CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo

Autor:
Hurtado Salazar Cristian Andrés

Tutor:
Rivera Moreno Marco Antonio

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Cristian Andrés Hurtado Salazar, con cédula de ciudadanía No. 0502936339, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“Evaluación de los efectos de la aplicación de tres concentraciones de CO₂ bajo invernadero en el cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*), en el sector Salache, cantón Latacunga, provincia Cotopaxi”**, siendo el Ingeniero M.Sc. Marco Antonio Rivera Moreno, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 10 de febrero del 2023

Cristian Andrés Hurtado Salazar

Estudiante

CC: 0502936339

Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, M.Sc

Docente Tutor

CC: 0501518955

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **HURTADO SALAZAR CRISTIAN ANDRES** identificado con cédula de ciudadanía **0502936339** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE** y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de AGRONOMÍA, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado: “Evaluación de los efectos de la aplicación de tres concentraciones de CO2 bajo invernadero en el cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* *vas. crispata*), en el sector Salache, cantón Latacunga, provincia Cotopaxi”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: octubre 2018 - marzo 2019

Finalización de la carrera: octubre 2022 – marzo 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniero Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, M.Sc

Tema: “Evaluación de los efectos de la aplicación de tres concentraciones de CO2 bajo invernadero en el cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* *vas. crispata*), en el sector Salache, cantón Latacunga, provincia Cotopaxi”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 10 días del mes de febrero del 2023.

Cristian Andrés Hurtado Salazar

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.

EL CEDENTE

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE TRES CONCENTRACIONES DE CO₂ BAJO INVERNADERO EN EL CULTIVO DE LECHUGA CRESPA (*Lactuca sativa* var. *crispa*), EN EL SECTOR SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI”, de Hurtado Salazar Cristian Andrés, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 10 de febrero del 2023

Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, M.Sc.

DOCENTE TUTOR

CC: 0501518955

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Hurtado Salazar Cristian Andrés, con el título de Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE TRES CONCENTRACIONES DE CO2 BAJO INVERNADERO EN EL CULTIVO DE LECHUGA CRESPA (*Lactuca sativa* var. *crispa*), EN EL SECTOR SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 10 de febrero del 2023

Lector 1 (Presidente)

Ing. Carlos Javier torres Miño, Ph D.

CC: 0502329238

Lector 2

Ph.D Mercy Lucila Ilbay Yupa

CC: 0604147900

Lector 3

Ing. Giovana Paulina Parra Gallardo, Mg.

CC: 1802267037

AGRADECIMIENTO

Esta tesis y el resultado de mi formación, se la debo en especial a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas para poder cursar mis estudios a mi tutor Ing. Marco Antonio Rivera Moreno M.Sc, ya que con su conocimiento y larga trayectoria fue parte fundamental para la elaboración de este proyecto, de igual forma agradecer a mis padres ya que sin su apoyo y consejos no hubiera sido posible la culminación de mi carrera Universitaria, y le doy gracias a Dios por mi vida y permitirme cumplir una meta propuesta en mí.

Cristian Andrés Hurtado Salazar

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mis, hermanos, sobrinos, amigos y a toda mi familia en general ya que con sus consejos y apoyo me dieron fuerzas para continuar con mi carrera y han estado conmigo en los momentos más difíciles y me han motivado a continuar con mis estudios y sobre todo va dedicado a mis ángeles aquí en la tierra ya que han sido mi soporte y compañía en toda esta trayectoria universitaria mis padres Javier y María.

Cristian

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACION DE LOS EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE TRES CONCENTRACIONES DE CO₂ BAJO INVERNADERO EN EL CULTIVO DE LECHUGA CRESPA (*LACTUCA SATIVA VAS. CRISPA*), EN EL SECTOR SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI”,

AUTOR: Hurtado Salazar Cristian Andrés

RESUMEN

La presente investigación tuvo como principal propósito “La evaluación de los efectos de la aplicación de tres concentraciones de CO₂ bajo invernadero”. Donde se determinó cuál de las concentraciones estudiadas presento un mayor desarrollo en el Cultivo de Lechuga crespa (*Lactuca sativa vas. Crispa*), mediante un diseño experimental de bloques completamente al azar en arreglo factorial AXB+1 con tres tratamientos y tres repeticiones. Posteriormente se realizó la aplicación de las concentraciones de CO₂ en el cultivo las cuales las aplicaciones fueron en dosis de 650 ppm, 850 ppm y 1000 ppm en un tiempo de 4 horas de igual forma se aplicó dosis de 650 ppm, 850 ppm y 1000 ppm en un tiempo de 6 horas y un testigo el cual no se aplicó ninguna concentración de CO₂ al cual se dio las mismas condiciones de temperatura y humedad bajo invernadero para continuar con la tabulación de datos se procedió a realizar la toma de datos cada 15 días. La dosis estable de CO₂ para la Variable Altura de planta fue la C1T1 (650 ppm, 4 horas de exposición) con una media de altura de 10,34 cm, en el número de hoja la dosis que presento mayor determinación fue la dosis C1T1 (650 ppm, 4 horas de exposición) con una media de 13,42, siendo la C2T1 (850 ppm de CO₂, 4 horas de exposición) la segunda con mayor determinación en las variables evaluadas.

PALABRAS CLAVE: Aplicación, Horas, Concentraciones, Desarrollo, CO₂.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: "EVALUATION OF THE EFFECTS OF THE APPLICATION OF THREE CONCENTRATIONS OF CO₂ UNDER A GREENHOUSE IN THE CULTIVATION OF CRESPA LETTUCE (LACTUCA SATIVA VAS. CRISPA), IN THE SALACHE SECTOR, LATACUNGA CANTON, COTOPAXI PROVINCE"

AUTHOR: Hurtado Salazar Cristian Andrés

ABSTRACT

The present investigation had as main purpose "The evaluation of the effects of the application of three concentrations of CO₂ under a greenhouse", where it was determined which of the concentrations studied presents a greater development in the Cultivation of Crispy Lettuce (*Lactuca sativa* var. *Crispa*), for which it was used an experimental design of completely randomized blocks was taken in AXB+1 factorial arrangement with three treatments and three repetitions, later the application of CO₂ concentrations in the crop was carried out, which were applied in doses of 650 ppm, 850 ppm and 1000 ppm in a time of 4 hours in the same way doses of 650 ppm, 850 ppm and 1000 ppm were applied in a time of 6 hours and a control which did not apply any concentration of CO₂ to which the same was given temperature and humidity conditions under greenhouse to continue with the data tabulation, data collection was carried out every 15 days. The stable dose of CO₂ for the Plant Height Variable was C1T1 (650 ppm, 4 hours of exposure) with an average height of 10.34 cm, in the leaf number the dose that this may determines was the C1T1 dose (650 ppm, 4 hours of exposure) with a mean of 13.42, with C2T1 (850 ppm of CO₂, 4 hours of exposure) being the second with the highest determination in the evaluated variables.

KEY WORDS: Application, Hours, Concentrations, Development, CO₂

INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
INDICE DE TABLAS.....	xiv
INDICE DE FIGURAS	xiv
INDICE DE FOTOGRAFIAS.....	xv
INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIO DEL PROYECTO	3
3.1 Beneficiarios Directos.....	3
3.2 Beneficiarios Indirectos	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
5. OBJETIVOS.....	5
5.1 Objetivo general:.....	5
5.2 Objetivo específico:	5
5.3 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
6. MARCO TEORICO.....	7
6.1 CULTIVO.....	7
6.1.1 Origen de la lechuga crespa.....	7
6.1.2 Clasificación taxonómica	7
6.1.3 Descripción botánica	7

6.1.4	Variedades de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	9
6.1.5	Etapas fenológicas	9
6.1.6	Plagas del cultivo.....	10
6.1.7	Enfermedades del cultivo	10
6.2	DIOXIDO DE CARBONO	11
6.2.3	Aporte de CO ₂ puro	11
6.2.4	Fijación de carbono en plantas C3, C4 Y CAM.....	11
6.2.5	Estrategia de aplicación de CO ₂	12
6.2.6	CO ₂ como nutriente	12
6.2.7	Cuando aportar CO ₂	14
6.3	Generador de CO ₂	15
6.3.3	Gas seleccionado para generación de CO ₂	15
6.4	Función de un invernadero.....	16
6.4.3	Flujo de gases dentro de un invernadero	16
7.	HIPOTESIS	17
7.1	H1.....	17
7.2	Ho.....	17
8.	METODOLOGIAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	17
8.1	MATERIALES	17
8.1.1	Maquinaria y Equipo	17
8.1.2	Institucionales	17
8.1.3	Materiales de Oficina.....	17
8.1.4	Materiales de campo.....	18
8.2	Características del sitio de investigación	18
8.2.1	Localización del proyecto.....	18
8.3	Operacionalización de variables	19
8.4	Variables a evaluar.....	19

8.4.1	Altura de planta	20
8.4.2	Numero de hojas	20
8.5	Metodología	20
8.5.1	Métodos	20
8.5.2	Técnicas	20
8.6	Factores en estudio.....	21
8.6.1	Factor A	21
8.6.2	Factor B	21
8.6.3	Unidad Experimental.....	21
8.6.4	Croquis de la investigación	22
8.6.5	Diseño experimental.....	23
8.6.6	Análisis de varianza (ADEVA).....	23
8.6.7	Área de estudio	23
8.7	Metodología de la investigación	23
8.7.1	Reconocimiento del lugar.....	23
8.7.2	Adquisición de plántulas	24
8.7.3	Preparación del sustrato para la siembra	24
8.7.4	Siembra.....	24
9.	Análisis y discusión de resultados.....	25
10.	Conclusiones y recomendaciones	31
10.1	Conclusiones	31
10.2	Recomendaciones	33
11.	Referencias Bibliográficas.....	34
12.	ANEXOS	35

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Actividades y sistema de tareas en relación a los componentes	6
Tabla 2.- Clasificación taxonómica de la Lechuga crespa	7
Tabla 3. Variedades de lechuga.....	9
Tabla 4. Plagas del cultivo.....	10
Tabla 5. Enfermedades de cultivo	10
Tabla 6. Cuadro de concentración de Co2 en las plantas	13
Tabla 7. Características del Generador de Co2 Hotbox International.....	15
Tabla 8. Características del sitio de investigación.....	19
Tabla 9. Operacionalización de variables.....	19
Tabla 10. Factores en estudio	21
Tabla 11. Descripción unidad experimental	21
Tabla 12. ADEVA para variable altura de planta.....	25
Tabla 13. Prueba tukey al 5% para tiempo en variable altura de planta.....	26
Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% para Concentración por tiempo en variable Altura de Planta.	26
Tabla 15. ADEVA para la variable número de hojas	28
Tabla 16. Prueba Tukey al 5% en variable Número de Hojas.....	28
Tabla 17. Prueba tukey al 5% para tiempo en variable Número de hojas.....	29
Tabla 18. Prueba tukey al 5% concentración*tiempo en variable número de hojas	29

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación CO ₂ , luz y fotosíntesis	12
Figura 2. Representación de velocidad de fotosíntesis en relación a la concentración ..	14
Figura 3. Combustible Gas propano	16
Figura 4. Flujo de gases dentro del invernadero.....	16
Figura 5. Ubicación del proyecto	18
Figura 6. Media para variable altura de planta	27
Figura 7. Media para la variable Número de Hojas.....	30

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Preparación de tierra	39
Fotografía 2. Trasplante de plántula	39
Fotografía 3. Deshierbe del cultivo	40
Fotografía 4. Cuidado del Cultivo	41
Fotografía 5. Toma de datos	42

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Presupuesto de la investigación	35
Anexo 2. Diseño de Campo	36
Anexo 3. Datos de indicadores evaluados	37
Anexo 4. Fotografías	39
Anexo 5. Aval de Traducción.....	43

INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto

“Evaluación de los efectos de la aplicación de tres concentraciones de CO₂ bajo invernadero en el cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*), en el sector Salache, cantón Latacunga, provincia Cotopaxi”

Fecha de inicio:

Abril del 2022.

Fecha de finalización:

Agosto del 2022.

Lugar de ejecución:

Cantón Latacunga- Provincia Cotopaxi

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Agronomía

Proyecto de investigación vinculado:

Proyecto de Invernadero de Altura

Equipo de trabajo

Director: Ing. Marco Antonio Rivera Moreno M.Sc

Lector 1: Ing. Carlos Javier torres Miño, Ph D.

Lector 2: PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa.

Lector 3: Ing. Giovana Paulina Parra Gallardo, Mg.

Coordinador del Proyecto:

Nombre: Hurtado Salazar Cristian Andrés

Teléfono: 0983200174

Correo Electrónico: cristian.hurtado6339@utc.edu.ec

Área de conocimiento

Agricultura, silvicultura y pesca

Agronomía

Línea de investigación:

Desarrollo y seguridad alimentaria

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Producción agrícola y sostenible

Línea de vinculación

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y gestión para el desarrollo humano y social.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En la siguiente investigación presentada se pretende investigar los efectos de la aplicación de tres concentraciones de CO₂ bajo invernadero en el cultivo de Lechuga Crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*), en el sector Salache, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar (DCA), en un diseño factorial AXB+1 con un total de 3 repeticiones, se aplicó 3 concentraciones de CO₂ (650 ppm, 850 ppm, 1000 ppm) y de esta forma obtener un mejor desarrollo en la planta.

2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

El siguiente proyecto tiene como objetivo la búsqueda de realizar nuevas investigaciones teniendo como principal meta el uso de CO₂ en el invernadero del Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

El cultivo de Lechuga Crespa es uno de los cultivos más fáciles para tener en un huerto, este tipo de hortaliza ha tenido una gran impacto en la alimentación de la humanidad y sus métodos de siembra resultan sencillos dentro de una zona urbana o en el campo, este cultivo ha venido tomando una gran importancia en la provincia como en el país.

El Dióxido de carbono (CO₂), junto con la temperatura, humedad relativa y radiación solar, son los principales factores que determinan la velocidad del proceso fotosintético en las plantas, y por ende su crecimiento y productividad.

Actualmente en la atmósfera del planeta la concentración de dióxido de Carbono es de es de 350 a 400 ppm mientras que la concentración que permite tener la mayor tasa de fotosíntesis en las plantas es aquella que va de las 900 a 1000 ppm. (INTAGRI, 2021)

Se ha observado con el tiempo que en los invernaderos donde solo existe una ventilación natural de manera pasiva, las concentraciones de CO₂ se presentaron entre 250 a 300 ppm, con estrategias utilizadas se puede aumentar la concentración de CO₂ de 700 a 800 ppm con las ventanas cerradas, por el contrario si se mantienen las ventanas abiertas la concentración se mantienen cercanas a la atmosférica. (INTAGRI, 2021)

Las plantas tienen la capacidad de absorber el CO₂ atmosférico y mediante procesos fotosintéticos lo metabolizan para la obtención de azúcares y otros compuestos que requieren para el normal desarrollo de su ciclo vital de fotosíntesis

En general, se puede concluir que, las plantas, a través de la fotosíntesis, extraen el carbono de la atmósfera (en forma de CO₂) y lo convierten en biomasa. La biomasa al descomponerse se convierte en parte del suelo (en forma de humus) o en CO₂ a través de la respiración de los microorganismos que procesan la biomasa. (Mota et al., 2010)

El Dióxido de Carbono se presenta como un gas importante en las plantas ya que en compañía del agua y la luz solar generan energía para de esta forma mediante reacciones fotoquímicas y bioquímicas puedan realizar el proceso de la fotosíntesis, en este proceso la planta genera compuestos orgánicos necesarios para las plantas y se libera el oxígeno (O₂) a la atmósfera como un subproducto de la fotosíntesis. (Mota et al., 2010)

3. BENEFICIARIO DEL PROYECTO

3.1 Beneficiarios Directos

Estudiantes y docente de la carrera de Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

3.2 Beneficiarios Indirectos

Productores Locales aledaños al Sector Salache que dispongan de un invernadero.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Las emisiones de CO₂ en la actualidad representan una gran amenaza para el planeta como para su población en los últimos años las emisiones de CO₂ a la atmósfera han incrementado en 415 partes por millón, esto acelera el calentamiento global y por ende desencadena el cambio climático, lo cual representa un gran problema para la población mundial y para el planeta.

El CO₂ es el más importante de los gases menores, involucrado en un complejo ciclo global. Se libera desde el interior de la Tierra a través de fenómenos tectónicos y a través de la respiración, procesos de suelos y combustión de compuestos con carbono y la evaporación oceánica, por otro lado es disuelto en los océanos y consumido en procesos fotosintéticos dado por las plantas, la excesiva concentración de CO₂ es producto de la quema de combustibles fósiles y materia orgánica en general (Seiler, 2002)

La respiración de las plantas, las quemadas y las tallas para usos agrícolas incrementan en la atmósfera la concentración de emisiones de CO₂, lo que unido a una tasa de deforestación alta y a las escasas medidas de reforestación aplicadas altera el balance entre emisión y captación. De esa manera la concentración de CO₂ en la atmósfera va aumentando. Estas emisiones netas del sector agrícola y forestal se suman a las emisiones de CO₂ que se generan al quemar combustibles fósiles en los sectores de transporte y generación de energía (Mota et al., 2010)

Las especies vegetales sueltan el agua a través de unos pequeños poros que están presentes en las hojas mediante un proceso llamado evapotranspiración que ayudan al enfriamiento de la planta. Las plantas absorben el Dióxido de carbono para poder realizar el proceso de fotosíntesis a través de estos mismos poros, pero el problema se presenta cuando los niveles de Dióxido de carbono son exageradamente altos; los poros se retraen y esto causa que menos agua sea liberada evitando que las plantas se enfríen.

La falta de control y monitoreo del CO₂ inciden negativamente en la productividad y el desarrollo de la planta en el invernadero, que dificulta los procesos de fotosíntesis que no permite su desarrollo y crecimiento por nivel insuficiente de dióxido de carbono.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general:

Evaluar los efectos de la aplicación de tres concentraciones de CO₂ bajo invernadero en el cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*), en el sector Salache, cantón Latacunga, provincia Cotopaxi.

5.2 Objetivo específico:

- Determinar la concentración adecuada de aplicación de CO₂ en del cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*)
- Determinar el tiempo adecuado de exposición de CO₂ en el cultivo de Lechuga Crespa (*Lactuca Sativa* var. *Crispa*)

5.3 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1.- Actividades y sistema de tareas en relación a los componentes

OBJETIVO 1	ACTIVIDADES (TAREAS)	RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCION DELA ACTIVIDAD
Determinar la concentración adecuada de aplicación de CO ₂ en el cultivo de lechuga crespa (<i>Lactuca sativa vas. crispa</i>)	<p>1.1 Determinar la concentración adecuada para el desarrollo de la planta</p> <p>1.2 Analizar el rendimiento del cultivo</p> <p>1.3 Características físicas del cultivo</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se tomaran datos para evaluar la mejor concentración y efecto en el cultivo. ➤ Producción de Lechuga Crespa en base al número de hojas ➤ Producción de lechuga crespa en base a sus propiedades físicas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Altura de planta ➤ Numero de hojas
OBJETIVO 2	ACTIVIDADES (TAREAS)	RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCION DELA ACTIVIDAD
Determinar el tiempo adecuado de exposición de CO ₂ en el cultivo de Lechuga Crespa (<i>Lactuca sativa vas. crispa</i>).	<p>1.1 Identificación de los efectos causados por la aplicación de concentraciones de CO₂</p> <p>1.2 Interpretación de datos de las concentraciones aplicadas en el cultivo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Determinar el tiempo de exposición adecuada en el cultivo de lechuga crespa. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Efectos causados por la aplicación de CO₂.

6. MARCO TEORICO

6.1 CULTIVO

6.1.1 Origen de la lechuga crespa

La lechuga (*Lactuca sativa* var. *crispa*), es una planta anual de la familia de las compuestas, la duración del cultivo suele ser de 50-60 días para las variedades tempranas y de 70-80 días para las variedades tardías, como término medio desde su siembra hasta su recolección. (Quintero, 2009)

6.1.2 Clasificación taxonómica

Tabla 2.- Clasificación taxonómica de la Lechuga crespa

Familia	Compositae
Tribu	Cichoreae
Genero	Lactuca
Especie	Sativa Crispa
N.- de Cromosomas	2n=18

Fuente: (Ávila Cubillos, 2015)

6.1.3 Descripción botánica

6.1.3.1 Raíz

La raíz que presenta la lechuga crespa es una raíz pivotante donde presenta un eje principal carnoso poco ramificado, con abundante látex en algunas ocasiones puede llegar hasta 1.80m de profundidad donde en los primeros 30cm de profundidad presenta numerosas raíces laterales que se desarrollan en la capa superficial. (Cesar, n.d.)

6.1.3.2 Tallo

El tallo de la lechuga es muy corto y presenta una roseta de hojas muy pequeñas que de acuerdo a la variedad varían en su tamaño, textura y en algunas ocasiones su color. (Ávila Cubillos, 2015).

6.1.3.3 Flores

Las flores de lechuga son amarillas y muy pequeñas donde se agrupan en un mismo nivel apical, donde sus pedúnculos nacen a diferentes alturas del núcleo principal de la lechuga. (Ávila Cubillos, 2015)

6.1.3.4 Hoja

Las hojas de la lechuga son basales en numerosa cantidad y grandes, se desarrollan en rosetas y sus formas pueden ser ovales, oblongas, ramificadas, crespas y lisas y pueden ser brillantes según su variedad. (Ávila Cubillos, 2015)

6.1.3.5 Requerimientos del cultivo (*Lactuca sativa. crispata*)

Altura sobre el nivel del mar: 1.800 a los 2.800 m.s.n.m.

Temperatura: entre 15 y 18 °C.

Humedad relativa: 68al 70%.

Requerimiento Hídrico: entre 300 a 600 mm al año.

Tipo de Suelo: franco-arcilloso y franco-arenoso

Rango de pH: entre 5.7 y 6,5.

(Ávila Cubillos, 2015)

6.1.3.6 Clima

La lechuga es una planta de gran adaptabilidad a distintos climas, puede vivir a temperaturas de 0° C.; pero cuando ésta baja de los 6° C., suele sentir sus efectos, que si no son controlados ocasionan lesiones foliares. Por debajo de los 5° C. la lechuga no emite raíces nuevas, pero sí a partir de los 10° C.

Los climas excesivamente calurosos provocan con mayor facilidad la emisión de tallos y flores. La temperatura media óptima para la lechuga oscila entre los 15 a los 20° C. (Quintero, 2009)

6.1.3.7 Suelo

La lechuga es una planta que se adapta de buena manera a todo tipo de suelos, excepto los que tengan problemas de encharcamiento, siendo los más idóneos los ricos en materia orgánica y de elevada fertilidad, ligeros y bien drenados.

6.1.3.8 Agua

Ya se ha dicho que este cultivo es muy sensible a los excesos de humedad su poco desarrollado sistema radicular hace que soporte también mal la sequía, disminuyendo el tamaño de la lechuga.

6.1.4 Variedades de lechuga (*Lactuca sativa*)

Tabla 3. Variedades de lechuga

NOMBRE TRADICIONAL	NOMBRE CIENTIFICO
Lechuga arrepollada	(<i>Lactuca sativa</i> var. <i>capitata</i>)
Lechuga mantequilla	(<i>Lactuca sativa</i> var. <i>capitata</i> (L)
Lechuga cos o romanas	(<i>Lactuca sativa</i> var. <i>longifolia</i>)
Lechuga sin cabeza de hojas sueltas	(<i>Lactuca sativa</i> vas. <i>crispa</i>)

Fuente: (Ávila Cubillos, 2015)

6.1.5 Etapas fenológicas

La duración del cultivo de la lechuga suele ser normalmente de 50-60 días para las variedades tempranas y de 70-80 días para las variedades tardías.

(Quintero, 2009)

- **Plántula:** Periodo que comprende desde la germinación hasta la aparición de la cuarta hoja verdadera.
- **Etapas de roseta:** En esta etapa se disminuye la relación ancho/largo y se forman de 12 a 14 hojas verdaderas.
- **Formación de cabeza:** Hojas curvadas emergen envolviendo las hojas que emergieron primero. Existen unas variedades que no forman cabeza.
- **Madurez:** En esta etapa se forman un gran número de hojas.
- **Floración:** Las flores se forma de 50 a 70 días.

6.1.6 Plagas del cultivo

Tabla 4. Plagas del cultivo

CLASIFICACION	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Plagas de suelo	Nematodos	Meloidogyne sp,
	Tierreros	Agrotis ípsilon
	Chizas	Ancognata scarabaelodes
	Gusano Alambre	Agrotis lineatus
	Babosas	Milax gagates
Plagas de hoja	Gusano cogollero	Spodoptera sp
	Trips	Frankliniella spp
	Minador	Liriomyza huidobrensis
	Pulognes	Aphis sp

Fuente: (Ávila Cubillos, 2015)

6.1.7 Enfermedades del cultivo

Tabla 5. Enfermedades de cultivo

NOMBRE COMUN	AGENTE CAUSAL
Mal de Talluelo	Complejo de hongos
Antracnosis	Microdochium panattoniana
Alternaria	Alternaria nees
Botrytis	Botrytis cinèrea
Pudrición Blanca	Sclerotinia fuckel
Pudrición blanda	Erwinia carotovora

Fuente: (Ávila Cubillos, 2015)

6.2 DIOXIDO DE CARBONO

6.2.3 Aporte de CO₂ puro

Existen diferentes tipos de estrategias para la aplicación de CO₂ puro como son como bombonas y depósitos de distribución el principal inconveniente y, por tanto, la mayor restricción para su uso se encuentra en la capacidad de almacenamiento y el coste que comporta su transporte y distribución, mucho más elevado que el de CO₂ procedente de la combustión de fuentes fósiles.

Técnicamente permite la posibilidad de aplicación en cualquier momento, con las dosis que las circunstancias del día o del cultivo requieren. Enriqueciendo con CO₂ puro todo el sistema de control se encuentra totalmente desvinculado del resto de sistemas del invernadero, hecho que permite realizar un control individualizado de las aplicaciones. (Antón & et al., 2011)

6.2.4 Fijación de carbono en plantas C₃, C₄ Y CAM

Las plantas tienen diferentes tipos de metabolismo dependiendo el tipo de fijación de CO₂, las plantas se clasifican en c₃, c₄ y cam; en cada una de ellas tanto la eficiencia de uso del agua y la tasa de fijación de CO₂ es diferente.

6.2.4.1 Plantas C₃

Se caracterizan por mantener los estomas abiertos durante el día para permitir la fijación de CO₂, lo que provoca una pérdida de agua por transpiración, de forma continua. Ante el riesgo de deshidratación ocasionado por un estrés ambiental, estas plantas producen un cierre estomático que provoca una gran disminución de la fotosíntesis.

6.2.4.2 Plantas C₄

Se caracterizan por tener las estomas abiertas de día. Como poseen intermediarios de bombeo de CO₂ en la célula, pueden permitirse un cierre de estomas imprevisto, siendo factible la continuidad del proceso fotosintético, gracias al reservorio de CO₂.

6.2.4.3 Plantas CAM

Estomas abiertos por la noche. Las pérdidas de agua por transpiración se reducen enormemente. También poseen reservorio de CO₂, con lo cual también pueden cerrar estomas sin que ello conlleve una disminución fotosintética. (Mota et al., 2010)

6.2.5 Estrategia de aplicación de CO₂.

La concentración de CO₂ óptima para la mayoría de cultivos está en el intervalo de 600-1000 ppm. Este tipo de estrategias son originarias de países norte-europeos donde, por cuestiones climatológicas la ventilación del invernadero es mínima y el cultivo puede aprovechar mejor el CO₂ aplicado.

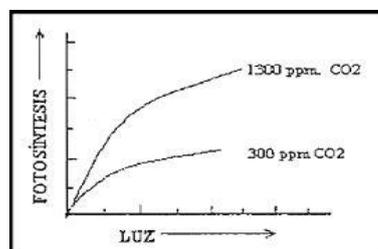
La correcta aplicación de CO₂ en el interior de un invernadero depende del potencial de control sobre la concentración de CO₂. La estrategia más antigua y simple consiste en el suministro de CO₂ a una concentración constante independientemente del régimen de ventilación con el fin de mantener una concentración alta en un intervalo entre 700-900 ppm. (Antón & et al., 2011)

6.2.6 CO₂ como nutriente

El CO₂ es un gas esencial para la realización de la fotosíntesis en las plantas, absorben CO₂ y agua de las raíces; después utilizan energía luminosa para transformar estos componentes en azúcar y oxígeno si no existe un suministro correcto de CO₂ el ritmo de fotosíntesis se reduce, el uso del CO₂ dentro de invernadero y dependiendo de la concentración, puede provocar una fuerte influencia generativa en los vegetales dando como resultado un desarrollo de flores más fuerte y rendimiento de frutos más alto en cuanto a tamaño y peso de frutos.

En algunas localidades y épocas del año en las que el sol luce fuerte, se recomienda que la concentración de CO₂ no supere 800 ppm con el objetivo de no estresar a la planta, quemar las puntas y ennegrecer el fruto en el cultivo. Cuando la humedad en el invernadero es alta, también se recomienda reducir la concentración de CO₂ para evitar que los estomas se cierren, en cuyo caso se restringiría el transporte de agua y calcio a través de las plantas. (Douglas, 2011)

Figura 1. Relación Co2, luz y fotosíntesis



Obtenido de: (Chimba Velasco & Masabanda Palomo, 2022)

El Dióxido de Carbono es un gas primordial de la vida, material de base para la fotosíntesis e imprescindible para las plantas clorofílicas. La fotosíntesis más el agua y la energía luminosa generan carbohidratos, azúcares y oxígeno. Este gas entra por las estomas y, previa separación con el agua en las cámaras estomáticas, llega a los cloroplastos, donde, tras varias actitudes, se genera la fotosíntesis. (Chimba Velasco & Masabanda Palomo, 2022)

Tabla 6. Cuadro de concentración de CO₂ en las plantas

Concentración de CO₂ máxima recomendada para lograr la mayor tasa fotosintética		
Clasificación de las plantas	Utilidad	Concentración de CO₂ (ppm)
Alimenticias	Son las plantas que el hombre cultiva o explota para su alimentación o nutrición. Ejemplo: chochos, frejol, haba, quinua, cebada, arroz, zanahoria, manzanilla, verduras, papa, frijol.	550 – 1000 ppm
Medicinales	Son plantas que el hombre utiliza como materia prima para aliviar sus enfermedades. Ejemplo: manzanilla, anís, tilo, cannabis, eucalipto.	500-850 ppm
Ornamentales	Es aquella que se cultiva y se comercializa con la finalidad adornar parques, casas oficinas y el ambiente. Ejemplo: Rosas, claveles, alelí, helechos, ciprés, girasol	500-750 ppm

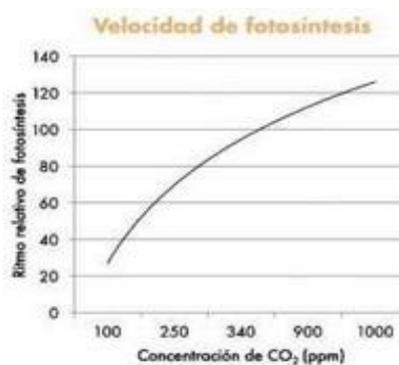
Industriales	Son plantas se utiliza como materia prima transformando en productos para satisfacer necesidades. Ejemplo: Caoba, cedro, Caña de azúcar, algodón, el olivo, la palma, etc.	500-900 ppm
--------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

Obtenido de: (Chimba Velasco & Masabanda Palomo, 2022)

6.2.7 Cuando aportar CO₂

Las plantas son más activas fotosintéticamente durante las primeras 4 a 5 horas después del alba y cuando la temperatura del tejido es mayor a 19°C, en este punto es cuando es necesario mantener los niveles más altos de CO₂ (800-900 ppm) en el invernadero, a medida que se incrementa el estrés debido a temperatura, luminosidad, disponibilidad de agua hacia la mitad del día, los estomas comienzan a cerrarse en respuesta a dicho estrés y se reduce la toma de CO₂. (Douglas, 2011)

Figura 2. Representación de velocidad de fotosíntesis en relación a la concentración



Fuente: (Douglas, 2011)

6.3 Generador de CO₂

El generador de CO₂ para esta investigación se seleccionó después de realizar un estudio de las características especiales de automatización.

Tabla 7. Características del Generador de CO₂ Hotbox International

Generador de Co2 Hotbox International		
Características	Detalle	Unidad
Gas	Natural o propano	-
CO ₂ por hora	0.2	Kg
Tamaño	16x21x35	cm
Peso	3	Kg
1000ppm por m ² de invernadero	5	m ²



Obtenido de :(Chimba Velasco & Masabanda Palomo, 2022)

6.3.3 Gas seleccionado para generación de CO₂

Para el correcto funcionamiento de este generador de CO₂ según las necesidades se utiliza el gas licuado de petróleo (GLP) ya que se divide de dos tipos: propano y butano.

Este generador utiliza el gas de tipo propano a que este gas es de uso doméstico debido a que es el indicado ya que en las especificaciones técnicas para el sistema de generación de dióxido de carbono la cual es el uso del gas propano.

Figura 3. Combustible Gas propano



Obtenido de : (Chimba Velasco & Masabanda Palomo, 2022)

6.4 Función de un invernadero

El invernadero es el elemento más importante del sistema de producción dentro de la agricultura protegida, debido a que de él depende en gran medida la capacidad productiva del cultivo que se introduzca en su interior, su estructura está conformada por el conjunto de elementos verticales, horizontales y curvos, que son los que le otorgan la forma y resistencia. Los materiales más comunes que constituyen su infraestructura son: madera, fierro o acero, su función es soportar la carga y esfuerzos que ocasionan el montaje de la cubierta. (La Peña, 2014)

6.4.3 Flujo de gases dentro de un invernadero

Uno de los principales gas que se debe tener en cuenta es el dióxido de Carbono CO_2 ya que este es el insumo que usan las plantas para realizar la fotosíntesis. La concentración de éste gas en la atmosfera es muy pequeña por lo que se debe lograr una buena ventilación para disponer siempre de la concentración adecuada de CO_2 para de esta forma no disminuir el proceso fotosintético de las plantas. (Miserendino & Alto, 2014)

Figura 4. Flujo de gases dentro del invernadero

Entrada de CO_2	Salida de CO_2
<ul style="list-style-type: none"> • Ingreso por ventilación. • Liberación por respiración del cultivo y del suelo. • Inyección artificial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fijación por fotosíntesis del cultivo. • Pérdidas por ventilación.
Entrada de vapor de agua	Salida de vapor de agua
<ul style="list-style-type: none"> • Evaporación del cultivo y del suelo. • Entrada por ventilación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Condensación contra la cubierta. • Salida por ventilación.

Obtenido de: (Miserendino & Alto, 2014)

7. HIPOTESIS

7.1 H1

La aplicación de CO₂ en el cultivo de Lechuga *Crespa* (*Lactuca Sativa vas. crispas*), mejora el desarrollo del cultivo

7.2 Ho

La aplicación de CO₂ en el cultivo de Lechuga *Crespa* (*Lactuca Sativa vas. crispas*), no mejora el desarrollo del cultivo.

8. METODOLOGIAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

8.1 MATERIALES

8.1.1 Maquinaria y Equipo

- Generador de CO₂
- Termómetro
- Herramientas agrícolas
- Cinta métrica
- Pistola de Grapas

8.1.2 Institucionales

- Universidad Técnica de Cotopaxi
- Carrera de Ingeniería Agronómica

8.1.3 Materiales de Oficina

- Esfero
- Cuaderno
- Borrador
- Lápiz
- Laptop
- Hojas de Papel bond formato A4

8.1.4 Materiales de campo

- Plántulas
- Fundas Agrícolas
- Ecobonaza
- Tierra negra
- Azadón
- Pala
- Zaran

8.2 Características del sitio de investigación

8.2.1 Localización del proyecto

El presente proyecto se lo realiza en el cantón Latacunga, sector Salache, provincia de Cotopaxi, en las coordenadas UTM hemisferio sur 17M 764974.75m E y 9889413.61m S

Figura 5. Ubicación del proyecto



Fuente: (Hurtado, 2022)

Tabla 8. Características del sitio de investigación

Provincia	Cotopaxi	Longitud	78°37'14''w
Cantón	Latacunga	Latitud	00°59'57''s
Localidad	Salache	Altitud	2800 m.s.n.m
Modo de siembra	Manual	Fecha de Siembra	
Cultivo anterior	Ninguno	Cultivo Nuevo	Lechuga Crespa (<i>Lactuca sativa</i> vas. <i>crispa</i>)

Fuente: (Hurtado, 2022)

8.3 Operacionalización de variables

Tabla 9. Operacionalización de variables

Hipótesis	Variables Independientes	Variables dependientes	Indicadores	Índices
La aplicación de Co2 en el cultivo de Lechuga Crespa (<i>Lactuca Sativa</i> vas. <i>crispa</i>), mejora el desarrollo del cultivo	Lechuga Crespa (<i>Lactuca sativa</i> vas. <i>crispa</i>)	Dióxido de Carbono (CO2)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Altura de planta ➤ Numero de hojas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cm ➤ Cm

Fuente: (Hurtado, 2022)

8.4 Variables a evaluar

De acuerdo a la operacionalización de variables se realizó la toma de datos de las siguientes variable: Altura de planta, Numero de hojas, Longitud de hojas y diámetro de hojas.

8.4.1 Altura de planta

Los datos de la altura de planta se los tomo desde el primer día del trasplante de la plántula y luego tomando cada 15 días, para la recolección de datos de altura se utilizó una cinta métrica en unidad de Cm.

8.4.2 Numero de hojas

Los datos de numero de hojas se los tomo desde el primer día de trasplante de la plántula y luego tomando cada 15 días, teniendo en cuenta las hojas verdaderas.

8.5 Metodología

8.5.1 Métodos

8.5.1.1 Experimental:

La presente investigación fue de carácter experimental debido a que se evaluó las diferente dosis de CO₂ bajo invernadero en el cultivo de lechuga Crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*), sector Salache. Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi.

8.5.1.2 Bibliográfico

Este método se lo utilizo por la importancia para el acceso a información de libros, folletos, artículos científicos, tesis, sitios web.

8.5.1.3 De campo

Este método se lo utilizo mediante la recolección de datos cada 15 días teniendo en cuenta el cultivo que se utilizara en el proyecto.

8.5.2 Técnicas

Las técnicas que se utilizó para el desarrollo de este proyecto son:

8.5.2.1 Observación científica

Se llevara a cabo tomando los datos cada 15 días desde el momento del trasplante.

8.5.2.2 Observación estructurada

Se lo utilizara con la ayuda de elementos técnicos adecuados como son: tablas, cuadros, libro de campo entre otros

8.6 Factores en estudio

Tabla 10. Factores en estudio

		FACTOR A	FACTOR B
N.- de Tratamiento	Etiqueta	Concentraciones	Tiempo
T1	C1T1	650 Partes por millón	4 horas
T2	C1T2	650 Partes por millón	6 horas
T3	C2T1	850 Partes por millón	4 horas
T4	C2T2	850 Partes por millón	6 horas
T5	C3T1	1000 Partes por millón	4 horas
T6	C3T2	1000 Partes por millón	6 horas
T7	Testigo	Testigo	0 horas

Fuente: (*Hurtado, 2022*)

8.6.1 Factor A

Concentraciones de Dióxido de Carbono (CO₂).

8.6.2 Factor B

Tiempos de exposición.

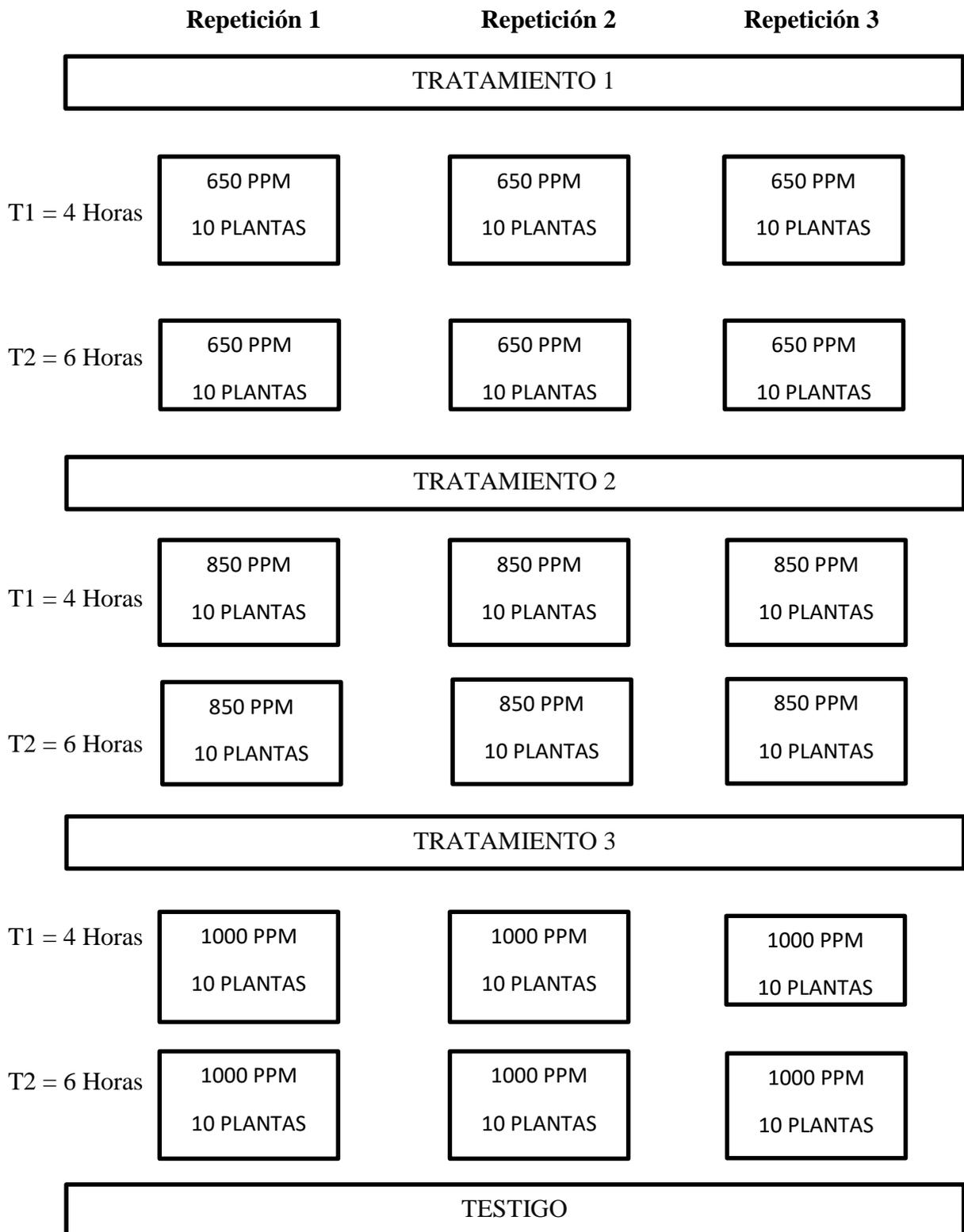
8.6.3 Unidad Experimental

Tabla 11. Descripción unidad experimental

Número de plantas	210
Nº de plantas C1	60
Nº de plantas C2	60
Nº de plantas C3	60
Nº de plantas testigo	30

8.6.4 Croquis de la investigación

Croquis de la Investigación



Elaborado por: (Hurtado, 2022)

8.6.5 Diseño experimental

El diseño experimental que se realizó es un diseño factorial AXB+1 con un diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con un total de 3 repeticiones.

8.6.6 Análisis de varianza (ADEVA)

El ADEVA se encuentra dispuesto al siguiente cuadro:

<i>FUENTE DE VARIACION</i>	<i>GL</i>
TOTAL	20
TRATAMIENTOS	6
CONCENTRACIONES	2
TIEMPO DE APLICACIÓN	1
CONCENTRACION X TIEMPO DE APLICACION	2
TESTIGO vs DOSIS	1
ERROR EXPERIMENTAL	14
TOTAL (SUMA ENTRE TRATAM Y ERROR EXP)	20

8.6.7 Área de estudio

Para esta investigación se utilizara el invernadero de Altura de la Universidad Técnica de Cotopaxi ubicado en el sector de granos andinos en la Provincia Cotopaxi, Cantón Latacunga, Sector Salache.

8.7 Metodología de la investigación

8.7.1 Reconocimiento del lugar

Se realizó en reconocimiento del lugar donde se desarrollara la investigación que está ubicado en el sector Salache Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

8.7.2 Adquisición de plántulas

Las plántulas de Lechuga crespa (*Lactuca sativas* *vas. crispata*) se adquirieron en la Parroquia San buenaventura de la provincia de Cotopaxi.

8.7.3 Preparación del sustrato para la siembra

Para la preparación del sustrato para realizar la siembra se utilizó dos quintales de Eco bonaza por un quintal de Tierra.

8.7.4 Siembra

Una vez preparado el sustrato para la siembra y después de colocar en las fundas que se utilizó, se procede a realizar la siembra que se realizó el 22 de mayo del 2022 con 30 plantas por tratamiento dando un total de 210 plantas.

9. Análisis y discusión de resultados

9.1 Variable Altura de la planta en la evaluación del efecto de tres concentraciones de CO₂ en el cultivo de Lechuga Cropa (*Lactuca sativa* var *crispa*) bajo invernadero.

Tabla 12. ADEVA para variable altura de planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
ALTURA	21	0,53	0,34	2,48		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
TRATAMIENTO	0,98	6	0,16	2,68	0,0601	
CONCENTRACION	0,12	2	0,06	33,33333333	0,4024	ns
TIEMPO	0,63	1	0,63	1,58730159	0,0069	**
CONCENTRACION*TIEMPO	0,09	2	0,04	50	0,5103	ns
testigovstratamiento	0,14	1	0,14	2,36	0,1467	
Error	0,85	14	0,06			
Total	1,84	20				

En la tabla ADEVA después de realizar el análisis de varianza se pudo observar que el tiempo presenta un grado de alta significancia con un valor de 0.69, mientras que la concentración y concentración*tiempo no presentan significancia en los valores.

Tabla 13. Prueba tukey al 5% para tiempo en variable altura de planta

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,25166					
Error: 0,0600 gl: 12					
TIEMPO	Medias	n	E.E.	Rango	
1	10,16	9	0,08	A	
2	9,79	9	0,08		B

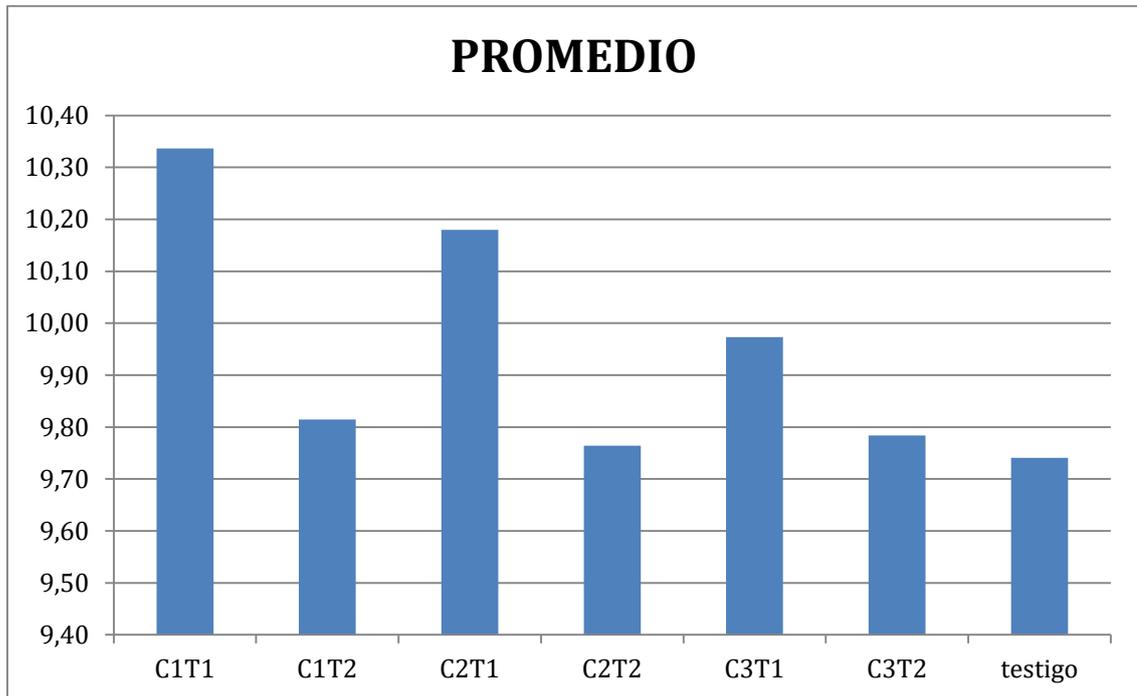
En la tabla 13, se indican los rasgos significativos luego de realizar la prueba de Tukey al 5% a las fuentes de variación que presentaron significancia, donde se observa que desde el momento de trasplante el tiempo 1 tuvo el mayor rango de significancia con 10,16 y el tiempo 2 tuvo un promedio de 9.79, por el cual se determinó que es un tiempo sin significancia en el cultivo.

Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% para Concentración por tiempo en variable Altura de Planta.

CONCENTRACION	TIEMPO	Medias	Rangos
1	1	10,34	A
2	1	10,18	A
3	1	9,97	A
1	2	9,82	A
3	2	9,78	A
2	2	9,77	A

Luego de realizar la prueba Tukey al 5% en la siguiente tabla, se pudo determinar que la concentración*tiempo de aplicación, se pudo definir que la C1T1, (650 ppm, en 4 horas de exposición) tuvo mayor rango de significancia con una media de 10.34 cm al contrario de la C2T2 (850 ppm, 6 horas exposición) quien en el último grado de significancia con un valor de 9.77 cm.

Figura 6. Media para variable altura de planta



Para la altura se utilizó un sistema de medias aritméticas entre todos los datos que se recopiló, obteniendo la siguiente figura, en donde se puede observar los promedios de altura medios, en cada uno de los tratamientos, se puede observar que el tratamiento con mejor altura media fue C1T1, (650ppm), (4 horas por semana) con un valor de 10.34 cm de altura, y el de menor altura fue la C3T2, (1000ppm), (6 horas por semana) con un valor de 9.76 cm. (Ver figura 5).

Un estudio nos indica que la concentración óptima de CO₂ para la mayoría de cultivos está en el intervalo de 600-1000 ppm. Este tipo de estrategias son originarias de países norte-europeos donde, por cuestiones climatológicas la ventilación del invernadero es mínima y el cultivo puede aprovechar mejor el CO₂ aplicado. (Antón & et al., 2011)

9.2 Variable Numero de hojas en la evaluación del efecto de tres concentraciones de CO2 en el cultivo de Lechuga Crespa (*Lactuca sativa vas crispa*) bajo invernadero.

Tabla 15. ADEVA para la variable número de hojas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
NUMERO DE HOJAS	21	0,78	0,69	1,83		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	2,82	6	0,47	8,51	0,0005	
TRATAMIENTO	2,82	6	0,47	8,51	0,0005	**
CONCENTRACION	0,6	2	0,3	4,66	0,0318	*
TIEMPO	0,94	1	0,94	14,59	0,0024	**
CONCENTRACION*TIEMPO	0,17	2	0,08	1,28	0,3126	

En la siguiente tabla, después de realizar el análisis de varianza en la variable número de hojas se pudo determinar que el tiempo presento alta significancia con un valor 0,0024, la concentración presento rasgos significativos con un valor de 0,0318.

Tabla 16. Prueba Tukey al 5% en variable Número de Hojas

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,39070					
Error: 0,0643 gl: 12					
CONCENTRACION	Medias	n	E.E.		
1	13,15	6	0,1	A	
2	13,05	6	0,1	A	B
3	12,72	6	0,1		B

Después de realizar la prueba Tukey al 5%, en tratamiento, se pudo definir que el tratamiento 1, (650 ppm) tuvo mayor rango de significancia con una media de 13,15 en comparación del tratamiento 3 (1000 ppm) la cual está en el último grado de significancia con una variable de 12,72.

Tabla 17. Prueba tukey al 5% para tiempo en variable Número de hojas

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,26053			
TIEMPO	Medias	Rangos	
1	13,2	A	
2	12,74		B

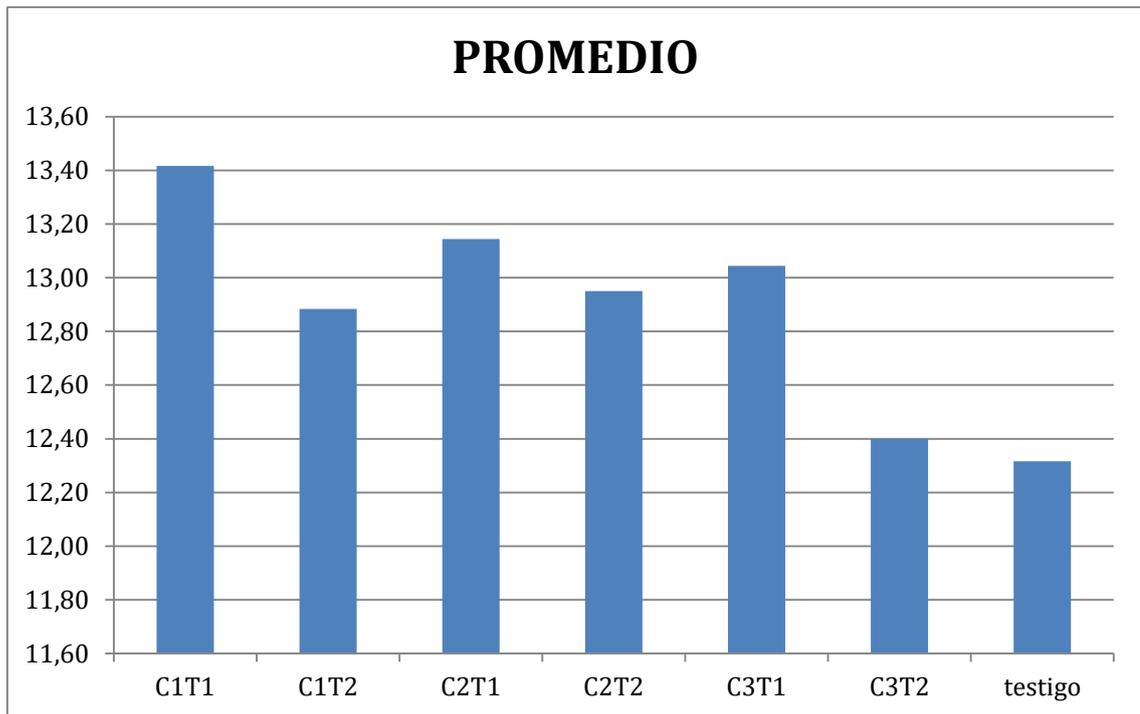
Luego de realizar la prueba Tukey al 5% en la tabla, para analizar el tiempo de aplicación se pudo definir que el tiempo de aplicación número 1 (4h por semana) con una media de 13,2 está en el rango de significancia, el tiempo 2 (6h por semana) no presenta significancia con una media de 12,74, para la variable número de hojas, se puede decir que el segundo tiempo no presenta significancia en el cultivo.

Tabla 18. Prueba tukey al 5% concentración*tiempo en variable número de hojas

Test: Tukey Alfa=0,05				
DMS=0,69565				
CONCENTRACION	TIEMPO	Medias	Rangos	
1	1	13,42	A	
2	1	13,14	A	
3	1	13,04	A	B
2	2	12,95	A	B
1	2	12,88	A	B
3	2	12,4		B

Después de realizar la prueba Tukey al 5%, en la concentración*tiempo, se pudo definir que la C1T1, (650 ppm, 4 horas de exposición) presenta significancia con una media de 13,42 en comparación de la C3T2 (850 ppm, 6 horas exposición) la cual está en el último grado de significancia con una media de 12,40.

Figura 7. Media para la variable Número de Hojas



Para la variable Número de Hojas se utilizó un sistema de medias aritméticas, en donde se puede observar los promedios del número de hojas, de cada uno de los tratamientos, donde se puede observar que el tratamiento con mejor número de hojas fue la C1T1, (650ppm),(4 horas por semana) con un valor de 13,42% de hojas, mientras que el menor número de hojas por planta se obtuvo del testigo el cual no fue aplicado ningún tipo de tratamiento.

Un estudio nos indica que para obtener unos resultados óptimos de calidad y cantidad, de hojas, tallo, fruto la planta requiere una concentración de CO₂ de 700 a 1000 ppm. Sin embargo, la concentración en el exterior está en torno a 350-380 ppm, y en el interior del invernadero puede llegar incluso a niveles inferiores de 100 ppm, si no se produce una buena ventilación. (Sonoma, 2020).

10. Conclusiones y recomendaciones

10.1 Conclusiones

- Pudimos determinar que la C1T1 presenta valores altamente significativos lo cual podemos concluir que la concentración de 650 ppm en el tiempo 1 de 4 horas presento mejor desarrollo a comparación de los de más tratamientos.

ALTURA DE PLANTA

ETIQUETA	CONCENTRACION	TIEMPO	PROMEDIO
C1T1	650 Partes por millón	4 horas	10,34
C2T1	850 Partes por millón	4 horas	10,18
C3T1	1000 Partes por millón	4 horas	9,97
C1T2	650 Partes por millón	6 horas	9,77
C3T2	1000 Partes por millón	6 horas	9,97
C2T2	850 Partes por millón	6 horas	9,78

NUMERO DE HOJAS

ETIQUETA	CONCENTRACION	TIEMPO	PROMEDIO
C1T1	650 Partes por millón	4 horas	13,42
C2T1	850 Partes por millón	4 horas	13,14
C3T1	1000 Partes por millón	4 horas	13,04
C2T2	850 Partes por millón	6 horas	12,95
C1T2	650 Partes por millón	6 horas	12,88
C3T2	1000 Partes por millón	6 horas	12,4

- El tiempo de exposición adecuado para el cultivo de Lechuga crespa, según los datos obtenidos y promedios fue el Tiempo 1 (4h de exposición por semana), ya que este tiempo no causó ningún tipo de estrés al momento de realizar la inyección de CO₂.

ALTURA DE PLANTA

ETIQUETA	TIEMPO	PROMEDIO
T1	4 horas	10,16
T2	6 horas	9,79

NUMERO DE HOJAS

ETIQUETA	TIEMPO	PROMEDIO
T1	4 horas	13,2
T2	6 horas	12,74

10.2 Recomendaciones

- Continuar con investigaciones futuras en diferentes cultivos para poder analizar en otras especies la incidencia favorable o desfavorable de la aplicación de CO₂ mediante generador.
- Realizar investigaciones futuras, donde se recolecte mayor cantidad de datos, con el criterio de ampliar el conocimiento y abundancia de las áreas de estudio.
- Es fundamental comparar los resultados obtenidos entre tratamientos para de esta forma poder determinar los índices favorables de la aplicación de CO₂.

11. Referencias Bibliográficas

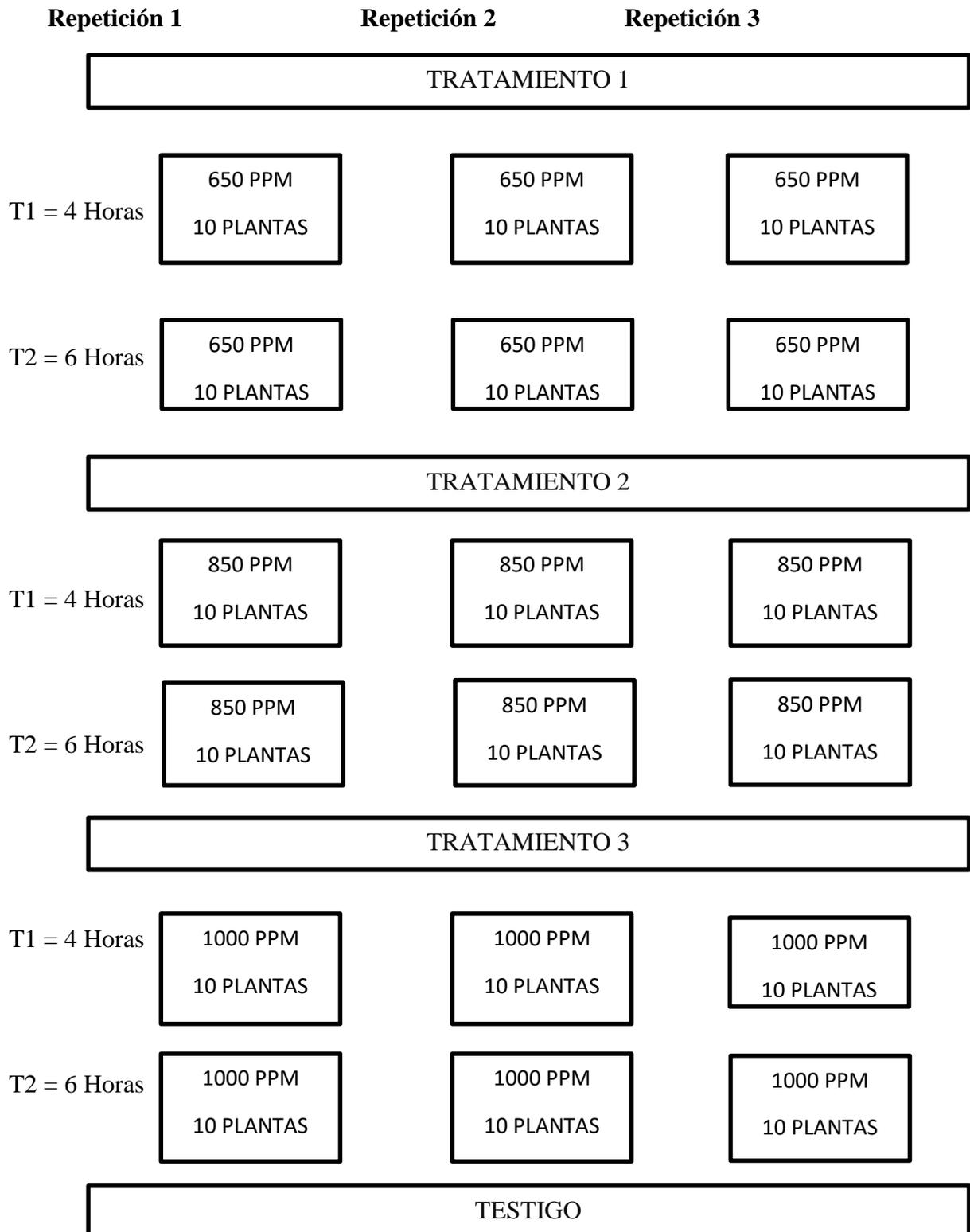
- Antón, A., & et al. (2011). Manual del aplicador de CO₂ en cultivos hortícolas. *Programa Horticultura Ambiental*, 34. <http://www.recercat.cat/handle/2072/196507>
- Ávila Cubillos, E. P. (2015). Manual Lechuga. *Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial Vicepresidencia de Fortalecimiento Empresarial Cámara de Comercio de Bogotá*, 2–54. <http://hdl.handle.net/11520/14316>
- Cesar, G. J. (n.d.). *Script-Tmp-4__Origen_E_Historia__Botanica.Pdf*.
- Chimba Velasco & Masabanda Palomo. (2022). *Universidad técnica de cotopaxi*.
- Hurtado, (2022).
- Douglas, M. (2011). *Aporte de Co2 en un invernadero*. <https://www.hortalizas.com/horticultura-prottegida/invernadero/aporte-de-co2-en-un-invernadero/>
- INTAGRI. (2021). Inyección de Dióxido de Carbono (CO₂) en invernadero. 2021, 3. [https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/inyeccion-de-bioxido-de-carbono-\(CO2\)-en-invernadero](https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/inyeccion-de-bioxido-de-carbono-(CO2)-en-invernadero)
- La Peña, H.-D. (2014). REVISTA BIO CIENCIAS Caracterización y funcionalidad de invernaderos en Chignahuapan Puebla, México Characterization and functionality of greenhouses in Chignahuapan Puebla, Mexico P A L A B R A S C L A V E Información del artículo. *Revista Bio Ciencias*, 2(285), 261–270. <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.02.04.04>
- Miserendino, E., & Alto, E. E. a I. (2014). Estructura , Construcción Y Condiciones. *Agricultura*, 23, 97–100.
- Mota, C., Alcaraz-López, M. I., Martínez-Ballesta, & Carvajal, M. (2010). Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, 1, 43.
- Quintero, J. (2009). La Lechuga. *Escuelas Idea Sana Eroski*, 21. http://ideasana.fundacioneroski.es/web/es/13/escuela_5/escuela5_lechuga.pdf
- Seiler, W. (2002). El cambio climático global. *Dyna*, 77(9), 35–38. https://www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/06-cambio_climatico_global.pdf

12. ANEXOS

Anexo 1: Presupuesto de la investigación

ACTIVIDAD	NUMERO DE UNIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL \$
Plántulas	225	0,02	4,5
Fundas Agrícolas	3 paquetes	4	12
Bioestimulante-Angel	2 frascos	8	16
Raikat-enraizador	1 frasco	10	10
Eco abonanza	4g	6	24
Sub Total			66,5
MANO DE OBRA			
Preparación del terreno	0	0	0
Sub Total			0
EQUIPOS Y MATERIALES			
Flexómetro	1	2	2
Clavo	1 paquete	6	6
Esferos	2	0,5	1
Lapiz	1	0,5	1
Caja para generador	1	12	12
Tubos	4	2	6
Sub Total			28
IMPREVISTOS			25
GASTO TOTAL			119,5

Anexo 2. Diseño de Campo



Anexo 3. Datos de indicadores evaluados

TRATAMIENTO	CONCENTRACION	TIEMPO	REPETICION	ALTURA
1	1	1	1	10,20
2	1	2	1	10,07
3	2	1	1	10,19
4	2	2	1	9,99
5	3	1	1	10,05
6	3	2	1	9,62
1	1	1	2	10,72
2	1	2	2	9,51
3	2	1	2	9,95
4	2	2	2	9,54
5	3	1	2	9,75
6	3	2	2	9,80
1	1	1	3	10,09
2	1	2	3	9,87
3	2	1	3	10,41
4	2	2	3	9,77
5	3	1	3	10,12
6	3	2	3	9,93
7			1	9,51
7			2	10,02
7			3	9,69

TRATAMIENTO	CONCENTRACION	TIEMPO	REPETICION	NUMERO DE HOJAS
1	1	1	1	13,02
2	1	2	1	12,90
3	2	1	1	13,35
4	2	2	1	12,85
5	3	1	1	13,18
6	3	2	1	12,42
1	1	1	2	13,20
2	1	2	2	12,93
3	2	1	2	13,18
4	2	2	2	13,10
5	3	1	2	12,88
6	3	2	2	12,38
1	1	1	3	14,03
2	1	2	3	12,82
3	2	1	3	12,90
4	2	2	3	12,90
5	3	1	3	13,07
6	3	2	3	12,40
7			1	12,28
7			2	12,33
7			3	12,33

Anexo 4. Fotografías

Fotografía 1. Preparación de tierra



Fotografía 2. Trasplante de plántula



Fotografía 3. Deshierbe del cultivo



Fotografía 4. Cuidado del Cultivo



Fotografía 5. Toma de datos



Anexo 5. Aval de Traducción



**CENTRO
DE IDIOMAS**

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE TRES CONCENTRACIONES DE CO2 BAJO INVERNADERO EN EL CULTIVO DE LECHUGA CRESPA (*LACTUCA SATIVA VAS. CRISPA*), EN EL SECTOR SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI,”** presentado por: **Hurtado Salazar Cristian Andrés**, egresado de la Carrera de: **Agronomía**, perteneciente a la Facultad de: **Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, febrero de 2023

Atentamente,



**CENTRO
DE IDIOMAS**

Lic. Mayra Clemencia Noroña Heredia, Mg.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI:0501955470