



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

**Cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en condiciones de macrotunel con
plástico con riego por goteo.**

AUTORA: Madelyn Mishell Pinargote Loor

TUTORA: Ing. Myriam Elizabeth Zambrano Mendoza, Mg.

El Carmen, diciembre del 2026

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página II de 56

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **Madelyn Mishell Pinargote Loor** legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025 (2), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en condiciones de macrotunel con plástico con riego por goteo”**

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 30 de enero del 2026.



Ing. Myriam Elizabeth Zambrano Mendoza, Mg.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Madelyn Mishell Pinargote Loor**, con cédula de ciudadanía 2300318827, estudiante de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera Ingeniería Agropecuaria, declaro que las opiniones, criterios y resultados encontrados en las aplicaciones de los diferentes instrumentos de investigación que están resumidos en las recomendaciones con el tema **“Cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en condiciones de macrotunel con plástico con riego por goteo”**, son información exclusiva de su autora, apoyados por el criterio de profesionales de diferentes indoles, presentados en la bibliografía que fundamenta este trabajo; al mismo tiempo declaro que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión El Carmen.

Atentamente,



Madelyn Mishell Pinargote Loor,

El Carmen, 28 de enero de 2026

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

**Cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en condiciones de macrotunel con
plástico con riego por goteo.**

AUTORA: Madelyn Mishell Pinargote Loor

TUTOR: Ing. Myriam Elizabeth Zambrano Mendoza, Mg.

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Mg. De la Cruz Chicaiza Marco Vinicio.

Mg. Cobeña Loor Nexar Vismar.

Mg. Nivelá Morante Pedro Eduardo.

DEDICATORIA

“El cultivo de la mente es tan necesario como el alimento para el cuerpo.” - Sarah Moore Grimké

Dedico este trabajo a Dios, por haber sido mi guía constante, fuente de fortaleza en los momentos de dificultad y luz en los instantes de incertidumbre. A Él entrego cada logro con humildad y gratitud.

A mis padres, Denys Pinargote y Maribel Loor, por ser la base firme de mi vida. Su amor, apoyo incondicional y enseñanzas han sostenido mi caminar académico y personal. A mi hijo Eydan Jaziel, quien representa la razón más poderosa para superarme. Su existencia da sentido a cada esfuerzo realizado, y su sonrisa renueva mis fuerzas para seguir luchando por un futuro digno y lleno de esperanza.

A cada uno de ustedes, les entrego con amor este fruto, como reflejo del compromiso, la fe y el amor que han sembrado en mí.

Madelyn Mishell Pinargote Loor.

AGRADECIMIENTO

“El amor auténtico no se mide por palabras, sino por el esfuerzo constante, la compañía silenciosa y la entrega sin condiciones.”— Madre Teresa de Calcuta

Con el corazón lleno de gratitud, expreso mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que formaron parte de este proceso, no solo académico, sino también personal.

A mi amado esposo, por caminar a mi lado en cada etapa de esta carrera. Su apoyo incondicional ha sido fundamental para alcanzar esta meta. Agradezco profundamente su esfuerzo, su paciencia y, sobre todo, su amor constante, que me sostuvo en los momentos de cansancio y duda. Su presencia ha sido un refugio, una fuerza silenciosa que me impulsó a no rendirme.

A mi padres, cuyo amor, dedicación y esfuerzo han sido un pilar fundamental en mi vida. Agradezco profundamente su apoyo emocional, su guía constante y, de manera especial, el respaldo económico que me permitió continuar con mis estudios y avanzar con firmeza hacia esta meta. Su confianza en mis capacidades ha sido una fuente inagotable de fortaleza y motivación.

A mi perrita Candy, compañera leal e incansable en tantas noches de desvelo. Su ternura, su mirada fiel y su compañía silenciosa me ofrecieron consuelo y calidez mientras desarrollaba tareas y estudiaba hasta el amanecer.

Este logro no es solo mío, sino de todos quienes creyeron en mí y sembraron ánimo, confianza y amor a lo largo del camino.

Madelyn Mishell Pinargote Loor.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN.....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	III
TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXO	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
JUSTIFICACIÓN	17
OBJETIVOS	18
CAPITULO I	19
1. METODOLOGÍA.....	19
1.1 Localización de la unidad experimental	19
1.2 Caracterización meteorológica de la zona	19
1.3 Métodos	20
1.3.1 Método empírico	20
1.3.2 Método experimental	20
1.3.3 Método bibliográfico	21
1.3.4 Método observacional.....	21
1.4 Fuentes de recopilación de la información	21
1.4.1 Fuentes primarias.....	21
1.4.2 Fuentes secundarias	21

1.5	Diseño de la Investigación.....	22
1.5.1	Descripción de los tratamientos.....	22
1.6	Instrumentos de investigación	23
1.6.1	Medición de variables.....	24
1.7	Variables de interés	24
1.8	Análisis estadístico	25
1.9	Materiales y Equipo.....	25
1.9.1	Material vegetal	25
1.9.2	Infraestructura.....	25
1.9.3	Sistema de riego por goteo	25
1.9.4	Instrumentos para monitoreo de condiciones	25
1.9.5	Herramientas e insumos agronómicos	26
1.9.6	Equipos de protección personal	26
1.9.7	Material informático y de análisis	26
CAPÍTULO II.....		27
2.	MARCO TEÓRICO	27
2.1	Generalidades botánicas del pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.)	27
2.2	Taxonomía y morfología de <i>Cucumis sativus</i> L.	27
2.3	Sistema radicular	27
2.4	Tallo.....	28
2.5	Hojas.....	28
2.6	Flores	28
2.6.1	Fruto	29
2.7	Fenología del cultivo	29
2.7.1	Requerimientos edafoclimáticos del cultivo.....	30
2.8	Calidad del agua de riego	30
2.9	Necesidades hídricas del cultivo de pepino.....	31

2.10	Importancia del manejo del riego en pepino	31
2.11	Riego por goteo	32
CAPITULO III		33
DESARROLLO DE LA PROPUESTA		33
3.1	Descripción del sistema	33
3.2	Diseño y selección de tecnologías a implementar	34
3.2.1	Sistema de riego por goteo	36
3.3	Plan de implementación.....	37
3.4	Resultados y discusión.....	38
3.4.1	Altura (cm)	38
3.4.2	Diámetro del tallo (mm)	40
3.4.3	Número de hojas.....	41
3.4.4	Número de flores	43
3.4.5	Días a la floración.....	44
3.4.6	Peso (g), longitud de fruto (cm) y Diámetro (cm).....	45
CAPÍTULO IV		47
CONCLUSIONES		47
RECOMENDACIONES.....		48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		XXXV
ANEXOS.....		XXXV

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características meteorológicas de la localidad	19
Tabla 2. Esquema de ADEVA con un diseño completamente con 4 repeticiones	22
Tabla 3. Tratamiento de estudio	22
Tabla 4. Etapas fenológicas de <i>C. sativus</i> L.	30
Tabla 5. Temperatura requerida por etapa de desarrollo del cultivo de <i>Cucumis sativus</i> L....	30
Tabla 6. Desglose de gastos de implementación del macrotúnel.....	34
Tabla 7. Numero de flores del cultivo de pepino bajo macrotúnel de plástico y campo abierto a los 30, 45 y 60 días después del trasplante	43
Tabla 8. <i>Días a la floración del cultivo de pepino bajo macrotúnel de plástico y campo abierto</i>	44
Tabla 9. <i>Peso, longitud y diámetro del fruto de pepino en función del ambiente y el cultivar 60 Días.</i>	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio	19
Figura 2. Estructura de las flores masculina y femenina del pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) con identificación de sus partes anatómicas	28
Figura 3. Preparación de las camas de cultivo dentro del macrotúnel con cubierta plástica... 35	
Figura 4. Establecimiento y desarrollo inicial del cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) bajo macrotúnel con cubierta plástica y sistema de riego por goteo.	35
Figura 5. <i>Croquis técnico del sistema de riego por goteo implementado en el macrotúnel de plástico para el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.).....</i>	36
Figura 6. Altura de plantas de pepino bajo macrotúnel de plástico y campo abierto a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante	39
Figura 7. <i>Diámetro del tallo de plantas de pepino bajo macrotúnel de plástico y campo abierto a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante.....</i>	40
Figura 8. <i>Desarrollo foliar del pepino en macrotúnel de plástico y campo abierto en tres momentos de evaluación.....</i>	42

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. <i>Preparación del terreno y perforación para la instalación de postes del sistema de soporte</i>	XXXV
Anexo 2. <i>Desarrollo inicial de las plantas de pepino bajo sistema protegido con riego por goteo</i>	XXXV
Anexo 3. <i>Actividad de poda y conducción de plantas de pepino en macrotúnel</i>	XXXVI
Anexo 4. <i>Formación de frutos en plantas de pepino durante la fase reproductiva.....</i>	XXXVI
Anexo 5. <i>Registro del peso individual de fruto de pepino durante la fase de cosecha ..</i>	XXXVII
Anexo 6. <i>Muestra representativa de frutos obtenidos en el sistema de macrotúnel.....</i>	XXXVII

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento agronómico y productivo del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo un sistema de macrotúnel con cubierta plástica y riego por goteo. El experimento se estableció durante la época de verano, en el mes de septiembre, bajo un Diseño Completamente al Azar, con cuatro tratamientos: T1 (Marketmore–macrotúnel), T2 (Jaguar–macrotúnel), T3 (Marketmore–campo abierto) y T4 (Jaguar–campo abierto), con cuatro repeticiones y diez plantas por unidad experimental. A los 30 días después del trasplante no se detectaron diferencias significativas en altura de planta (138,5–147,6 cm) ni en número de hojas (13,3–14,4 hojas), mientras que el diámetro del tallo fue mayor en campo abierto, alcanzando $6,74 \pm 0,15$ mm en T3. A los 60 días se registraron diferencias altamente significativas en las variables agronómicas. La mayor altura se obtuvo en macrotúnel, con $210,0 \pm 0,06$ cm en T1 y $209,0 \pm 0,06$ cm en T2, mientras que el mayor diámetro del tallo se observó en campo abierto, con $8,58 \pm 0,19$ mm en T3. El mayor número de hojas se registró en T1 con $23,69 \pm 0,81$ hojas, y el mayor número de flores correspondió a T3 con $13,88 \pm 0,2$ flores. En las variables productivas evaluadas a los 60 días, el mayor peso de fruto se obtuvo en T1 ($400,69 \pm 0,4$ g), la mayor longitud fue de $26,75 \pm 0,68$ cm y el mayor diámetro se presentó en T3 ($59,77 \pm 1,61$ mm). La cosecha se realizó en el mes de diciembre

Palabras clave: Pepino, Macrotúnel, Riego por goteo, Rendimiento agronómico, Variedades hortícolas.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the agronomic and productive performance of cucumber (*Cucumis sativus* L.) under a macrotunnel system with plastic cover and drip irrigation. The experiment was established during the summer season, in September, using a Completely Randomized Design with four treatments: T1 (Marketmore–macrotunnel), T2 (Jaguar–macrotunnel), T3 (Marketmore–open field), and T4 (Jaguar–open field), with four replications and ten plants per experimental unit. At 30 days after transplanting, no significant differences were detected in plant height (138.5–147.6 cm) or number of leaves (13.3–14.4 leaves), whereas stem diameter was greater under open-field conditions, reaching 6.74 ± 0.15 mm in T3. At 60 days, highly significant differences were recorded in agronomic variables. The greatest plant height was obtained under macrotunnel conditions, with 210.0 ± 0.06 cm in T1 and 209.0 ± 0.06 cm in T2, while the largest stem diameter was observed in open field, with 8.58 ± 0.19 mm in T3. The highest number of leaves was recorded in T1 with 23.69 ± 0.81 leaves, and the highest number of flowers corresponded to T3 with 13.88 ± 0.2 flowers. Regarding productive variables evaluated at 60 days, the highest fruit weight was obtained in T1 (400.69 ± 0.4 g), the greatest fruit length reached 26.75 ± 0.68 cm, and the largest fruit diameter was observed in T3 (59.77 ± 1.61 mm). Harvesting was carried out in December. It is concluded that crop performance depended on the production environment and the cultivar evaluated.

Keywords: Cucumber, Macrotunnel, Drip irrigation, Agronomic performance, Horticultural cultivars.

INTRODUCCIÓN

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza de gran importancia comercial que pertenece a la familia *Cucurbitaceae* (Bojacá et al., 2012). Su origen se sitúa en la India, donde fue domesticado en Asia antes de su introducción en Europa y, posteriormente, en América, existen diversas variedades cultivadas a nivel global, entre las que se encuentran el pepino americano, europeo, medio, holandés y oriental (Ayala-Tafoya et al., 2019; Gutiérrez et al., 2014).

A nivel mundial, la producción de pepino ha experimentado un crecimiento sostenido. Entre los años 2012 y 2020 se registraron volúmenes que superaron los 88 millones de toneladas, siendo el año 2020 uno de los más representativos en cuanto a producción (Barraza, 2017). China lidera la producción global con aproximadamente 48 millones de toneladas, seguida por Turquía con 1,741 millones y luego Irán con 1,600 millones, lo que en conjunto representa más del 70 % del volumen mundial de este cultivo (Soza, 2023).

La agricultura ecuatoriana enfrenta transformaciones significativas como consecuencia del cambio climático, reflejado en eventos como la disminución del caudal de esteros y ríos que históricamente abastecieron agua para el consumo humano y las actividades agrícolas (Ayala-Tafoya et al., 2019; Zurita, 2016). Esta situación ha generado una marcada escasez del recurso hídrico, especialmente durante los períodos de sequía, afectando de manera directa a los pequeños productores, quienes disponen de recursos limitados para mejorar su productividad y calidad de vida (Valencia-Angulo, 2022).

Frente a esta realidad, el uso eficiente del agua mediante sistemas tecnificados de riego se ha convertido en una necesidad prioritaria (Díaz Ayala, 2017). El riego por goteo se ha posicionado como una alternativa eficaz en zonas con baja disponibilidad hídrica, ya que permite optimizar el uso del agua, reducir pérdidas por evaporación y lixiviación, y mejorar los rendimientos agrícolas (Chacón-Padilla et al., 2020). Su implementación representa un avance hacia una agricultura más sostenible y resiliente, especialmente en cultivos hortícolas como el pepino (*Cucumis sativus*), cuya demanda y valor comercial han aumentado en los últimos años (Cáarez-Flores et al., 2022).

El presente estudio sobre el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) bajo condiciones de macrotúnel con cobertura plástica y riego por goteo adquiere relevancia al ofrecer una alternativa tecnológica viable para enfrentar las limitaciones hídricas y mejorar la eficiencia

productiva. La investigación contribuye al desarrollo de estrategias agronómicas sostenibles que optimizan el uso del agua, incrementan el rendimiento y fortalecen la seguridad alimentaria local (Escamirosa-Tinoco et al., 2021). Además, proporciona información técnica valiosa para los productores, investigadores y actores del sector agrícola interesados en adaptar sus sistemas de cultivo a las nuevas condiciones climáticas y de mercado, fomentando una agricultura más eficiente, resiliente y ambientalmente responsable.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el cantón El Carmen, provincia de Manabí, la producción hortícola enfrenta limitaciones derivadas de la disminución progresiva de fuentes hídricas superficiales, provocada por la variabilidad climática. Esta situación ha afectado a los agricultores de pequeña escala, quienes no siempre disponen de los medios técnicos necesarios para optimizar el uso del agua en sus sistemas productivos (Pratt et al., 2019). En este contexto, el pepino (*Cucumis sativus* L.), una hortaliza de alta demanda y valor comercial, se cultiva en condiciones que no garantizan una eficiencia adecuada en el aprovechamiento del recurso hídrico, lo que limita su rendimiento y sostenibilidad (Munar et al., 2023).

Los sistemas tradicionales de riego, aún prevalentes en muchas unidades productivas, presentan baja eficiencia en la distribución del agua, lo cual incrementa las pérdidas por escorrentía y evaporación, además de afectar negativamente el desarrollo de los cultivos (Regaber, 2024). Esta realidad se agrava en zonas con períodos secos prolongados, donde la disponibilidad de agua es crítica (Ávila-Flores et al., 2014). Frente a este panorama, el riego por goteo se reconoce como una alternativa técnica eficaz, ya que permite aplicar volúmenes exactos de agua medidos en milímetros directamente en la zona radicular, favoreciendo la absorción y reduciendo el desperdicio (Aquino et al., 2015; Correa-González et al., 2019).

Por otro lado, el uso de estructuras de producción protegida, como los macrotúneles, ha demostrado beneficios en el manejo del microclima, la protección contra plagas y la mejora del rendimiento en cultivos hortícolas (Adame et al., 2021). No obstante, en El Carmen existe escasa evidencia científica sobre la respuesta del pepino a diferentes láminas de riego aplicadas en milímetros bajo condiciones protegidas, lo que dificulta la toma de decisiones agronómicas basadas en criterios técnicos.

Ante la necesidad de mejorar la productividad del cultivo de pepino en sistemas protegidos, se plantea la importancia de evaluar el desempeño agronómico del cultivo bajo

condiciones de macrotúnel con cubierta plástica y riego por goteo, tecnologías que permiten un mejor control del ambiente y del suministro hídrico. En este contexto, resulta fundamental analizar el comportamiento agronómico y el rendimiento de distintas variedades de pepino, ya que la respuesta productiva puede variar en función del material genético y de su interacción con el sistema de producción. Por ello, se plantea la necesidad de evaluar el rendimiento agronómico de las variedades Marketmore y Jaguar cultivadas bajo macrotúnel con riego por goteo, con el fin de generar información técnica que contribuya a la optimización del manejo del cultivo en condiciones protegidas.

Pregunta de investigación:

¿Cuál es el comportamiento agronómico y el rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) de las variedades Marketmore y Jaguar, bajo un sistema de macrotúnel con cubierta plástica y riego por goteo, en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador?

JUSTIFICACIÓN

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) requiere un manejo agronómico eficiente que permita optimizar el uso de los recursos, especialmente el agua, cuyo acceso se ha visto cada vez más limitado en los sistemas agrícolas ecuatorianos (Valencia-Angulo, 2022). Esta investigación plantea una alternativa técnica orientada a maximizar la eficiencia hídrica mediante la implementación del riego por goteo en condiciones protegidas, con el propósito de reducir el desperdicio de agua y fomentar un uso racional del recurso en la producción hortícola (Camejo et al., 2010).

La propuesta se enfoca en demostrar que una dosificación controlada del riego, expresada en milímetros de agua aplicados con base en lecturas de tensiómetro, puede favorecer una mayor productividad sin necesidad de aplicar volúmenes excesivos. A través de este enfoque, se busca generar conciencia en los productores sobre la importancia de aplicar únicamente la cantidad de agua que el cultivo requiere, evitando así pérdidas económicas y daños ambientales provocados por el uso indiscriminado del recurso.

El uso de estructuras como macrotúneles ofrece condiciones climáticas favorables para el desarrollo del cultivo durante todo el año, lo que permite ampliar el periodo de siembra y reducir los efectos negativos de la humedad excesiva o la sequía (Zermeño-González et al., 2019). Además, al mantener un ambiente más estable, el pepino responde con un crecimiento vigoroso, mejor floración y mayor rendimiento (Regaber, 2024).

Otro aspecto relevante es que el riego por goteo evita el contacto del agua con el follaje, lo que reduce la incidencia de enfermedades foliares y contribuye a mantener la sanidad del cultivo (Bojacá et al., 2012; Padilla-Bernal et al., 2012). La localización del riego también limita el desarrollo de malezas, al restringir la humedad únicamente a la zona radicular, lo que disminuye los costos asociados al control químico o manual (Flores, 2023).

Por estas razones, el presente estudio justifica la necesidad de adoptar tecnologías que integren el uso eficiente del agua con prácticas agronómicas modernas, capaces de mejorar la rentabilidad del cultivo de pepino y promover la sostenibilidad agrícola en zonas como El Carmen, donde los pequeños productores requieren soluciones prácticas y adaptadas a sus condiciones.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar el rendimiento agronómico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo un sistema de macrotúnel con cubierta plástica y riego por goteo, considerando el comportamiento de las variedades Marketmore y Jaguar.

Objetivos específicos

- Describir las condiciones estructurales y de manejo del sistema de macrotúnel con cubierta plástica y riego por goteo empleado para el cultivo de pepino.
- Comparar el comportamiento agronómico de las variedades Marketmore y Jaguar cultivadas bajo macrotúnel con riego por goteo.
- Determinar el rendimiento productivo de las variedades Marketmore y Jaguar en condiciones de macrotúnel.

HIPÓTESIS

- **H₁:** El cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) establecido bajo un sistema de macrotúnel con cubierta plástica y riego por goteo presentó diferencias significativas en el rendimiento agronómico entre las variedades Marketmore y Jaguar.
- **H₀:** No existieron diferencias significativas en el rendimiento agronómico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) entre las variedades Marketmore y Jaguar cultivadas bajo macrotúnel con riego por goteo.

CAPITULO I

METODOLOGÍA

1.1 Localización de la unidad experimental

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones de la Granja Experimental Río Suma, perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión El Carmen, ubicada en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador. Esta unidad académica y productiva se encuentra localizada en las coordenadas geográficas 0.261468° de latitud sur y 79.427383° de longitud oeste. El área hortícola utilizada para el estudio está destinada a actividades prácticas de docencia, ensayos experimentales y producción agroecológica. Su infraestructura está equipada con sistemas de producción bajo condiciones controladas, como macrotúneles y casas de sombra, lo que permite la ejecución de investigaciones aplicadas enfocadas en la optimización del rendimiento y el uso eficiente de los recursos.

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio



Fuente: Google Maps (2025).

1.2 Caracterización meteorológica de la zona

A continuación, algunas características agroclimáticas del cantón:

Tabla 1. Características meteorológicas de la localidad

Características	El Carmen
Clima	Trópico Húmedo
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86%
Heliofanía (Horas luz año ⁻¹)	1026,2
Precipitación media anual (mm)	2659
Altitud (msnm)	130

Nota: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2022)

1.3 Métodos

1.3.1 Método empírico

Para el desarrollo de esta investigación se empleó el método empírico, el cual permitió obtener información objetiva a partir de la observación directa del comportamiento agronómico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) durante su ciclo vegetativo y reproductivo, bajo condiciones de ambiente protegido con estructura de macrotúnel.

Este enfoque se fundamentó en el registro sistemático de las respuestas del cultivo frente a la aplicación de distintas láminas de riego por goteo expresadas en milímetros de agua (Arias & Covinos-Gallardo, 2021). La interacción continua con el sistema productivo facilitó la identificación de variaciones fisiológicas y morfológicas asociadas al manejo hídrico y al ambiente interno controlado, tomando en cuenta variables como temperatura, humedad relativa y luminosidad (Ayala-Tafoya et al., 2019).

La información empírica recolectada permitió contrastar los efectos reales de los tratamientos sobre el desarrollo del cultivo, aportando evidencias prácticas para evaluar la eficiencia del riego y su influencia sobre el rendimiento, en concordancia con los objetivos experimentales establecidos (Hidalgo, 2005).

1.3.2 Método experimental

La presente investigación se enmarca dentro del método experimental, ya que se establecieron condiciones controladas para evaluar el efecto de un factor independiente las láminas de riego por goteo aplicadas en milímetros de agua sobre variables dependientes agronómicas y productivas del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo estructura de macrotúnel.

Este enfoque se caracteriza por la manipulación deliberada de los tratamientos y el control de las condiciones ambientales, con el propósito de observar y analizar las respuestas fisiológicas y de rendimiento del cultivo (Hernández et al., 2014). La metodología experimental permite establecer relaciones de causa-efecto entre los tratamientos aplicados y los resultados obtenidos, garantizando la validez científica mediante el uso de un diseño completamente al azar con repeticiones, medición objetiva de variables y análisis estadístico riguroso (Corona-Lisboa, 2016).

1.3.3 Método bibliográfico

Se aplicó el método bibliográfico con el propósito de sustentar teóricamente el estudio mediante la revisión, selección y análisis de fuentes científicas relevantes relacionadas con el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), el uso de riego por goteo, y las condiciones de producción hortícola bajo estructuras protegidas como macrotúneles (Arias & Covinos Gallardo, 2021).

1.3.4 Método observacional

En esta investigación se aplicó el método observacional para registrar de manera directa y sistemática el comportamiento morfológico y fisiológico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de los cuatro tratamientos establecidos: *Marketmore* y *Jaguar* cultivados en macrotúnel, y ambas variedades manejadas en condiciones de campo abierto.

La observación se orientó a identificar las diferencias en el crecimiento, desarrollo y adaptación de cada variedad según el ambiente de cultivo, lo que permitió generar registros comparables y precisos sobre el desempeño agronómico de las plantas. Este método se apoyó en instrumentos de medición y en fichas de campo debidamente estructuradas, garantizando la rigurosidad en la recolección y sistematización de los datos empíricos (Hidalgo, 2005).

1.4 Fuentes de recopilación de la información

1.4.1 Fuentes primarias

Incluyeron los datos recolectados directamente en campo mediante la observación sistemática, la aplicación de tratamientos experimentales, y la medición de variables agronómicas y productivas del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.). Estos datos se obtuvieron en condiciones controladas bajo macrotúnel, a través de herramientas como fichas de registro, tensiómetros, termohigrómetros y balanzas digitales, entre otros instrumentos utilizados durante la fase experimental (Sánchez, 2017).

1.4.2 Fuentes secundarias

Estuvieron conformadas por libros especializados, artículos científicos, tesis académicas, informes técnicos y documentos institucionales provenientes de bases de datos confiables como FAO, SciELO, Redalyc y Google Scholar. Estas fuentes se emplearon para fundamentar el marco teórico, justificar el problema de investigación y contextualizar la importancia del manejo eficiente del recurso hídrico en cultivos hortícolas (Sánchez, 2017).

1.5 Diseño de la Investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y un diseño experimental de tipo aplicado, debido a que se manipuló deliberadamente la variable independiente correspondiente a los ambientes de cultivo y las variedades empleadas. El estudio evaluó el comportamiento agronómico del pepino (*Cucumis sativus* L.) al combinar dos variedades comerciales (Marketmore y Jaguar) bajo dos condiciones de producción: macrotúnel y campo abierto, generando un total de cuatro tratamientos experimentales.

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA), adecuado para áreas experimentales con condiciones relativamente homogéneas, ya que permite asignar los tratamientos de forma aleatoria a las unidades experimentales, reduciendo el sesgo y fortaleciendo la validez interna del estudio. El experimento estuvo constituido por cuatro tratamientos definidos de la siguiente manera: T1: Marketmore en macrotúnel, T2: Jaguar en macrotúnel, T3: Marketmore en campo abierto y T4: Jaguar en campo abierto

Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones, y cada unidad experimental estuvo conformada por un número uniforme de plantas establecidas en camas previamente preparadas según las condiciones propias de cada ambiente de cultivo.

Tabla 2. Esquema de ADEVA con un diseño completamente con 4 repeticiones

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	3
Erros	12
Total	15

1.5.1 Descripción de los tratamientos

Se establecieron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, sumando un total de 16 unidades experimentales. Cada unidad con 10 plantas por repetición.

Tabla 3. Tratamiento de estudio

Tratamiento	Variedad	Ambiente de cultivo
T1	Marketmore	Macrotúnel
T2	Jaguar	Macrotúnel
T3	Marketmore	Campo abierto
T4	Jaguar	Campo abierto

1.6 Instrumentos de investigación

La instalación del sistema de riego por goteo se efectuó en el macrotúnel asignado al área hortícola de la Granja Experimental Río Suma. Primero se delimitó el terreno y se distribuyeron las parcelas experimentales de acuerdo con el diseño completamente al azar. Posteriormente, se instalaron las tuberías principales y secundarias de polietileno de alta densidad, junto con una sola línea de cintas de riego por goteo con emisores espaciados cada 20 cm. El sistema se complementó con válvulas de control, filtros y un tanque elevado que garantizó una presión constante durante el suministro de agua. Se realizaron pruebas preliminares de caudal para verificar la uniformidad del riego.

La producción de plántulas inició con la siembra de las variedades comerciales *Marketmore* y *Jaguar* en bandejas de 128 cavidades. Como sustrato se empleó una mezcla de tierra negra, cascarilla de arroz y compost. Las semillas se colocaron a 1 cm de profundidad y se mantuvieron bajo sombra parcial, con riegos manuales diarios durante la fase inicial. La germinación ocurrió entre los 7 y 10 días posteriores a la siembra, y las plántulas permanecieron en vivero hasta alcanzar entre 15 y 20 cm de altura, con un mínimo de tres hojas verdaderas, momento en el cual fueron consideradas aptas para el trasplante.

El trasplante se realizó tanto dentro del macrotúnel como en el área asignada a campo abierto, según los tratamientos establecidos. Las camas de siembra se prepararon con distancias de 1 metro entre surcos y 40 cm entre plantas. En cada sitio de plantación se incorporaron 250 gramos de humus de lombriz como fuente de fertilización orgánica de base. Las plántulas se colocaron manualmente, procurando mantener la integridad de las raíces y asegurar un adecuado contacto con el sustrato húmedo. Las unidades experimentales se identificaron con etiquetas visibles que permitieron un control preciso de los tratamientos y sus repeticiones.

El manejo agronómico consistió en un riego uniforme para todos los tratamientos, aplicado mediante el sistema de goteo en el macrotúnel y mediante riego manual en campo abierto, manteniendo niveles de humedad adecuados para el desarrollo del cultivo. Se efectuaron deshierbas manuales semanales con el fin de evitar la competencia con malezas, y se aplicó humus de lombriz cada 15 días como fertilización de mantenimiento (150 g por planta). No fue necesaria la aplicación de agroquímicos, ya que no se presentaron problemas fitosanitarios relevantes durante el ensayo.

1.6.1 Medición de variables

A los 21 días después de la siembra se evaluaron las siguientes variables agronómicas:

- **Altura de plántula (cm):** Se midió desde la base del tallo hasta el ápice superior de cada planta, empleando una regla milimetrada. Para garantizar representatividad, se seleccionaron cinco plantas por unidad experimental y se registró el valor promedio (Chacón-Padilla et al., 2020).
- **Diámetro del tallo:** se midió a nivel del primer entrenudo, a una altura de un centímetro sobre la base del tallo, utilizando un calibrador digital con precisión de décimas de milímetro. Esta variable permitió evaluar el vigor estructural de la planta y su capacidad para sostener el crecimiento vegetativo y reproductivo.
- **Longitud del fruto:** se registró desde la base hasta el ápice del fruto maduro, utilizando una cinta métrica o regla graduada en centímetros. Se seleccionaron frutos representativos de cada planta evaluada dentro de la unidad experimental, considerando aquellos en estado óptimo de cosecha según criterios comerciales.
- **Peso del fruto:** se determinó con una balanza electrónica de precisión, expresado en gramos. Se pesaron los frutos cosechados individualmente por planta y se calculó el promedio por tratamiento, lo cual permitió establecer diferencias significativas en la acumulación de biomasa bajo distintas láminas de riego.

1.7 Variables de interés

Variables independientes

- Variedades de pepino Marketmore y Jaguar.

Variables dependientes

- Porcentaje de germinación (%)
- Altura de plántula (cm)
- Diámetro del tallo (mm)
- Longitud del fruto (cm)
- Peso del fruto (g)

1.8 Análisis estadístico

Se verificaron los supuestos de normalidad de los residuos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene (Arias, 2012). En caso de detectarse diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$), se procedió a realizar una prueba de comparación de medias de Tukey para determinar qué tratamientos presentaron diferencias entre sí (Martínez-Carazo, 2006). El análisis estadístico se ejecutó en el software RStudio.

1.9 Materiales y Equipo

1.9.1 Material vegetal

- Semillas híbridas de pepino (*Cucumis sativus* L.) variedad comerciales
- Bandejas de germinación (128 cavidades).
- Sustrato comercial para almácigo (mezcla de tierra negra, cascarilla de arroz y compost).

1.9.2 Infraestructura

- Macrotúnel con cubierta plástica de polietileno (mínimo 150 micras, UV).
- Arcos metálicos o de PVC estructural.
- Malla lateral antiáfidos
- Caminos de acceso internos y delimitación de camas de cultivo.

1.9.3 Sistema de riego por goteo

- Cinta de riego por goteo (1 gotero cada 20 cm, caudal de 1–1.6 L/h).
- Válvulas de control manual (PVC o polipropileno).
- Tuberías principales y secundarias (polietileno de alta densidad, PEAD).
- Filtros de malla o de arena.
- Conectores: T, codos, tapones, válvulas de purga.
- Medidor de presión y caudalímetro (para controlar la uniformidad del riego).
- Tanque de almacenamiento de agua (500–1000 L).
- Base elevada para tanque o sistema de bombeo.

1.9.4 Instrumentos para monitoreo de condiciones

- Tensiómetros para medir humedad del suelo.
- Termohigrómetro digital (temperatura y humedad relativa).
- Pluviómetro manual (opcional).

1.9.5 Herramientas e insumos agronómicos

- Cinta métrica.
- Estacas y cuerda para demarcar parcelas.
- Fertilizantes (según programa nutricional).
- Aspersor o regadera para riego inicial.
- Etiquetas para marcación de tratamientos y repeticiones.
- Balanza digital (precisión mínima de 0,01 g).
- Cajas o fundas para cosecha.
- Fichas de campo y hojas de registro.

1.9.6 Equipos de protección personal

- Guantes de nitrilo o látex.
- Gorro o sombrero de campo.
- Botas impermeables.
- Delantal y lentes de seguridad (si se aplican fertilizantes o bioinsumos).

1.9.7 Material informático y de análisis

- Computadora con software estadístico (R Studio).
- Microsoft Excel para consolidación de datos.
- Cámara fotográfica o celular para registro visual del cultivo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades botánicas del pepino (*Cucumis sativus* L.)

El pepino (*Cucumis sativus* L.) pertenece a la familia *Cucurbitaceae*. Es una especie hortícola de hábito herbáceo, anual, originaria del sur de Asia. Se caracteriza por un desarrollo rastrero o trepador, adaptado a sistemas de conducción vertical o en campo abierto (Bojacá et al., 2012). Esta hortaliza se cultiva por su fruto, de consumo fresco o en conserva, y posee alta demanda comercial debido a su valor nutricional e hidratante (Molina, 2017).

2.1.1 Taxonomía y morfología de *Cucumis sativus* L.

El pepino pertenece al reino Plantae, división *Magnoliophyta*, clase *Magnoliopsida*, orden Cucurbitales, y familia *Cucurbitaceae*. El género es *Cucumis*, y su especie es *sativus*, por lo que su nombre científico completo es *Cucumis sativus* L (Chacón-Padilla et al., 2020).

Esta hortaliza presenta una morfología típica de las cucurbitáceas, con hábito de crecimiento rastrero o trepador, tallos blandos y huecos, hojas acorazonadas y flores monoicas de polinización entomófila (Soza, 2023). Su fruto se considera una baya modificada, conocida como pepónide, con forma alargada y epidermis de coloración variable (González-Cruz et al., 2025). El pepino se caracteriza por su rápido desarrollo vegetativo, alta demanda hídrica y gran adaptabilidad a sistemas de cultivo intensivo, tanto en campo abierto como en estructuras protegidas (Zurita, 2016).

2.2 Sistema radicular

El sistema radicular del pepino está compuesto por una raíz principal dominante, capaz de alcanzar profundidades entre 1,0 y 1,2 metros (González-Cruz et al., 2025). Esta raíz desarrolla un sistema secundario ampliamente ramificado, cuya mayor densidad de raíces finas se concentra en los primeros 25 a 30 centímetros del perfil del suelo (McCreight, 2017). Esta distribución favorece una rápida absorción de agua y nutrientes en las capas superficiales del sustrato, especialmente en condiciones de fertirrigación o suelos bien estructurados (Bojacá et al., 2012).

2.3 Tallo

El tallo principal presenta una morfología postrada o trepadora, con consistencia blanda y estructura hueca, recubierta de tricomas cortos y espinosos (Chacón-Padilla et al., 2020). A lo largo del eje central se originan ramificaciones laterales, especialmente en la zona basal (Taha et al., 2020). La longitud del tallo puede alcanzar hasta 3,5 metros en condiciones óptimas de manejo agronómico. La presencia de zarcillos axilares permite su anclaje y soporte en sistemas verticales de tutorado (Bojacá et al., 2012).

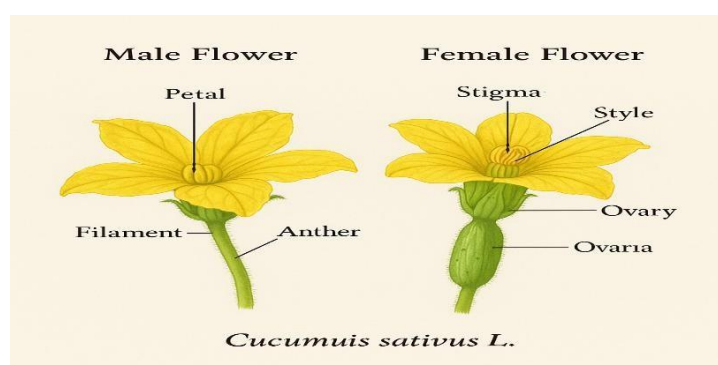
2.4 Hojas

Las hojas del pepino son simples, alternas y acorazonadas, generalmente con 3 a 5 lóbulos triangulares bien definidos (González-Cruz et al., 2025). La epidermis se encuentra recubierta por una cutícula fina, lo que confiere limitada tolerancia a pérdidas de agua por evaporación (Gutiérrez et al., 2014). La disposición foliar favorece una adecuada interceptación de luz, aunque en ambientes de alta radiación se recomienda manejo de sombra parcial para evitar estrés hídrico (Bojacá et al., 2012).

2.5 Flores

El pepino es una especie monoica, con flores masculinas y femeninas presentes en la misma planta. Algunos cultivares pueden presentar flores hermafroditas, dependiendo del origen genético (González-Cruz et al., 2025). Las inflorescencias se desarrollan en las axilas foliares, con pétalos de color amarillo (Bojacá et al., 2012). El patrón de distribución floral varía según el estadio de desarrollo: inicialmente predominan las flores masculinas, en la parte media aparecen en igual proporción ambos sexos, y en la zona superior se observa mayor frecuencia de flores femeninas (Anderson et al., 1996; Díaz Ayala, 2017).

Figura 2. Estructura de las flores masculina y femenina del pepino (*Cucumis sativus* L.) con identificación de sus partes anatómicas



Fuente: tomado de Bojacá et al., (2012).

Factores como días cortos, temperaturas moderadas y buena disponibilidad hídrica favorecen la inducción floral femenina, mientras que días largos, temperaturas elevadas y estrés hídrico promueven una mayor emisión de flores masculinas (Díaz Ayala, 2017). La polinización en campo es realizada principalmente por insectos, especialmente abejas. En cultivares híbridos de tendencia ginóica, una polinización deficiente puede generar frutos mal conformados o no comerciales, lo cual representa una limitante para la calidad del producto (González-Cruz et al., 2025).

2.5.1 Fruto

El fruto del pepino es considerado una baya modificada o pepónide. Su forma es alargada y cilíndrica, con una longitud que varía entre 15 y 35 centímetros, según el cultivar y las condiciones de manejo (Molina, 2017). La epidermis presenta coloración que puede ir desde el verde oscuro hasta tonos blanquecinos o amarillos, y en estados juveniles suele mostrar espinas pequeñas de color blanco o negro (Bojacá et al., 2012).

El mesocarpio es carnoso, de color blanco, con cavidad interna donde se alojan múltiples semillas de forma ovalada, color blanco amarillento y tamaño medio (Díaz Ayala, 2017). El fruto se cosecha en estado fisiológicamente inmaduro, cuando presenta mejor textura, sabor y valor comercial (Barraza, 2017).

Figura 2. Fruto de pepino (*Cucumis sativus* L.) en estado de desarrollo comercial



Fuente: tomado de Bojacá et al., (2012).

2.6 Fenología del cultivo

El ciclo biológico de *Cucumis sativus* L. se considera corto y muestra variaciones según las condiciones edafoclimáticas, el material genético utilizado y las prácticas agronómicas aplicadas durante su desarrollo (Ayala-Tafoya et al., 2019). Factores como la temperatura,

humedad del suelo, fotoperiodo y disponibilidad de nutrientes influyen directamente en la duración y expresión de las diferentes fases del cultivo.

Tabla 4. *Etapas fenológicas de C. sativus L.*

Estado fenológico	Días después de la siembra
Emergencia	4 – 5
Inicio de formación de guías	15 – 24
Floración	27 – 34
Cosecha	43 – 50
Fin de cosecha	75 – 90

Fuente: tomado de Bojacá et al., (2012).

2.6.1 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

2.6.1.1 A. Temperatura

El desarrollo del cultivo de pepino depende en gran medida de la temperatura ambiental. El rango óptimo para su crecimiento se sitúa entre los 20 y 25 °C durante el día. Temperaturas diurnas por encima de este rango, así como valores nocturnos inferiores a 12 °C, pueden alterar negativamente el desarrollo fisiológico, la floración, el cuajado de frutos y, en consecuencia, el rendimiento del cultivo (Cázarez-Flores et al., 2022). La temperatura requerida varía según la etapa fenológica, como se muestra en el siguiente cuadro (Díaz Ayala, 2017).

Tabla 5. *Temperatura requerida por etapa de desarrollo del cultivo de Cucumis sativus L*

Etapas de desarrollo	Temperatura diurna (°C)	Temperatura nocturna (°C)
Germinación	27	27
Formación de planta	21	19
Desarrollo de fruto	19	16

Fuente: tomado de Bojacá et al., (2012).

2.7 Calidad del agua de riego

La calidad del agua utilizada en agricultura representa un factor determinante para la productividad, calidad de los cultivos, conservación del suelo y sostenibilidad ambiental (Camejo et al., 2010). Las propiedades físico-químicas del suelo, como su estructura, estabilidad de agregados y permeabilidad, pueden alterarse significativamente según la composición iónica del agua aplicada (Brucker-Kelling et al., 2017; Camejo et al., 2010).

Uno de los parámetros más relevantes es el pH, el cual indica la acidez o alcalinidad del agua con base en la concentración de iones hidrógeno (H^+) (Borbor et al., 2020). En riego

agrícola, se considera aceptable un rango de pH entre 5 y 8, ya que fuera de ese intervalo puede comprometer la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo radicular del cultivo (Carabalí et al., 2019a).

Para mejorar la eficiencia agronómica, se recomienda emplear suelos bien drenados, con exposición solar prolongada y corrección de acidez mediante encalado, utilizando de 2 a 3 toneladas de cal hidratada por hectárea (Navarro et al., 2022). Además, el aporte de materia orgánica, como estiércol en dosis de hasta 40 toneladas por hectárea, contribuye al equilibrio nutricional del suelo, favoreciendo la retención de humedad y la actividad microbiana (Borbor et al., 2020).

2.8 Necesidades hídricas del cultivo de pepino

En condiciones protegidas, como los macrotúneles o invernaderos, el riego constituye la única fuente de suministro hídrico para el cultivo (Zurita, 2016). Por ello, conocer las necesidades de agua del pepino es fundamental para establecer un programa de riego eficiente. Estas necesidades se determinan a partir de la evapotranspiración del cultivo (ET_c), que representa la suma de la evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de las plantas a través de sus estomas (Barahona-Amores et al., 2019; Blog de Riego, 2025).

Durante las fases críticas del cultivo, como la emergencia, floración y formación de frutos, se requiere mantener una humedad constante en el suelo cercana a la capacidad de campo. Un déficit hídrico en estas etapas puede retrasar la maduración, reducir el desarrollo vegetativo y disminuir el rendimiento y la calidad del fruto (Regaber, 2024).

2.9 Importancia del manejo del riego en pepino

El pepino exige un suministro hídrico constante en la zona radicular para alcanzar altos niveles de productividad. La distribución del agua debe adaptarse a las fases del cultivo, evitando tanto el déficit como el exceso (Brucker-Kelling et al., 2017). El encharcamiento afecta la oxigenación del sistema radicular y favorece la aparición de enfermedades, mientras que la escasez de agua retrasa la floración, reduce el número de frutos y provoca deformaciones. Por ello, se recomienda aplicar el riego en forma controlada, especialmente durante la germinación, floración y cuajado de frutos (Regaber, 2024).

2.10 Riego por goteo

El riego por goteo es un sistema presurizado que permite distribuir el agua de forma localizada a través de tuberías cerradas, entregando pequeñas cantidades de agua directamente en la zona de desarrollo radicular (Carabalí et al., 2019b). Este método permite mantener un volumen específico de suelo constantemente húmedo, lo cual favorece una absorción eficiente de agua y nutrientes. Se lo considera un sistema de alta frecuencia, ya que posibilita programar aplicaciones diarias, según las características del suelo y la demanda del cultivo (Regaber, 2024).

Este tipo de riego presenta múltiples ventajas: reduce la pérdida de agua por evaporación, escorrentía y percolación profunda; minimiza el contacto del agua con follaje, tallos y frutos; y disminuye la incidencia de enfermedades fúngicas. Su implementación adecuada permite mejorar la eficiencia en el uso del agua y aumentar el rendimiento y la calidad del cultivo (Borbor et al., 2020).

CAPITULO III

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 Descripción del sistema

En el marco del estudio titulado “Cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en condiciones de macrotúnel con plástico y sistema de riego por goteo”, se implementó una estructura tipo macrotúnel diseñada para modificar de forma controlada las variables ambientales que inciden en el desarrollo vegetativo y productivo del cultivo.

El macrotúnel presentó dimensiones de 9 m × 9 m (81 m²), construido sobre una superficie previamente nivelada para asegurar estabilidad y uniformidad en la distribución del cultivo. La estructura se edificó con arcos de acero galvanizado de 2 pulgadas de diámetro, ensamblados mediante conectores de 45° y reforzados con correas longitudinales que incrementaron su rigidez. Los puntos de anclaje se fijaron con una mezcla de cemento Portland, arena y ripio, proporcionando resistencia frente a la tensión del plástico y a la acción del viento.

Como material de cobertura se utilizó plástico agrícola traslúcido con aditivo UV, el cual permitió la entrada regulada de luz, redujo la pérdida de humedad por evaporación y generó un microclima interno más estable en comparación con el ambiente externo. La estructura incorporó aperturas laterales manuales que facilitaron la ventilación cruzada y evitaron acumulaciones excesivas de temperatura.

El sistema de riego por goteo se instaló mediante líneas equidistantes a lo largo de las camas de cultivo. Se emplearon cintas de goteo con emisores espaciados cada 20 cm, conectadas a tuberías principales y secundarias de polietileno de alta densidad. El conjunto se complementó con válvulas de control, un filtro de malla y un tanque elevado que aseguró presión constante durante la aplicación del agua. Esta configuración garantizó una hidratación localizada en la zona radicular y mejoró la eficiencia del uso del agua durante todo el ciclo del cultivo.

El macrotúnel se ubicó en un área con exposición solar directa, registrándose una temperatura media interna de 23 ± 2 °C, ligeramente más cálida que el ambiente externo. La elección de materiales duraderos y de bajo mantenimiento, junto con el diseño estructural, permitió conservar condiciones homogéneas durante el ensayo, generando un ambiente favorable para el crecimiento del pepino.

Tabla 6. *Desglose de gastos de implementación del macrotúnel*

Ítem	Especificación	Cantidad	Costo unitario	Subtotal (USD)
Tubo galvanizado 2" (6 m)	Arcos + correas + arriostres	24	9,5	228
Codos galvanizados 45°	Uniones de tubo	10	3	30
Abrazaderas metálicas	Fijación de cobertura	120	0,4	48
Cable acerado 3/16"	Tensado y amarres	46	0,75	34,5
Tornillos + tuerca galvanizados	Ensamble estructural	80	0,15	12
Cemento Portland (50 kg)	Anclajes de base	2	8,5	17
Arena fina	Mezcla de anclaje (0,3 m ³)	0,3	22	6,6
Plástico agrícola con UV	89,1 m ² × 1,85 USD/m ²	89,1	1,85	164,84
Mano de obra	Montaje (4 jornales)	4	30	120
Transporte	Flete local	1	25	25
Subtotal				685,95
IVA 15 %				98,39
TOTAL				784,34

El costo total estimado para la construcción del macrotúnel con cubierta plástica fue de USD 784,34. Los tubos galvanizados representaron el 30 % del presupuesto, seguidos por los elementos de unión y fijación (codos, abrazaderas, tornillos y cables), que concentraron un 16 %. El plástico agrícola con aditivo UV constituyó aproximadamente el 22 %, mientras que la mano de obra representó un 12 % del total.

Los gastos asociados a anclaje, cimentación y transporte sumaron el 6 % restante. Los materiales predominantes tubos galvanizados y plástico UV fueron determinantes por su resistencia, durabilidad y capacidad para mantener un microclima estable durante el ciclo del cultivo, garantizando así condiciones homogéneas para el desarrollo del pepino.

3.2 Diseño y selección de tecnologías a implementar

El sistema tecnológico seleccionado para este estudio integró dos componentes fundamentales: el macrotúnel con cubierta plástica UV, y el sistema de riego por goteo, ambos diseñados para optimizar el rendimiento del cultivo de pepino en condiciones controladas.

La elección del macrotúnel con plástico agrícola respondió a su capacidad para incrementar la temperatura interna, disminuir las pérdidas de humedad por evaporación, y

proteger el cultivo de lluvias directas, viento y fluctuaciones térmicas. Estas condiciones permitieron una mayor estabilidad ambiental durante el ciclo productivo de las variedades Marketmore y Jaguar.

Figura 3. Preparación de las camas de cultivo dentro del macrotúnel con cubierta plástica



Como complemento, se incorporó un sistema de riego por goteo distribuido de manera estratégica en las camas de siembra. El uso de tuberías de polietileno, válvulas, filtración y cintas de goteo con emisores cada 20 cm permitió mantener una hidratación uniforme en la zona radicular.

Figura 4. Establecimiento y desarrollo inicial del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo macrotúnel con cubierta plástica y sistema de riego por goteo.



Esta tecnología fue seleccionada por su eficiencia en el uso del agua, su capacidad de reducir pérdidas por escurrimiento y su contribución a un desarrollo vegetativo homogéneo. La integración de ambas tecnologías permitió establecer un sistema de producción sostenible, replicable y adaptado a las condiciones climáticas tropicales.

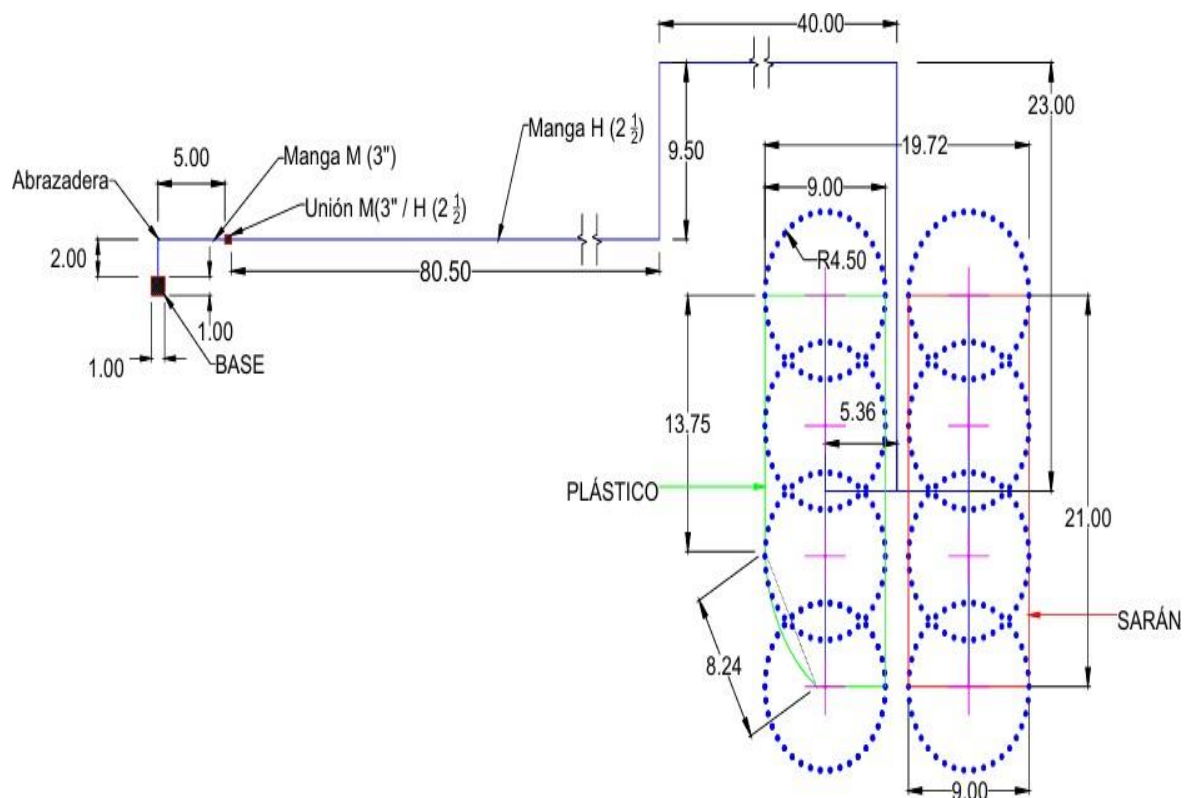
3.2.1 Sistema de riego por goteo

El sistema de riego por goteo se diseñó específicamente para operar bajo la cubierta plástica del macrotúnel, garantizando que el suministro de agua fuera constante y distribuido de manera uniforme durante todo el ciclo del cultivo.

El sistema incluyó una línea principal conectada a una bomba centrífuga de 0,5 HP, capaz de generar presiones de 25–30 psi. Desde esta línea principal se condujo el caudal mediante tuberías de polietileno de alta densidad (1" y ¾"), unidas por mangas y accesorios galvanizados que aseguraron estanqueidad y durabilidad.

Las derivaciones internas alimentaron líneas secundarias equipadas con cintas de goteo con emisores autocompensantes cada 20 cm. Estas proporcionaron un caudal constante y localizado sobre la zona radicular, evitando saturación del suelo y reduciendo pérdidas por evaporación. El sistema permitió mantener una humedad adecuada para el crecimiento de las variedades Marketmore y Jaguar, garantizando uniformidad en el desarrollo del cultivo desde los 21 hasta los 70 días.

Figura 5. Croquis técnico del sistema de riego por goteo implementado en el macrotúnel de plástico para el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)



3.3 Plan de implementación

Descripción	Funcionamiento	Imagen
Preparación del terreno y formación de camas	El terreno se limpió, niveló y se delimitaron las camas de siembra con espaciamiento uniforme. Se formaron hoyos individuales para favorecer el drenaje y asegurar un adecuado establecimiento radicular. Este proceso optimizó la aireación del suelo y permitió la correcta disposición del sistema de riego por goteo.	
Establecimiento inicial del cultivo	Se trasplantaron plantas de pepino de 21 días de edad, distribuidas equidistantemente dentro del macrotúnel. Cada planta se colocó sobre un montículo previamente elaborado para mejorar el drenaje y facilitar el crecimiento inicial.	
Estructura del macrotúnel con cubierta plástica	El macrotúnel fue construido con arcos de acero galvanizado y recubierto con plástico agrícola con protección UV. Esta estructura reguló la humedad, la temperatura interna y la radiación, generando un microclima estable durante todo el ciclo del cultivo.	
Sistema de riego por goteo	El sistema estuvo conformado por tuberías PEAD y cintas de goteo con emisores uniformemente espaciados. Permitió la distribución localizada del agua en la zona radicular, manteniendo niveles adecuados de humedad sin generar saturación.	
Distribución de tratamientos y repeticiones	Se establecieron dos variedades de pepino (<i>Marketmore</i> y <i>Jaguar</i>), organizadas en cuatro repeticiones. Las unidades experimentales se identificaron mediante códigos visibles que permitieron un manejo y control sistemático de la información.	
Crecimiento vegetativo y conducción vertical	Las plantas fueron guiadas mediante hilos de soporte fijados a la parte superior del macrotúnel. Este sistema facilitó la aireación, la exposición uniforme a la luz y el desarrollo vertical, favoreciendo la sanidad y el crecimiento vigoroso.	

Floración y desarrollo de frutos

Durante la fase reproductiva se observó la emisión de flores axilares y la formación progresiva de frutos. Las condiciones de humedad y temperatura generadas por el macrotúnel favorecieron la cuaja y el llenado de los frutos.

Fase productiva del cultivo

Los frutos alcanzaron calibres comerciales homogéneos y valores adecuados de firmeza y desarrollo. La conducción, el manejo hídrico y el ambiente controlado contribuyeron a obtener un rendimiento favorable bajo macrotúnel.



3.4 Resultados y discusión

Las plantas se desarrollaron inicialmente en fase de plántulas hasta alcanzar el tamaño adecuado para el trasplante; posteriormente fueron transferidas a las camas del ensayo, donde completaron un periodo de establecimiento fisiológico de 21 días dentro del macrotúnel de plástico y en las unidades a campo abierto, según el tratamiento asignado.

Una vez cumplida esta etapa de adaptación, se inició la evaluación de las variables agronómicas a intervalos regulares de 15 días, correspondientes a las mediciones realizadas a los 15, 30 y 45 días después del trasplante, con el objetivo de cuantificar las respuestas de crecimiento bajo ambos ambientes de producción y entre los dos cultivares estudiados.

3.4.1 Altura (cm)

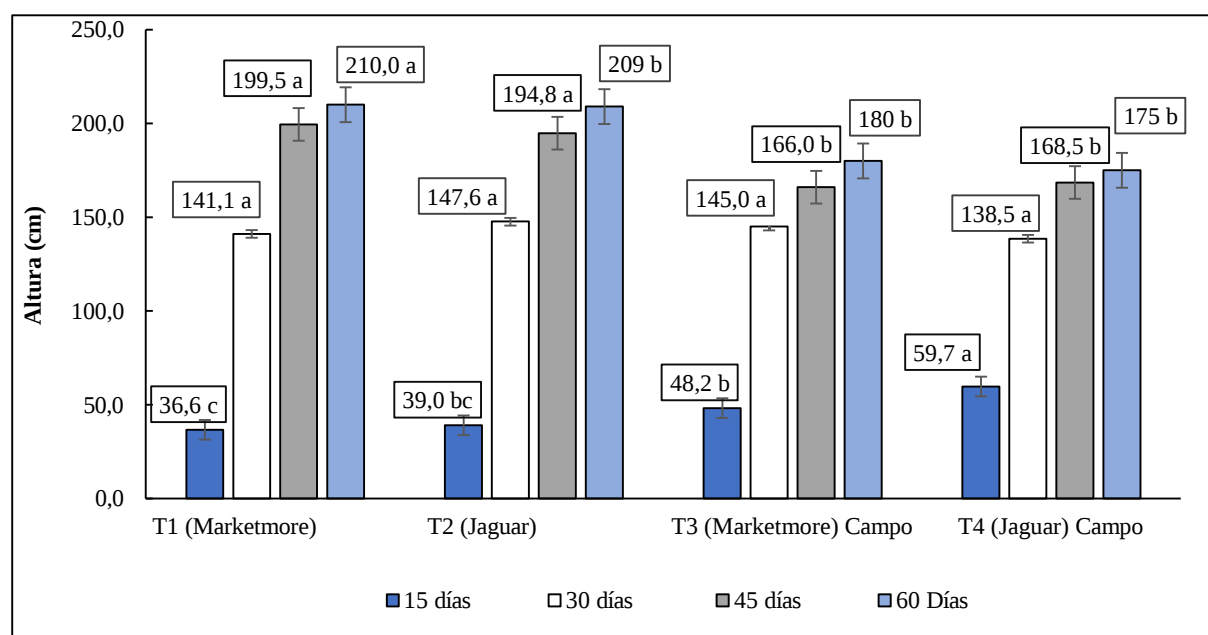
A los 15 días se encontró una diferencia altamente significativa entre tratamientos ($p < 0,0001$), con valores que reflejaron una marcada variabilidad inicial; el tratamiento T1 Marketmore registró la media más baja con $36,6 \pm 2,9$ cm, mientras que el tratamiento T4 Jaguar a campo abierto obtuvo la media más alta con $59,7 \pm 2,9$ cm, evidenciando un crecimiento inicial más acelerado bajo condiciones no protegidas.

A los 30 días no se detectó diferencia significativa ($p = 0,387$) y las plantas mantuvieron un crecimiento homogéneo, con medias comprendidas entre $138,5 \pm 4,0$ cm y $147,6 \pm 4,0$ cm, lo que indicó que durante esta fase intermedia no existió influencia marcada del cultivar ni del ambiente de producción.

A los 45 días volvió a identificarse una diferencia altamente significativa ($p < 0,0001$), destacándose que el mayor crecimiento ocurrió en T1 Marketmore dentro del macrotúnel de plástico con $199,5 \pm 7,66$ cm, seguido por T2 Jaguar también bajo macrotúnel con $194,8 \pm 7,66$ cm; en contraste, los valores más bajos correspondieron nuevamente a los tratamientos a campo abierto (T3 y T4), con $166,0 \pm 7,66$ cm y $168,5 \pm 7,66$ cm.

A los 60 días se identificaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,0001$). El mayor crecimiento se registró en T1 Marketmore bajo macrotúnel de plástico, con una media de $210,0 \pm 0,06$ cm, seguido por T2 Jaguar también en macrotúnel, con $209,0 \pm 0,06$ cm. En contraste, los tratamientos establecidos a campo abierto presentaron los valores más bajos, correspondiendo a T3 Marketmore con $180,0 \pm 0,06$ cm y T4 Jaguar con $175,0 \pm 0,06$ cm. Estos resultados evidenciaron diferencias claras en el crecimiento de las plantas según el sistema de establecimiento durante la última evaluación.

Figura 6. Altura de plantas de pepino bajo macrotúnel de plástico y campo abierto a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La altura de planta aumentó progresivamente entre la segunda y la séptima semana, con valores que pasaron de 4,78–5,02 cm hasta superar los 160 cm en todas las localidades evaluadas. Este patrón de crecimiento coincidió parcialmente con lo reportado por Marcano et al. (2018), quienes encontraron alturas finales entre 150 y 165 cm en pepino cultivado bajo condiciones de campo en ambientes tropicales, señalando que la temperatura y la disponibilidad hídrica fueron determinantes en la elongación del tallo.

3.4.2 Diámetro del tallo (mm)

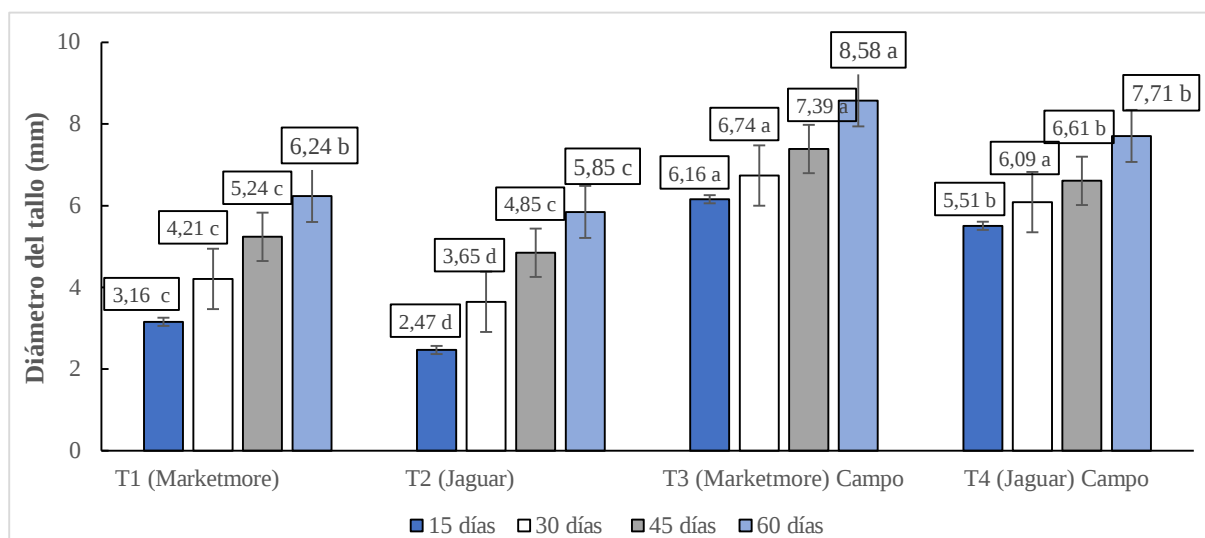
A los 15 días se determinó una diferencia altamente significativa entre tratamientos ($p < 0,0001$; E.E. = 0,12 mm), lo que evidenció contrastes tempranos en el engrosamiento del tallo. En esta primera evaluación, los valores más altos se registraron en campo abierto, donde el tratamiento T3 Marketmore Campo alcanzó $6,16 \pm 0,12$ mm, seguido por T4 Jaguar Campo con $5,51 \pm 0,12$ mm. En los tratamientos bajo macrotúnel se obtuvieron diámetros inferiores, destacándose T1 Marketmore con $3,16 \pm 0,12$ mm y T2 Jaguar con $2,47 \pm 0,12$ mm, lo que reflejó un crecimiento basal menos desarrollado bajo condiciones protegidas en esta fase inicial.

A los 30 días se mantuvo la significancia estadística ($p < 0,0001$; E.E. = 0,15 mm), y nuevamente los tratamientos a cielo abierto mostraron los mayores diámetros. El tratamiento T3 Marketmore Campo registró $6,74 \pm 0,15$ mm, seguido de T4 Jaguar Campo con $6,09 \pm 0,15$ mm. En contraste, los tratamientos ubicados en el macrotúnel mostraron diámetros más reducidos, con $4,21 \pm 0,15$ mm en T1 Marketmore y $3,65 \pm 0,15$ mm en T2 Jaguar, evidenciando un desarrollo intermedio del tallo en ambiente protegido.

A los 45 días continuó la diferencia altamente significativa entre tratamientos ($p < 0,0001$; E.E. = 0,17 mm), consolidándose la tendencia observada en las evaluaciones anteriores. Los mayores diámetros correspondieron nuevamente a campo abierto, donde T3 Marketmore Campo alcanzó $7,39 \pm 0,17$ mm, mientras que T4 Jaguar Campo registró $6,61 \pm 0,17$ mm. En contraste, los tratamientos establecidos dentro del macrotúnel de plástico presentaron valores inferiores, destacándose T1 Marketmore con $5,24 \pm 0,17$ mm y T2 Jaguar con $4,85 \pm 0,17$ mm. En conjunto, estos resultados indicaron que el crecimiento radial del tallo fue consistentemente mayor en condiciones de campo abierto, independientemente del cultivar evaluado.

A los 60 días de evaluación se registraron diferencias altamente significativas en el diámetro del tallo entre los tratamientos ($p < 0,0001$). El mayor diámetro correspondió al tratamiento T3, con una media de $8,58 \pm 0,19$ mm, seguido por T4 con $7,71 \pm 0,19$ mm. En contraste, los valores más bajos se observaron en T1 y T2, con medias de $6,24 \pm 0,19$ mm y $5,85 \pm 0,19$ mm, respectivamente. Estos resultados evidenciaron variaciones marcadas en el crecimiento radial del tallo entre los tratamientos evaluados durante el periodo de medición considerado.

Figura 7. *Diámetro del tallo de plantas de pepino bajo macrotúnel de plástico y campo abierto a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante*



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El diámetro del tallo mostró diferencias claras entre ambientes, con valores superiores en campo abierto frente al macrotúnel de plástico. Esta tendencia coincidió parcialmente con los resultados de Abasolo-Pacheco et al. (2020), quienes reportaron diámetros entre 3,66 y 5,00 mm en pepino tratado con dinamizaciones homeopáticas, indicando que esta variable responde con sensibilidad a cambios en el manejo y en las condiciones ambientales. Los valores obtenidos en este estudio fueron superiores, especialmente en T3 y T4, lo que sugiere que el ambiente a cielo abierto favoreció un mayor engrosamiento del tallo.

Asimismo, los resultados fueron consistentes con lo descrito por Salazar-Salazar et al. (2022), quienes registraron diámetros entre 5,32 y 12,65 mm en plantas manejadas con extracto de algas y fertilización foliar, destacando que una mejor disponibilidad de luz y ventilación incrementa el grosor del tallo. En comparación, los diámetros más bajos en el macrotúnel coincidieron con lo observado en los tratamientos testigo del estudio.

3.4.3 Número de hojas

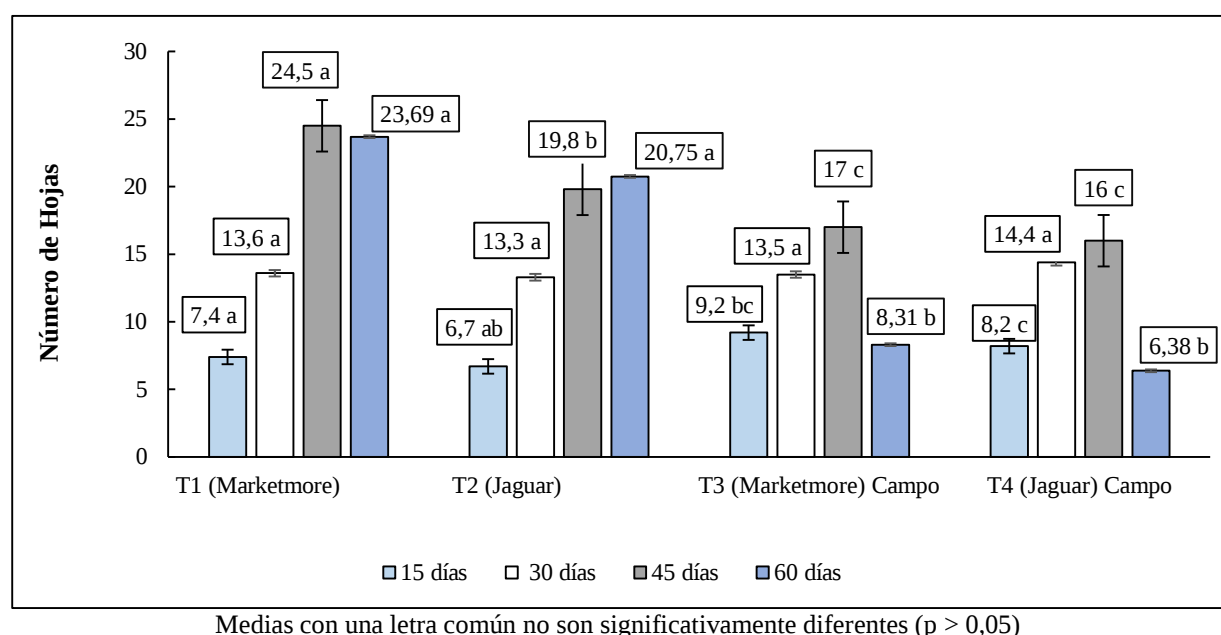
A los 15 días se encontró una diferencia altamente significativa entre tratamientos ($p < 0,0001$; E.E. = 0,33), lo que reflejó contrastes tempranos en el desarrollo foliar. En esta fecha, el mayor número de hojas se registró en las plantas a campo abierto: T3 Marketmore Campo alcanzó $9,2 \pm 0,33$ hojas, seguido de T4 Jaguar Campo con $8,2 \pm 0,33$ hojas. En cambio, los tratamientos bajo macrotúnel presentaron valores menores, con T1 Marketmore obteniendo $7,4 \pm 0,33$ hojas y T2 Jaguar $6,7 \pm 0,33$ hojas, lo que indicó un crecimiento foliar inicial más limitado bajo condiciones protegidas.

A los 30 días no se detectó diferencia significativa entre tratamientos ($p = 0,5127$; E.E. = 0,53), y el número de hojas mostró un comportamiento uniforme entre los sistemas de cultivo y los dos cultivares evaluados. Los valores oscilaron entre $13,3 \pm 0,53$ y $14,4 \pm 0,53$ hojas, lo que indicó que en esta etapa intermedia el ambiente no determinó variaciones marcadas en la foliación del cultivo.

A los 45 días se identificó nuevamente una diferencia altamente significativa ($p < 0,0001$; E.E. = 1,2), consolidándose el efecto del ambiente sobre el desarrollo foliar. El mayor número de hojas correspondió al tratamiento T1 Marketmore dentro del macrotúnel, con $24,5 \pm 1,2$ hojas, seguido de T2 Jaguar con $19,8 \pm 1,2$ hojas. En contraste, los tratamientos de campo abierto mostraron valores inferiores: T3 Marketmore Campo presentó $17 \pm 1,2$ hojas y T4 Jaguar Campo $16 \pm 1,2$ hojas, lo que evidenció que, al final del periodo evaluado, el ambiente protegido favoreció una mayor acumulación foliar en comparación con el campo abierto.

A los 60 días de evaluación se identificaron diferencias altamente significativas en el número de hojas entre los tratamientos ($p < 0,0001$). El mayor número de hojas se registró en el tratamiento T1, con una media de $23,69 \pm 0,81$ hojas, seguido por T2 con $20,75 \pm 0,81$ hojas. En contraste, los valores más bajos correspondieron a T3 y T4, con medias de $8,31 \pm 0,81$ y $6,38 \pm 0,81$ hojas, respectivamente. Estos resultados evidenciaron una marcada variación en la emisión foliar entre los tratamientos evaluados durante el periodo de medición considerado.

Figura 8. Desarrollo foliar del pepino en macrotúnel de plástico y campo abierto en tres momentos de evaluación



Marcano et al. (2018), reportaron que en las localidades evaluadas no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el número de hojas de plantas de pepino durante las semanas 2, 3 y 6, mientras que sí se identificaron diferencias en las semanas 4 y 5. En su estudio, las localidades de Las Canoítas y La Estancia presentaron el mayor número de hojas en la cuarta semana, mientras que Sabaneta registró los valores más bajos. En la quinta semana, La Estancia mantuvo la superioridad foliar, en contraste con Sabaneta y Las Canoítas, que mostraron los menores valores.

De Bosque (2008), también observaron variaciones notables en el crecimiento del pepino, reportando alturas entre 106 y 160 cm a los 57 días después de la siembra en la variedad Poinsett 76, lo que coincide con la sensibilidad del cultivo frente a las condiciones ambientales y la etapa fenológica evaluada.

3.4.4 Número de flores

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 7, a los 30 días después del trasplante se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,0001$). Los mayores valores correspondieron a los tratamientos establecidos a campo abierto, destacándose T4 Jaguar Campo con $10,88 \pm 0,6$ flores y T3 Marketmore Campo con $9,69 \pm 0,6$ flores, mientras que los tratamientos bajo macrotúnel registraron menores valores, con $2,94 \pm 0,6$ flores en T1 Marketmore y $4,25 \pm 0,6$ flores en T2 Jaguar.

A los 45 días, las diferencias entre tratamientos se mantuvieron ($p < 0,0001$). El mayor número de flores se registró en T3 Marketmore Campo con $13,88 \pm 0,7$ flores, seguido por T1 Marketmore en macrotúnel con $11,44 \pm 0,7$ flores. En contraste, los menores valores correspondieron a T2 Jaguar con $4,5 \pm 0,7$ flores y T4 Jaguar Campo con $2,5 \pm 0,7$ flores.

Finalmente, a los 60 días después del trasplante también se identificaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,0001$). Los valores más altos se observaron en T3 Marketmore Campo, con $13,88 \pm 0,2$ flores, seguido por T1 Marketmore en macrotúnel, con $9,41 \pm 0,2$ flores. Los menores valores correspondieron a T2 Jaguar, con $5,4 \pm 0,2$ flores, y T4 Jaguar Campo, con $4,5 \pm 0,2$ flores.

Tabla 7. *Numero de flores del cultivo de pepino bajo macrotúnel de plástico y campo abierto a los 30, 45 y 60 días después del trasplante*

Tratamiento	Número de flores		
	30 días	45 días	60 días
T1 (Marketmore)	2,94 ± 0,6 b	11,44 ± 0,7 a	9,41 ± 0,2 ab
T2 (Jaguar)	4,25 ± 0,6 b	4,5 ± 0,7 b	5,4 ± 0,2 b
T3 (Marketmore) Campo	9,69 ± 0,6 a	13,88 ± 0,7 a	13,88 ± 0,2 a
T4 (Jaguar) Campo	10,88 ± 0,6 a	2,5 ± 0,7 b	4,5 ± 0,2 b
P valor	0,0001	0,0001	0,0001
CV (%)	23,12	10,09	12,89

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Los resultados mostraron que los tratamientos establecidos dentro del macrotúnel presentaron una floración más temprana respecto al campo abierto, lo que coincidió con lo descrito por Ausin et al. (2005), quienes demostraron que ambientes protegidos incrementan la temperatura base y reducen la oscilación térmica diaria, acelerando la acumulación de grados-día necesarios para la inducción floral en pepino.

3.4.5 Días a la floración

Los mayores valores se registraron en los tratamientos establecidos dentro del macrotúnel de plástico, donde T2 Jaguar presentó $45,0 \pm 0,4$ días, seguido muy de cerca por T1 Marketmore con $44,69 \pm 0,4$ días, ambos ubicados en el mismo grupo estadístico.

En contraste, las plantas cultivadas en campo abierto mostraron tiempos menores para iniciar la floración: T3 Marketmore Campo registró $37,06 \pm 0,4$ días, mientras que T4 Jaguar Campo alcanzó el valor más bajo con $32,38 \pm 0,4$ días, lo que evidenció que las condiciones de campo aceleraron la transición reproductiva respecto al ambiente protegido.

Estos resultados coincidieron con estudios que señalaron que temperaturas estables y menor variación hídrica favorecieron la formación de estructuras reproductivas en *Cucumis sativus* (Chacón-Padilla et al., 2020; Contreras et al., 2011), por lo que el sistema de macrotúnel se destacó como una alternativa eficiente para potenciar la fase de floración.

Tabla 8. Días a la floración del cultivo de pepino bajo macrotúnel de plástico y campo abierto

Tratamiento	Días a la floración
	Días
T1 (Marketmore)	44,6 ± 0,4 a
T2 (Jaguar)	45,0 ± 0,4 a
T3 (Marketmore) Campo	37,0 ± 0,4 b
T4 (Jaguar) Campo	32,38 ± 0,4 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

3.4.6 Peso (g), longitud de fruto (cm) y Diámetro (cm)

El peso promedio del fruto presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p = 0,0034$), según los resultados mostrados en la Tabla 9. Los mayores valores se registraron en T1 con $400,69 \pm 0,4$ g, seguido por T2 con $395,06 \pm 0,4$ g. En contraste, los menores pesos correspondieron a T3 Marketmore ($370,69 \pm 0,4$ g) y T4 Jaguar Campo ($320,38 \pm 0,4$ g), evidenciándose diferencias entre tratamientos.

La longitud del fruto presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p = 0,0001$). Los mayores valores se registraron en T1 Marketmore con $26,75 \pm 0,68$ cm, seguido por T2 Jaguar con $25,52 \pm 0,68$ cm y T4 Jaguar Campo con $24,81 \pm 0,68$ cm, los cuales no difirieron estadísticamente entre sí. En contraste, el menor valor correspondió a T3 Marketmore Campo, con $22,01 \pm 0,68$ cm.

El diámetro del fruto mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p = 0,0021$). Los mayores diámetros se observaron en los tratamientos establecidos a campo abierto, destacándose T3 Marketmore Campo con $59,77 \pm 1,61$ mm, seguido por T4 Jaguar Campo con $58,96 \pm 1,61$ mm y T2 Jaguar con $58,46 \pm 1,61$ mm, los cuales no presentaron diferencias significativas entre sí. Por su parte, el menor diámetro se registró en T1 Marketmore, con $52,91 \pm 1,61$ mm.

Tabla 9. *Peso, longitud y diámetro del fruto de pepino en función del ambiente y el cultivar 60 Días*

Tratamientos	Peso promedio de fruto		Diámetro del fruto
	(g)	Longitud (cm)	(mm)
T1 (Marketmore)	$400,69 \pm 0,4$ a	$26,75 \pm 0,68$ a	$52,91 \pm 1,61$ b
T2 (Jaguar)	$390,69 \pm 0,4$ a	$25,52 \pm 0,68$ a	$58,46 \pm 1,61$ a
T3 (Marketmore) Campo	$370,06 \pm 0,4$ b	$22,01 \pm 0,68$ b	$59,77 \pm 1,61$ a
T4 (Jaguar) Campo	$320,38 \pm 0,4$ c	$24,81 \pm 0,68$ a	$58,96 \pm 1,61$ a
P valor	0,0034	0,0001	0,0021
CV (%)	13,02	10,09	12,89

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El diámetro del fruto mostró diferencias significativas entre localidades, evidenciándose que Las Canoítas presentó los valores más altos entre 45 cm y 55 cm, mientras que La Estancia registró los menores (Marcano et al., 2018). Esta variación estuvo asociada a factores como la calidad del suelo, el número de inflorescencias y la eficiencia de polinización, elementos que

influyen directamente en el cuajado y desarrollo del fruto, coincidiendo con lo reportado por López-Elías et al. (2011), en cultivos de pepino manejados en invernadero.

En la longitud del fruto se observan longitudes similares entre 20,63 y 21,88 cm en los resultados obtenidos por López-Elías et al. (2011). García et al. (2000), obtuvieron longitudes comparables en sistemas protegidos, y estuvieron por encima de los 14 cm señalados como estándar comercial adecuado para frutos de pepino de buena calidad.

Marcano et al. (2018), identificaron diferencias significativas destacando el sector de las Canoítas como la localidad con el mayor peso promedio, mientras que Sabaneta y La Estancia registraron valores inferiores. Los pesos obtenidos (157–201 g) se encontraron dentro de los rangos reportados lo que sugiere que, a pesar de las variaciones ambientales entre localidades, el cultivo alcanzó un desarrollo productivo comparable al descrito en otros sistemas de producción.

En conjunto, los resultados confirmaron que las características morfométricas del fruto (diámetro, longitud y peso) estuvieron influenciadas por condiciones locales de suelo y ambiente, mostrando coherencia con la literatura disponible y reforzando la importancia del manejo agroambiental en el rendimiento del pepino (Contreras et al., 2011).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

El macrotúnel con cubierta plástica y sistema de riego por goteo proporcionó condiciones ambientales estables para el cultivo de pepino, lo que permitió un adecuado establecimiento de las plántulas, buena aireación y control aceptable de la humedad del suelo.

Las variedades Marketmore y Jaguar mostraron respuestas diferenciadas bajo macrotúnel, destacándose Marketmore por un mayor desarrollo vegetativo en altura, número de hojas y días a floración más definidos. Jaguar presentó un crecimiento competitivo y estable, demostrando que ambas variedades se adaptaron satisfactoriamente al ambiente protegido, con variaciones atribuibles a características genéticas y a la interacción con el microclima del macrotúnel.

Las características físicas del fruto evidenciaron que el macrotúnel contribuyó a obtener frutos con mayor peso y longitud, mientras que el diámetro fue más favorecido en campo abierto. Estas diferencias demostraron que el ambiente protegido influyó positivamente en la calidad comercial del fruto.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda priorizar el uso de macrotúnel para la producción de pepino, ya que este ambiente protegió las plantas del estrés climático y aumentó el número de flores, lo que elevó el potencial productivo del cultivo.
- Se sugiere seleccionar la variedad Marketmore para etapas iniciales de producción, debido a que mostró una ligera ventaja en floración frente a la variedad Jaguar, lo que permitió un mejor desarrollo reproductivo bajo sistemas protegidos.
- Se aconsejó complementar el sistema de macrotúnel con un manejo riguroso del riego por goteo, con el fin de mantener niveles de humedad estables que aseguren una mayor diferenciación floral, tal como lo reflejó el comportamiento superior de los tratamientos en ambiente protegido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abasolo-Pacheco, F., Ojeda-Silvera, C. M., García-Gallirgos, V., Melgar-Valdes, C., Nuñez-Cerezo, K., Mazón-Suástegui, J. M., Abasolo-Pacheco, F., Ojeda-Silvera, C. M., García-Gallirgos, V., Melgar-Valdes, C., Nuñez-Cerezo, K., & Mazón-Suástegui, J. M. (2020). Efecto de medicamentos homeopáticos durante la etapa inicial y desarrollo vegetativo de plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.). *Terra Latinoamericana*, 38(1), 165-180. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.666>
- Adame, J., Murillo, F., Mario, L., Villega, J., & Cabrera, H. (2021). *Producción De Hortalizas En Macrotúnel Para Mujeres De Zonas Rurales En Veracruz* (Primera Edición, Vol. 1-1). Red iberoamericana de academias de investigación. <https://redibai-mydl.org/portal/wp-content/uploads/2021/12/redreducido.pdf>
- Anderson, G. J., Jansen, R. K., & Kim, Y. (1996). El Origen y Relaciones del Pepino, *Solanum muricatum* (Solanaceae). *Economic Botany*, 50(1), 369-380.
- Aquino, B. A. M., Mora, Y. D. P., & Alcivar, G. T. P. (2015). Sistema de riego automatizado para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la ESPAM MFL - Ecuador. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 28(2), Article 2. <https://rte.espol.edu.ec>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (6ta ed.). Fideas G.
- Arias, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. *Enfoques Consulting EIRL*, 1(1), 66-78.
- Ausin, I., Alonso-Blanco, C., & Martinez-Zapater, J.-M. (2005). Environmental regulation of flowering. *The International journal of developmental biology*, 49(5-6), 689-705.
- Ávila-Flores, I. J., Prieto-Ruíz, J. A., Hernández-Díaz, J. C., Whehenkel, C. A., & Corral-Rivas, J. J. (2014). Preacondicionamiento de *Pinus engelmannii* Carr. Mediante déficit de riego en vivero. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 20(3), 237-245.
- Ayala-Tafoya, F., López-Orona, C. A., Yáñez-Juárez, M. G., Díaz-Valdez, T., Velázquez-Alcaraz, T. de J., Parra Delgado, J. M., Ayala-Tafoya, F., López-Orona, C. A., Yáñez-Juárez, M. G., Díaz-Valdez, T., Velázquez-Alcaraz, T. de J., & Parra Delgado, J. M. (2019). Densidad de plantas y poda de tallos en la producción de pepino en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(1), 79-90. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1211>
- Barahona-Amores, L. A., Villarreal-Núñez, J. E., González-Carrasco, W., & Quiro-McIntire, E. I. (2019). Absorción de nutrientes en arroz en un suelo inceptisol bajo riego en Coclé,

<https://doi.org/10.15517/am.v30i2.33997>

- Barraza, F. V. (2017). Absorción de N, P, K, Ca y Mg en cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema hidropónico. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(2), 343-350.
- Blog de Riego. (2025). *Tu blog de sistemas inteligentes de riego*. Sistemas avanzados de riego agrícola. <https://blogderiego.com/>
- Bojacá, C., Casilimas, H., Monsalve, O., Gil, R., Villagrán, E., Arias, L. A., & Fuentes, L. S. (2012). *Manual de producción de pepino bajo invernadero*. Editorial Tadeo Lozano.
- Borbor, N. A. O., Candell, A. D., Mejía, A. L., & Mayorga, M. A. (2020). Efecto del riego deficitario controlado en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) utilizando la tina de evaporación clase A, en Río Verde, Santa Elena, Ecuador. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 5(1), 114-124.
- Brucker-Kelling, M., Machado Araujo, M., Benítez León, E., Carpenedo Aimi, S., & Turchetto, F. (2017). Regímenes de riego y dosis de polímero hidrorretenedor sobre características morfológicas y fisiológicas de plantas de *Cordia trichotoma*. *Bosque (Valdivia)*, 38(1), 123-131.
- Camejo, L. E., Duarte, L. S., Companioni, J. L., & Paneque, P. (2010). Tecnología de riego y fertirrigación en ambientes controlados. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(1), 95-97.
- Carabalí, J. Q., Gómez-García, J., Solano, M., Llumiquinga, G., Burgos, C., & Carrera-Villacrés, D. (2019a). Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Togllahuayco. *Siembra*, 6(2), 46-57.
- Carabalí, J. Q., Gómez-García, J., Solano, M., Llumiquinga, G., Burgos, C., & Carrera-Villacrés, D. (2019b). Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Togllahuayco. *Siembra*, 6(2), 46-57.
- Cázarez-Flores, L. L., Partida-Ruvalcaba, L., Velázquez-Alcaraz, T. de J., Ayala-Tafoya, F., Díaz-Valdés, T., Yáñez-Juárez, M. G., & López-Orona, C. A. (2022). Silicio y cloro en el crecimiento, rendimiento y calidad postcosecha de pepino y tomate. *Terra Latinoamericana*, 40.
- Chacón-Padilla, K., Monge-Pérez, J. E., Chacón-Padilla, K., & Monge-Pérez, J. E. (2020). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero: Comparación entre tipos de pepino. *Revista Tecnología en Marcha*, 33(1), 17-35. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5018>

- Contreras, R. L. G., Duarte, R. M., Durón, S. A. G., & Contreras, F. R. (2011). Evaluación del efecto de la fecha de siembra en la productividad y calidad de híbridos de pepino europeo bajo condiciones de invernadero en el noroeste de Sonora. *Biotecnia*, 13(1), 29-36.
- Corona-Lisboa, J. (2016). Apuntes sobre métodos de investigación. *MediSur*, 14(1), 81-83.
- Correa-González, L. F., Aguilera Chuchuca, M. D., & Proaño Saraguro, J. L. (2019). *Diseño de un sistema de fertirriego para la aclimatación de plantas meristemáticas de musáceas en fase 1 bajo invernadero*.
- de Bosque, S. P. (2008). Fertilización, Mediante Fertirriego, Durante Diferentes Etapas Del Ciclo De Cultivo Del Pepino (*Cucumis sativus* L.) En Condiciones. *Agricultura Andina*, 15(3), 12-18.
- Díaz Ayala, K. N. (2017). "*Producción de pepino (Cucumis sativus.) con dos sistemas de tutorado*".
- Escamirosa-Tinoco, C., Martínez-Gutiérrez, G. A., Morales, I., Aquino-Bolaños, T., Cortés-Martínez, C. I., & Cruz-Andrés, O. R. (2021). Rendimiento de chile de agua bajo diferentes cubiertas de macrotúnel. *Revista fitotecnia mexicana*, 44(3), 333-340.
- Flores, F. C. (2023). *Caracterización fenotípica de accesiones de tomate en condiciones a campo abierto y macrotúnel* [Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana]. <https://hdl.handle.net/11036/7481>
- González-Cruz, A. R., Cardoso-Águila, C., Suárez-Améndola, P. M., & Bolaños-Vélez, C. I. (2025). Manejo Integrado de la *Diaphania hyalinata* L. en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.). *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA*. ISSN: 2600-5883., 8(15), 87-98.
- Google Maps. (2025). 0°15'35.0"N 79°25'35.0"W. https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007,-79.443577,2416m/data=!3m1!1e3?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D
- Gutiérrez, V. M. O., Lagunas, Á. A. M., Román, E. C., Serna, J. M., & López, M. R. (2014). El sistema de tutorado y poda sobre el rendimiento de pepino en ambiente protegido. *Interciencia*, 39(10), 712-717.
- Hernández, R., Fernández, S., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed., Vol. 3). Editorial Mc Graw Hill.
- Hidalgo, I. V. (2005). Tipos de estudio y métodos de investigación. *Investigación científica*, 20(1).

- INAMHI. (2022, abril 16). *Anuario metereológico*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf.
- López-Elías, J., Rodríguez, J. C., Huez, M. A., Garza, S., Jiménez, J., & Leyva, E. I. (2011). Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *Idesia (Arica)*, 29(2), 21-27.
- Marcano, C., Acevedo, I., Contreras, J., Jiménez, O., Escalona, A., & Pérez, P. (2018). Crecimiento y desarrollo del cultivo pepino (*Cucumis sativus* L.) en la zona hortícola de Humocaro bajo, estado Lara, Venezuela. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(8), 1629-1636. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i8.1327>
- Martínez-Carazo, P. C. (2006). El método de estudio de caso: Estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento & gestión*, 20, 165-193.
- McCreight, J. D. (2017). Cultivation and uses of cucurbits. *Genetics and genomics of Cucurbitaceae*, 1-12.
- Molina, B. (2017). *Caracteres Morfológicos y Fisiológicos en el Cultivo del Pepino Obtenidos Mediante Dos Técnicas de Injerto* [Tesis de Grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro].
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42869/K%2065128%20Molina%20Ib%20c3%a1%20c3%b1ez%20c%20Brenda%20Janine.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Munar, E. A. V., Arias, L. G., Latorre, D. A. G., Giraldo, Y. R., Garzón, I. E. C., Vergel, S. J. N., Ayala, F. A. V., González, J. J. E., Velandia, D. A. S., Pacheco, J. R. G., Santos-Díaz, A. M., Aguilar, S. V., Salas, T. M., Toro-Tobón, G., Pachón-Venegas, C., Torres-Cuesta, D., Estrada-Bonilla, G., Álvarez-Flórez, F., Aguirre-Franco, V. A., ... Bonilla-Buitrago, R. R. (2023). Estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático en sistemas de producción agrícola. En *Editorial AGROSAVIA* (1.^a ed., Vol. 1). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7406412>
- Navarro, C., Urriola, L., Rubatino, L., Barba, A., Vasquez, J., & Barahona, L. A. (2022). influencia de sustratos orgánicos, sobre variables de crecimiento de *Phaseolus vulgaris* L. *Revista Científica Semilla del Este*, 3(1), 103-113.
- Padilla-Bernal, L. E., Reyes-Rivas, E., & Pérez-Veyna, Ó. (2012). Evaluación de un cluster bajo agricultura protegida en México. *Contaduría y administración*, 57(3), 219-237.
- Pratt, L., Ortega, J. M., Nieto, E., & Braly-Cartillier, I. (2019). Agricultura protegida en México.

- Elaboración de la metodología para el primer bono verde agrícola certificado*, 1-57.
- Regaber, M. (2024, abril 9). Riego por goteo: La solución para una agricultura sostenible · Regaber. *Regaber*. <https://regaber.com/blog/riego-por-goteo-la-solucion-para-una-agricultura-sostenible/>
- Salazar-Salazar, W., Monge-Pérez, J. E., & Loría-Coto, M. (2022). Aplicación foliar de fertilizantes y extracto de algas en pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 26(1), ágs 177-189. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.22.26.24>
- Sánchez, J. (2017). *Vermicompostaje de residuos orgánicos con lombrices del género Eisenia. Caracterización del producto*. [Grado, Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/64332/TFG%20Juan%20Manuel%20Sanchez%20Lombricultura.pdf>
- Soza, Á. (2023). *Efecto de combinaciones de sustratos en la producción de pepino (Cucumis sativus l.) bajo condiciones de invernadero* [Tesis de Grado, Universidad Autónoma Del Estado De Morelos]. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/4156/SOAELR02.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Taha, N., Abdalla, N., Bayoumi, Y., & El-Ramady, H. (2020). Management of greenhouse cucumber production under arid environments: A review. *Environment, Biodiversity and Soil Security*, 4(2020), 123-136.
- Valencia-Angulo, S. J. (2022). *Control biológico de insectos plaga en el cultivo de pepino (Cucumis sativus L.)* [bachelorThesis, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11304>
- Zermeño-González, A., Marroquín Morales, J. Á., Melendres Alvarez, A. I., Ramírez Rodríguez, H., Cadena Zapata, M., & Campos Magaña, S. G. (2019). Propiedades espectrales de la cubierta de macro túneles y su relación con el crecimiento y rendimiento del chile poblano (*Capsicum annuum* L.). *Terra Latinoamericana*, 37(3), 253-260.
- Zurita, S. J. (2016). «*Producción del cultivo de pepino (Cucumis sattivus) aplicando diferentes láminas de riego por goteo bajo invernadero en la finca la María de la UTEQ 2015*». [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal De Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4611>

ANEXOS

Anexo 1. *Preparación del terreno y perforación para la instalación de postes del sistema de soporte*



Anexo 2. *Desarrollo inicial de las plantas de pepino bajo sistema protegido con riego por goteo*



Anexo 3. *Actividad de poda y conducción de plantas de pepino en macrotúnel*



Anexo 4. *Formación de frutos en plantas de pepino durante la fase reproductiva*



Anexo 5. Registro del peso individual de fruto de pepino durante la fase de cosecha



Anexo 6. Muestra representativa de frutos obtenidos en el sistema de macrotúnel





Tesis Final_Cultivo de pepino (Cucumis sativus) en condiciones de macrotunel con plástico con riego por goteo.

8%
Textos
sospechosos

11% Similitudes
(Ignorado)
< 1% similitudes
entre comillas
< 1% entre las
fuentes
mencionadas
8% Idiomas no
reconocidos
24% Textos
potencialmente
generados por
la IA (Ignorado)

Nombre del documento: Tesis Final_Cultivo de pepino (Cucumis sativus) en condiciones de macrotunel con plástico con riego por goteo.docx
ID del documento: 32d79bba62719350c14ed284e25ce7230553d405
Tamaño del documento original: 5,63 MB

Depositante: Myriam Zambrano Mendoza
Fecha de depósito: 20/1/2026
Tipo de carga: interface
Fecha de fin de análisis: 20/1/2026

Número de palabras: 13.047
Número de caracteres: 87.852

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Tesis completa CORREGIDA.docx Tesis completa CORREGIDA Rev5421 Viene de de mi biblioteca 52 fuentes similares	14%		Palabras idénticas: 14% (1817 palabras)
2	07012026 Cultivo de hortalizas en condiciones de macrotunel de pl... Rev5421 Viene de de mi biblioteca 51 fuentes similares	12%		Palabras idénticas: 12% (1511 palabras)
3	PROYECTO DE INVESTIGACION ALEJANDRA VERA ZAMBRANO.docx P... Rev5421 Viene de de mi biblioteca 52 fuentes similares	7%		Palabras idénticas: 7% (922 palabras)
4	repositorio.uleam.edu.ec https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/7218/1/ULEAM-AGRO-0365.pdf 43 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (341 palabras)
5	TESIS JULIANA SÁNCHEZ.docx TESIS JULIANA SÁNCHEZ Rev5421 Viene de de mi grupo 13 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (246 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.redalyc.org Crecimiento y desarrollo del cultivo pepino (Cucumis sativus L... https://www.redalyc.org/pdf/2631/263124770012.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (14 palabras)
2	Documento de otro usuario Rev5421 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
3	repositorio.utmachala.edu.ec Comportamiento productivo de la sandía citrull... http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11697/3/DE00017_TRABAJO_DE_TITULACI...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
4	Documento de otro usuario Rev5421 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
5	www.academia.edu (PDF) Absorción de N, P, K, Ca y Mg en cultivo de pepino (C... https://www.academia.edu/55649688/Absorcion_de_N_P_K_Ca_y_Mg_en_cultivo_de_pepino_C...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://redibai-myd.org/portal/wp-content/uploads/2021/12/redreducido.pdf>
- <https://rte.espol.edu.ec>
- <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1211>
- <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.33997>
- <https://blogdeniego.com/>

