



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 hortalizas en condiciones de macrotunel de plástico y
polisombra con riego por goteo”**

AUTOR: Dany Fernando Jaramillo Cuenca

TUTORA: Ing. Myriam Elizabeth Zambrano Mendoza, Mg.

El Carmen, febrero de 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

CERTIFICACIÓN

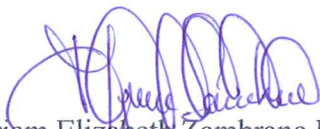
En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante '**DANY FERNANDO JARAMILLO CUENCA**', CI. 1104975972 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 hortalizas en condiciones de macrotunel de plástico y polisombra 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, 29 de enero del 2026.



Ing. Myriam Elizabeth Zambrano Mendoza MSc.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Dany Fernando Jaramillo Cuenca, con cédula de ciudadanía 1104975972, estudiante de la Carrera Ingeniería Agropecuaria en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, declaro que soy autor de la tesis titulada **“Cultivo de hortalizas en condiciones de macrotunel de plástico y polisombra con riego por goteo”**, esta obra es original y no infringe derechos de propiedad intelectual. Asumo la responsabilidad total de su contenido y afirmo que todos los conceptos, ideas, textos y resultados que no son de mi autoría, están debidamente citados y referenciados.

Atentamente,



Dany Fernando Jaramillo Cuenca

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

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

**Cultivo de hortalizas en condiciones de macrotunel de plástico y polisombra
con riego por goteo**

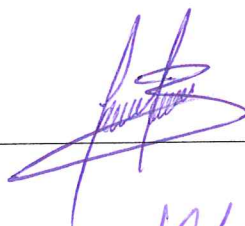
AUTOR: Dany Fernando Jaramillo Cuenca

TUTORA: Ing. Myriam Elizabeth Zambrano Mendoza, Mg.

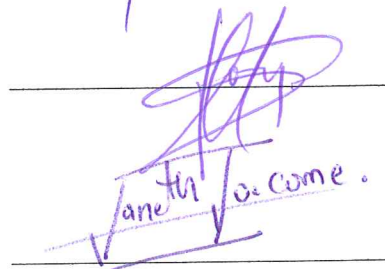
**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

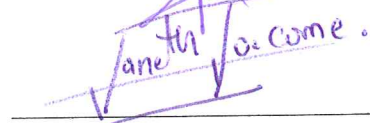
MIEMBRO: Ing. Marco De La Cruz Chicaiza Mg.



MIEMBRO: Ing. Jorge Vivas Cedeño Mg.



MIEMBRO: Ing. Janeth Jácome Gómez PhD.



DEDICATORIA

*“El desarrollo agronómico no solo significa aumentar la producción, sino hacerlo con respeto a la naturaleza, dignidad para el agricultor y visión de futuro.”— **Pedro A. Sánchez***

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía constante, por brindarme fortaleza en los momentos de dificultad y por iluminar mi camino con esperanza y sabiduría. A mi querida hija, Belencita, la razón de mi existencia y por quien procuro cada día ser una mejor persona, espero no defraudarla nunca y poder demostrarle que mi amor por ella es infinito. Este logro es solo el principio de muchas cosas más y de los momentos que quiero compartir junto a ella y a mi amada esposa.

A mis padres, por su amor incondicional. Sé que no he sido el mejor hijo y estoy lejos de serlo, pero jamás se me olvida de dónde vengo, un hogar lleno amor y con dos figuras ejemplares de seres humanos, que supieron enfrentar las adversidades y sacar adelante a una familia. Este logro es suyo, pues es el reflejo de la formación que me dieron, su apoyo y su cariño, durante cada día de mi existencia y sin ello no habría sido posible llegar hasta este instante de mi vida.

A la memoria de mis abuelos, Luis (+), Enid (+) y José (+). Hoy no están aquí, pero guardo conmigo los recuerdos de lo vivido, su amor por el campo y el trabajo duro pero gratificante y honrado.

A la memoria de mi suegro, el Dr. Sixto Sánchez G. (+). Un hombre con una gran trayectoria en el campo de la Investigación y la docencia. Sin duda, una figura muy influyente en mi vida, su ejemplo de lucha y perseverancia, su amor por la lectura y su deseo insaciable de seguir aprendiendo, también han sido una fuente de inspiración para alcanzar esta meta y buscar nuevos retos.

También dedico este logro a mí mismo, por no rendirme, por levantarme ante los desafíos y por demostrarme que soy capaz, competente y merecedor de alcanzar mis metas. Este trabajo representa el fruto del esfuerzo, la perseverancia y la convicción de que los sueños sí pueden cumplirse con disciplina y determinación.

AGRADECIMIENTO

"La agricultura debe caminar hacia un desarrollo que no agote los recursos, sino que los regenere, incluyendo al ser humano como parte del ecosistema."— **Miguel Altieri**

Definitivamente tengo la fortuna de estar rodeado de seres maravillosos, que de una u otra manera han contribuido con su granito de arena para hacer realidad este logro académico. Desde que nacemos, siempre hay personas de las cuales dependemos o nos apoyamos para avanzar y en esta ocasión no me encuentro alejado de esa realidad, de hecho, son muchas las personas que tengo en mente y probablemente algunas se me escapen, pero a todos quienes han sido parte de esto, los llevo en el corazón y mi gratitud será eterna.

En primer lugar, me permito agradecer a la voluntad divina de nuestro creador, pues creo firmemente, que, sin su bondad, nada es posible, me ha brindado la sabiduría necesaria y la fortaleza para enfrentar las diferentes pruebas que encuentro en el camino y sé que nunca me abandona, aunque a veces mi Fe se quebrante.

A mi amada esposa, Raisa Sánchez V. le quiero expresar que las palabras no son suficientes para agradecer todo el amor incondicional que me brinda. Su apoyo en todas las circunstancias, tanto materiales como emocionales, hoy está dando frutos. Esta etapa en mi vida ha estado cargada de muchos retos y obstáculos, sin embargo, el haberlos superado se lo debo en mayor parte a ella, quien ve algo en mí que ni yo veo a veces; jamás para de motivarme y animarme a seguir adelante por más difícil que parezca el camino. No cabe duda que es un pilar fundamental en mi vida y que su presencia está haciendo de mí, alguien mejor cada día. ¡Gracias por tanto amor mío!

A mi familia, en especial a mis padres, Héctor Jaramillo A. y Zoila Cuenca S. por su constante apoyo en los momentos más difíciles, por enseñarme el valor del esfuerzo y sacrificio para alcanzar mis metas. Su amor, sus sabios consejos, su firmeza y su ejemplo de lucha constante, han contribuido para formar al hombre que hoy en día soy. ¡Mi agradecimiento eterno a los mejores padres del mundo!

A Carmen Velasco, mi querida suegra y a su esposo Vicente B. por creer en mí, brindándome su apoyo incondicional, sin duda alguna su ayuda y su ánimo, han marcado una gran diferencia para mí y lo valoro muchísimo.

A mi querida tía, Luisa Sánchez y su familia, gracias por el amor y cuidado que le brindan a mi hija Belén. Su apoyo me dio la tranquilidad para poder cumplir con mis obligaciones mientras ella estaba segura. ¡Siempre estaré muy agradecido!

A mi grupo de amigos; Angie, David, Denis, Emely, Janira, Lizeth, Patricia, Nicole y Shirley por su apoyo y paciencia, por estar ahí, por celebrar mis logros, por extender su mano y brindarme ayuda cuando lo necesité. Su amistad ha sido un regalo invaluable en esta etapa de mi vida.

A todos los docentes que contribuyeron en mi formación académica, sepan que me llevo lo mejor de cada uno de ellos y no solo en el contexto teórico, también aprendí mucho de la parte humana, características únicas que se resaltan en cada uno de ellos y que sin duda contribuyen a la formación de quienes han presenciado sus cátedras.

Mención especial a cuatro de los docentes que, en lo personal, han marcado la diferencia en la formación de futuros profesionales. Al Dr. Manuel Jumbo R.; Ing. Miguel Macay A.; la Ing. Alexandra Mendoza y al Ing. Nexar Cobeña quienes han demostrado que la enseñanza va más allá de pararse frente a un grupo de estudiantes y hablar de un tema en específico. Cada uno con un estilo diferente, pero con un propósito en común, lograr que el estudiante comprenda y entienda el tema de estudio. Con sus métodos han sacado lo mejor de los estudiantes y se han ganado nuestra admiración y respeto. ¡Gracias por ser un gran ejemplo a seguir!

A mi tutora de tesis, Ing. Miriam Zambrano, por su guía, paciencia y compromiso. Gracias por compartir sus conocimientos con generosidad, por orientarme con sabiduría y por confiar en mi capacidad. Su acompañamiento fue clave para concretar este proyecto con éxito.

Dany Fernando Jaramillo Cuenca

ÍNDICE

TRIBUNAL DE TITULACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXO	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPITULO I	1
TÍTULO.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	4
METODOLOGÍA.....	5
1.1 Localización de la unidad experimental.....	5
1.2 Caracterizaciones climatológicas de la zona	6
1.3 Materiales	6
1.4 Variables.....	6
1.4.1 Variables independientes.....	6
1.4.2 Variables dependientes.....	6
1.5 Métodos	7
1.5.1 Método empírico	7
1.5.2 Método experimental.....	7
1.6 Análisis estadístico.....	7

1.7	Diseño experimental.....	8
1.8	Tratamientos.....	8
1.9	Manejo del experimento.....	9
CAPÍTULO II		10
MARCO TEÓRICO		10
2.1	Estructuras de protección agrícola: características, aplicaciones y diferencias en la producción hortícola	10
2.2	Importancia del uso de micro y macrotúneles en la producción hortícola.....	11
2.3	Consideraciones técnicas y sostenibilidad	12
2.4	Exigencias climáticas del pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.)	13
2.4.1	Temperatura.....	13
2.4.2	Humedad	14
2.4.3	Luminosidad.....	14
2.4.4	Exigencias edáficas	14
2.4.5	Material vegetal.....	15
2.5	Riego por goteo en macrotúneles	15
ESTADO DEL ARTE		17
CAPITULO III		19
3.1	DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	19
3.2	Diseño y selección de tecnologías a implementar.....	22
3.2.1	Sistema de riego por goteo	23
3.3	Plan de implementación	24
3.4	Resultados y discusión	25
3.4.1	Altura (cm)	25
3.4.2	Diámetro del tallo (mm).....	27
3.4.3	Número de hojas.....	28

3.4.4	Número de flores.....	29
3.4.5	Días a la floración.....	31
3.4.6	Peso (g), longitud de fruto (cm) y Diámetro (mm)	31
CONCLUSIONES		34
RECOMENDACIONES		35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		XXXV
ANEXOS.....		XXXV

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Características climatológicas de la localidad.....</i>	6
Tabla 2.	<i>Esquema de ADEVA con un diseño completamente al azar</i>	8
Tabla 3.	<i>Tratamiento de estudio.....</i>	8
Tabla 4.	<i>Diferencias estructurales y funcionales entre microtúnel, macrotúnel e invernadero en la agricultura protegida</i>	11
Tabla 5.	<i>Requerimientos térmicos del pepino según etapa fenológica</i>	14
Tabla 6.	<i>Requerimiento nutricional del cultivo de pepinillo.....</i>	14
Tabla 7.	<i>Etapas fenológicas del Cultivo del Pepino (Cucumis sativus).....</i>	15
Tabla 8.	<i>Desglose de gastos de implementación del macrotúnel de malla sarán 35%</i>	20
Tabla 9.	<i>Desglose de gastos de implementación del macrotúnel Plástico.....</i>	21
Tabla 10.	<i>Altura de plantas de pepino (Cucumis sativus L.) de las variedades Marketmore y Jaguar bajo diferentes sistemas de cultivo (campo abierto, macrotúnel con cubierta plástica y macrotúnel con malla sarán al 35 % de sombra)</i>	26
Tabla 11.	<i>Diámetro del tallo (mm) de plantas de pepino (Cucumis sativus L.) de las variedades Marketmore y Jaguar bajo diferentes sistemas de cultivo (campo abierto, macrotúnel con cubierta plástica y macrotúnel con malla sarán al 35 % de sombra).....</i>	28
Tabla 12.	<i>Número de hojas en plantas de pepino (Cucumis sativus L.) de las variedades Marketmore y Jaguar bajo diferentes sistemas de cultivo (campo abierto, macrotúnel con cubierta plástica y macrotúnel con malla sarán al 35 % de sombra)</i>	29
Tabla 13.	<i>Número de flores en plantas de pepino (Cucumis sativus L.) de las variedades Marketmore y Jaguar bajo diferentes sistemas de cultivo (campo abierto, macrotúnel con</i>	

<i>cubierta plástica y macrotúnel con malla sarán al 35 % de sombra)</i>	30
Tabla 14. <i>Días a la floración en plantas de pepino (Cucumis sativus L.) de las variedades Marketmore y Jaguar bajo diferentes sistemas de</i>	31
Tabla 15. <i>Características físicas del fruto de pepino (Cucumis sativus L.) de las variedades Marketmore y Jaguar bajo diferentes sistemas de cultivo</i>	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Localización geográfica del área de estudio</i>	5
Figura 2. <i>El macrotúnel agrícola</i>	11
Figura 3. <i>Riego por goteo en macrotunel.....</i>	16
Figura 4. <i>Preparación de las camas de cultivo dentro del macrotúnel con cubierta plástica, sarán y campo abierto</i>	22
Figura 5. <i>Establecimiento y desarrollo inicial del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) bajo macrotúnel con cubierta plástica y sistema de riego por goteo.....</i>	23
Figura 6. <i>Croquis técnico del sistema de riego por goteo implementado en el macrotúnel con cubierta plástica para el cultivo de pepino (Cucumis sativus L.).</i>	23

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Vista del establecimiento inicial del cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) bajo sistema de riego por goteo.....	XXXV
Anexo 2. Establecimiento inicial de plántulas de pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) en camas de cultivo con sistema de riego por goteo.....	XXXV
Anexo 3. Distribución del sistema de riego por goteo y ubicación de emisores en la zona radicular del cultivo de pepino.....	XXXVI
Anexo 4. Desarrollo inicial de plantas de pepino bajo riego por goteo, evidenciando uniformidad en el trasplante y manejo del suelo	XXXVI
Anexo 5. Identificación y registro de la aparición de las primeras flores en plantas de pepino	XXXVII
Anexo 6. Actividad de poda y conducción de plantas de pepino en macrotúnel	XXXVII
Anexo 7. Registro fotográfico y descriptivo del peso promedio del fruto de pepino por tratamiento	XXXVIII
Anexo 8. Medición de la longitud y diámetro del fruto de pepino en diferentes sistemas de producción	XXXVIII
Anexo 9. Registro del proceso de cosecha del pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) y evaluación del estado del fruto al momento de recolección	XXXIX
Anexo 10. Resultados del análisis estadístico del número de frutos por planta en pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.).....	XXXIX
Anexo 11. Resultados del análisis estadístico del peso promedio de fruto (g) por planta en pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.).....	XXXIX
Anexo 12. Resultados del análisis estadístico del peso promedio de la longitud (cm) por planta en pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.).....	XL

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el comportamiento agronómico y productivo de dos variedades de pepino (*Cucumis sativus* L.), Marketmore y Jaguar, cultivadas bajo tres sistemas de producción: campo abierto, macrotunel con cubierta plástica y macrotunel con malla sarán al 35 % de sombra. La investigación se desarrolló empleando un diseño completamente al azar, con evaluaciones a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra, considerando variables de crecimiento vegetativo, fenología y características del fruto. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos desde los 15 días, donde Marketmore a campo abierto presentó la mayor altura (59,75 cm) y diámetro de tallo (6,16 mm). A los 30 y 45 días, el campo abierto mantuvo el mayor crecimiento en altura, diámetro del tallo y número de hojas, destacándose nuevamente Marketmore. A los 60 días, Marketmore a campo abierto alcanzó la mayor altura (214,91 cm), diámetro de tallo (7,49 mm) y número de hojas (27,49), evidenciando un desarrollo vegetativo superior. En cuanto a la floración, el campo abierto favoreció una inducción floral más temprana, registrándose los menores días a floración en Jaguar a campo abierto (32,38 días). Asimismo, las variables productivas mostraron diferencias significativas, destacándose Marketmore a campo abierto con el mayor peso de fruto (532,78 g), mayor longitud (27,13 cm) y diámetro del fruto (59,41 mm). El campo abierto fue superior por la mayor ventilación, radiación solar y disponibilidad de polinizadores, lo que favoreció la floración y el desarrollo del fruto. En los macrotúneles, el estrés térmico y la restricción de polinizadores limitaron el rendimiento.

Palabras claves: Pepino; macrotunel; coberturas; crecimiento; floración.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the agronomic and productive performance of two cucumber varieties (*Cucumis sativus* L.), Marketmore and Jaguar, grown under three production systems: open field, plastic-covered macrotunnel, and macrotunnel with 35% shade net. The research was conducted using a completely randomized design, with evaluations at 15, 30, 45, and 60 days after sowing, considering variables related to vegetative growth, phenology, and fruit characteristics. The results showed statistically significant differences among treatments from 15 days onward, with Marketmore grown in the open field exhibiting the greatest plant height (59.75 cm) and stem diameter (6.16 mm). At 30 and 45 days, the open-field system maintained the highest values for plant height, stem diameter, and number of leaves, again highlighting Marketmore. At 60 days, Marketmore in the open field reached the highest plant height (214.91 cm), stem diameter (7.49 mm), and number of leaves (27.49), indicating superior vegetative development. Regarding flowering, the open-field system promoted earlier floral induction, with the shortest time to flowering observed in Jaguar under open-field conditions (32.38 days). Likewise, productive variables showed significant differences, with Marketmore in the open field recording the highest fruit weight (532.78 g), greatest fruit length (27.13 cm), and largest fruit diameter (59.41 mm). The open-field system was superior due to greater ventilation, solar radiation, and availability of pollinators, which enhanced flowering and fruit development, whereas thermal stress and restricted pollination in macrotunnels limited yield.

Keywords: Cucumber; macrotunnel; covers; growth; flowering.

CAPITULO I

TÍTULO

Cultivo de hortalizas en condiciones de macrotunel de plástico y polisombra con riego por goteo.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de hortalizas constituye una de las actividades agrícolas más vulnerables a condiciones adversas, tanto de origen biótico como abiótico, entre las que destacan las plagas, enfermedades y fluctuaciones climáticas (Kaur & Sharma, 2022; Yang et al., 2025). Como señalan Enea, (2011); Ferrucho, (2013)., “los cultivos hortícolas presentan alta sensibilidad a factores externos que comprometen su rendimiento y sanidad”.

Esta fragilidad ha llevado a los agricultores a adoptar tecnologías que les permitan ejercer un mayor control sobre las condiciones del entorno, especialmente en las fases iniciales del desarrollo vegetal, cuando las plantas son más susceptibles a ataques de patógenos y desequilibrios ambientales (Behzadipour et al., 2024; Ferrucho, 2013).

Una de las estrategias más difundidas en este contexto es la implementación de estructuras de cultivo protegidas, como los macrotúneles cubiertos con plástico o malla polisombra, en combinación con sistemas de riego por goteo (Kaur & Sharma, 2022; Yang et al., 2025).. Estas prácticas permiten manejar de forma más eficiente la disponibilidad hídrica, mitigar el estrés térmico y regular variables microclimáticas que inciden directamente en la fisiología vegetal (Hettiarachchi et al., 2024). Según Kaur y Sharma (2022), “el uso de estructuras protegidas en combinación con riego tecnificado mejora significativamente la calidad de las plántulas y la eficiencia del uso del agua en hortalizas”.

Durante la etapa de establecimiento, el uso de bandejas plásticas o tade foam ha demostrado ser una alternativa eficaz para organizar el cultivo y facilitar el manejo agronómico (Kaur & Sharma, 2022; Yang et al., 2025). De acuerdo con Ma et al. (2020), estas técnicas permiten obtener plántulas más sanas, vigorosas y con sistemas radiculares bien desarrollados. Además, variables ambientales como la luz, la temperatura y la humedad relativa tienen una influencia directa sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas (Ramírez-Pérez, 2017). En ese sentido, el diseño del sistema de producción debe considerar estos factores para maximizar el desempeño fisiológico (Kaur & Sharma, 2022).

Por otro lado, la morfología del contenedor de germinación también desempeña un papel determinante en el desarrollo radicular. Rosado (2013) subraya que “el tamaño de los alveolos influye directamente en la arquitectura de la raíz y, por ende, en el éxito del trasplante”, lo que coincide con lo señalado por Suárez-Cruz (2022), quien destaca su impacto en la formación de un sistema radicular fibroso y funcional. En cultivos de alto valor comercial, el uso de plántulas provenientes de ambientes controlados representa una inversión justificada, pues mejora la uniformidad, la supervivencia en campo y el rendimiento productivo (Taha et al., 2020)

En estos sistemas, el riego por goteo permite una distribución precisa del agua y los nutrientes, ajustada a las necesidades de las plantas según su etapa fenológica (Taki & Yildizhan, 2018). Globalmente, los cultivos hortícolas se destacan por pertenecer a un mercado en crecimiento, generador de empleo y divisas. En las últimas dos décadas, han sido objeto de importantes avances en la investigación biotecnológica, especialmente en el contexto de la agricultura sostenible (Vázquez-Santiago et al., 2014).

En este modelo emergente, se busca reducir o eliminar el uso de agroquímicos sintéticos, debido a su impacto negativo sobre el medio ambiente (Enea, 2011). Se prioriza el empleo de extractos y aceites vegetales, bioplaguicidas, microorganismos antagonistas, inductores de resistencia y otras estrategias de control biológico (Yang et al., 2025).

El deterioro ecológico registrado en muchas zonas agrícolas ha sido atribuido, en parte, al uso excesivo de insumos químicos, como fertilizantes y plaguicidas, característicos de la Revolución Verde (Vázquez-Santiago et al., 2014). Por tanto, la incorporación de tecnologías sustentables como los biofertilizantes microbianos se considera esencial para reducir el impacto ambiental y los costos de producción.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) es una actividad hortícola de alto valor comercial que, sin embargo, presenta una alta sensibilidad a factores climáticos adversos y al ataque de plagas y enfermedades (Mora-Faubla et al., 2022). En condiciones de cultivo a campo abierto, esta especie muestra una notable vulnerabilidad a variaciones de temperatura, exceso de radiación solar, déficit o exceso hídrico y condiciones de humedad que favorecen enfermedades como el mildiu, oídio y pudriciones radiculares (Yang et al., 2025).

Estas limitaciones impactan negativamente en la calidad del fruto, la uniformidad de la cosecha y el rendimiento económico del cultivo (Maeda & Ahn, 2021). Una de las principales causas de estas dificultades radica en el manejo tradicional del cultivo, donde no se cuenta con un control adecuado del microclima ni una gestión eficiente del agua” (Ma et al., 2020). “La exposición directa a condiciones ambientales extremas y el uso de métodos de riego convencionales generan desequilibrios fisiológicos en las plantas, disminuyen la eficiencia en la absorción de nutrientes y favorecen el desarrollo de patógenos” (Taki & Yildizhan, 2018). En este mismo sentido, “el empleo excesivo de agroquímicos para contrarrestar estas condiciones ha contribuido al deterioro del suelo y la contaminación ambiental” (Suárez-Cruz, 2022).

Como resultado de esta situación, “los agricultores se enfrentan a bajos índices de germinación, plántulas débiles y desuniformes, y una mayor susceptibilidad de las plantas al momento del trasplante” (Vázquez-Santiago et al., 2014). Esto repercute directamente en el rendimiento del sistema, ya que “se traduce en una menor productividad, altos costos de producción y una baja competitividad frente a otros sistemas más tecnificados” (Regaber, 2024).

Frente a esta situación, el uso de estructuras de protección como macrotúneles cubiertos con plástico o polisombra, en conjunto con sistemas de riego por goteo, se plantea como una alternativa viable para optimizar las condiciones de cultivo (Lynch, 2006). Estas tecnologías permiten regular la temperatura, reducir el estrés hídrico y mejorar la eficiencia en el uso del agua, promoviendo el desarrollo uniforme de las plántulas y un mejor establecimiento en campo.

Pregunta de investigación

¿Cómo influye el uso de macrotúneles con cobertura de plástico o polisombra, combinados con riego por goteo, en el desarrollo morfológico y agronómico de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivado en condiciones protegidas?

JUSTIFICACIÓN

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una de las hortalizas más importantes en los sistemas agrícolas intensivos y protegidos debido a su alto valor comercial, su rápida tasa de crecimiento y la demanda constante en mercados locales e internacionales (Rosado, 2013). A pesar de su

importancia, este cultivo es particularmente sensible a factores climáticos extremos y al estrés hídrico, lo que condiciona su desarrollo inicial y la calidad de las plántulas, etapas críticas para garantizar un rendimiento óptimo en campo (Rubira, 2022).

Ante estas limitaciones, el uso de estructuras de cultivo protegido, como los macrotúneles con cobertura de plástico o polisombra, se ha consolidado como una estrategia tecnológica para moderar las condiciones ambientales (Villavicencio, 2015). Estas estructuras permiten controlar variables como la temperatura, la radiación solar y la humedad relativa, creando un microclima más favorable para la germinación, el desarrollo radicular y la formación de plántulas vigorosas (Adame-García et al., 2024; Aguirre-Medina et al., 2007).

Al mismo tiempo, la incorporación del riego por goteo mejora la eficiencia en el uso del agua y facilita una distribución precisa de los nutrientes, lo cual es esencial en sistemas de producción intensiva (Ávila-Flores et al., 2014; Bernaola Paucar et al., 2016).

Sin embargo, para Borbor et al. (2020), en muchas regiones hortícolas, especialmente entre pequeños y medianos productores, persiste un desconocimiento sobre el impacto real de estas tecnologías combinadas en la etapa inicial del cultivo de pepino. La escasez de información científica adaptada a contextos locales limita la adopción de prácticas que podrían mejorar significativamente la productividad, reducir los costos de insumos y disminuir el uso de agroquímicos, contribuyendo así a una agricultura más sostenible (Adame-García et al., 2024).

Frente a esta realidad, se justifica la necesidad de evaluar cómo influyen los macrotúneles con diferentes tipos de cobertura, en combinación con el riego por goteo, en variables clave como el desarrollo inicial, la eficiencia hídrica y la calidad morfológica de las plántulas de pepino (Enea, 2011).

Esta investigación contribuirá a la generación de conocimiento aplicado, facilitará la toma de decisiones agronómicas y fortalecerá las capacidades técnicas de los agricultores para producir hortalizas de alta calidad en condiciones protegidas y con menor impacto ambiental.

OBJETIVOS

i) Objetivo general

Evaluar el efecto del uso de macrotúneles con cobertura de plástico o polisombra y riego por goteo en el desarrollo y producción del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.).

ii) Objetivos específicos

- Implementar un sistema de cultivo en macrotunel como alternativa tecnológica para mejorar la producción de pepino en ambientes controlados.
- Comparar los efectos de las coberturas de plástico y polisombra en el desarrollo de las plantas de pepino cultivadas bajo macrotunel.
- Determinar la eficiencia en el uso del agua y las características morfológicas de las plántulas bajo riego por goteo en condiciones protegidas.

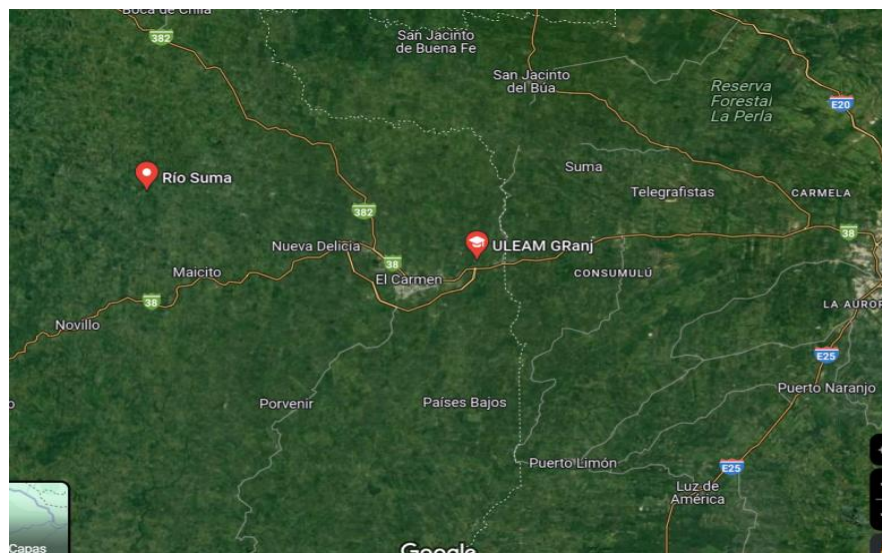
METODOLOGÍA

1.1 Localización de la unidad experimental

La presente investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental Río Suma, perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ubicada en la extensión El Carmen. El estudio se desarrolló en el área hortícola de dicha unidad, en un espacio especialmente acondicionado para la producción vegetal bajo condiciones controladas.

Esta área forma parte de los entornos académicos y experimentales de la universidad, los cuales están orientados al fortalecimiento de la formación práctica, la investigación aplicada y la promoción de sistemas agropecuarios sostenibles en la región. Las coordenadas geográficas de la unidad experimental corresponden a la zona UTM, con una ubicación de 675008.00 m E y 9971300.00 m S.

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio



Nota. tomado de Google Maps, (2025)

1.2 Caracterizaciones climatológicas de la zona

A continuación, algunas características agroclimáticas del cantón:

Tabla 1. *Características climatológicas 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)	249

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

1.3 Materiales

- Semillas de hortalizas (pepino)
- Bandejas de germinación de 128 cavidades
- Sustrato (suelo mineral base, biomasa de cacao, vermicompost, agregado silíceo, otros)
- Macrotúneles con cubierta plástica y con malla sombra
- Sistema de riego por goteo (líneas, goteros de 2 L/h, tanque elevado)
- Herramientas: cinta métrica, flexómetro, calibrador digital y balanza de precisión.
- Software estadístico Infostat.

1.4 Variables

1.4.1 Variables independientes

Tipo de cobertura del macrotunel (plástico, polisombra, sin protección).

1.4.2 Variables dependientes

- Altura de plántulas (cm)
- Número de hojas por planta
- Longitud del fruto (cm)
- Diámetro del fruto (cm)
- Diámetro del tallo (mm)
- Peso del fruto (g)

- Número de flores
- Días a la floración

1.5 Métodos

1.5.1 Método empírico

El método empírico se aplicó para obtener información directa a partir de la observación del comportamiento de las plántulas de pepino cultivadas bajo condiciones protegidas. Esta estrategia permitió registrar con precisión los datos relativos al crecimiento, las características morfológicas y la respuesta fisiológica de las plantas, según el tipo de cobertura (plástico o polisombra) y el sistema de riego aplicado (Ramírez-Pérez, 2017).

La observación sistemática durante el ensayo permitió identificar variaciones visibles y cuantificables entre los tratamientos, fortaleciendo la comprensión del efecto de los factores ambientales modificados (Hernández et al., 2014). El trabajo práctico en campo resultó fundamental para validar las condiciones de manejo agronómico y contrastar los resultados con los parámetros de referencia establecidos

1.5.2 Método experimental

Se aplicó el método experimental con el propósito de analizar el efecto de dos variables independientes: el tipo de cobertura del macrotunel (plástico y polisombra) y el sistema de riego por goteo, sobre el desarrollo morfológico y agronómico de pepino (*Cucumis sativus* L.). Este enfoque permitió establecer condiciones controladas para medir con precisión el comportamiento agronómico de las plantas frente a los distintos tratamientos (Flores et al., 2013).

1.6 Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ADEVA) para identificar posibles diferencias estadísticas entre tratamientos en variables como altura de plántula, número de hojas, longitud radicular, diámetro del tallo y eficiencia en el uso del agua (Najas et al., 2012). Una vez comprobados los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene), se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % de probabilidad.

Esta prueba permitió identificar qué tratamientos presentaron diferencias significativas entre sí, aportando mayor precisión en la interpretación de los efectos del tipo de cobertura y el sistema de riego evaluados.

Tabla 2. *Esquema de ADEVA con un diseño completamente al azar*

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	23
Tratamientos	5
Error	18

1.7 Diseño experimental

El experimento se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, lo que generó un total de veinticuatro unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo constituida por cuatro plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.), obteniéndose un total de noventa y seis plantas evaluadas durante el período experimental.

Los tratamientos se definieron a partir de la combinación de dos variedades de pepino (Marketmore y Jaguar) y tres condiciones de manejo ambiental, correspondientes a 35 % de sombra, campo abierto y macrotunel con cobertura plástica. La asignación de los tratamientos a las unidades experimentales se realizó de manera completamente aleatoria, garantizando la independencia de las observaciones y el control del error experimental.

1.8 Tratamientos

Tabla 3. *Tratamiento de estudio*

Tratamiento	Variedad	Condición ambiental
T1	Marketmore	35 % de sombra
T2	Jaguar	35 % de sombra
T3	Marketmore	Campo abierto
T4	Jaguar	Campo abierto
T5	Marketmore	Macrotunel con plástico
T6	Jaguar	Macrotunel con plástico

1.9 Manejo del experimento

El manejo del experimento se inició con la preparación y acondicionamiento del área experimental, la cual fue delimitada y nivelada para asegurar condiciones homogéneas entre las unidades experimentales. Posteriormente, se establecieron las condiciones ambientales correspondientes a cada tratamiento, consistentes en macrotunel con cobertura plástica, macrotunel con 35 % de polisombra y cultivo a campo abierto sin cobertura.

La germinación se realizó en bandejas, utilizando un sustrato homogéneo compuesto por suelo mineral base, biomasa de cacao, vermicompost, agregado silíceo y otros. Una vez que las plantas alcanzaron 21 días de edad, se seleccionaron aquellas con desarrollo uniforme y se procedió al trasplante a las unidades experimentales, utilizando cuatro plantas por unidad experimental, de acuerdo con el diseño completamente al azar establecido.

Durante el período experimental se aplicó un manejo agronómico estandarizado, que incluyó control manual de malezas, monitoreo fitosanitario continuo y manejo uniforme del riego mediante sistema de goteo, con el propósito de minimizar fuentes externas de variación. No se realizaron aplicaciones diferenciadas de fertilización ni reguladores de crecimiento, de manera que las respuestas observadas se atribuyeran exclusivamente a los tratamientos evaluados.

La toma de datos se efectuó de manera sistemática, registrándose semanalmente las variables morfológicas en plantas jóvenes, mientras que las variables reproductivas y productivas se evaluaron conforme las plantas alcanzaron los estados fenológicos correspondientes. Las mediciones se realizaron sobre las plantas centrales de cada unidad experimental para reducir efectos de borde.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Estructuras de protección agrícola: características, aplicaciones y diferencias en la producción hortícola

El uso de estructuras de protección intermedia ha demostrado ser una estrategia efectiva para mitigar los efectos de condiciones climáticas adversas en los cultivos hortícolas. Entre estas estructuras, el macrotúnel se destaca por su funcionalidad y versatilidad (Adame-García et al., 2024). Esta estructura, cuya altura oscila entre los dos y tres metros, facilita el ingreso del personal para labores agronómicas (Lynch, 2006). De acuerdo con Lynch (2006), “los macrotúneles están generalmente compuestos por una estructura de PVC o metal recubierta con plástico agrícola o polisombra”, lo que proporciona una barrera física frente a agentes como la radiación solar intensa, el viento y las precipitaciones.

Aunque no permiten un control total de la temperatura o la humedad, estos sistemas han demostrado ser eficaces en mejorar el rendimiento de cultivos como el tomate, pepino y melón, especialmente en regiones tropicales y subtropicales (Cifuentes et al., 2014). Además, su bajo costo y facilidad de instalación los posicionan como una alternativa viable para pequeños productores (Hernández-Livera et al., 2016).

Por otro lado, el microtúnel es una estructura de menor escala, usualmente de entre 0,5 y 1 metro de altura, empleada principalmente en etapas iniciales del cultivo. Este sistema se construye con arcos ligeros de alambre, bambú o materiales similares, recubiertos con malla o plástico delgado (Adame-García et al., 2024). Según Enea (2011), “su función es crear un ambiente cálido y protegido que favorezca la germinación y reduzca el impacto de lluvias suaves e insectos”. Su implementación es común en viveros, trasplantes y siembras escalonadas, siendo particularmente útil para hortalizas como zanahoria, cebolla y lechuga (Hernández-Livera et al., 2016).

En contraste, el invernadero es una estructura de mayor tamaño y complejidad, con paredes y techos cerrados fabricados en metal o aluminio y cubiertos con vidrio o plásticos especiales como policarbonato o polietileno (Lynch, 2006). Esta instalación permite un control riguroso de factores ambientales como temperatura, humedad, radiación y riego, convirtiéndose en una solución idónea para el cultivo durante todo el año y en condiciones climáticas adversas (Hernández-Livera et al., 2016).

Aunque su instalación implica una inversión elevada, ofrece altos niveles de productividad y protección, siendo ampliamente utilizado en cultivos especializados como flores, tomates cherry y pimientos en regiones templadas (Adame-García et al., 2024).

Tabla 4. *Diferencias estructurales y funcionales entre microtunel, macrotunel e invernadero en la agricultura protegida*

Característica	Macrotunel ^a	Microtunel ^a	Invernadero ^b
Altura	2 – 3 m	< 1 m	> 3 m
Cobertura	Plástico/polisombra	Plástico liviano	Plástico o vidrio
Costo	Medio	Bajo	Alto
Clima controlado	Parcial	Muy limitado	Total (clima artificial)
Cultivo permanente	Sí	No (uso temporal)	Sí
Automatización	Opcional	No	Alta

Nota: Adame-García et al. (2024) ^a; Enea, (2011) ^b.

2.2 Importancia del uso de micro y macrotúneles en la producción hortícola

Los micro y macrotúneles constituyen estructuras agrícolas temporales fabricadas comúnmente con arcos de acero galvanizado y cubiertas plásticas, diseñadas para modificar las condiciones microclimáticas en beneficio del desarrollo vegetal (Lynch, 2006). Estas tecnologías son ampliamente utilizadas en la horticultura protegida, especialmente en regiones con climas variables, ya que proporcionan protección contra lluvias intensas, radiación excesiva, heladas, viento y otros factores adversos (Adame-García et al., 2024).

El macrotunel agrícola, por su tamaño y diseño semicircular, permite un manejo eficiente del cultivo, manteniendo temperaturas internas más estables que en el ambiente exterior. Esta característica resulta fundamental para promover una germinación más rápida, un desarrollo vegetativo vigoroso y una fructificación anticipada (Enea, 2011).

Figura 2. *El macrotunel agrícola*



De acuerdo con investigaciones de Adame-García et al. (2024) mencionan que el uso de estructuras plásticas en cultivos hortícolas puede incrementar los rendimientos en un 30 a 50 %, debido a la mejora en la regulación térmica y en la reducción de estrés abiótico. Una de las ventajas más destacadas de los micro y macrotúneles es su capacidad para reducir la incidencia de enfermedades y plagas (Enea, 2011).

Al minimizar la exposición directa de las plantas a lluvias y al suelo, disminuye notablemente la propagación de patógenos, permitiendo una producción más limpia y con menos dependencia de productos químicos (Cruz-Andrés et al., 2018). Además, facilitan un manejo más eficiente del agua, ya que reducen la evaporación y permiten la aplicación localizada mediante sistemas de riego por goteo, lo cual incrementa la eficiencia hídrica (Hernández-Livera et al., 2016).

2.3 Consideraciones técnicas y sostenibilidad

El microtúnel, por su parte, es una estructura más pequeña y de bajo costo que cubre únicamente las hileras de cultivo. Su instalación adecuada requiere considerar diversos aspectos técnicos:

El lugar en el que se ubica el macrotúnel es muy importante, ya que debe estar ubicado en un lugar con buen drenaje, suelo saludable y buena exposición al sol (Cruz-Andrés et al., 2018). El macrotúnel también debe estar ubicado de manera que no esté expuesto a vientos fuertes y otros factores climáticos adversos (Hernández-Livera et al., 2016).

Existen diferentes tipos de macrotúneles para adaptarse a diferentes condiciones climáticas y tipos de suelo (Enea, 2011). Por ejemplo, un macrotúnel de polietileno de baja densidad es adecuado para regiones con climas cálidos o templados, mientras que un macrotúnel con lona es adecuado para regiones con climas más fríos (Hernández-Livera et al., 2016).

El montaje correcto del macrotúnel es esencial para asegurar un buen rendimiento. Esto significa que debe instalarse de forma correcta y segura, con los postes bien enterrados y a la altura correcta (Enea, 2011). Asimismo, es importante asegurarse de que todas las articulaciones estén bien sujetas para evitar que el macrotúnel se mueva con el viento (Bernaola Paucar et al., 2016).

Es importante utilizar materiales de calidad para garantizar una buena durabilidad del

microtúnel y un buen rendimiento (Enea, 2011). Por lo tanto, debe elegir productos de buena calidad, como lonas resistentes al desgaste, postes de acero galvanizado y conexiones de acero resistentes (Hernández-Livera et al., 2016).

Un macrotúnel bien mantenido ayuda a reducir el riesgo de enfermedades y plagas. Por lo tanto, es importante mantener el macrotúnel limpio y libre de residuos, y asegurarse de que los insectos no puedan entrar en el túnel (Adame-García et al., 2024).

Un macrotúnel bien ventilado ayuda a prevenir la acumulación de calor y la formación de condensación en el interior (Adame-García et al., 2024). Por lo tanto, es importante colocar entradas y salidas de aire adecuadas para permitir la ventilación del macrotúnel (Hernández-Livera et al., 2016).

2.4 Exigencias climáticas del pepino (*Cucumis sativus* L.)

El cultivo de pepino se adapta a diversos tipos de suelo, mostrando un desarrollo óptimo en suelos con textura franco arenosa, buena capacidad de drenaje y alto contenido de materia orgánica (Bojacá et al., 2012). Esta especie hortícola tolera suelos ligeramente ácidos, con un rango de pH ideal entre 5,5 y 6,8 (Roldán & Soto, 2005).

Su óptimo desempeño se da en climas cálidos, ya que no soporta las heladas (InfoAgro, 2022). Las temperaturas elevadas, entre 30 °C y 35 °C, favorecen una germinación más rápida, mientras que su crecimiento ideal se alcanza a 25 °C (Mendoza, 2017). Asimismo, requiere una adecuada exposición solar para garantizar un desarrollo saludable (López-Morales et al., 2022).

2.4.1 Temperatura

Durante el ciclo productivo, el pepino demanda temperaturas diurnas entre 20 °C y 30 °C. Una temperatura promedio cercana a 25 °C promueve una producción más temprana (Roldán & Soto, 2005). No obstante, temperaturas superiores a 30 °C pueden ocasionar desajustes fisiológicos en la planta (Sharma, 2020). Las noches con temperaturas iguales o menores a 17 °C pueden causar malformaciones en hojas y frutos, siendo 12 °C el umbral mínimo crítico nocturno. Temperaturas de 1 °C provocan daños severos por helada (Bojacá et al., 2012).

Para mejorar el microclima, se recomienda el uso de invernaderos con doble cubierta, lo cual contribuye a elevar la temperatura y maximizar la producción (Zhang et al., 2012). A diferencia de otras hortalizas, el pepino no presenta altas exigencias térmicas.

Tabla 5. *Requerimientos térmicos del pepino según etapa fenológica*

Etapas de desarrollo	Temperatura diurna (°C)	Temperatura nocturna (°C)
Germinación	30	27
Formación de planta	27	25
Desarrollo del fruto	27	25

Nota: tomado de Zhang et al. (2012).

2.4.2 Humedad

El pepino, al ser originario de regiones tropicales, puede cultivarse en suelos sueltos y bien drenados, con adecuada materia orgánica (Bojacá et al., 2012). Tiene la capacidad de prosperar en ambientes cálidos o templados, tolerando niveles elevados de humedad relativa: entre 60 % y 70 % durante el día y de 70 % a 90 % por la noche (Lozano, 2011). No obstante, incrementos excesivos de humedad pueden limitar la producción debido a una disminución en la transpiración entre órganos vegetativos (Sánchez Del Castillo et al., 2014).

2.4.3 Luminosidad

Esta hortaliza presenta un comportamiento eficiente frente a la disponibilidad lumínica (Lozano, 2011). Es capaz de germinar, desarrollarse, florecer y fructificar con menos de 12 horas de luz solar diaria (Roldán & Soto, 2005). Además, tolera elevadas temperaturas, lo que resulta favorable para incrementar su rendimiento productivo (Sánchez Del Castillo et al., 2014).

2.4.4 Exigencias edáficas

El pepino se adapta bien a suelos sueltos, con buen drenaje y contenidos altos de materia orgánica (Bojacá et al., 2012). Aunque tolera cierta salinidad, es menos resistente que el melón. Altas concentraciones de sales dificultan la absorción hídrica, ralentizan el crecimiento y producen deformaciones en los frutos (Roldán & Soto, 2005).

Tabla 6. *Requerimiento nutricional del cultivo de pepinillo*

Elementos	Extracción (kg/ha)	Extracción (g/m²)
Nitrógeno (N)	140	14
Fósforo (P ₂ O ₅)	26	2,6
Potasio (K ₂ O)	180	18
Calcio (Ca)	23	2,3
Magnesio (Mg)	13	1,3
Azufre (S)	30	3
Hierro (Fe)	600	60
Manganeso (Mn)	400	40

Cobre (Cu)	500	50
Zinc (Zn)	300	30
Boro (B)	200	20

Nota. Adaptado de Soza (2023).

Por otro lado, niveles bajos de salinidad provocan plantas más vigorosas, pero también más vulnerables a enfermedades. El rango de pH ideal se encuentra entre 5,5 y 7,0 (InfoAgro. 2022).

2.4.5 Material vegetal

Para seleccionar el material genético adecuado se deben considerar aspectos como el vigor de la planta, la morfología y firmeza del fruto, la resistencia a enfermedades, el destino comercial, y las condiciones agroambientales del cultivo, ya sea en campo abierto o bajo invernadero (InfoAgro. 2022).

Es preferible utilizar variedades con alto potencial de producción, buena tolerancia al frío y días cortos, longitud estándar de fruto entre 30 y 38 cm, y buena vida poscosecha para facilitar el transporte y comercialización (Sánchez Del Castillo et al., 2014).

Tabla 7. *Etapas fenológicas del Cultivo del Pepino (Cucumis sativus)*

Etapas Fenológicas	Días después de la siembra
Emergencia	4-5
Inicio de emisión de guías	15 - 24
Inicio de floración	27 - 34
Inicio de cosecha	43 - 50
Fin de cosecha	75 - 90

Nota. Tomado de Mendoza (2017).

2.5 Riego por goteo en macrotúneles

El riego por goteo representa una de las tecnologías más eficientes y sostenibles para el manejo hídrico en la agricultura protegida, especialmente en cultivos hortícolas como el pepino (*Cucumis sativus* L.) (Ávila-Flores et al., 2014). Este sistema permite aplicar el agua directamente en la zona radicular de las plantas mediante emisores de bajo caudal, lo que optimiza el uso del recurso hídrico, reduce las pérdidas por evaporación y minimiza el escurrimiento superficial (Borbor et al., 2020).

En el contexto de cultivos establecidos bajo estructuras de protección como los macrotúneles, el riego por goteo ofrece ventajas adicionales (Regaber, 2024). Al mantener un ambiente controlado dentro del túnel y suministrar agua de manera precisa, se favorece un

crecimiento más uniforme de las plantas, se disminuye el estrés hídrico y se evita la propagación de enfermedades fúngicas asociadas con el exceso de humedad en las hojas (Lynch, 2006)

La implementación de este sistema también posibilita la incorporación de fertilizantes a través de la técnica de fertirrigación, lo cual incrementa la eficiencia en la absorción de nutrientes y reduce la cantidad de insumos necesarios (Carabalí et al., 2019). Además, su compatibilidad con fuentes alternativas de agua, como las provenientes de lluvias o reciclaje, lo convierte en una opción viable en zonas con acceso limitado a recursos hídricos (Regaber, 2024).

El sistema de goteo, al instalarse en macrotúneles, permite mantener una humedad constante en el sustrato, condición fundamental para el desarrollo fisiológico óptimo del pepino (Israelsen & Hansen, 1981). Esta estabilidad hídrica mejora la floración, la calidad del fruto y el rendimiento final del cultivo (Peralta Castellano & Urbina Pilarte, 2022). Por otro lado, la automatización del sistema permite regular los tiempos de riego según las necesidades fenológicas de la planta, lo que contribuye a una gestión más técnica del proceso productivo (Fernández et al., 2012).

Figura 3. *Riego por goteo en macrotunel*



Nota: tomado de Blog de Riego (2025).

Por tanto, el uso del riego por goteo en sistemas protegidos no solo responde a criterios de sostenibilidad y eficiencia, sino que se convierte en una herramienta estratégica para maximizar el potencial productivo del pepino en condiciones de macrotunel, particularmente en regiones tropicales donde el manejo del agua resulta determinante (Fortis-Hernández et al., 2009).

ESTADO DEL ARTE

Rivera et al. (2021), llevó a cabo un estudio con el propósito de evaluar los efectos del riego deficitario en la fase inicial del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*), utilizando como material experimental el híbrido ‘Humocaro’. El ensayo se realizó sobre un suelo de textura franca y bajo un sistema de riego por goteo con frecuencia de aplicación cada dos días. Se establecieron cuatro niveles de reposición de evapotranspiración del cultivo (Etc): 100%, 90%, 80% y 70%, aplicados exclusivamente en la etapa inicial del desarrollo. El diseño experimental consistió en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas incluyeron consumo de agua, eficiencia en el uso del recurso hídrico, altura de planta, número de hojas y guías, además de indicadores productivos como el número y características de los frutos y el rendimiento final. Los resultados indicaron que “no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las variables vegetativas ni de producción bajo riego deficitario”

Elías-Vigaud et al. (2020), evaluó el efecto del uso de campos magnéticos en el agua de riego sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del pepino (*Cucumis sativus* L., var. Market More) bajo condiciones de casa de cultivo semiprotegida, durante el periodo comprendido entre enero y abril de 2018. El estudio contempló tres tratamientos: un control sin aplicación de campo magnético, un tratamiento con agua tratada magnéticamente (ATM1) con un rango de inducción de 60 a 100 mT, y un segundo tratamiento con agua tratada magnéticamente (ATM2) con un rango de 110 a 180 mT. Las variables de crecimiento y productividad registraron valores superiores cuando se empleó agua tratada magnéticamente, siendo la inducción de 60–100 mT la que mostró los resultados más favorables. Según Elías-Vigaud (2018), “los mayores resultados en los indicadores evaluados se obtuvieron con el agua de riego tratada magnéticamente, mejor para la inducción 60–100 mT”. Estos hallazgos sugieren que el tratamiento magnético del agua podría constituir una herramienta viable para incrementar la eficiencia productiva en cultivos hortícolas.

Amaya et al. (2006), desarrolló un estudio en El Salvador con el propósito de generar información propia sobre la frecuencia de riego por goteo en *Cucumis sativus* L., dado que “se carece de investigaciones sobre la frecuencia de riego por goteo, que venga a generar información propia y recomendaciones para nuestro medio”. El experimento se ejecutó entre febrero y abril de 1994 en el Lote La Bomba, Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, situada a 50 m s. n. m., con una temperatura promedio de 27,3 °C, humedad relativa de 73 % y evapotranspiración

potencial media de 154,8 mm/mes. El suelo correspondió a un Regosol aluvial con textura franco-limosa a franco-arenosa. Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar con tres tratamientos (riego diario, cada dos días y cada tres días) y seis repeticiones. El riego por goteo se realizó con láminas de 5,3; 10,6 y 15,9 mm, a presiones de 0,7 atm y un caudal de 3,13 L/h. La variedad utilizada fue Ponsett-76 de polinización libre, iniciándose la cosecha a los 42 días y efectuando siete cortes con intervalos de tres días.

CAPITULO III

3.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En el marco del fortalecimiento de la docencia, la investigación aplicada y la vinculación con la sociedad, se implementó un sistema de macrotúneles con cobertura de sarán al 35 % de sombra y cobertura plástica, destinado al cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), como una estrategia técnica orientada a la generación de conocimiento agronómico bajo condiciones de protección parcial y total. Ambas estructuras fueron instaladas en el mismo sitio experimental y diseñadas con idénticas dimensiones y características constructivas, con el propósito de asegurar la comparabilidad de los resultados obtenidos.

Cada macrotunel presentó dimensiones de 9 m × 9 m, cubriendo un área total de 81 m², y fue establecido sobre una superficie previamente delimitada y nivelada, garantizando la estabilidad estructural y la uniformidad de las condiciones edáficas para el desarrollo del cultivo. Las estructuras se construyeron utilizando arcos de acero galvanizado de 2 pulgadas de diámetro, reforzados con correas longitudinales, lo que proporcionó rigidez, resistencia mecánica y durabilidad frente a las condiciones climáticas predominantes de la zona.

La diferenciación entre tratamientos se realizó exclusivamente a nivel de material de cobertura, empleándose sarán con 35 % de sombra en un macrotunel y plástico agrícola en el otro. La cobertura de sarán permitió una reducción controlada de la radiación solar incidente, favoreciendo la regulación térmica y lumínica del microclima interno, mientras que la cobertura plástica generó un ambiente de mayor acumulación térmica y protección directa frente a factores climáticos externos. Esta configuración permitió evaluar el efecto de ambos tipos de cobertura sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo, manteniendo constantes las dimensiones, orientación y manejo agronómico de las estructuras.

La implementación de los macrotúneles con estas características proporcionó a la comunidad universitaria un espacio experimental permanente, en el cual estudiantes y docentes desarrollaron actividades prácticas relacionadas con el manejo de cultivos protegidos, evaluación de variables agronómicas y comparación varietal.

El establecimiento de las variedades Marketmore y Jaguar facilitó el análisis de respuestas diferenciales en crecimiento vegetativo, arquitectura de planta y adaptación a las condiciones microclimáticas generadas por cada tipo de cobertura, fortaleciendo la formación académica en áreas como fisiología vegetal, manejo agronómico y diseño experimental.

Desde el enfoque de transferencia de tecnología, la infraestructura funcionó como un módulo demostrativo replicable, orientado a la socialización de resultados hacia productores locales y actores del sector agrícola. A través de prácticas demostrativas, capacitaciones técnicas y visitas guiadas, se evidenciaron las ventajas del uso de macrotúneles con sarán y plástico en la mitigación del estrés ambiental y en la mejora del desarrollo del cultivo de pepino.

Tabla 8. *Desglose de gastos de implementación del macrotúnel de malla sarán 35%*

Ítem	Especificación	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Tubo galvanizado 2" (6 m)	Arcos, correas y arriostres de la estructura	24	9,5	228
Codos galvanizados 45°	Uniones estructurales de tubos	10	3	30
Abrazaderas metálicas	Fijación de la malla de sarán	120	0,4	48
Cable acerado 3/16"	Tensado y amarre estructural	46	0,75	34,5
Tornillos y tuercas 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
Malla de sarán 35 %	Cobertura del macrotúnel (90 m ² × 2,00 USD/m ²)	90	2	180
Mano de obra	Montaje de la estructura (4 jornales)	4	30	120
Transporte	Flete local de materiales	1	25	25
Subtotal				701,11
IVA 15 %				105,17
TOTAL				806,28

El costo total proyectado para la construcción del macrotúnel con cobertura de sarán al 35 % de sombra ascendió a USD 806,28, monto que incluyó materiales, mano de obra, transporte e impuesto al valor agregado. Dentro de la estructura de costos, la estructura metálica, conformada por tubos galvanizados, representó aproximadamente el 28,3 % del presupuesto, constituyéndose en el rubro de mayor inversión debido a su función estructural, resistencia mecánica y vida útil prolongada.

Los elementos de unión y fijación, tales como codos, abrazaderas, tornillos y cable acerado, concentraron de manera conjunta el 15,4 % del costo total, resultando indispensables para asegurar la estabilidad y rigidez del macrotúnel. Por su parte, la malla de sarán al 35 % de sombra aportó cerca del 22,3 % del presupuesto, desempeñando un papel determinante en la

modulación de la radiación solar incidente y en la generación de un microclima adecuado para el crecimiento y desarrollo del cultivo de pepino.

La mano de obra empleada durante el proceso constructivo correspondió al 14,9 % del costo total, mientras que los gastos relacionados con anclaje, cimentación y transporte de materiales completaron el presupuesto, representando en conjunto el 19,1 % restante.

Tabla 9. *Desglose de gastos de implementación del macrotunel Plástico*

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 presupuesto total estimado para la implementación del macrotunel con cobertura plástica ascendió a USD 784,34. Dentro de la estructura de costos, los tubos galvanizados constituyeron el componente de mayor participación, concentrando aproximadamente el 30 % del monto total, seguidos por los elementos de unión y fijación, tales como codos, abrazaderas, tornillos y cables, que representaron alrededor del 16 %. Por su parte, el plástico agrícola con protección UV aportó cerca del 22 % del presupuesto, mientras que la mano de obra empleada durante el proceso de construcción correspondió a aproximadamente el 12 % del costo total.

Los gastos vinculados al anclaje, la cimentación y el transporte de materiales completaron el presupuesto, alcanzando en conjunto cerca del 6 % restante. La selección de los materiales predominantes, particularmente los tubos galvanizados y el plástico con aditivo UV, resultó determinante debido a su resistencia mecánica, durabilidad y capacidad para favorecer la

generación de un microclima estable durante el ciclo del cultivo, lo que permitió asegurar condiciones ambientales homogéneas para el adecuado desarrollo del pepino.

3.2 Diseño y selección de tecnologías a implementar

El sistema tecnológico seleccionado para el presente estudio consideró tres condiciones de manejo productivo: cultivo a campo abierto, cultivo bajo macrotunel con cubierta plástica con protección UV y cultivo bajo macrotunel con malla sarán al 30 % de sombra, combinados con un sistema de riego por goteo como tecnología común, con el propósito de evaluar su efecto sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino.

La implementación del macrotunel con cubierta plástica respondió a su capacidad para incrementar la temperatura interna, reducir las pérdidas de humedad por evaporación y proteger el cultivo de lluvias directas, vientos y fluctuaciones térmicas, generando un ambiente más estable durante el ciclo productivo. Por su parte, el macrotunel con malla sarán al 30 % de sombra permitió modular la radiación solar incidente, reduciendo el estrés térmico y favoreciendo un microclima intermedio en comparación con el sistema plástico y el campo abierto. Estas condiciones posibilitaron analizar el comportamiento agronómico de las variedades Marketmore y Jaguar bajo distintos niveles de protección.

Figura 4. Preparación de las camas de cultivo dentro del macrotunel con cubierta plástica, sarán y campo abierto



Como complemento estructural, se incorporó un sistema de riego por goteo, distribuido estratégicamente sobre las camas de siembra. La utilización de tuberías de polietileno, válvulas de control, sistema de filtración y cintas de goteo con emisores espaciados cada 60 cm permitió mantener una hidratación homogénea y localizada en la zona radicular.

Figura 5. Establecimiento y desarrollo inicial del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo macrotunel con cubierta plástica y sistema de riego por goteo

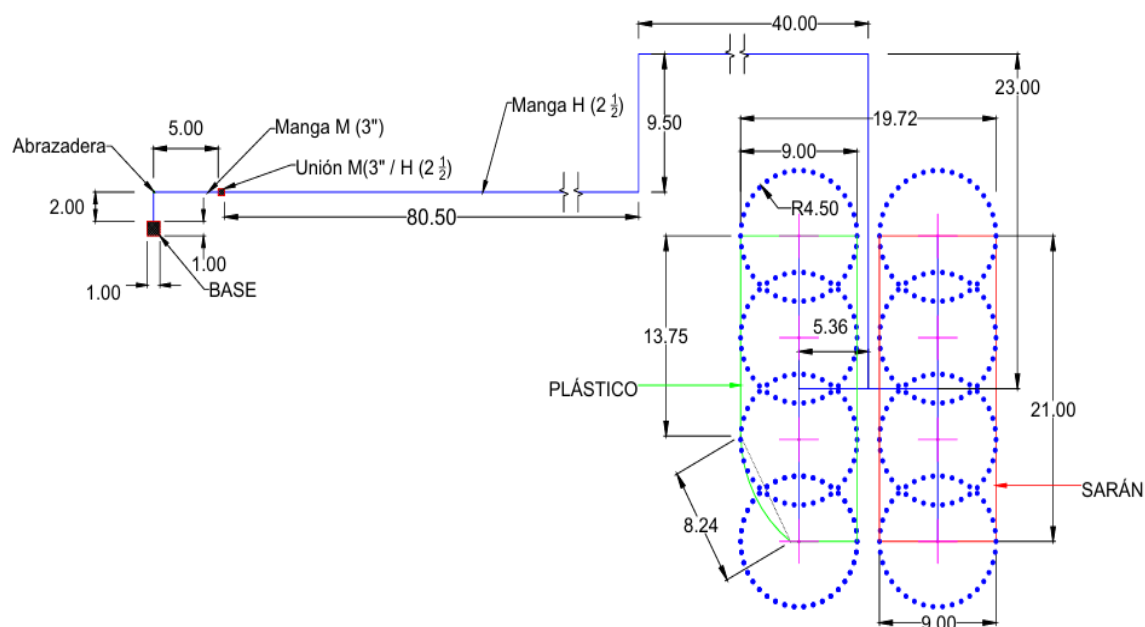


Esta tecnología fue seleccionada por su alta eficiencia en el uso del agua, su capacidad para minimizar pérdidas por escurrimiento y evaporación, y su contribución a un desarrollo vegetativo uniforme, aspectos fundamentales en sistemas de producción intensiva bajo cobertura. La integración del macrotunel y el riego por goteo permitió establecer un sistema productivo sostenible, replicable y adaptado a las condiciones climáticas tropicales.

3.2.1 Sistema de riego por goteo

El sistema de riego por goteo fue diseñado específicamente para abastecer en simultaneo a las parcelas de los tres ambientes establecidos, garantizando un suministro de agua continuo, controlado y uniforme durante todo el ciclo del cultivo.

Figura 6. Croquis técnico del sistema de riego por goteo implementado en el macrotunel con cubierta plástica para el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.).



El sistema incluyó un abastecimiento por gravedad, con una línea principal conectada a un tanque de 1000L, capaz de generar la presión adecuada para abastecer a todas las parcelas. A partir de esta línea, el caudal fue distribuido mediante tuberías de polietileno de 16mm, ensambladas con acoples y accesorios que aseguraron la durabilidad del sistema.

Las líneas fueron equipadas con emisores de goteo autocompensantes cada 60 cm, las cuales proporcionaron un caudal constante directamente en la zona radicular. Esta configuración evitó la saturación del suelo, redujo pérdidas por evaporación y permitió mantener niveles óptimos de humedad para el desarrollo de las variedades Marketmore y Jaguar, asegurando uniformidad en el crecimiento del cultivo entre los 21 y 70 días después de la siembra.

3.3 Plan de implementación

Descripción	Funcionamiento	Imagen
Preparación del terreno y formación de camas	El área experimental fue limpiada, nivelada y acondicionada para los tres sistemas de cultivo: campo abierto, macrotunel con plástico y macrotunel con malla sarán al 30 % de sombra. Se conformaron camas de siembra uniformes y se realizaron hoyos individuales.	
Establecimiento inicial del cultivo	Se realizó el trasplante de plántulas de pepino de aproximadamente 21 días de edad, correspondientes a las variedades Marketmore y Jaguar, distribuidas equidistantemente en los tres sistemas de cultivo	
Estructura del macrotunel con cubierta plástica, malla sarán y campo abierta	El macrotunel se edificó mediante una estructura de arcos de acero galvanizado, cubierta con plástico agrícola con protección UV, lo que permitió regular de forma eficiente la humedad, la temperatura interna y la incidencia de la radiación solar, favoreciendo la generación de un microclima estable a lo largo de todo el ciclo del cultivo.	
Sistema de riego por goteo	Se instaló un sistema de riego por goteo común para los seis tratamientos, con cintas de goteo y emisores cada 60 cm, asegurando suministro hídrico localizado.	

Crecimiento vegetativo y conducción vertical

Las plantas fueron conducidas verticalmente mediante hilos de soporte anclados a la estructura superior del macrotunel, lo que permitió mejorar la aireación del follaje, optimizar la distribución de la radiación lumínica y promover un crecimiento vertical ordenado, favoreciendo la sanidad y el vigor vegetativo del cultivo.



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 macrotunel favorecieron la cuaja y el llenado de los frutos.



Fase productiva del cultivo

Los frutos alcanzaron calibres comerciales homogéneos y niveles adecuados de firmeza y desarrollo en los distintos tratamientos evaluados: macrotunel con malla sarán al 35 % de sombra, macrotunel con cubierta plástica y cultivo a campo abierto. El manejo de la conducción, el riego y las condiciones microclimáticas propias de cada sistema influyeron en el rendimiento productivo, permitiendo comparar el desempeño del cultivo bajo ambientes protegidos y sin cobertura.



3.4 Resultados y discusión

3.4.1 Altura (cm)

Se encontró que a los 15 días después de la siembra existieron diferencias estadísticas altamente significativas en la altura de las plantas según el tipo de sistema de cultivo ($p < 0,0001$; CV = 22,01 %). El tratamiento con mayor altura correspondió a Marketmore a campo abierto, con una media de $59,75 \pm 2,65$ cm, mientras que la menor altura se registró en Jaguar bajo macrotunel con malla sarán al 35 % de sombra, con $35,38 \pm 2,65$ cm, evidenciando un crecimiento inicial reducido bajo condiciones de sombreo.

A los 30 días, se mantuvieron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,0001$; CV = 16,63 %). El mayor valor promedio fue observado nuevamente en Marketmore a campo abierto, con $147,63 \pm 5,24$ cm, mientras que el menor valor correspondió al tratamiento Jaguar con 35 % de sombra, que alcanzó una media de $104,15 \pm 5,24$ cm, confirmando la influencia del tipo de cobertura sobre la elongación vegetal.

A los 45 días después de la siembra, se detectaron diferencias estadísticas significativas ($p = 0,0004$; CV = 15,81 %). El tratamiento con la mayor altura fue Marketmore a campo abierto, con $186,63 \pm 7,21$ cm, en tanto que la menor altura se registró en Jaguar bajo malla sarán al 35 %, con una media de $152,25 \pm 7,21$ cm, reflejando un crecimiento más limitado bajo condiciones de sombra parcial.

Finalmente, a los 60 días, las diferencias entre tratamientos continuaron siendo estadísticamente significativas ($p = 0,0059$; CV = 19,15 %). El mayor crecimiento en altura se observó en Marketmore a campo abierto, con $214,91 \pm 9,68$ cm, mientras que el valor más bajo correspondió a Jaguar con 35 % de sombra, que alcanzó $186,81 \pm 9,68$ cm, evidenciando que el cultivo a campo abierto favoreció un mayor desarrollo vertical al final del período evaluado.

Tabla 10. *Altura de plantas de pepino (Cucumis sativus L.) de las variedades Marketmore y Jaguar bajo diferentes sistemas de cultivo (campo abierto, macrotunel con cubierta plástica y macrotunel con malla sarán al 35 % de sombra)*

Variedad	Altura (cm)			
	15 días	30 días	45 días	60 días
T3 Marketmore Campo abierto	59,75 a	147,63 a	186,63 a	214,91 a
T4 Jaguar Campo abierto	48,19 b	141,06 b	182,25 ab	206,63 a
T6 Jaguar Plástico	39,00 bc	138,50 b	186,81 a	204,81 ab
T5 Marketmore Plástico	36,69 c	120,63 c	177,19 b	192,19 b
T1 (Marketmore) Sarán	35,75 c	104,38 c	162,13 c	187,44 b
T2 (Jaguar) Sarán	35,38 c	104,15 c	152,25 c	186,81 b
P valor	<0,0001	<0,0001	0,0004	0,0059
CV (%)	22,01	16,63	15,81	19,15

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

Marcano et al. (2012), en la zona hortícola de Humocaró Bajo, Venezuela, reportaron incrementos progresivos y sostenidos en la altura del cultivo de pepino desde la segunda hasta la séptima semana después de la siembra, alcanzando valores cercanos a 177,95 cm, 164,50 cm y 167,00 cm en la semana 7, según la localidad evaluada. Estos resultados evidenciaron el

elevado potencial de crecimiento vertical de *Cucumis sativus* L. bajo condiciones ambientales favorables. Dichos valores mostraron una estrecha relación con los obtenidos en el presente estudio, particularmente en los tratamientos a campo abierto, donde las plantas superaron los 200 cm a los 60 días.

Los resultados reportados por Yáñez-Juárez et al. (2012), evidenciaron que la altura de las plantas de pepino variedad Poinsett 76 presentó un crecimiento progresivo entre los 26 y 42 días después de la primera aplicación, alcanzando valores que oscilaron entre 104,4 y 122,3 cm a los 26 días, y entre 137,9 y 152,8 cm a los 42 días, independientemente del tipo de sal aplicada. Este patrón de crecimiento resulta comparable con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde se observó un incremento sostenido de la altura conforme avanzó el ciclo del cultivo, especialmente bajo sistemas con mayor disponibilidad lumínica.

3.4.2 Diámetro del tallo (mm)

Se encontró que a los 15 días después de la siembra existieron diferencias estadísticas altamente significativas en el diámetro del tallo entre tratamientos ($p < 0,0001$; CV = 9,08 %). El mayor diámetro se registró en el tratamiento Marketmore a campo abierto, con una media de $6,16 \pm 0,12$ mm, mientras que el menor valor correspondió a Jaguar bajo macrotunel con malla sarán al 35 % de sombra, con $2,47 \pm 0,12$ mm, evidenciando una reducción marcada del engrosamiento del tallo bajo condiciones de sombreo.

A los 30 días, se mantuvieron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,0001$; CV = 10,78 %). El tratamiento Marketmore a campo abierto presentó nuevamente el mayor diámetro del tallo, con $6,74 \pm 0,15$ mm, mientras que el menor valor se observó en Jaguar 35 % de sombra, con $3,65 \pm 0,15$ mm, confirmando la influencia del sistema de cultivo sobre el crecimiento estructural de la planta.

A los 45 días, las diferencias entre tratamientos continuaron siendo significativas ($p < 0,0001$; CV = 13,45 %). El diámetro más alto se registró en Marketmore a campo abierto, con $7,28 \pm 0,18$ mm, mientras que el menor diámetro correspondió al tratamiento Jaguar bajo macrotunel con malla sarán, con $4,85 \pm 0,18$ mm, mostrando una tendencia consistente de mayor robustez del tallo en condiciones sin cobertura.

Finalmente, a los 60 días después de la siembra, se mantuvieron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,0001$; CV = 11,8 %). El mayor diámetro del tallo se observó nuevamente en Marketmore a campo abierto, alcanzando $7,49 \pm 0,19$ mm, mientras que el

menor valor se registró en Jaguar con 35 % de sombra, con $4,85 \pm 0,19$ mm, evidenciando que el tipo de cobertura influyó de manera sostenida sobre el engrosamiento del tallo durante todo el ciclo evaluado.

Tabla 11. *Diámetro del tallo (mm) de plantas de pepino (Cucumis sativus L.) de las variedades Marketmore y Jaguar bajo diferentes sistemas de cultivo (campo abierto, macrotunel con cubierta plástica y macrotunel con malla sarán al 35 % de sombra)*

Variedad	Diámetro del Tallo (mm)			
	15 días	30 días	45 días	60 días
T3 Marketmore Campo abierto	6,16 a	6,74 a	7,28 a	7,49 a
T4 Jaguar Campo abierto	5,51 b	6,09 b	6,61 a	6,71 b
T6 Jaguar Plástico	4,68 c	5,29 c	5,71 b	5,71 c
T5 Marketmore Plástico	4,49 cd	5,25 c	5,59 b	5,59 cd
T1 (Marketmore) Sarán	3,16 d	4,21 d	5,24 c	5,24 cd
T2 (Jaguar) Sarán	2,47 d	3,65 d	4,85 c	4,85 d
P valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)	9,08	10,78	13,45	11,8

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

Ortiz-Cereceres et al. (2009), destacaron que el vigor estructural del cultivo de pepino, evaluado a través del diámetro del tallo y el área foliar por planta, constituyó un indicador determinante del desempeño productivo bajo sistemas de cultivo protegido. Los autores señalaron que plantas con diámetros de tallo cercanos a 6,5mm.

3.4.3 Número de hojas

A los 30 días, se mantuvieron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,0001$; CV = 15,23 %). El tratamiento Marketmore a campo abierto presentó nuevamente el mayor número de hojas, con $14,44 \pm 0,50$, seguido por Jaguar a campo abierto y Jaguar bajo macrotunel con plástico, cuyos valores no difirieron estadísticamente. En contraste, el menor número de hojas se observó en Jaguar con 35 % de sombra, con $11,25 \pm 0,50$ hojas, confirmando el efecto restrictivo del sombreado sobre la emisión foliar.

A los 45 días después de la siembra, las diferencias continuaron siendo estadísticamente significativas ($p < 0,0001$; CV = 12 %). El mayor número de hojas se registró en Marketmore a campo abierto, alcanzando $24,5 \pm 1,1$ hojas, mientras que el menor valor correspondió a Jaguar bajo macrotunel con malla sarán, con $13,88 \pm 1,1$ hojas, reflejando una marcada reducción del desarrollo foliar bajo condiciones de sombra parcial.

Finalmente, a los 60 días, se mantuvieron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,0001$; $CV = 11,8 \%$). El tratamiento Marketmore a campo abierto presentó el mayor número de hojas, con $27,49 \pm 0,19$, seguido por Jaguar a campo abierto. Por el contrario, los menores valores se observaron en los tratamientos bajo macrotúnel con malla sarán al 35 % de sombra, particularmente en Jaguar, que alcanzó $24,85 \pm 0,19$ hojas, evidenciando que el sistema de cultivo influyó de manera sostenida sobre el desarrollo foliar del pepino durante todo el período evaluado.

Tabla 12. Número de hojas en plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) de las variedades Marketmore y Jaguar bajo diferentes sistemas de cultivo (campo abierto, macrotúnel con cubierta plástica y macrotúnel con malla sarán al 35 % de sombra)

Variedad	Número de hojas			
	15 días	30 días	45 días	60 días
T3 Marketmore Campo abierto	9,19 a	14,44 a	24,5 a	27,49 a
T4 Jaguar Campo abierto	8,25 ab	13,69 ab	22,38 ab	26,71 b
T6 Jaguar Plástico	7,44 bc	13,56 ab	20,75 ab	25,71 c
T5 Marketmore Plástico	6,69 cd	13,38 ab	20,25 ab	25,59 cd
T1 (Marketmore) Sarán	5,88 d	11,94 bc	19,82 b	25,24 cd
T2 (Jaguar) Sarán	5,88 d	11,25 c	13,88 c	24,85 d
P valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)	15,88	15,23	12	11,8

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

Ortiz–Cereceres et al. (2009), quienes observaron incrementos progresivos en el número de hojas del pepino conforme avanzó el ciclo del cultivo, con valores superiores a 20 hojas en etapas intermedias, bajo condiciones ambientales favorables. Asimismo, Yáñez-Juárez et al., (2012), señalaron que un adecuado desarrollo foliar constituyó un rasgo deseable en sistemas protegidos, debido a su relación directa con la capacidad fotosintética y el potencial productivo de la planta.

3.4.4 Número de flores

Se observó que a los 30 días después de la siembra existieron diferencias estadísticas altamente significativas en el número de flores entre tratamientos ($p < 0,0001$; $CV = 9,12 \%$). El mayor número de flores se registró en el tratamiento Marketmore a campo abierto, con una media de $7,88 \pm 0,19$ flores, seguido por Jaguar a campo abierto, con $7,69 \pm 0,19$ flores, ambos estadísticamente similares. En contraste, el menor número de flores se observó en Jaguar bajo macrotúnel con malla sarán al 35 % de sombra, con $2,63 \pm 0,19$ flores, evidenciando un retraso en la inducción floral bajo condiciones de sombreo.

A los 45 días, no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p = 0,1096$; $CV = 5,43 \%$). Los valores del número de flores oscilaron entre 9,25 y 10,88 flores, lo que indicó un comportamiento homogéneo de la floración, independientemente del sistema de cultivo y de la variedad evaluada.

A los 60 días después de la siembra, se registraron nuevamente diferencias estadísticas altamente significativas en el número de flores ($p < 0,0001$; $CV = 10,98 \%$). El mayor valor correspondió a Marketmore a campo abierto, con $24,5 \pm 1,1$ flores, seguido por Jaguar a campo abierto y los tratamientos bajo macrotunel con plástico, los cuales no difirieron estadísticamente entre sí. En contraste, el menor número de flores se observó en Jaguar bajo macrotunel con malla sarán al 35 % de sombra, con $13,88 \pm 1,1$ flores.

Tabla 13. Número de flores en plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) de las variedades Marketmore y Jaguar bajo diferentes sistemas de cultivo (campo abierto, macrotunel con cubierta plástica y macrotunel con malla sarán al 35 % de sombra)

Variedad	Número de flores		
	15 días	30 días	45 días
T3 Marketmore Campo abierto	7,88 a	10,88 a	24,50 a
T4 Jaguar Campo abierto	7,69 a	9,69 a	22,38 ab
T6 Jaguar Plástico	4,25 b	9,25 a	20,75 ab
T5 Marketmore Plástico	2,94 c	9,94 a	20,25 ab
T1 (Marketmore) Sarán	2,94 c	9,94 a	19,82 b
T2 (Jaguar) Sarán	2,63 c	9,63 a	13,88 c
P valor	<0,0001	0,1096	<0,0001
CV (%)	9,12	5,43	10,98

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

La variación en el número de flores observada en el presente estudio evidenció que el sistema de cultivo influyó directamente en la expresión reproductiva del pepino, registrándose una mayor floración en campo abierto y en macrotunel con cubierta plástica, mientras que el macrotunel con malla sarán al 35 % de sombra presentó los valores más bajos, especialmente en etapas avanzadas del cultivo (López-Elías et al., 2011). Este comportamiento fue consistente con lo señalado por Marcano et al. (2012), quienes indicaron que una mayor disponibilidad de radiación solar favoreció la inducción floral y el desarrollo reproductivo al incrementar la capacidad fotosintética de la planta.

3.4.5 Días a la floración

Se determinó que existieron diferencias estadísticas altamente significativas en los días a la floración entre tratamientos ($p < 0,0001$; CV = 11,45 %). La floración más temprana se registró en el tratamiento Jaguar a campo abierto, con $32,38 \pm 0,4$ días, seguido por Marketmore a campo abierto, con $37,0 \pm 0,4$ días, evidenciando una aceleración del inicio reproductivo bajo condiciones sin cobertura. En contraste, los tratamientos bajo macrotunel con cubierta plástica y macrotunel con malla sarán, tanto en Marketmore como en Jaguar, presentaron mayores tiempos a la floración, con valores cercanos a 44,6–45,0 días, lo que indicó un retraso del inicio floral asociado a las condiciones de cobertura.

Tabla 14. Días a la floración en plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) de las variedades Marketmore y Jaguar bajo diferentes sistemas de riego

Tratamiento	Días a la floración	Grupo
T4 Jaguar Campo abierto	32,38	c
T3 Marketmore Campo abierto	37,00	b
T1 Marketmore Sarán	45,00	a
T2 Jaguar Sarán	45,00	a
T5 Marketmore Plástico	44,60	a
T6 Jaguar Plástico	44,60	a
P valor	< 0,0001	
CV (%)	11,45	

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

López-Elías et al. (2011) quienes, en condiciones de invernadero, registraron valores de 28 a 29 días a floración, sin diferencias significativas entre tratamientos, lo que indicó que el pepino respondió de manera relativamente estable bajo ambientes protegidos.

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

Se determinó que existieron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos para el peso promedio de fruto ($p < 0,0001$; CV = 19,43 %). El mayor peso promedio se registró en el tratamiento Marketmore a campo abierto, con $532,78 \pm 33,04$ g, superando estadísticamente al resto de tratamientos. Los tratamientos Marketmore plástico, Jaguar plástico y Jaguar a campo abierto presentaron valores intermedios, con pesos que oscilaron entre 489,35 y 492,05 g. En contraste, los menores pesos promedio de fruto se observaron en los tratamientos bajo macrotunel con malla sarán, destacándose Jaguar sarán con

360,94 $\pm$ 33,04 g y Marketmore serán con 341,38 g, evidenciando una reducción del peso del fruto bajo condiciones de sombreo.

En cuanto a la longitud del fruto, se observaron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,0001$; CV = 22,43 %). El mayor valor correspondió a Marketmore a campo abierto, con una longitud de 27,13 $\pm$ 1,09 cm, diferenciándose estadísticamente del resto de tratamientos. Los demás sistemas, tanto a campo abierto como bajo macrotúnel con plástico y serán, presentaron longitudes menores, con valores comprendidos entre 21,09 y 25,94 cm.

Respecto al diámetro del fruto, también se registraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,0001$; CV = 15,32 %). El mayor diámetro se observó en el tratamiento Marketmore a campo abierto, con 59,41 $\pm$ 1,38 mm, seguido por Marketmore plástico, con 57,86 $\pm$ 1,38 mm. Los tratamientos Jaguar plástico y Jaguar a campo abierto presentaron valores intermedios, mientras que los menores diámetros correspondieron a los tratamientos bajo macrotúnel con malla serán, destacándose Marketmore serán con 50,11 $\pm$ 1,38 mm y Jaguar serán con 51,61 $\pm$ 1,38 mm.

Tabla 15. Características físicas del fruto de pepino (*Cucumis sativus* L.) de las variedades Marketmore y Jaguar bajo diferentes sistemas de cultivo

Tratamientos	Peso promedio de fruto (g)	Longitud (cm)	Diámetro del fruto (mm)
T3 Marketmore Campo abierto	532,78 a	27,13 a	59,41 a
T5 Marketmore plástico	492,05 b	25,94 b	57,86 b
T6 Jaguar plástico	489,94 b	24,53 b	54,63 c
T4 Jaguar Campo abierto	489,35 b	23,97 b	54,28 c
T2 (Jaguar) Saràn	360,94 c	23,44 b	51,61 d
T1 (Marketmore) Saràn	341,38 d	21,09 b	50,11 d
P valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)	19,43	22,43	15,32

Los resultados obtenidos en el presente estudio mostraron que las variables productivas del fruto de pepino, como el número de frutos por tallo, el peso, la longitud y el diámetro, estuvieron influenciadas por las condiciones de manejo y el sistema de cultivo, manteniéndose dentro de rangos agronómicamente esperados para la especie.

Este comportamiento fue comparable con lo reportado por López-Elías et al. (2015), quienes, en condiciones de invernadero, registraron valores promedio de 16,4 a 17,4 frutos por tallo y pesos de fruto entre 372 y 388 g, sin diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

De manera similar, en dicho estudio la longitud del fruto se mantuvo cercana a 25,3–25,7 cm y el diámetro alrededor de 5,1–5,3 cm, evidenciando una alta estabilidad de estas variables físicas bajo ambientes protegidos.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

- Se concluyó que el sistema de cultivo en campo abierto presentó un desempeño agronómico y productivo superior, principalmente debido a una mejor ventilación, menor acumulación de calor y mayor disponibilidad de polinizadores naturales, factores que favorecieron la floración, el cuajado y el desarrollo del fruto; no obstante, el macrotunel con cubierta plástica constituyó una alternativa tecnológica viable al promover un crecimiento más uniforme del cultivo bajo condiciones controladas.
- La comparación entre las coberturas de plástico y malla sarán mostró diferencias claras en el comportamiento agronómico del cultivo. El macrotunel con cubierta plástica favoreció un mayor vigor estructural, expresado en mayor diámetro del tallo, número de hojas, floración y mejores características físicas del fruto, en comparación con el macrotunel con malla sarán al 35 % de sombra, el cual presentó valores consistentemente inferiores.
- Se determinó que el sistema de riego por goteo fue eficiente en los tres sistemas de producción evaluados, incluido el campo abierto, al garantizar un suministro hídrico uniforme y adecuado para el cultivo.

RECOMENDACIONES

- En sistemas de campo abierto, se sugiere fortalecer las estrategias de manejo integrado de plagas, ya que se observó una mayor incidencia de plagas, atribuida a la exposición directa del cultivo. La implementación de barreras físicas, monitoreo constante y controles biológicos puede contribuir a reducir las pérdidas productivas.
- Mantener el sistema de riego por goteo en todos los sistemas de producción, debido a su eficiencia en la distribución del agua y su contribución a un desarrollo morfológico adecuado del cultivo, además de favorecer el uso racional del recurso hídrico.
- Se recomienda incorporar programas de fertilización orgánica, como el uso de compost, bioles o lixiviados de lombriz, especialmente en sistemas protegidos, ya que estos insumos pueden mejorar la estructura del suelo, la disponibilidad de nutrientes y la sanidad del cultivo, reduciendo la dependencia de fertilizantes sintéticos.
- Para futuras investigaciones, se sugiere evaluar combinaciones de fertilización orgánica y bioinsumos bajo macrotunel, así como analizar su efecto sobre la productividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adame-García, J., Murillo-Cuevas, F. D., Fernández-Viveros, J. A., Villegas-Narváez, J., & Cabrera-Mireles, H. (2024). Nodess macrotúneles: Producción sustentable de alimentos para mujeres y familias rurales. *RINDERESU*, 8(1-2), 50-57.
- Aguirre-Medina, J. F., Mendoza-López, A., Cadena-Iñiguez, J., & Avendaño-Arrazate, C. H. (2007). Efecto de la biofertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L) con *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk et Smith. *Interciencia*, 32(8), 541-546.
- Amaya, O. A., Chacon Landaverde, W. E., & Mendoza, A. E. (2006). *Respuesta del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) a diferentes frecuencias en riego por goteo*. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122525/records/67bdb2567a9727816ad3bc10>
- 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.
- Behzadipour, F., Ghasemi-Nejad-Raeini, M., Mehdizadeh, S. A., Taki, M., Moghadam, B. K., & Bavani, M. R. Z. (2024). Optimizing water use efficiency in greenhouse cucumber cultivation: A comparative study of intelligent irrigation systems. *PloS one*, 19(10), e0311699.
- Bernaola Paucar, R. M., Zamora Natera, J. F., Vargas Radillo, J. de J., Cetina Alcalá, V. M., Rodríguez Macías, R., Salcedo Pérez, E., Bernaola Paucar, R. M., Zamora Natera, J. F., Vargas Radillo, J. de J., Cetina Alcalá, V. M., Rodríguez Macías, R., & Salcedo Pérez, E. (2016). Calidad de planta en etapa de vivero de dos especies de pino en sistema Doble-Trasplante. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(33), 74-93.
- 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 annuum* 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.
- Carabalí, J. Q., Gómez-García, J., Solano, M., Llumiquinga, G., Burgos, C., & Carrera-Villacrés, D. (2019). Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del

- recurso hídrico de la quebrada Togllahuayco. *Siembra*, 6(2), 46-57.
- Cifuentes, R., Porres, V., & de León, E. (2014). *Evaluación de tres tipos de cubierta para macrotúneles sobre el microclima y la productividad de chile pimienta (Capsicum annuum) en Escuintla y Sololá*.
- Cruz-Andrés, O. R., Pérez-Herrera, A., Martínez-Gutiérrez, G. A., & Morales, I. (2018). Cubiertas de macrotúneles y su efecto en las propiedades nutraceuticas del chile de agua. *Revista fitotecnica mexicana*, 41(4A), 555-558.
- Elías-Vigaud, Y., Rodríguez-Fernández, P., Fung-Boix, Y., Isaac-Aleman, E., Ferrer-Dubois, A., & Asanza-Kindelán, G. (2020). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en casa de cultivo semiprotegido bajo riego con agua magnetizada. *Ciencia en su PC*, 1, 75-86.
- Enea, S. (2011). *Utilización de sarán sobre macro túneles y tres tipos de bandeja en la producción de plántulas de pepino, melón y sandía* [Tesis de Grado, Escuela Agrícola panamericana «Zamorano»].
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/8dc4879d-ab78-4986-8b5e-941efa35fd06/content>
- Fernández, M., Thompson, R., Bonachela, S., Gallardo, M., & Granados, M. (2012). Uso del agua de riego en los cultivos de invernadero. *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios (CEA)*, 3, 115-138.
- Ferrucho, A. (2013). *Evaluación y comparación del comportamiento agronómico de dos cultivares de fresa ('ALBION' Y 'MONTEREY') sembrados a libre exposición y bajo macrotúnel en la sabana de Bogotá* [Tesis de Grado, Universidad Militar "Nueva Granada"]. <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/e41c7754-b9af-4e8a-bce1-3bbacc41bb2a/content>
- Flores, M. D., Franco, M. E. V. E., Ricalde, D. C., Garduño, A. A. L., & Apáez, M. R. (2013). *Metodología de la investigación*. Editorial Trillas, SA de CV.
- Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J. A., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J. A., García-Hernández, J. L., & Orozco-Vidal, J. A. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra latinoamericana*, 27(4), 329-336.
- 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
- Hernández, R., Fernández, S., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.,

Vol. 3). Editorial Mc Graw Hill.

Hettiarachchi, M., Wijayasinghe, K., & Weerakkody, W. (2024). Greenhouse Cucumber Production in the Humid Tropics. *Advanced Research and Review in*, 115.

INAMHI. (2022, abril 16). *Anuario metereológico*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf.

InfoAgro. (2022). *El cultivo del pepino (Parte I)*.
https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_pepino__parte_i_.asp

Israelsen, O. W., & Hansen, V. E. (1981). *Principios y aplicaciones del riego*. Reverte.

Kaur, M., & Sharma, P. (2022). Recent advances in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 97(1), 3-23.

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.

López-Morales, M. L., Leos-Escobedo, L., Alfaro-Hernández, L., & Morales-Morales, A. E. (2022). Impacto de abonos orgánicos asociados con micorrizas sobre rendimiento y calidad nutraceutica del pepino. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(5), 785-798.

Lozano, J. (2011). *Propuesta para optimizar la eficiencia del stock bovino de carne, mediante el incremento de las tasas de destete y de extracción* [Tesis Maestria]. Universidad Catolica de Cordoba.

Lynch, C. A. (2006). *Evaluación del funcionamiento del sistema automatizado de riego por goteo en macrotúneles en zona III, Zamorano, Honduras* [Tesis, Escuela Agrícola Panamericano «Zamorano»].
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/10aec46d-e9c0-4e6e-9d38-33dc746d9006/content>

Ma, G., Mao, H., Bu, Q., Han, L., Shabbir, A., & Gao, F. (2020). Effect of compound biochar substrate on the root growth of cucumber plug seedlings. *Agronomy*, 10(8), 1080.

Maeda, K., & Ahn, D.-H. (2021). A review of Japanese greenhouse cucumber research from the perspective of yield components. *The Horticulture Journal*, 90(3), 263-269.

Marcano, C., Acevedo, I., Contreras, J., Jiménez, O., Escalona, A., & Pérez, P. (2012). 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.

- Mendoza, J. (2017). Crecimiento, producción y absorción nutricional del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) con dos soluciones nutritivas en ambiente protegido. *Revista Digital de Ciencias Agrarias*, 67-81.
- Mora-Faubla, G. M., Pin Saldarriaga, E. A., & Alcívar Intriago, F. E. (2022). *Huertos urbanos como alternativa de seguridad alimentaria para familias del barrio San Lorenzo durante el periodo COVID* 19. <https://agris.fao.org/search/en/providers/124692/records/669e7a3700eb85b7d72b8894>
- Najas, G., Zorayda, J., Posada, M., Bibiana, N., & Porras, C. (2012). DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍAS DEL SISTEMA DE LOMBRICULTURA PARA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. *Universidad Militar Nueva Granada*, 1(2), 1-6.
- Ortiz Cereceres, J., Sánchez del Castillo, F., Mendoza Castillo, M., & Torres García, A. (2009). Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. *Revista fitotecnica mexicana*, 32(4), 289-294.
- Peralta Castellano, O. A., & Urbina Pilarte, J. E. (2022). *Riego por goteo convencional y automatizado en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y berenjena (*Solanum melongena* L.), en el REGEN, UNA, Managua, 2022* [Tesis de Grado]. Universidad Nacional Agraria.
- Ramírez-Pérez, L. J. (2017). *Modelo dinámico de la extracción de nutrientes en un cultivo de pepino bajo invernadero* (p. 1) [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=372302>
- Regaber, M. (2024, abril 9). *Riego por goteo: La solución para una agricultura sostenible* · Regaber. <https://regaber.com/blog/riego-por-goteo-la-solucion-para-una-agricultura-sostenible/>
- Rivera, R. D., Heredia Pinos, M., Moreira Saltos, J. R., Apolo Bosquez, J. A., Caicedo Camposano, O., & Cabrera Verdezoto, R. P. (2021). Efecto del riego deficitario aplicado en etapa inicial del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en un suelo franco. *Revista Ciencia y Tecnología*, 14(1 (enero-junio)), 55-60.
- Roldán, G. Q., & Soto, C. M. (2005). Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. *Agronomía mesoamericana*, 16(2), 171-183.
- Rosado, M. (2013). *Desarrollo morfológico y rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) mediante sistema hidropónico de sustrato sólido en el cantón Babahoyo*. [Tesis Doctoral]. Universidad Técnica de Babahoyo.

- Rubira, E. (2022). *Comportamiento agronómico del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) bajo diferentes tipos de sustrato orgánico* [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal De Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ce6cacab-5c35-4de5-8b11-842a3d2d591c/content>
- Sánchez Del Castillo, F., González-Molina, L., Moreno-Pérez, E. del C., Pineda-Pineda, J., & Reyes-González, C. E. (2014). Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin recirculación de la solución nutritiva. *Revista fitotecnica mexicana*, 37(3), 261-269.
- Sharma, I. (2020). Bioremediation techniques for polluted environment: Concept, advantages, limitations, and prospects. En *Trace metals in the environment-new approaches and recent advances*. IntechOpen. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90453>
- 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>
- Suárez-Cruz, C. A. (2022). *Comportamiento de germinación de semillas de badea (Passiflora quadrangularis) con uso de bioestimulantes en sustrato de fibra de coco*. [Tesis de grado, Universidad Estatal Del Sur De Manabí]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4173>
- 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.
- Taki, M., & Yildizhan, H. (2018). Evaluation the sustainable energy applications for fruit and vegetable productions processes; case study: Greenhouse cucumber production. *Journal of cleaner production*, 199, 164-172.
- Vázquez-Santiago, E., Lira-Saldivar, H., Valdez-Aguilar, A., Cárdenas-Flores, A., & Ibarra-Jiménez, L. (2014). Respuesta del pepino a la fertilización biológica y mineral con y sin acolchado plástico en condiciones de casa sombra. *Rev. Inter. Inv. Innov. Tecnol*, 10(2), 1-11.
- Villavicencio, G. (2015). *Comportamiento agronómico del cultivo de pepino (Cucumis sativus. L). Con diferentes abonos orgánicos en el colegio pueblo nuevo cantón el empalme, año2014* [Tesis de Grado, Universidad Tecnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/bc0c3e0c-6b49-4bf9-a8db->

- Yang, F., Gu, Q., He, W., Hong, D., Yu, M., & Yao, J. (2025). Case Study on the Application of Innovative Cultivation Techniques in Cucumber Production. *International Journal of Horticulture*, 15(1), 29.
- Yáñez Juárez, M. G., León de la Rocha, J. F., Godoy Angulo, T. P., Gastélum Luque, R., López Meza, M., Cruz Ortega, J. E., & Cervantes Díaz, L. (2012a). Alternativas para el control de la cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino (*Cucumis sativus* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(2), 259-270.
- Yáñez Juárez, M. G., León de la Rocha, J. F., Godoy Angulo, T. P., Gastélum Luque, R., López Meza, M., Cruz Ortega, J. E., & Cervantes Díaz, L. (2012b). Alternativas para el control de la cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino (*Cucumis sativus* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(2), 259-270.
- Zhang, C., Pratap, A. S., Natarajan, S., Pugalendhi, L., Kikuchi, S., Sassa, H., Senthil, N., & Koba, T. (2012). Evaluation of morphological and molecular diversity among South Asian germplasms of *Cucumis sativus* and *Cucumis melo*. *International Scholarly Research Notices*, 2012(1), 134134.

ANEXOS

Anexo 1. Vista del establecimiento inicial del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema de riego por goteo



Anexo 2. Establecimiento inicial de plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) en camas de cultivo con sistema de riego por goteo



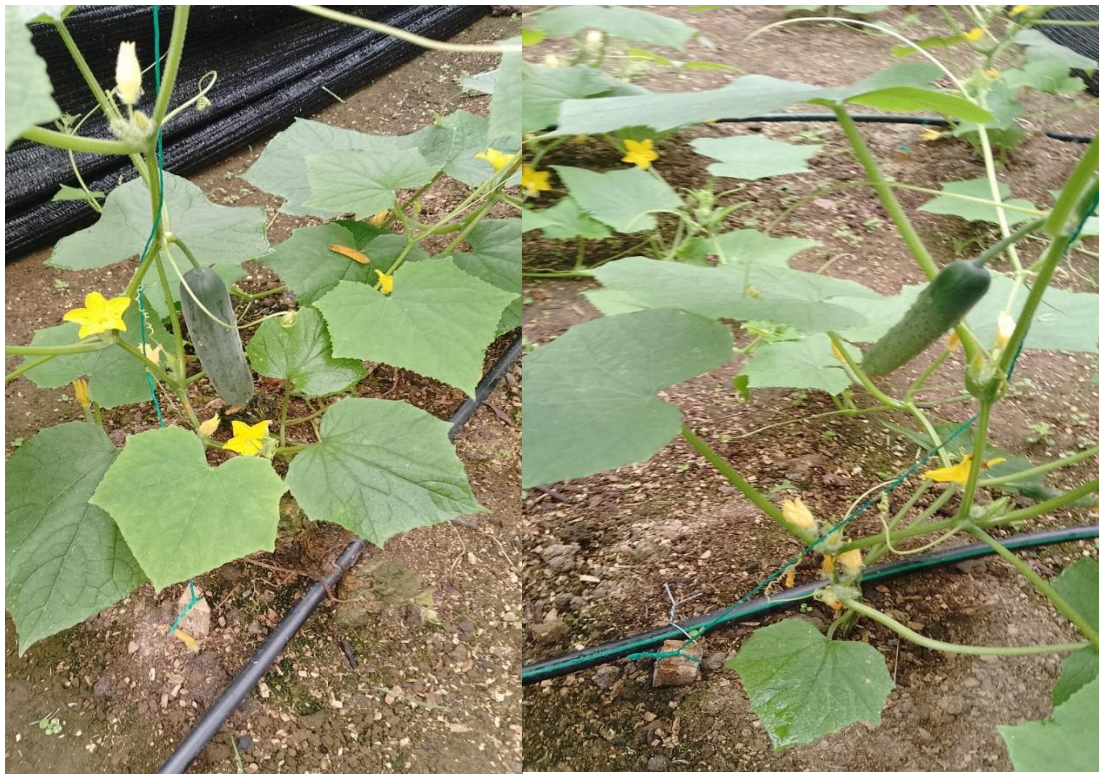
Anexo 3. Distribución del sistema de riego por goteo y ubicación de emisores en la zona radicular del cultivo de pepino



Anexo 4. Desarrollo inicial de plantas de pepino bajo riego por goteo, evidenciando uniformidad en el trasplante y manejo del suelo



Anexo 5. *Identificación y registro de la aparición de las primeras flores en plantas de pepino*



Anexo 6. *Actividad de poda y conducción de plantas de pepino en macrotúnel*



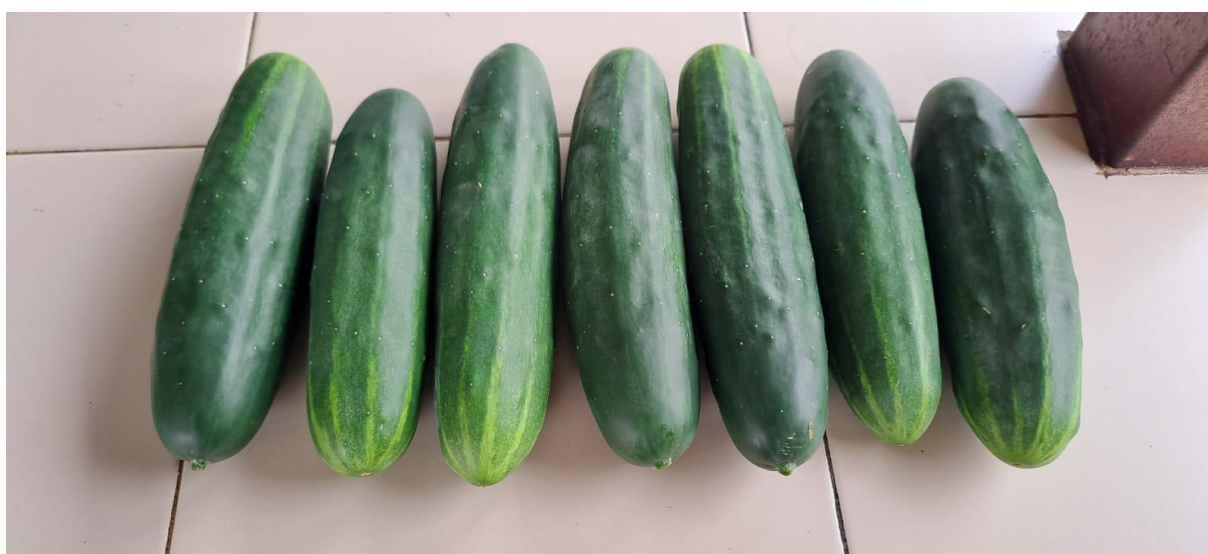
Anexo 7. Registro fotográfico y descriptivo del peso promedio del fruto de pepino por tratamiento



Anexo 8. Medición de la longitud y diámetro del fruto de pepino en diferentes sistemas de producción



Anexo 9. Registro del proceso de cosecha del pepino (*Cucumis sativus* L.) y evaluación del estado del fruto al momento de recolección



Anexo 10. Resultados del análisis estadístico del número de frutos por planta en pepino (*Cucumis sativus* L.)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26,08	5	5,22	9,23	<0,0001
Variedad	26,08	5	5,22	9,23	<0,0001
Error	50,88	90	0,57		
Total	76,96	95			

Anexo 11. Resultados del análisis estadístico del peso promedio de fruto (g) por planta en pepino (*Cucumis sativus* L.)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1136459,74	5	227291,95	13,02	<0,0001
Variedad	1136459,74	5	227291,95	13,02	<0,0001
Error	1571059,35	90	17456,21		
Total	2707519,09	95			

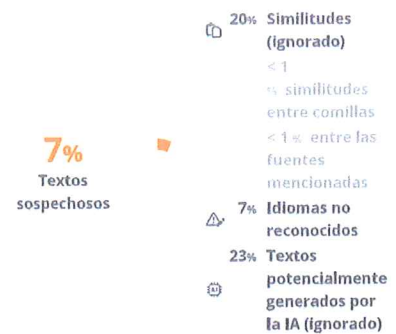
Anexo 12. Resultados del análisis estadístico del peso promedio de la longitud (cm) por planta en pepino (*Cucumis sativus* L.)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1340,52	5	268,1	13,25	<0,0001
Variedad	1340,52	5	268,1	13,25	<0,0001
Error	1800,66	89	20,23		
Total	3141,19	94			

07012026

Cultivo_de_hortalizas_en_condiciones_de _macrotunel_de_plástico_y_polisombra_c on_riego_por_goteo



Nombre del documento: 07012026

Cultivo_de_hortalizas_en_condiciones_de_macrotunel_de_plástico_y_poli
sombra_con_riego_por_goteo.docx

ID del documento: f0b92c518718c772a7b21298673cb56dee469cf8

Tamaño del documento original: 11,61 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: 14.975

Número de caracteres: 99.208

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Tesis completa CORREGIDA.docx Tesis completa CORREGIDA #a98224 Viene de de mi biblioteca 30 fuentes similares	11%		Palabras idénticas: 11% (1529 palabras)
2	Comportamiento agronómico del cultivo de pepino (Cucumis sativus)... #55ee17 Viene de de mi grupo 20 fuentes similares	4%		Palabras idénticas: 4% (503 palabras)
3	repositorio.uileam.edu.ec https://repositorio.uileam.edu.ec/bitstream/123456789/7218/1/ULEAM-AGRO-0365.pdf 23 fuentes similares	4%		Palabras idénticas: 4% (548 palabras)
4	"Implementación de cámara térmica para evaluar la omisión hídrica ... #c5357b Viene de de mi grupo 12 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (397 palabras)
5	TESIS_FINAL_ZUCCHINI KATHERINE VERA (1).docx TESIS_FINAL_ZUCCHI... #318fa4 Viene de de mi biblioteca 28 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (314 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.redalyc.org Producción de pepino (Cucumis sativus L.) en casa de cultivo s... https://www.redalyc.org/journal/1813/181363107006/181363107006.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
2	www.scielo.sa.cr https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v33n1/0379-3982-tem-33-01-17.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
3	www.scielo.org.mx Crecimiento y desarrollo del cultivo pepino (Cucumis sativu... https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000800012	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
4	repositorio.utmachala.edu.ec https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23502/1/Trabajo_Titulacion_3247.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
5	www.redalyc.org Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para pr... https://www.redalyc.org/pdf/2631/263131533007.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://blogderiego.com/>
- <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/8dc4879d-ab78-4986-8b5e-941efa35fd06/content>
- <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/e41c7754-b9af-4e8a-bce1-3bbacc41bb2a/content>
- <https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007>
- http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf

