



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN 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
INGENIERA AGROPECUARIA**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE PEPINO
(*Cucumis sativus*) con APLICACIÓN DE EFLUENTES DE *Azolla*
anabaena.**

AUTORA: María Alejandra Moreira Álava

TUTORA: Ing. Myriam Elizabeth Zambrano Mendoza, Mg.

El Carmen, julio del 2026

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTORA	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutora de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión "El Carmen", CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **María Alejandra Moreira Álava**, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2026 (1), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **"Comportamiento agronómico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) con aplicación de efluentes de *Azolla anabaena*"**.

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, 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, 20 de julio de 2026.

Lo certifico,



Ing. Myriam Elizabeth Zambrano Mendoza, Mg.
Docente Tutora

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EL CARMEN

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus*) CON APLICACIÓN DE EFLUENTES DE *Azolla anabaena*

AUTORA: María Alejandra Moreira Álava

TUTORA: Ing. Myriam Elizabeth Zambrano Mendoza, Mg.

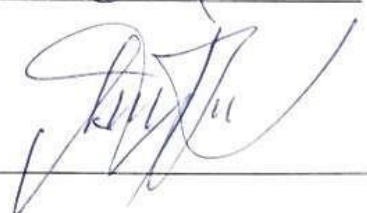
**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROPECUARIA**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

MIEMBRO: MVZ. Kleber Fernando Mejía Chanaluisa



MIEMBRO: PhD. Francel Xavier López Mejía



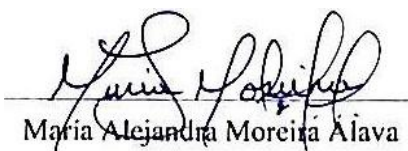
MIEMBRO: Ing. De La Cruz Chicaiza Marco Vinicio



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, María Alejandra Moreira Álava, con cédula de ciudadanía 131 71 31 173, estudiante de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen de la Carrera Ingeniería Agropecuaria, declaro que soy autora de la tesis titulada "Comportamiento agronómico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) con aplicación de efluentes de *Azolla anabaena*", esta obra es original y no infringe derechos de propiedad intelectual. Asumo la responsabilidad total de su contenido y afirmo que los conceptos, ideas, textos y resultados que no son de mi autoría, están debidamente citados y referenciados.

Atentamente,



María Alejandra Moreira Álava

CI. 1317131173

DEDICATORIA

A Dios

El que me dio fuerzas y sabiduría para lograr muchas cosas que yo creía incapaz de llegar a alcanzar, al que nunca soltó mi mano en mis momentos aún más difíciles cuando yo pensaba abandonar el camino, por escuchar mis oraciones en las que le pedía aclarar mis pensamientos, le dedico todo mi esfuerzo al él por siempre estar para mí.

A mi esposo Jefferson Álcivar

Quien fue mi mayor apoyo durante todo este largo proceso, gracias por confiar en mí, por acompañarme en los momentos más oportunos, en creer en mí cuando yo pensaba que ya no lo iba a lograr, me alentaba a estar firme en cada decisión que tomaba, por su paciencia, comprensión, respaldo constante en cada mañana y tarde que me dirigía a clases, por apoyarme económicamente colocándose como prioridad.

A mis hijos Abel Álcivar y Dariela Álcivar

Son mi mayor inspiración y razón para seguir adelante y no rendirme. Gracias por siempre estar a mi lado desde el inicio de mi carrera con mi hijo mayor Cristopher y en el proceso de mi preparación académica llegó mi hija Dariela para acompañarme durante todo este camino, cada mañana nos levantábamos juntas para asistir a clases y recorriamos rutas distintas para cumplir cada actividad. Por eso y más este logro les pertenece a ustedes.

A mis padres Olilia Álava y Mariano Moreira

Los amo con todo mi corazón, este título también es de ellos, porque me apoyaron de inicio a fin, cada vez que veían en mí una necesidad para poder avanzar estaban prestos a ayudarme, también me apoyaban emocionalmente y eso significaba mucho para mí.

María Alejandra Moreira Álava

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios todo redentor por brindarme sabiduría y fortaleza cuando yo más necesitaba en cada momento.

A mis docentes y asesores que estuvieron prestos a cubrir cada duda que aparecía en cada exposición puesta en clases, especialmente al Ing. Miguel Ángel Macay Mg. que siempre estuvo dispuesto de inicio a fin de mi carrera para aclarar cualquier duda académica que se nos presentaba.

A mi esposo que siempre estuvo cuando yo lo necesitaba, nunca me negó su tiempo incondicional, aunque a veces salía amanecido del trabajo me acompañaba para irme a dejar a la universidad o a veces actividades de campo en las cuales necesitaba de más fuerza para ser realizadas, por darme la motivación que yo más necesitaba en días en los cuales pensaba que no iba alcanzar a entregar trabajos, tareas o que los nervios me ocupaban cuando me tocaba exponer algún tema en clases.

A mi familia que en conjunto siempre estuvieron para brindarme palabras de aliento. Por llenarme de apoyo incondicional y emocional.

A mis hijos que fueron el motor que llevo a impulsarme cada día y creer en mi a que si se podía lograr cada meta que me proponía.

A mis compañeros de clases que me apoyaron cuando yo más lo necesitaba siendo empáticos en mi momento más vulnerable de ser madre por segunda vez, siempre estaré agradecida infinitamente de corazón.

María Alejandra Moreira Álava

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA	I
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	II
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 HIPÓTESIS	5
1.4.1 Hipótesis alterna	5
1.4.2 Hipótesis nula	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 DEFINICIONES	6
2.1.1 Cultivo de Azolla	6
2.1.2 Cultivo de Pepino	18
2.2 TRABAJOS RELACIONADOS	26
CAPÍTULO III	32
3. METODOLOGÍA	32
3.1 Ubicación y duración	32
3.1.1 Datos climáticos	32
3.2 Variables de estudio	33
3.2.1 Variables independientes	33

3.2.2	Variables dependientes	33
3.3	Tratamientos	33
3.4	Características de las unidades experimentales	34
3.5	Datos tomados y métodos de evaluación	35
3.6	Análisis estadístico	36
3.7	Diseño experimental	36
3.8	Manejo del cultivo	36
CAPÍTULO IV		38
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	38
4.1	Variables agronómicas	38
4.1.1	Altura de planta	38
4.1.2	Diámetro de tallo	39
4.1.3	Número de hojas	40
4.1.4	Número de frutos	41
4.2	Características del fruto	42
4.2.1	Diámetro de fruto	42
4.2.2	Longitud de fruto	43
4.2.3	Peso de fruto	44
4.3	Rendimiento	45
4.4	Análisis económico	46
4.5	Contenido nutricional del efluente evaluado	47
CAPÍTULO V		49
CONCLUSIONES		49
RECOMENDACIONES		49
BIBLIOGRAFÍA		51
ANEXOS		58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores del medio ambiente que afectan el crecimiento de Azolla-Anabaena.	7
Tabla 2. Principales factores de crecimiento identificados en Azolla-Anabaena.....	8
Tabla 3. Beneficios, mecanismos e impacto del cultivo de Azolla.	10
Tabla 4. Resultados a nivel de imagen de investigaciones en Azolla.	12
Tabla 5. Minerales y ácidos grasos en la Azolla.	15
Tabla 6. Resultado de análisis de tejido foliar muestra de Azolla pinnata.	15
Tabla 7. Peso de materia fresca y seca, contenidos de N, P y K absorbidos y equivalencia en fertilizantes químicos (urea, sulfato de amonio, superfosfato triple y cloruro de potasio), con base en la materia seca de las especies Azolla pinnata var. imbricata, A. pinnata var. pinnata y A. mexicana, cosechadas a los 14 días después de la inoculación, en la llanura aluvial del río Guamá, Amazonía.	16
Tabla 8. Niveles de la tasa de fijación simbiótica de nitrógeno (TFN), tasa relativa de crecimiento (TRC) y tiempo de duplicación (TD) de especies de Azolla, colectadas en Venezuela.	17
Tabla 9. Requerimientos del cultivo de pepino.	20
Tabla 10. Análisis de tejido en el cultivo de pepino por etapa en la E.A.P, Zamorano, 2005.	23
Tabla 11. Contenido de nutrientes a nivel foliar en el cultivo de pepino.	24
Tabla 12. Condiciones climáticas del cantón El Carmen.	33
Tabla 13. Descripción de los tratamientos evaluados.....	34
Tabla 14. Descripción de los tratamientos evaluados.....	36
Tabla 15. Costo variable y Beneficio neto de los tratamientos evaluados.	46
Tabla 16. Análisis de dominancia de los tratamientos evaluados.	47
Tabla 17. Contenido nutricional del efluente de Azolla anabaena evaluado.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. (a) Cultivo de <i>A. filiculoides</i> en condiciones de laboratorio en medio IRRI; (b) filamentos de <i>A. azollae</i> en una cavidad foliar; (c) imagen detallada de <i>A. azollae</i> ; ambas fotografías fueron tomadas con microscopio óptico con aumentos de 10x y 100x, respectivamente.	6
Figura 2. Beneficios de Azolla para un ecosistema sostenible en la producción de arroz. Esta ilustración fue creada utilizando BioRender.	9
Figura 3. Ejemplos de los beneficios multifuncionales de la Azolla en la agricultura y la sostenibilidad ambiental.	11
Figura 4. Ejemplo del proceso de simbiosis Azolla-Anabaena.	11
Figura 5. Tipos de estanques donde se desarrolla Azolla, en grandes cantidades.	14
Figura 6. Diagrama esquemático de la relación simbiótica entre Azolla y las cianobacterias.	17
Figura 7. Planta de pepino (<i>Cucumis sativus</i>).	19
Figura 8. Etapas de crecimiento del pepino: germinación, plántula, vegetativa, floral, formación.	21
Figura 9. Curvas de acumulación de materia seca por órgano y etapa en el cultivo de pepino en Zamorano, 2005.	22
Figura 10. Impacto de los tratamientos de fertilizantes en el crecimiento del pepino. .	25
Figura 11. Ubicación espacial del sitio del ensayo experimental.	32
Figura 12. Características de la unidad experimental.	34
Figura 13. Disposición de los tratamientos en el sitio del ensayo experimental.	35
Figura 14. Promedios de altura de planta a los 15 y 30 días después del transplante. ..	38
Figura 15. Promedios de diámetro de tallo a los 15 y 30 días después del transplante.	39
Figura 16. Promedios de número de hojas a los 15 y 30 días después del transplante.	40
Figura 17. Promedios de número de frutos cosechados.	41
Figura 18. Promedios de diámetro de fruto por tratamiento.	42
Figura 19. Promedios de longitud de fruto por tratamiento (cm).	43
Figura 20. Promedios de peso de fruto por tratamiento (g).	44
Figura 21. Promedios de rendimiento por tratamiento (kg ha^{-1}).	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de la variable altura de planta (cm).	58
Anexo 2. Análisis de varianza de la variable diámetro de tallo (mm).	58
Anexo 3. Análisis de varianza de la variable número de hojas.	58
Anexo 4. Análisis de varianza de la variable número de frutos.	58
Anexo 5. Análisis de varianza de la variable diámetro de fruto (mm).	59
Anexo 6. Análisis de varianza de la variable longitud de fruto (mm).	59
Anexo 7. Análisis de varianza de la variable peso de fruto (g).	59
Anexo 8. Análisis de varianza de la variable rendimiento (kg.ha ⁻¹).	60
Anexo 9. Banco fotográfico del manejo del ensayo.	60

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de determinar la influencia del uso de efluente de *Azolla anabaena*, sobre el cultivo de pepino orgánico (*Cucumis sativus*), en la granja experimental Río Suma de la “Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí” extensión El Carmen, ubicada en la provincia de Manabí, Ecuador. Para ello se implementó un Diseño de Bloques Completos al Azar, con cinco repeticiones y cuatro tratamientos: T1 (Testigo), T2 (15 días), T3 (30 días) y T4 (45 días). Las variables evaluadas fueron: altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), número de hojas, número de frutos cosechados, diámetro de fruto (mm), longitud de fruto (cm), peso de fruto (g), rendimiento (kg. ha⁻¹) y contenido de nutrientes del efluente. Los resultados demostraron que el uso de efluente de *Azolla anabaena* no generó un efecto diferenciador claro sobre las variables vegetativas ni en el diámetro, la longitud y el peso de los frutos cosechados ($p>0,05$). Además, el biofertilizante de *Azolla anabaena* no influyó de manera significativa sobre la productividad del cultivo. Desde el punto de vista económico, la aplicación de efluentes de *Azolla anabaena*, resultó financieramente viable cuando se realiza a los 15 días después del trasplante. El T2 (15 días) mostró una tasa de retorno marginal del 9322%, lo que indica que por cada dólar adicional invertido se obtuvo un retorno de más de 93 dólares, posicionándose como la opción económicamente más atractiva.

Palabras clave: Biofertilizante, Nitratos, Rendimiento, Viabilidad económica,

ABSTRACT

This research was conducted with the objective of determining the influence of *Azolla anabaena* effluent use on organic cucumber cultivation (*Cucumis sativus*) at the Río Suma experimental farm of the "Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí" El Carmen extension, located in the province of Manabí, Ecuador. A Randomized Complete Block Design was implemented, with five replications and four treatments: T1 (Control), T2 (15 days), T3 (30 days), and T4 (45 days). The variables evaluated were: plant height (cm), stem diameter (mm), leaf number, number of harvested fruits, fruit diameter (mm), fruit length (cm), fruit weight (g), yield, and effluent nutrient content. The results showed that the use of *Azolla anabaena* effluent did not generate a clear differentiating effect on vegetative variables nor on the diameter, length, and weight of harvested fruits ($p > 0.05$). Furthermore, the *Azolla anabaena* biofertilizer did not significantly influence crop productivity. From an economic perspective, the application of *Azolla anabaena* effluents proved financially viable when carried out at 15 days after transplanting. T2 (15 days) showed a marginal return rate of 9322%, indicating that for each additional dollar invested, a return of more than 93 dollars was obtained, positioning it as the most economically attractive option.

Keywords: Biofertilizer, Nitrates, Yield, Economic viability.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Azolla es un helecho acuático de crecimiento libre que vive en simbiosis con la cianobacteria fijadora de nitrógeno *Anabaena azollae*, alojada en cavidades especializadas de sus frondas. Existen alrededor de siete a nueve especies reconocidas mundialmente entre ellas *A. filiculoides*, *A. pinnata*, *A. microphylla*, *A. caroliniana* y *A. mexicana* y su cultivo, tradicionalmente asociado a los arrozales inundados de China, Vietnam y Filipinas, se ha extendido progresivamente hacia África, Asia, Europa, Norteamérica, Oceanía y Sudamérica, ya sea de forma accidental o como planta ornamental (Korsa et al., 2024).

Su relevancia agronómica radica en que la simbiosis con *Anabaena azollae* le permite fijar nitrógeno atmosférico de forma continua, lo que eleva el contenido de proteína cruda de su biomasa entre 25 y 30% sobre materia seca (Yuan et al., 2026), y que bajo condiciones controladas puede alcanzar productividades de 90 a 97 kg de materia seca por hectárea al día, cifras que aumentan entre 36 y 47% cuando se eleva la concentración de CO₂ ambiental (Brouwer et al., 2018). A nivel de mercado, el valor global de los biofertilizantes a base de *Azolla* se estimó en 425 millones de dólares en 2024, con una proyección de crecimiento a 1 200 millones de dólares para 2033 (CAGR de 12,7%), lo que refleja el creciente interés comercial y científico por esta tecnología (More, 2025).

En Latinoamérica el cultivo de *Azolla* se ha investigado principalmente como sustituto de fertilizantes nitrogenados sintéticos, en un contexto de encarecimiento de insumos agroquímicos. Estudios llevados a cabo en Panamá, sobre el uso de *Azolla pinnata* aplicado en arroz de subsistencia (variedad Picaporte) determinó que los tratamientos con *Azolla* generaron rendimientos de cosecha cercanos al promedio esperado para la variedad, sin diferencias significativas respecto al testigo, y que los costos de fertilización se reducen considerablemente a partir del segundo año de aplicación (González y Barahona, 2023).

En Perú, un estudio de pregrado evaluó específicamente el uso de un efluente de biodigestor anaerobio enriquecido con *Azolla filiculoides* como biofertilizante foliar, encontrando que este efluente reduce la acidez y aumenta la conductividad eléctrica y las concentraciones de nitrógeno y carbono total en comparación con el efluente sin Azolla Bardalez et al. (2025), un antecedente directamente pertinente para la formulación de efluentes de Azolla-Anabaena aplicados en hortalizas.

En el país, la línea de investigación más consolidada proviene de la Universidad Nacional de Loja, con estudios recientes sobre la producción simbiótica *Azolla anabaena* para agricultura familiar campesina. Un primer trabajo construyó azollarios en tres parroquias del cantón Loja y determinó que la producción por ciclo osciló entre 8,2 y 9,0 t/ha, equivalente a 135–158 t/ha/año, con una fijación anual de nitrógeno de entre 3,14 y 5,18 t/ha según la parroquia (Vásquez et al., 2023). Un segundo estudio del mismo equipo aplicó biomasa de Azolla como biofertilizante en la fase inicial del cultivo de café (*Coffea arabica*) en el cantón Loja, reportando incrementos de 19,3 cm en altura de planta, 3,2 mm en diámetro de tallo y 66 g en peso de la cereza de café durante cinco meses de evaluación, concluyendo que la Azolla es un biofertilizante eficaz por su aporte de nitrógeno (Vásquez et al., 2023).

En la Universidad Técnica de Ambato se desarrolló abono orgánico combinando residuos de caña de azúcar y Azolla con microorganismos eficientes como parte de una línea de producción de bioabonos aplicada al contexto agrícola ecuatoriano (Borja et al., 2025). Estos antecedentes muestran una tendencia creciente, aunque aún incipiente, de validación de Azolla-Anabaena como insumo biofertilizante en cultivos de ciclo corto y perenne en el país un vacío que investigaciones como la de aplicación en pepino (*Cucumis sativus*) contribuyen directamente a cerrar.

1.1 PROBLEMA

El crecimiento acelerado de la población humana a nivel global ha generado una presión sin precedentes sobre la cobertura terrestre y la seguridad alimentaria, forzando la adopción de estrategias intensivas para satisfacer la demanda de productos agrícolas (Gamachis et al., 2024). Históricamente, para maximizar la cantidad y el tamaño de las cosechas, se ha recurrido al uso indiscriminado de agroquímicos y fertilizantes sintéticos

(Tambo et al., 2023). Sin embargo, esta dependencia de insumos inorgánicos definidos como materiales sintéticos añadidos para sostener el crecimiento vegetal (Mohamed, et al., 2023), ha desencadenado efectos nefastos, que incluyen la degradación y toxicidad de los suelos por acumulación de sales, la contaminación ambiental continua y riesgos significativos para la salud humana debido a los residuos químicos (Valdez et al., 2018; Valdez et al., 2024; Lestari y Mutryarny, 2020).

Ante los desafíos impuestos por el cambio climático y la necesidad de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, la agricultura moderna se enfrenta al reto de transitar hacia modelos de bioeconomía más sostenibles (Badagliacca et al., 2024; Mazea et al., 2023). En este contexto, el tratamiento y la valorización de residuos orgánicos, ya sean de origen animal, humano o restos de cultivos, se presentan como una alternativa prometedora para restaurar la fertilidad del suelo y aumentar la productividad de cultivos intensivos sin degradar el entorno (Martínez et al., 2022; Mohamed et al., 2023). La integración de estos residuos orgánicos, solos o en combinación con fertilizantes minerales, constituye una gestión agrícola óptima que mejora tanto la calidad de la planta como la salud del agroecosistema a largo plazo (Esawy et al., 2009).

Dentro de estas alternativas biológicas, las plantas del género *Azolla* están adquiriendo una relevancia estratégica debido a su mínimo impacto ambiental y su versatilidad como biofertilizante, alimento animal y fitoremediador (González y Barahona, 2023). En países como Ecuador, el uso de *Azolla* ya está permitiendo innovaciones significativas, especialmente en la producción de arroz biogénico, donde ha demostrado ser un aliado clave para reducir los costos de producción y satisfacer las exigencias de consumidores más conscientes (Periódico digital El Productor, 2022). Bajo esta premisa, el uso de biofertilizantes naturales como la *Azolla* no solo surge como una respuesta a la escasez de materias primas para fertilizantes sintéticos, sino como una herramienta confiable para garantizar la sostenibilidad alimentaria y la preservación del medio ambiente (Lestari y Mutryarny, 2020).

1.2 JUSTIFICACIÓN

La producción de pepino (*Cucumis sativus*) representa una actividad de alto valor económico impulsada por una demanda de consumo que crece anualmente, lo que obliga

a los productores a buscar estrategias para incrementar los rendimientos de manera eficiente (Dewi, 2025). Esta hortaliza destaca por su notable flexibilidad para adaptarse a diversos sistemas productivos (Diédhiou, 2017); no obstante, aunque el cultivo bajo invernadero permite alcanzar estándares de calidad y volúmenes superiores al campo abierto, su éxito comercial está condicionado estrictamente a una fertilización equilibrada (Ortiz et al., 2025).

El nitrógeno es el nutriente con mayor demanda por parte de los cultivos, pero su disponibilidad natural en suelos tropicales suele ser mínima debido a que su liberación depende de procesos de mineralización condicionados por factores físicos y químicos (González y Barahona, 2023). Ante esta carencia, se ha dependido históricamente de fertilizantes químicos para suplir las necesidades de la planta. En este contexto, surge la necesidad de implementar alternativas sostenibles como la *Azolla spp.*, un helecho acuático que, gracias a su simbiosis con la cianobacteria *Anabaena azollae*, posee la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico de forma natural (Widiastuti y Davis, 2020).

La relevancia de investigar el uso de *Azolla microphylla* en el pepino radica en su potencial como enmienda o fertilizante orgánico fermentado, dado que aporta niveles significativos de macronutrientes esenciales (N, P, K) que impulsan la productividad (Dewi, 2025). Tradicionalmente utilizada como "fertilizante vivo" en arrozales, la producción en masa y el mejoramiento de este helecho se perfilan como pasos fundamentales para satisfacer la demanda nutricional agrícola de manera sostenible, ofreciendo un recurso alternativo que responde a las exigencias actuales de sostenibilidad y eficiencia productiva (Revista Nutrinews, 2022; Widiastuti y Davis, 2020).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Determinar la influencia del uso de efluente de *Azolla anabaena*, sobre el cultivo de pepino orgánico (*Cucumis sativus*) en el cantón El Carmen – Manabí.

1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer las características agronómicas del cultivo de pepino orgánico por influencia del uso de efluente de *Azolla anabaena*.
- Evaluar las características físicas del pepino en los tratamientos evaluados por efecto del uso de efluente de *Azolla anabaena*.
- Definir el rendimiento de los tratamientos evaluados por efecto del uso de efluente de *Azolla anabaena*.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos evaluados.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis alterna

- Las características agronómicas del cultivo de pepino orgánico si están influenciadas por el uso de *Azolla anabaena*.

1.4.2 Hipótesis nula

- Las características agronómicas del cultivo de pepino orgánico no están influenciadas por el uso de *Azolla anabaena*.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 DEFINICIONES

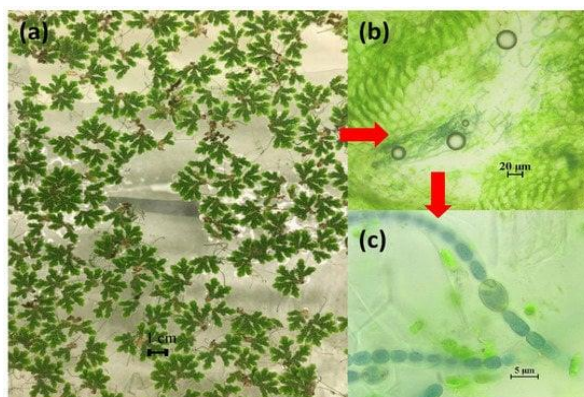
2.1.1 Cultivo de Azolla

2.1.1.1 Descripción

Azolla filiculoides L., perteneciente a la familia Salviniaceae, es un helecho flotante de pequeño tamaño (alrededor de 2,5 cm), heterosporo y típico de aguas eutróficas en climas templados y tropicales de todo el mundo. Al igual que otras especies del género, puede vivir aislado o formando capas gruesas sobre el agua. Sus hojas presentan dos lóbulos, y en el superior se localiza una cavidad de forma ovoide en la que habita la cianobacteria *Anabaena azollae*. Esta simbiosis es clave, ya que la bacteria posee la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico gracias a la enzima nitrogenasa, un proceso que ocurre en células especializadas denominadas heterocistos (Banach et al., 2019).

Figura 1

(a) Cultivo de *A. filiculoides* en condiciones de laboratorio en medio IRRI; (b) filamentos de *A. azollae* en una cavidad foliar; (c) imagen detallada de *A. azollae*; ambas fotografías fueron tomadas con microscopio óptico con aumentos de 10x y 100x, respectivamente.



Nota: En la figura se muestra la estructura externa e interna de la Azolla. Tomado de: Banach, et al. (2019).

Según el Gobierno de España (2022), los helechos acuáticos del género *Azolla* son fáciles de identificar debido a su característica forma de vida flotante. Pueden aparecer

solos o agrupados formando densas alfombras que llegan a medir hasta 20 cm de espesor sobre la superficie del agua. Su estructura consiste en tallos ramificados, que suelen alcanzar longitudes de hasta 15 cm, con hojas diminutas y alternas, cada una dividida en dos lóbulos, siendo generalmente más grande el inferior. De sus rizomas ramificados brotan raíces adventicias que permanecen sumergidas.

En este contexto, el Centro de Agroecología y Permacultura (2021), menciona que *Azolla* es un pequeño helecho acuático de crecimiento rápido que flota en la superficie del agua y destaca por establecer una simbiosis única con cianobacterias capaces de fijar nitrógeno atmosférico. Su nombre, de origen griego, refleja su vulnerabilidad: “Azo” significa secar y “ollymi” significa destruir. No tolera la salinidad. Morfológicamente, presenta un tallo corto y muy ramificado, del que surgen raíces finas que se extienden bajo el agua. Sus hojas están divididas en dos lóbulos: el superior, de color verde debido a la clorofila, y el inferior, incoloro.

En cuanto a su reproducción, *Azolla* emplea tanto mecanismos sexuales, mediante esporas propios de los helechos, como asexuales, a través de la fragmentación de la planta o la brotación lateral espontánea, tal como mencionan Ballesteros (2011), como se citó en Méndez et al. (2018).

2.1.1.2 Requerimientos del cultivo

Azolla es capaz de desarrollarse en un rango de pH relativamente amplio, entre 5,5 y 8,0, siempre que las variaciones sean graduales y no demasiado bruscas. Respecto a la dureza del agua, se adapta tanto a aguas blandas como duras, aunque muestra una ligera preferencia por valores intermedios. Cabe destacar que el desarrollo de la simbiosis entre *Azolla* y la cianobacteria *Anabaena* está influenciado por un conjunto de condiciones ambientales que se resumen en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1
Factores del medio ambiente que afectan el crecimiento de *Azolla*-*Anabaena*.

Variable	Descripción
Temperatura	<i>Azolla</i> crece en condiciones variadas; su mejor rendimiento es a 25°C. Sin embargo, a temperaturas de 43°C deja de crecer y a 45°C muere.

Variable	Descripción
pH	El crecimiento de Azolla puede variar con un pH entre 4,5 y 9,0. Aunque sobrevive en una gama que va de 3,5 hasta 10.
Luz	La energía solar óptima para el crecimiento de Azolla oscila en el rango de 20.000 a 50.000 lux.
Humedad	La humedad relativa (HR) óptima está entre el 85 y el 90%. Si la HR es menor del 60% o superior al 100%, no hay crecimiento.
Salinidad	El contenido de sal en el agua debe ser inferior al 0,1%.
Nutrientes	El fósforo es el elemento más limitante para la producción de Azolla. Sin embargo, el hierro, potasio, molibdeno y cobalto también son nutrientes que limitan el crecimiento del helecho (Lumpkin y Plucknett, 1980). Ensayos realizados en Venezuela demostraron que la materia seca incrementó con el aporte de fósforo (P) hasta 4 m h ⁻¹

Tomado de: Espinoza y Gutiérrez (2006).

Con respecto al parámetro de pH, Raja et al, (2012), expone que el crecimiento de *Azolla* oscila entre 4.5 y 8.0, con un rango óptimo de 5.0 a 7.0. Dado que requiere agua para su desarrollo, es necesario mantener siempre un nivel mínimo de agua para asegurar su crecimiento. Otros aspectos los consideró LIFE INVASEP (2015) como se citó en la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2022), quienes describieron los principales factores de rápido crecimiento identificados para esta planta (Tabla 2).

Tabla 2
Principales factores de crecimiento identificados en Azolla-Anabaena.

Variable	Descripción
Concentración de Fósforo	La concentración de fosforo (P) que se encuentra disuelto en el agua, el cual según diversos estudios se encuentra por encima de los 0,4 mg P/l. Además, al ser considerada como una especie nitrófila, y verse favorecida por la eutrofización, hace que se realice una colonización más acelerada y conlleve a una completa invasión. No obstante, el nivel de nitrógeno que contenga el agua interfiere con el rango de fijación del nitrógeno atmosférico. Altas concentraciones de fósforos asociados con valores bajos de nitrógeno crean condiciones favorables para el crecimiento de Azolla f. cuando la temperatura del agua se aproxima 15°C.
Temperatura	La temperatura ambiental, que hace que el crecimiento de esta planta se vea muy limitado a temperaturas medias bajas, de entre 5-10°C o inferiores, y temperaturas medias altas, que se convierten en letales a partir de los 35°C. El desarrollo óptimo se da entre los 18 y 28°C.
pH	El pH siendo un parámetro muy importante a tener en cuenta. Se ha comprobado que A.ficuloides puede sobrevivir a pH comprendidos entre 3,5 y 10, y su óptimo de crecimiento se encuentra entre 4,5 y 7,5.
Radiación solar	La radiación solar, convirtiéndose en un factor determinante ya que va a influir en el pH y la temperatura. El rango de pH óptimo es directamente proporcional a la radiación (siempre que se encuentre en el rango de supervivencia del helecho). Paralelamente, el rango de temperatura óptimo para el crecimiento también es proporcional a la radiación solar.
Salinidad	La salinidad que influye principalmente en la tasa de crecimiento, ya que es capaz de soportar altas concentraciones de sales disueltas, y prosperar en lugares en los que otros macrófitos acuáticos flotantes que viven en aguas eutróficas, como Lemma minor, mueren por exceso de sal. El límite de tolerancia comprobado por los estudios está establecido entre 8.000 y 12.000 µS/cm.

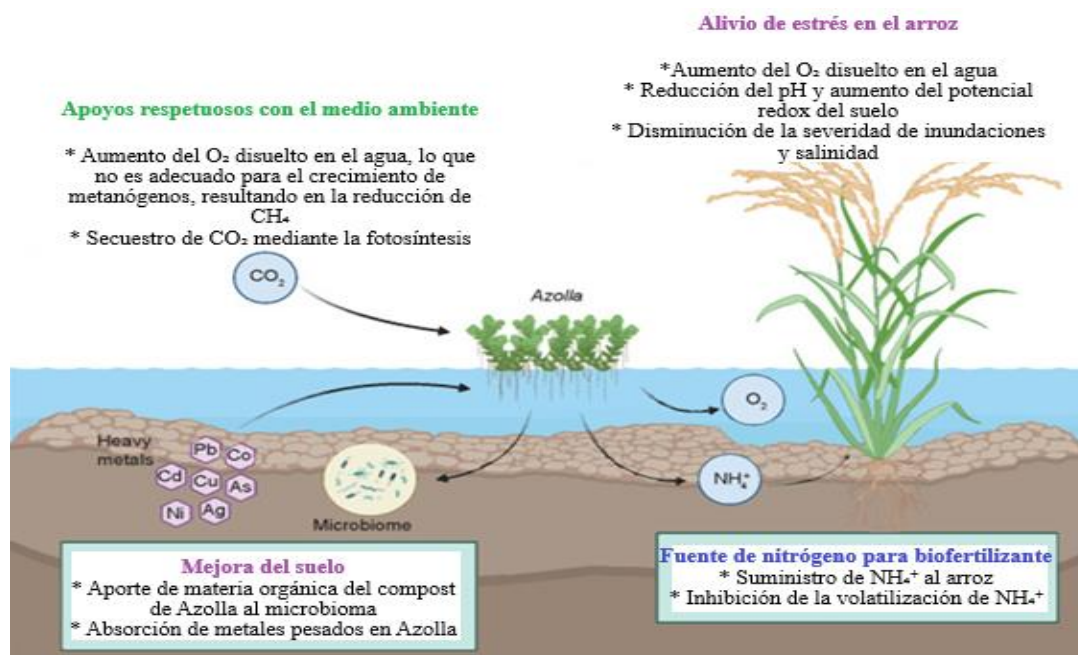
Tomado de: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2022).

2.1.1.3 Beneficios de Azolla

Chanapanchai et al. (2025), menciona que las especies de *Azolla*, sobresalen como fertilizantes biológicos, prometedores y respetuosos con el medio ambiente, capaces de mantener una sustentabilidad en una economía circular biológica, como se aprecia en la Figura 2. Yang et al. (2025), en su revisión sobre agricultura sostenible. Además, mejora la fertilidad del suelo no solo mediante el aporte de nitrógeno, sino también a través del aumento de materia orgánica y la movilización de fósforo, contribuyendo a un entorno edáfico más rico y equilibrado.

Figura 2

Beneficios de Azolla para un ecosistema sostenible en la producción de arroz. Esta ilustración fue creada utilizando BioRender.



Nota: En la figura se describe algunos beneficios de la Azolla en el ecosistema. Tomado de: Chanapanchai et al. (2025).

Kollah et al. (2016), menciona algunos servicios socioeconómicos y ecosistémicos proporcionados por Azolla en su aplicación agrícola como la cobertura de Azolla ayuda a minimizar la pérdida de agua del suelo a través de la evaporación, al tiempo que favorece la oxidación del metano (CH_4) y contribuye a la reducción del dióxido de carbono (CO_2) atmosférico. Además, actúa como agente de biorremediación, ayudando a limpiar suelos y aguas contaminados con metales pesados, y reduce significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero como el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O).

Estos mismos autores, mencionan que, a nivel socioeconómico, el cultivo y manejo de Azolla genera oportunidades de empleo, especialmente en zonas rurales, lo que puede dinamizar la economía local. En el ámbito agrícola y ecológico, esta planta mantiene y mejora la biodiversidad del suelo, enriquece su estado nutricional y, en consecuencia, potencia la productividad agrícola de forma sostenible. Otros aspectos benéficos en función del mecanismo e impacto del cultivo de Azolla, lo detallan algunos autores expuestos en la siguiente Tabla 3.

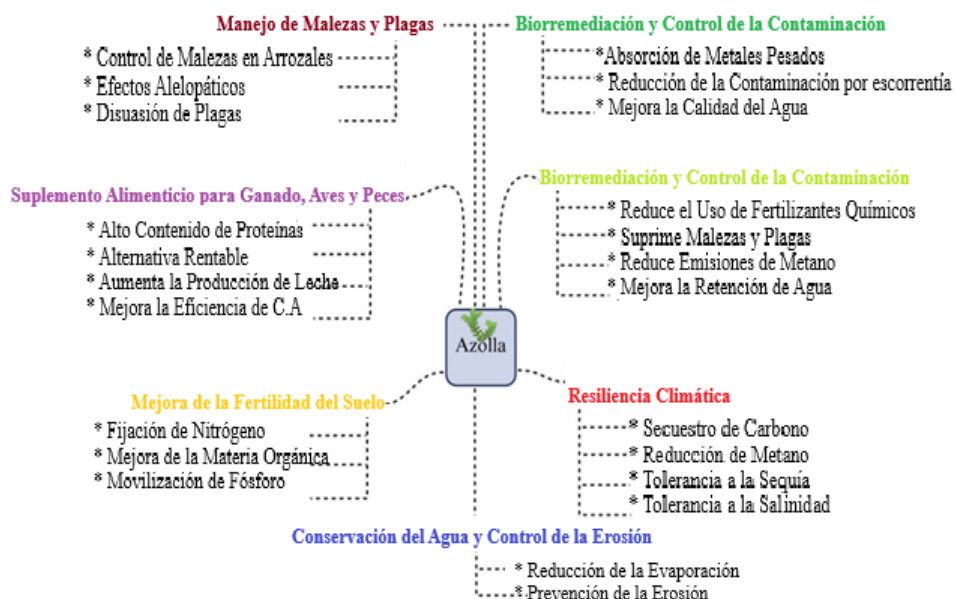
Tabla 3
Beneficios, mecanismos e impacto del cultivo de Azolla.

Beneficio	Mecanismo	Impacto
Fertilización nitrogenada natural	Simbiosis con <i>Anabaena azollae</i> (cianobacteria) que fija N ₂ atmosférico (30-100 kg N/ha/año)	Reduce 30-50% el uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos (Watanabe y Roger, 1993; Kannaiyan, 2003; Pabby et al., 2004)
Mejora de la disponibilidad de fósforo	Acidifica la rizosfera y solubiliza fosfatos	Incrementa la eficiencia de fertilizantes fosfatados en 20-40% (Suntoro et al., 2024).
Supresión de malezas acuáticas	Forma una densa alfombra que bloquea la luz	Reduce competencia por nutrientes y luz (60-90% menos malezas) Janes, 1998; Room, 1986; Lumpkin & Plucknett, 1982
Reducción de la evaporación	Cubierta superficial que actúa como mulch acuático	Conserva 20-30% más agua en arrozales (Singh et al., 2020)
Control de mosquitos y vectores	Impide la oviposición de mosquitos (ej. malaria, dengue)	Reduce poblaciones de larvas en 70-90% Lacey y Lacey, 1990; Manda et al., 2021; Forni et al., 2001

Más allá de sus usos tradicionales, los estudios del siglo XX descubrieron que este helecho también posee un gran potencial para capturar carbono, mejorar la agricultura ecológica y limpiar suelos contaminados. Su notable habilidad para absorber metales pesados y otros contaminantes destaca su enorme valor para la restauración de ecosistemas, lo que consolida su lugar como un aliado clave en los modelos de agricultura sostenible actuales (Yang et al., 2025), como se aprecia en la Figura 3.

Figura 3

Ejemplos de los beneficios multifuncionales de la Azolla en la agricultura y la sostenibilidad ambiental.

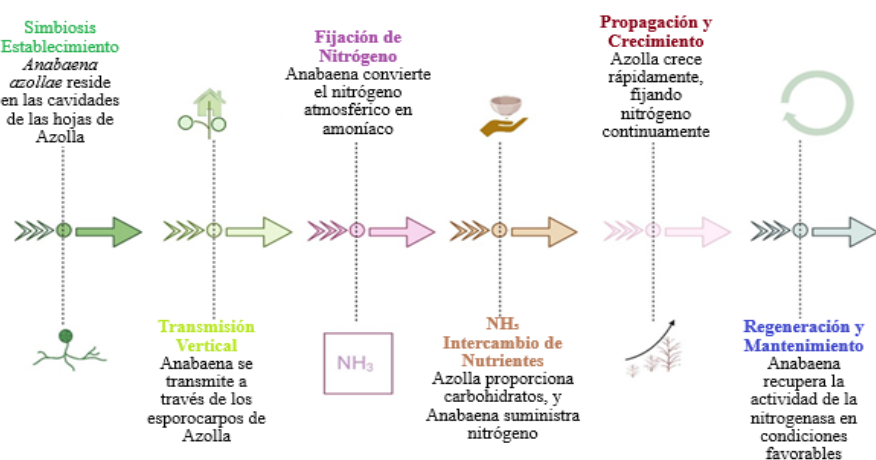


Nota: En la figura se aprecia algunos beneficios del cultivo de Azolla. Tomado de Yang et al. (2025), traducido por la autora.

La cianobacteria *A. azollae*, capaz de fijar nitrógeno, habita en las cavidades especiales de las hojas del helecho acuático Azolla. Esta relación simbiótica, en la que ambos organismos se benefician (Figura 4), fue observada inicialmente por Strasburger en 1873 y más tarde estudiada por De Bary, según señalan estudios como los de Carrapiço (2010) y Kour et al. (2024), como se citó en Yang et al. (2025).

Figura 4

Ejemplo del proceso de simbiosis Azolla-Anabaena.



Nota: En la figura se aprecia diferentes acciones llevada a cabo durante la simbiosis por Azolla. Tomado de: Peters y Meeks, 1989 como se citó en Yang, et al. (2025), traducido por la autora.

2.1.1.4 Producción de Azolla

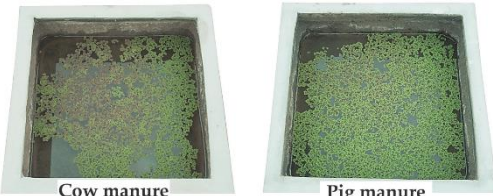
Como bien señala Sawant (2025), la Azolla no es una planta cualquiera: se trata de un helecho acuático que se desplaza libremente sobre el agua, ramificándose con facilidad y desarrollándose a gran velocidad en la superficie. Para cultivarla con éxito, hay que tener en cuenta algunas consideraciones clave que aseguren su crecimiento óptimo.

- a) Dado que la Azolla tiene un crecimiento bastante acelerado, es importante mantener una densidad aproximada de entre 300 y 350 g m². b) Cada cinco días conviene enriquecer el agua con una combinación de superfosfato y estiércol de vaca. Además, una vez a la semana se puede agregar una mezcla de minerales como magnesio, hierro, cobre y azufre, lo que ayuda a que la planta tenga un mejor contenido nutritivo. c) Para evitar que se concentre demasiado nitrógeno en el estanque, se recomienda reemplazar entre un cuarto y un tercio del agua cada diez días, introduciendo agua fresca en su lugar. d) Cada seis meses, es buena práctica renovar completamente tanto el agua como el suelo del cultivo, y luego volver a sembrar con Azolla nueva. e) El nivel del agua debe ser de al menos 10 centímetros, así las raíces flotan libremente y no se adhieren al fondo, algo que hace mucho más fácil la tarea de cosechar.

En la Tabla 4, se recabo resultados de investigaciones llevada a cabo por Thepsilvisut et al. (2024), en la cuales se detalla algunas formas de producir Azolla, con diferentes técnicas y sus resultados a través de fotografías:

Tabla 4
Resultados a nivel de imagen de investigaciones en Azolla.

Imagen			Detalle
			El cultivo de <i>A. microphylla</i> en cada experimento se configuró de manera uniforme utilizando una capa de suelo de 20 cm de profundidad (a), y la profundidad del agua desde la capa de suelo se elevó a 10 cm con agua del grifo. Luego, se colocaron 30 g de <i>A. microphylla</i> en los estanques de concreto (b) y se cosechó cada diez días (c).
(a)	(b)	(c)	

Imagen	Detalle
	Morfología de <i>A. microphylla</i> en respuesta a diferentes tratamientos con estiércol de vaca y de cerdo, lo que refleja el contenido nutricional de los diferentes estiércoles, en el que el contenido de fósforo en el estiércol de vaca fue dos veces menor que en el estiércol de cerdo.
	La comparación entre el método convencional recomendado por el Departamento de Agricultura de Tailandia (que emplea 23,37 gN m⁻² de estiércol de vaca y un sombreado del 30% con malla de nailon azul) y el método desarrollado (que utiliza 20,16 gN m⁻² de estiércol de cerdo y un sombreado del 40% con malla negra) para la producción de <i>A. microphylla</i>

Tomado de: Thepsilvisut et al. (2024).

Malpica et al (2015), menciona que para la multiplicación y producción de Azolla se utilizan tanques o lagunas sintéticas (Figura 5: a, b, c, d, e y f), que deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) Ubicación y sombra: Conviene elegir una zona con cierta sombra, preferiblemente cerca de árboles o bajo cubierta vegetal, y evitar terrenos con pendientes muy pronunciadas para facilitar el manejo del agua.
- b) Preparación del suelo: Es importante que el suelo tenga cierta proporción de arcilla para retener la humedad. Si el terreno es muy arenoso o permeable, se recomienda forrar la base del estanque con una lámina plástica impermeable.
- c) Acceso al agua: El sitio seleccionado debe contar con una fuente de agua cercana, segura y con disponibilidad constante, ya que el cultivo de Azolla depende de un suministro regular.
- d) Dimensiones del estanque: Se sugiere construir el estanque con una profundidad aproximada de 30 a 40 centímetros, suficiente para mantener el medio acuático sin dificultar el manejo de la planta.
- e) Dosis de siembra: Para iniciar el cultivo, se recomienda utilizar entre 200 y 500 gramos de Azolla por metro cuadrado, dependiendo de las condiciones iniciales y la rapidez deseada de cobertura.

Figura 5

Tipos de estanques donde se desarrolla Azolla, en grandes cantidades.



Nota: en la figura se aprecia diferentes tipos de estanques. Tomado de: Malpica et al (2015).

2.1.1.5 Cosecha

Bajo condiciones favorables, esta planta puede mantener un crecimiento acelerado de manera sostenida. En entornos controlados como laboratorios o sistemas como el xitutron, se han registrado ritmos de crecimiento que oscilan entre 0,277 y 0,39 gramos por día. A escala de campo, una hectárea de Azolla puede generar entre una y dos toneladas de forraje fresco diariamente, lo que equivale a un aporte de 10 a 30 kilos de proteína cada día. Según los datos recopilados por Peña (2000), como se citó en Méndez et al., (2018), en solo un mes, esa misma superficie es capaz de producir de 6 a 8 toneladas de materia seca, con un contenido proteico que va de 540 a 720 kilos, además de fijar entre 100 y 1564 kilos de nitrógeno por hectárea al año.

De acuerdo con la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2022), su cultivo resulta sencillo, es altamente productivo y posee un perfil nutricional destacado, lo que lo convierte en una alternativa práctica para abaratar los costos de alimentación animal, enriquecer la dieta de ciertas especies y asegurar un suministro estable durante todo el año. Su calidad como forraje se explica por varias razones: presenta entre un 25 % y un 35 % de proteína, aunque este porcentaje puede variar según el clima; contiene alrededor de un 15 % de fibra, que en animales como las gallinas de granja —según experiencias documentadas en China— se digiere bien, aunque en algunos monogástricos puede limitar su consumo en grandes cantidades; y además aporta diversos minerales y vitaminas, consolidándose, así como un complemento alimenticio completo.

Tabla 5
Minerales y ácidos grasos en la Azolla.

Componente	Contenido / Valor	Unidad / Notas
Nitrógeno (peso fresco)	4.0 – 5.0	%
Nitrógeno (peso seco)	0.2 – 0.3	%
Fósforo (como P ₂ O ₅)	0.5 – 0.4*	%
Calcio (Ca)	0.4 – 1.0	%
Potasio (como K ₂ O)	2.0 – 4.5	%
Magnesio (Mg)	0.5 – 0.65	%
Hierro (Fe)	0.6 – 0.22*	%
ÁCIDOS GRASOS		(% del total)
Ácido mirístico	0.96	%
Ácido palmítico	23.13	%
Ácido esteárico	34.69	%
Ácido oleico	36.39	%
Ácido linoleico	2.76	%

Notas: *Los rangos 0.5–0.4 y 0.6–0.22 parecen estar invertidos en el original. * Los porcentajes de ácidos grasos se entienden como el porcentaje relativo de cada ácido graso dentro del perfil lipídico total de la Azolla. *Fórmulas químicas: P₂O₅ (pentóxido de difósforo), K₂O (óxido de potasio). Tomado de: Méndez et al. (2018).

González y Barahona (2023), realizaron análisis químicos a la *Azolla pinnata*, siguiendo los parámetros establecidos en el laboratorio de suelos de IDIAP (Instituto de Innovaciones Agropecuarias de Panamá), los resultados de los análisis se presentan en la tabla 6.

Tabla 6
Resultado de análisis de tejido foliar muestra de Azolla pinnata.

Parámetro	Abrev.	Unidad	Valor
Nitrógeno	N	%	2.84
pH	pH	(adimensional)	6.3
Fósforo	P	mg/l	0.71
Potasio	K	meq/100 g suelo	3.07
Calcio	Ca	meq/100 g suelo	0.85
Magnesio	Mg	meq/100 g suelo	0.68
Materia Orgánica	M.O.	%	24.1
Manganeso	Mn	mg/l	900
Hierro	Fe	mg/l	Tr (Trazas)
Zinc	Zn	mg/l	Tr (Trazas)
Cobre	Cu	mg/l	69
Carbono	C	%	13.9

Tomado de: González y Barahona (2023).

Silva et al. (2007), reportó información sobre el peso de materia fresca y seca, los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio absorbidos, y la equivalencia en fertilizantes

químicos de tres especies de *Azolla* (*Azolla pinnata* var. *imbricata*, *A. pinnata* var. *pinnata* y *A. mexicana*), cosechadas a los 14 días en la llanura aluvial del río Guamá en la Amazonía, misma que tiene un gran valor práctico y técnico cuantificar con precisión el aporte de nutrientes que estas plantas realizan al suelo.

Tabla 7

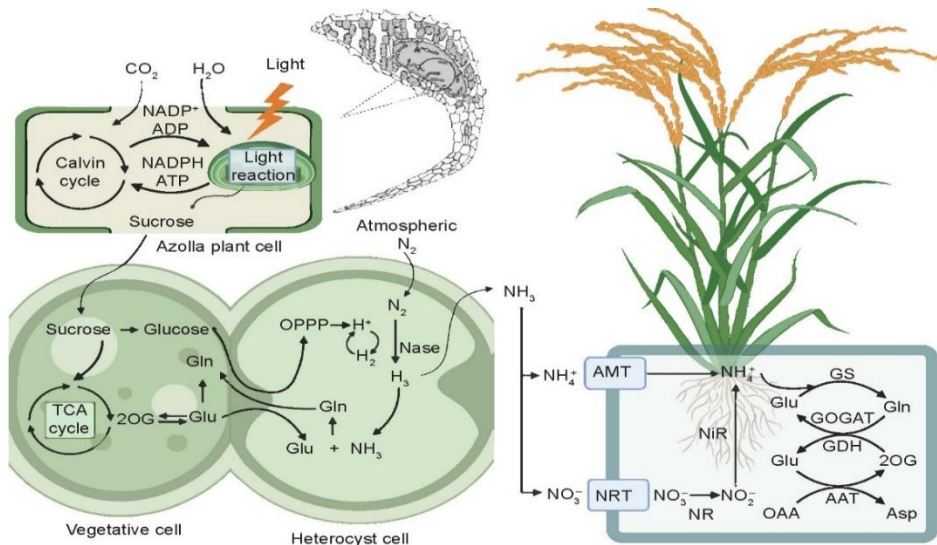
*Peso de materia fresca y seca, contenidos de N, P y K absorbidos y equivalencia en fertilizantes químicos (urea, sulfato de amonio, superfosfato triple y cloruro de potasio), con base en la materia seca de las especies *Azolla pinnata* var. *imbricata*, *A. pinnata* var. *pinnata* y *A. mexicana*, cosechadas a los 14 días después de la inoculación, en la llanura aluvial del río Guamá, Amazonía.*

Categoría	<i>A. pinnata</i> var <i>imbricata</i>	<i>A. pinnata</i> var <i>pinnata</i>	<i>A. mexicana</i>	Promedio
Materia fresca (kg/ha)	11.052,20	10.831,50	11.055,20	10.979,60
Materia seca (kg/ha)	591,8	568,2	633,8	597,9
N	18,55	18,41	22,78	19,91
P	1,27	1,14	1,55	1,32
K	7,62	7,19	8,65	7,82
Urea	41,22	40,91	50,62	44,25
Sulfato de amonio	92,75	92,05	113,9	99,57
Superfosfato triple	6,46	5,8	7,89	6,72
Cloruro de potasio	15,24	14,38	17,3	15,64

Tomado de: Silva et al. (2007).

Chanapanchai et al. (2025), como se muestra en la Figura 6, la planta de *Azolla* genera los azúcares fructosa y glucosa durante la fotosíntesis, los cuales proporcionan energía tanto para la planta como para el simbiote *A. azollae*. Estos azúcares se redirigen hacia la vía glucolítica y posteriormente ingresan al ciclo del ácido tricarboxílico. Un intermediario importante en este proceso es el 2-oxoglutarato (2-OG), el cual puede convertirse en glutamato (Glu) y ser transportado a los heterocistos. Además, la glucosa en las células vegetativas también es conducida hacia la vía de las pentosas fosfato oxidativa en los heterocistos. Esta vía libera protones, lo que ayuda a las enzimas nitrogenasas a convertir N_2 en amoníaco (NH_3). Posteriormente, el NH_3 reacciona con el Glu proveniente de las células vegetativas para producir glutamina (Gln), la cual es devuelta a dichas células (Ran et al., 2010).

Figura 6
 Diagrama esquemático de la relación simbiótica entre *Azolla* y las cianobacterias.



Nota: la figura ilustra la relación simbiótica entre *Azolla* y las cianobacterias que resulta en la fijación de nitrógeno, el cual posteriormente suministra nitrógeno a las plantas de arroz en forma de NH_3 y luego NH_4^+ (modificado de Ran et al. (2010) y Lee (2021)). Glu, glutamato; Gln, glutamina; AMT, transportador de amonio; NRT, transportador de nitrato; NR, nitrato reductasa; NiR, nitrito reductasa; GS, glutamina sintetasa; GOGAT, glutamato sintasa; GDH, glutamato deshidrogenasa; 2OG, 2-oxoglutarato; AAT, aspartato aminotransferasa; OAA, oxaloacetato; Asp, aspartato. Esta ilustración fue creada utilizando BioRender. Tomado de: Chanapanchai et al. (2025).

La asociación simbiótica entre el helecho acuático *Azolla* y la cianobacteria *Anabaena azollae* le confiere una notable capacidad para fijar nitrógeno atmosférico. Estudios reportan que esta simbiosis puede fijar entre 30 y 60 kg de nitrógeno por hectárea al año en condiciones naturales, e incluso alcanzar valores superiores a 100 kg N/ha/año en condiciones óptimas de manejo, como temperatura estable cercana a los 25°C, disponibilidad de fósforo y luz adecuada (Pabby et al., 2004).

Tabla 8
 Niveles de la tasa de fijación simbiótica de nitrógeno (TFN), tasa relativa de crecimiento (TRC) y tiempo de duplicación (TD) de especies de *Azolla*, colectadas en Venezuela.

NIVEL	TFN (mg/g día)	TRC (g/g día)	TD (días)
Alto	>13,8	>0,23	>4,8
Medio	13,7-11,7	0,23-0,17	4,7-3,6
Bajo	11,6-10,3	0,16-0,13	3,5-3,6
Muy bajo	<10,1	<0,14	<2,8

Tomado de: Espinoza y Gutiérrez (2006) como se citó en Malpica et al. (2015).

2.1.2 Cultivo de Pepino

El pepino (*Cucumis sativus* L.) destaca como una hortaliza de gran relevancia hortícola, impulsada por una constante demanda tanto en mercados nacionales como globales. Su uso se extiende desde el consumo fresco en ensaladas hasta la elaboración de jugos y una variedad de productos procesados, lo que evidencia su notable adaptabilidad. Para alcanzar rendimientos satisfactorios y garantizar frutos de buena calidad, resulta fundamental implementar prácticas agronómicas apropiadas (Infoagronomo, 2024). Debido a su alto nivel de aceptación, ya sea para consumo directo o uso industrial, este cultivo se perfila como una opción productiva viable para los agricultores, tanto para abastecer la demanda local como para incursionar en mercados de exportación (Secretaría de Agricultura y Ganadería SAG, 2005).

2.1.2.1 Descripción botánica

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es un miembro de la familia de las cucurbitáceas. Se trata de una planta herbácea de ciclo anual con un hábito de crecimiento rastrero, reconocible por su follaje cubierto de una vellosidad áspera. Su sistema radicular es fasciculado y se desarrolla principalmente en los primeros centímetros del suelo, concentrándose entre los 25 y 30 cm de profundidad. Los tallos, que pueden ser trepadores o rastreros, se ramifican desde la base, presentan una sección cuadrangular y están provistos de zarcillos simples (Weaver y Bruner, 1927, como se citó en Maroto, 1995).

Las hojas, sostenidas por largos pecíolos, tienen una forma palmeada con una base acorazonada y un ápice puntiagudo. Su limbo se divide en entre tres y cinco lóbulos triangulares de bordes dentados y conserva la textura vellosa característica de la planta (Maroto, 1995, como se citó en Bojacá et al., 2012).

Todos los cultivares modernos descienden de una especie silvestre original. Esta planta trepadora anual puede alcanzar los dos metros de altura apoyándose en zarcillos delgados. En la misma planta produce flores amarillas, tanto masculinas como femeninas. Tras la polinización, las flores femeninas dan lugar al fruto comestible, de forma cilíndrica, color verde oscuro y una longitud que puede llegar a los 40 cm (Royal Horticultural Society RHS, 2026).

Figura 7
Planta de pepino (Cucumis sativus).



Nota: En la figura se aprecia la planta de pepino tutorada. Tomado de Royal Horticultural Society RHS (2026).

2.1.2.2 Requerimientos del cultivo

Para el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA (2023), establecer un cultivo de pepino, se recomienda elegir un terreno plano con suelos de tonalidad oscura, los cuales suelen indicar buena fertilidad y un alto contenido de materia orgánica. Es fundamental que el suelo sea suelto y cuente con un drenaje eficaz, ya que la planta es muy sensible a los encharcamientos. El área debe estar libre de malezas y restos vegetales de ciclos anteriores. Además, es necesario que el perfil del suelo cuente con humedad adecuada. Garantizar un suministro de agua constante, especialmente mediante riego complementario, resulta indispensable durante las fases críticas de desarrollo y llenado de los frutos.

En este sentido Arias (2007), expone que el éxito del cultivo requiere estar preparado para proporcionar todas las condiciones favorables que sea posible manejar, abarcando desde una adecuada preparación del suelo hasta el riego, la nutrición, el control integrado de plagas, enfermedades y malezas, así como un manejo cuidadoso durante la poscosecha y el transporte.

Tabla 9
Requerimientos del cultivo de pepino.

Factor	Condición Ideal / Rango Óptimo	Consideraciones / Problemas por Evitar
Suelo	Arcillo-arenosos a francos, bien drenados. pH entre 5.5 y 6.8.	No tolera la salinidad. El encharcamiento es un gran problema. Si el suelo no es ideal, se deben mejorar las condiciones de drenaje.
Temperatura	20°C - 30°C	Temperatura ideal para el desarrollo.
Altura (msnm)	400 - 1,200 m	Rango altitudinal adecuado para el cultivo.
Precipitación	500 - 1,200 mm/año	No tolera excesos de agua. Este rango es el adecuado para zonas de cultivo.
Humedad Relativa	Día: 60% - 70%	Requerimientos elevados. Excesos de humedad diurna (>70%) reducen la producción (menos transpiración/fotosíntesis). Humedad >90% favorece enfermedades fúngicas. El follaje mojado por la mañana retrasa el inicio de la actividad fotosintética.
	Noche: 70% - 90%	
Luminosidad	Crece en días cortos (<12h luz).	A mayor radiación solar, mayor producción.
Viento	Lugares resguardados.	Vientos >30 km/h de varias horas de duración son muy perjudiciales: aumentan la pérdida de agua, bajan la humedad, reducen la fecundación, disminuyen el crecimiento y la producción, aceleran la senescencia y dañan tejidos. Se recomienda usar barreras rompevientos.

Tomado de: Arias (2007), modificado por la autora.

2.1.2.3 Etapas fenológicas

Para la empresa Spider Farmer (2024), las fases principales del desarrollo fenológico del pepino: 1) Germinación (5-10 días): Brote inicial de la semilla. 2) Plántula / Desarrollo Vegetativo (3-4 semanas): Aparición de hojas verdaderas y desarrollo de tallos y brotes laterales, con entutorado recomendado. 3) Floración (4-6 semanas): Inicio de la producción de flores masculinas y femeninas. 4) Fructificación (6-8 semanas): Desarrollo de los frutos tras la polinización, con una formación rápida. 5) Cosecha (50-90 días): Recolección de frutos según tamaño y madurez, pudiendo durar varias semanas; en sí, la mayoría de las variedades de pepino se pueden cosechar entre los 50 y 70 días después de haber germinado las semillas.

Figura 8

Etapas de crecimiento del pepino: germinación, plántula, vegetativa, floral, formación.



Nota: en la figura se aprecia las fases fenológicas del pepino. Tomado de Spider Farmer (2024), modificado y traducido por la autora.

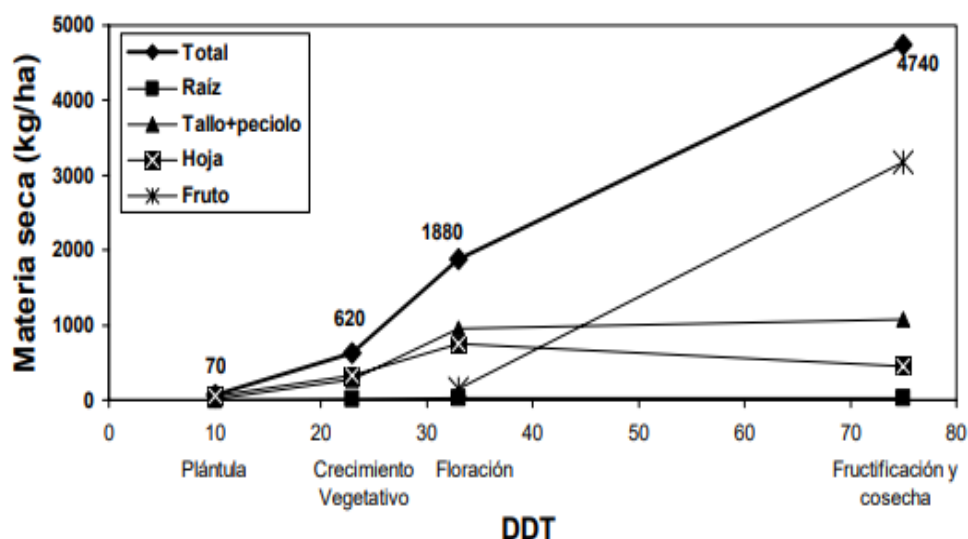
Según SQM Soluciones para el Desarrollo Humano (2018), la extensión de cada etapa fenológica del pepino puede variar considerablemente. Esta variación depende del tipo de pepino cultivado (Caipira, Aodai, japonés o de Conserva) y del sistema de manejo empleado (a campo abierto o en invernadero, tutorado o rastrero). En el pepino las fases de desarrollo no están claramente delimitadas, sino que se superponen. Una vez que comienza la floración, el crecimiento vegetativo, la floración y fructificación, y la maduración de los frutos tienen lugar de manera simultánea. El proceso de envejecimiento de la planta (senescencia) se inicia incluso mientras el cultivo sigue produciendo, porque esta disminuye gradualmente.

Por su parte, Navarrete (2005), describe la dinámica de crecimiento de la planta mediante una curva que representa la acumulación de biomasa, medida como peso seco a lo largo del tiempo. El período de mayor acumulación total de materia seca se observó durante la fase de fructificación y cosecha, representando aproximadamente el 60% del total. No obstante, la velocidad máxima de acumulación, es decir, la tasa diaria más alta, se registró entre los 23 y 33 días después del trasplante (DDT). En este intervalo, la

pendiente de la curva de crecimiento fue más pronunciada (Figura 7), indicando una acumulación de 126 kg de materia seca por hectárea cada día.

Figura 9

Curvas de acumulación de materia seca por órgano y etapa en el cultivo de pepino en Zamorano, 2005.



Nota: en la figura se aprecia el conteido de materia seca (kg/ha) en diferentes partes de la planta de pepino, en sus diferentes estados fenológicos. Tomado de Navarrete (2005).

2.1.2.4 Siembra

De acuerdo con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA (2025), la separación recomendada para las plantas de pepino es de 40 cm dentro de la misma hilera, manteniendo al menos un metro de distancia entre hileras. Este espaciamiento entre plantas puede ajustarse según la cantidad de ejes (guías principales) que el productor decida manejar por planta; a mayor número de ejes, se requiere una mayor distancia sobre la hilera, siendo recomendable un máximo de tres ejes.

La siembra se realiza de forma directa en surcos, colocando las semillas a una distancia de 50 a 60 cm entre plantas y separando los surcos por 120 cm. Aproximadamente a los quince días de la siembra, se realiza un raleo, seleccionando las dos plántulas más vigorosas por sitio y eliminando las restantes. La ventana de siembra es amplia, abarcando desde abril hasta octubre. Los frutos presentan variaciones en su epidermis, pudiendo ser de superficie lisa o rugosa. Es importante destacar que este cultivo requiere rotación, por lo que no debe sembrarse nuevamente en el mismo terreno antes de que transcurran al menos tres años (Royal Horticultural Society RHS, 2026).

2.1.2.5 Fertilización

Según datos de la Secretaría de Agricultura y Ganadería SAG (2005), un cultivo de pepino extrae del suelo, por cada manzana cultivada, aproximadamente 40 kg de nitrógeno (N), 30 kg de fósforo (P) y 60 kg de potasio (K). Sin embargo, para mantener una productividad óptima, los requerimientos nutricionales reales que deben ser aportados son mayores, estimándose en 35 kg de nitrógeno, 95 kg de fósforo y 100 kg de potasio por manzana.

Por otro lado, Navarrete (2005) observa que la concentración de nitrógeno (N) y fósforo (P) en los tejidos vegetativos disminuye a lo largo del ciclo a medida que la planta se desarrolla, mientras que aumenta en los frutos. Este comportamiento revela que la planta redistribuye estos nutrientes móviles desde las hojas y tallos hacia los órganos de mayor demanda metabólica, como los frutos en desarrollo. No todos los nutrientes presentan esta movilidad. El calcio (Ca), por ejemplo, muestra una tendencia diferente: su concentración en la planta decrece durante las primeras tres etapas, pero experimenta un incremento notable durante la fructificación y cosecha. A pesar de esto, la concentración final de calcio en el fruto es muy baja, lo que confirma su limitada movilidad dentro de la planta y su difícil translocación hacia este órgano (Tabla 10).

Tabla 10

Análisis de tejido en el cultivo de pepino por etapa en la E.A.P, Zamorano, 2005.

Parámetro	Plántula	Crecimiento vegetativo	Floración	Fructificación y cosecha	Frutos (33-75 DDT)
DDT*	10	23	33	75	33-75
N (%)	4.36	3.27	2.68	1.96	3.09
P (%)	0.86	0.81	0.92	0.76	0.90
K (%)	5.00	5.20	5.46	5.07	6.36
Ca (%)	1.88	1.64	1.61	3.17	0.45
Mg (%)	0.44	0.45	0.51	0.46	0.32
S (%)	0.35	0.46	0.09	0.36	0.34
Cu (ppm)	14	15	16	29	10
Fe (ppm)	159	228	195	260	50
Mn (ppm)	45	66	71	46	18
Zn (ppm)	38	49	46	28	43
B (ppm)	20	39	28	42	26

Nota: DDT (Días después del transplante). Los valores de "Frutos" corresponden a frutos acumulados entre el día 33 y 75 (etapa de fructificación y cosecha). Tomado de: Navarrete (2005).

Según lo detallado por Zamora (2017), las concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en la planta de pepino se determinaron mediante un análisis de tejido vegetal, específicamente tomando muestras de los pecíolos de las hojas. Por otro lado, el resto de los micronutrientes y elementos fueron cuantificados a partir de los análisis realizados directamente en las láminas foliares (Tabla 11).

Tabla 11
Contenido de nutrientes a nivel foliar en el cultivo de pepino.

Elemento	(%)	Concentración en tejidos (ppm)
NO ₃ -N	2.5 – 4.5 %	—
PO ₄ -P	0.3 – 0.7 %	—
K	2.5 – 4.0 %	—
Ca	2.5 – 5.0 %	—
Mg	0.3 – 1.5 %	—
S	0.3 – 1.0 %	—
Na	0.0 – 0.35%	—
Cl	0.0 – 1.5 %	—
Fe	—	50 – 300
Zn	—	20 – 100
Cu	—	8 – 20
Mn	—	60 – 400
Mo	—	0.5 – 2
B	—	30 – 70

Tomado de: Zamora (2017).

Arias (2007), destaca que en la fertilización del pepino es crucial mantener un equilibrio entre todos los nutrientes esenciales para su óptimo desarrollo. No obstante, subraya que un manejo adecuado del riego es incluso más determinante que la fertilización en sí, ya que actúa como el vehículo principal a través del cual la planta accede a los nutrientes del suelo. De hecho, el agua se considera el "nutriente" más importante. Un riego excesivo puede provocar la pérdida de nutrientes por lixiviación y dilución, mientras que un riego insuficiente limita directamente su disponibilidad para la planta.

Navarrete (2005), observó que la absorción de nutrientes como N, P, K, Ca, Cu y Zn por el cultivo de pepino fue progresiva a lo largo de sus cuatro etapas fenológicas. El período de mayor absorción, que representó el 63% del total, ocurrió entre los 33 y 75

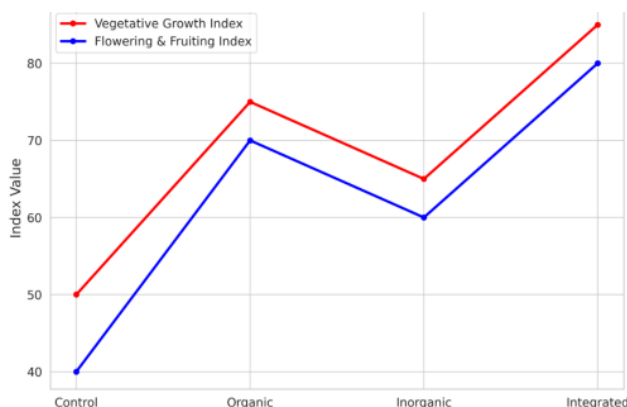
días después del trasplante (DDT). La fase de fructificación y cosecha (34-75 DDT) fue la de mayor demanda nutricional, coincidiendo con la acumulación del 60% de la materia seca total. Dentro de los nutrientes, el potasio fue el más demandado, dada su alta concentración tanto en los frutos como en el resto de la planta.

Por su parte, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA (2025), recomienda basar cualquier plan de fertilización en los resultados de un análisis de suelo para evitar posibles toxicidades por exceso. Respecto a la fertilización foliar, esta debe responder a la sintomatología específica de la planta. En términos generales, se sugieren aplicaciones de aminoácidos durante primaveras frías. Al inicio de la floración, se recomiendan aplicaciones de calcio, boro y zinc para favorecer una buena cuajada, continuando hasta la formación de los primeros frutos. Durante el crecimiento del fruto, el potasio adquiere una importancia crítica. Dado que el cultivo presenta flores y frutos en diversos estados de desarrollo de manera simultánea, es aconsejable realizar estas aplicaciones de manera sucesiva cada 7 a 15 días, ajustando la frecuencia según el estado general del cultivo.

Finalmente, Singh et al. (2020), encontraron que el uso de métodos de fertilización orgánica e integrada mejora la concentración de azúcares en los frutos de pepino y reduce la acumulación de nitratos. Sus hallazgos sugieren que la combinación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos puede conducir a un sistema de cultivo más sostenible, generando beneficios ecológicos adicionales a largo plazo.

Figura 10

Impacto de los tratamientos de fertilizantes en el crecimiento del pepino.



Nota: en la figura se aprecia el efecto de diferentes tratamientos de fertilizantes sobre el cultivo de pepino. Tomado de: Singh et al. (2020).

2.1.2.6 Cosecha

De acuerdo con el IICA (2025), el criterio de cosecha para el pepino difiere según el tipo de variedad cultivada. En el caso de los pepinos tipo Alaska (Partenocárpicos), el punto óptimo de corte se alcanza cuando el fruto mide aproximadamente 40 centímetros de longitud. Por el contrario, las variedades tradicionales con semillas suelen ser de menor tamaño, por lo que se cosechan al llegar a los 30 centímetros. Independientemente de la variedad, un indicador clave para identificar frutos pasados es la pérdida del característico color verde intenso. Si los pepinos adquieren un tono verde pálido o comienzan a amarillear, se consideran sobremaduros y pierden su valor comercial. Sin embargo, es importante recolectarlos de todos modos para evitar que su permanencia en la planta acelere el agotamiento general del cultivo.

El pepino suele alcanzar su punto óptimo de cosecha transcurridos entre 50 y 70 días desde la siembra. En ese momento, los frutos presentan un tamaño firme y uniforme generalmente entre 20 y 30 centímetros de largo, una piel de color verde brillante y una textura turgente. Es fundamental realizar la recolección antes de que la piel comience a amarillear o que el sabor se torne amargo, señales inequívocas de que el fruto ha entrado en sobremaduración. La recolección debe ser frecuente, idealmente cada 2 a 4 días, para evitar que frutos pasados afecten la producción nueva. Se realiza de forma manual, cortando cuidadosamente el pedúnculo con un cuchillo o tijera de podar para no dañar la planta y así favorecer la emisión de nuevos frutos (Hernández, 2024).

2.2 TRABAJOS RELACIONADOS

Esawy et al. (2009), llevaron a cabo un estudio con el propósito de analizar cómo tres tipos diferentes de compost (provenientes de residuos vegetales, animales y mixtos) afectaban a las plantas de pepino y las propiedades del suelo cuando se combinaban con fertilizantes nitrogenados minerales. Los datos revelaron que el compost maduro de origen vegetal presentaba mejores características: una saturación más alta (porcentaje no especificado, pero superior), una relación carbono-nitrógeno más baja, junto con valores menores de pH, conductividad eléctrica y densidad aparente en comparación con los compost de origen animal o mixto. En cuanto al rendimiento, el tratamiento que mezcló un 75% de nitrógeno mineral con un 25% de nitrógeno orgánico superó a todas las demás

opciones durante el experimento, especialmente en las parcelas enriquecidas con compost vegetal a lo largo de dos veranos consecutivos.

León (2015), se propuso ofrecer una alternativa de producción orgánica y sustentable en la zona de Quevedo. Su investigación evaluó el impacto de dos biofertilizantes (Caldo súper 4 y un biol a base de leguminosas) en tres dosis distintas (45, 90 y 135 l/ha) sobre el rendimiento del pepino. Los resultados mostraron que, si bien no hubo diferencias estadísticamente significativas en el tiempo que tardó la planta en florecer, formar frutos o llegar a la cosecha, la dosis más alta (135 l/ha) fue la que generó el mejor desarrollo vegetal, las características más favorables en los frutos y el mayor rendimiento, lo que a su vez se tradujo en una mayor utilidad marginal para el productor.

Diédhiou (2017), se planteó como objetivo comparar el comportamiento del cultivo de pepino bajo tres sistemas distintos (campo abierto, macro-túnel y malla sombra) y con diferentes fuentes de fertilización orgánica (lombricomposta, composta, estiércol bovino y ovino), enfrentándolas a un testigo con fertilización química. Los mayores rendimientos se obtuvieron, en efecto, con la fertilización química: 23.434 kg m⁻² en macro-túnel, 18.79 kg m⁻² bajo malla sombra y 19.59 kg m⁻² a cielo abierto. Sin embargo, en términos de rentabilidad, los abonos orgánicos destacaron: el estiércol ovino logró una relación beneficio-coste de \$30.69 en macro-túnel y \$14.67 en malla sombra, mientras que en campo abierto el estiércol bovino registró \$9.16. Todos los frutos presentaron valores de mayores de 6.5 y 16.5 cm en diámetro y longitud.

Valdez et al. (2018), evaluaron cómo respondía el pepino a cinco tratamientos con abonos orgánicos, comparándolos con un testigo químico. A los 55 días después de la siembra, observaron diferencias significativas en la altura de las plantas entre los tratamientos orgánicos y el control, aunque estas desaparecieron a los 99 días. En cuanto al rendimiento final, la combinación de pellet de gallinaza con fertilizante químico (58.30 t ha⁻¹) y el tratamiento puramente químico (54.92 t ha⁻¹) fueron los más productivos, pero no se encontró una diferencia estadística significativa entre el uso solo de pellet de gallinaza y el fertilizante químico, lo que confirma la viabilidad de la fertilización orgánica.

Diédhiou et al. (2019), tuvieron como objetivo medir la respuesta agronómica del pepino ante abonos orgánicos en sistemas de campo abierto, macro-túnel y malla sombra. La metodología integró fuentes como lombricomposta y estiércoles bovino y ovino, ajustados a los requerimientos del cultivo. Los resultados indicaron que, si bien la fertilización química en macro-túnel dio el mayor rendimiento por área (23,43 kg/m²), los abonos orgánicos produjeron frutos más robustos; el estiércol bovino registró masas frescas de 481,08 g, superando los 396,28 g de la fertilización química tradicional, lo que resalta la calidad física lograda con insumos naturales.

Singh, et al. (2020), realizaron un ensayo con diez tratamientos de manejo integrado de nutrientes. El tratamiento que combinó un 75% de la dosis de fertilizante recomendada (RDF) con un 12.5% de estiércol (FYM) y un 12.5% de vermicompost (VCha⁻¹) resultó ser claramente superior. para estudiar el efecto de la gestión integrada de nutrientes en el crecimiento, el rendimiento y la calidad del pepino. En general, según la observación anterior, el mayor rendimiento (148,88 q ha⁻¹) de frutos tiernos verdes se registró con una dosis combinada de diferentes fuentes orgánicas e inorgánicas de nutrientes, como 75 % RDF + 12,5 % FYM + 12,5 % VCha⁻¹, y el rendimiento mínimo (93,33 q ha⁻¹) de frutos tiernos verdes se observó en el control.

Orluchukwu y Confidence (2022), con el fin de estudiar los efectos de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos sobre el crecimiento y el rendimiento del pepino, implementó cuatro tratamientos. Los tratamientos incluyeron control (sin aplicación), NPK 15:15:15, sustrato de setas usado y estiércol de aves de corral. Los resultados mostraron que las parcelas con estiércol avícola tuvieron un efecto significativo en la longitud de la vid, el número de hojas y el área foliar a las 6 semanas después de la siembra (WAP) y a las 8 WAP, en la cual se reportó que el mayor número de frutos fue 15 000 por hectárea, y el peso más alto de los frutos fue de 2650 kg/ha, lo que fue superior al NPK 15:15:15 (783,33 kg/ha) y al sustrato de setas usado (316,67 kg/ha).

Muñoz (2022), analizó el objetivo de determinar cómo la poda y la fertilización afectan la calidad y el rendimiento económico del cultivo. La metodología empleó un arreglo factorial que cruzó tres tipos de poda con diversas dosis de nutrientes. Los resultados evidenciaron que el tratamiento sin poda y con dosis de fertilización optimizada fue el más exitoso, alcanzando un rendimiento de 9197,70 kg/ha, frutos de

25,20 cm y un promedio de 23 unidades por planta, logrando una rentabilidad neta de \$0,94 por cada dólar invertido, confirmando que un manejo menos invasivo potencia la productividad.

Chusin y Zambrano (2023), en su evaluación tuvieron como objetivo medir la productividad del pepino utilizando humus de lombriz comparado con métodos convencionales. La metodología analizó variables vegetativas y de cosecha en dos periodos sucesivos. Los resultados arrojaron que el humus de lombriz permitió obtener un rendimiento acumulado de 16775 kg/ha, con frutos de 21,83 cm de largo y un peso de 0,40 kg en la segunda etapa. Este tratamiento no solo mejoró la producción física, sino que reportó un beneficio neto de \$2760 y una rentabilidad del 193%, siendo la opción más económica y productiva.

Mohamed et al. (2023), plantearon como objetivo comparar el desempeño de un fertilizante orgánico comercial (Elkhaseeb, derivado de estiércol vacuno) frente a insumos químicos tradicionales en el cultivo de pepino bajo invernadero. La metodología consistió en un experimento de cuatro brazos que incluyó un control, fertilización inorgánica, orgánica (15 t/ha) y un modelo mixto (orgánico más 86 kg/ha de urea). Los resultados determinaron que la integración de ambas fuentes supera a cualquier tratamiento individual, alcanzando una producción de 823,53 kg/ha, cifra significativamente mayor a los 732,03 kg/ha del sistema puramente orgánico y a los 447,7 kg/ha del químico, consolidando la fertilización combinada como la estrategia más eficiente.

Tambo et al. (2023), tuvo como objetivo contrastar el rendimiento del pepino híbrido "Diamante" bajo dos regímenes de nutrición: uno orgánico basado en Biol y uno químico con Yaramila. La metodología empleó un diseño experimental simple en invernadero con 9 camas de cultivo, donde se alternaron los tratamientos para realizar un análisis estadístico comparativo. En cuanto a los resultados, se halló que el sistema químico obtuvo 78 frutos frente a los 65 del sistema orgánico; no obstante, las dimensiones físicas fueron sumamente similares, registrando el grupo de Yaramila un promedio de 25,19 cm de largo y 424,72 g de peso, mientras que el grupo con Biol alcanzó 24,75 cm y 420,95 g, demostrando que el abono orgánico mantiene estándares competitivos de calidad.

Mazea et al. (2023), plantearon evaluar el uso de Azolla como biofertilizante para reducir la dependencia de minerales en cucurbitáceas. La metodología aplicó dosis de NPK al 100%, 75% y 50% con y sin la adición de 5 g de Azolla por planta. Los resultados revelaron que la combinación de 75% NPK con Azolla superó en calidad y contenido de nutrientes al uso del 100% NPK solo, duplicando prácticamente el beneficio neto y demostrando que la Azolla actúa como un potente catalizador de la absorción de nutrientes, permitiendo reducir costos químicos.

Pilla et al. (2025), con el objetivo de evaluar el efecto de diversos abonos orgánicos en la productividad del pepino en invernadero, esta investigación utilizó una metodología de diseño completamente al azar con cuatro tratamientos: testigo, compost, bocashi y humus de lombriz. Los resultados posicionaron al humus de lombriz como el tratamiento superior en todas las variables, logrando plantas de 341,5 cm de altura y tallos de 6,73 mm a los 60 días, además de una floración temprana a los 44,5 días. Los frutos de este grupo destacaron con una longitud de 25,51 cm y un peso de 480,75 g, obteniendo la mayor rentabilidad con un beneficio/costo de 2,03.

Ortiz et al. (2025), tuvieron como objetivo comparar la eficacia del biol líquido en diferentes dosis frente a la urea y la fertilización química completa en la variedad Centauro 1. La metodología se basó en un diseño aleatorio con aplicaciones de Biol al 3%, Biol al 7%, nitrógeno (urea) y un compuesto completo. Los resultados subrayaron el potencial del Biol al 7%, el cual generó un rendimiento total de 272,59 kg (34,07 kg por lecho), superando en eficiencia al tratamiento nitrogenado. Aunque el químico produjo frutos de mayor peso individual, los tratamientos orgánicos mantuvieron una calidad comparable con longitudes de 26,51 cm y pesos de 0,4309 kg, validando al biol como un sustituto ecológico de alto rendimiento.

Mendoza et al. (2025), al identificar una mezcla de fertilizantes que optimizara la nutrición del cultivo reduciendo la carga química ambiental. La metodología evaluó tres niveles de combinación orgánica e inorgánica frente a un testigo 100% químico, analizando parámetros fisiológicos y de calidad. Los resultados favorecieron la mezcla de 65% orgánico y 35% inorgánico, que alcanzó la mayor altura de planta (355 cm), mayor peso fresco (326,37 g) y frutos de 25,1 cm de largo, demostrando que es posible disminuir costos de producción y contaminación sin comprometer los indicadores físicos

del pepino.

Salazar (2025), con el objetivo de evaluar el impacto de niveles crecientes de nitrógeno, esta investigación utilizó una metodología de bloques completos al azar con dosis de 0 a 120 kg/ha de N. Los resultados confirmaron una respuesta lineal positiva, donde la dosis de 120 kg/ha maximizó todos los parámetros: altura de 85 cm, 20,17 flores y 8,67 frutos por planta, con un peso promedio de 598 g y longitud de 28 cm. Estos valores superaron ampliamente al control y a las dosis bajas, demostrando que el nitrógeno es el motor principal del crecimiento y rendimiento del pepino.

Morán y Tubay (2025) con el objetivo de determinar la eficacia de fertilizantes químicos de alta tecnología en diferentes dosis. La metodología combinó tres productos (Yara Abotek, Completo y Amídico) con dosis de 300 a 400 kg/ha en un diseño DBCA. Los resultados señalaron que el fertilizante Yara Abotek fue el más eficiente, logrando con la dosis de 400 kg/ha un rendimiento de 43232,46 kg/ha y un beneficio de \$6.987,85 USD/ha, con una tasa de retorno marginal del 258,97%, superando a las fórmulas tradicionales en rentabilidad y vigor de planta.

Dewi (2025), con el objetivo del estudio fue analizar el efecto interactivo de abonos fermentados de cáscara de plátano y de *Azolla microphylla* en el desarrollo del pepino. La metodología consistió en un diseño factorial con dosis variables para cada insumo. Los resultados indicaron que, aunque no hubo un efecto de interacción estadística entre ambos, la aplicación independiente de *Azolla microphylla* resultó en un crecimiento y rendimiento superior, mejorando sistemáticamente la biomasa y la carga de frutos, lo que la posiciona como un insumo orgánico clave para la fertilización del cultivo.

CAPÍTULO III

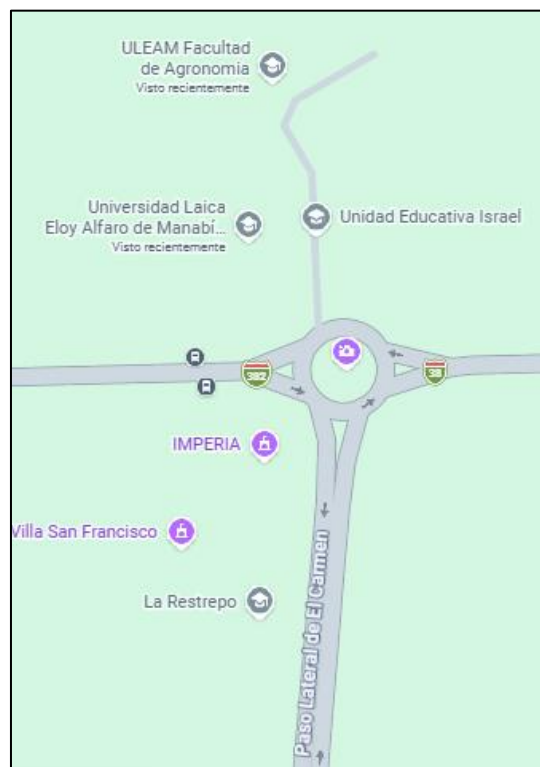
3. METODOLOGÍA

3.1 Ubicación y duración

El presente estudio se llevó a cabo en la granja experimental Rio Suma perteneciente a la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, misma que cuenta con la siguiente ubicación GPS: Latitud: $0^{\circ}15' S$ y Longitud: $79^{\circ}26' O$ (Figura 11). El estudio tuvo una duración de 3 meses, en época de seca.

Figura 11

Ubicación espacial del sito del ensayo experimental.



3.1.1 Datos climáticos

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón El Carmen (2023), a través del Plan de Ordenamiento Territorial elaborado el mismo año, detalla las características climáticas del cantón El Carmen, en el cual se implementó la investigación

(Tabla 12).

Tabla 12

Condiciones climáticas del cantón El Carmen.

Parámetro	Descripción y Valores
Clasificación Climática	Tropical Mega-térmico Húmedo, caracterizado por ser cálido y con alta retención de humedad.
Temperatura Promedio	Entre 23°C y 26°C. Es un rango térmico estable que favorece el metabolismo constante del cultivo.
Precipitación Anual	Elevada, con rangos de 2.000 mm a 3.000 mm. Es de las zonas con mayor pluviosidad de la provincia.
Humedad Relativa	Generalmente superior al 80%. Factor crítico para el desarrollo de la <i>Azolla</i> y el manejo fitosanitario del pepino.
Altitud	Aproximadamente entre 200 y 300 m.s.n.m., ubicándose en una zona de transición costa-estribación.

3.2 Variables de estudio

3.2.1 Variables independientes

- Efluente del cultivo de *Azolla spp.*

3.2.2 Variables dependientes

- Altura de planta (15 y 30 días)
- Diámetro de tallo (15 y 30 días)
- Número de hojas (15 y 30 días)
- Número de frutos cosechados
- Diámetro del fruto
- Longitud de fruto
- Peso del fruto (g)
- Rendimiento (kg.ha⁻¹)
- Análisis económico
- Contenido nutricional del efluente evaluado

3.3 Tratamientos

En la Tabla 13, se detalla los tratamientos evaluados en la presente investigación, que corresponde a días a la aplicación de efluente del cultivo de *Azolla anabaena*:

Tabla 13

Descripción de los tratamientos evaluados.

Simbología	Descripción
T1	Testigo
T2	15 días
T3	30 días
T4	45 días

3.4 Características de las unidades experimentales

- Número de tratamientos: 4
- Número de repeticiones: 5
- Distancia entre plantas: 0,50 m
- Distancia entre hileras: 0,80 m
- Plantas por tratamiento: 5 plantas.

Figura 12

Características de la unidad experimental.

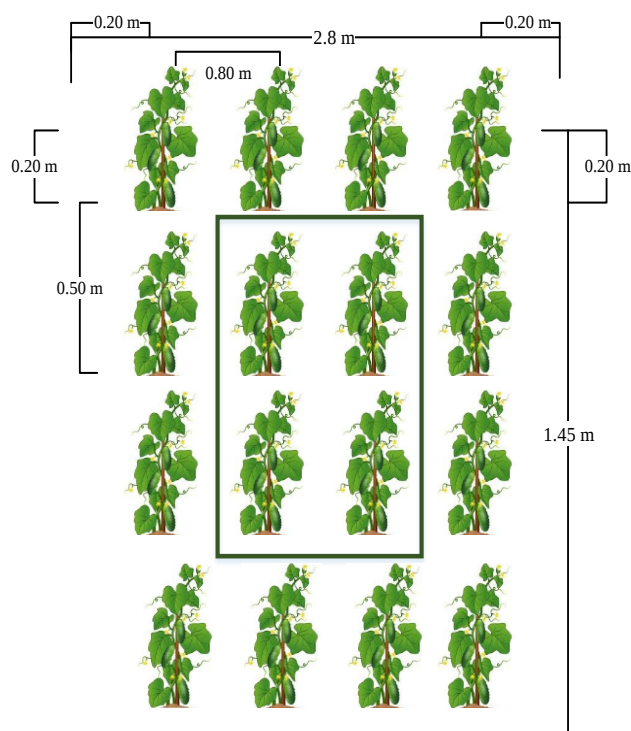


Figura 13

Disposición de los tratamientos en el sitio del ensayo experimental.



3.5 Datos tomados y métodos de evaluación

- **Altura de planta (cm):** la medición se realizó desde la base del tallo principal hasta el ápice o punto de crecimiento más alto de la planta, empleando una cinta métrica graduada en centímetros, cada 15 días después del trasplante.
- **Diámetro del tallo (mm):** Se utilizó un calibrador digital para garantizar una medición precisa, expresada en milímetros. La toma de datos se realizó siempre en un punto fijo de la base del tallo, con el propósito de estandarizar el procedimiento.
- **Número de hojas:** Consistió en un conteo directo de todas las hojas verdaderas completamente desarrolladas en cada planta a los 15 y 30 días después del trasplante.
- **Diámetro del fruto (cm) desde su primera cosecha:** La toma de datos de esta variable se realizó considerando que el fruto tuviera su promedio comercial, con la ayuda de un calibrador se procedió a medir todos los frutos cosechados planta dentro de la parcela útil de cada tratamiento.
- **Longitud del fruto (cm):** De igual manera se tomó los datos en consideración a la cosecha, para este también se utilizó el calibrador. En esta variable se realizó midiendo de extremo a extremo del fruto para obtener los datos y sacar el promedio de esta variable, tanto de manera semanal como total de todas las cosechas obtenidas.
- **Peso del fruto (g) y rendimiento en kg:** Para esta variable se tomó el peso en gramos con una balanza digital de manera individual de cada uno de los frutos obtenidos en

los tratamientos y se realizó una suma para considerar cuántos kilos producían cada tratamiento de estudio. Esto se realizó de manera semanal y al final del ciclo productivo se realizó la suma total de kilos de ambos tratamientos para obtener el rendimiento en kg como el promedio de peso por fruto.

- **Número de frutos (unidad):** En esta variable se realizó el conteo de frutos por planta, por parcela y grupal para realizar la comparación en rendimiento de ambos tratamientos.
- **Análisis económico:** Se empleó un presupuesto de manera parcial, considerando que los costos fueron de una sola producción, se tomó en cuenta los costos fijos y variables, lo cual se empleó en un solo ciclo de producción.

3.6 Análisis estadístico

Se empleó un análisis de varianza (ADEVA). Para comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5%. Los datos recabados fueron procesados mediante el uso del software Infostat.

3.7 Diseño experimental

Se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar, el cual contó con cuatro tratamientos y cinco repeticiones (Tabla 14).

Tabla 14
Descripción de los tratamientos evaluados.

F.V.	gl
Tratamientos	3
Repeticiones	4
Error	12
Total	19

3.8 Manejo del cultivo

Producción de la Azolla: El proceso inició con la construcción de contenedores (Tanques partidos) con una profundidad de agua de 20 cm, donde se incorporó una capa de suelo fértil o sustrato orgánico en el fondo para facilitar la liberación gradual de nutrientes. La

siembra se realizó esparciendo un inóculo fresco sobre la superficie a una densidad aproximada de 0,5 kg por tanque; durante el cultivo.

Preparación del sustrato: Se realizó utilizando los siguientes porcentajes para realizar el sustrato: tierra 60 %, humus 20 % y estiércol bovino 20 % esto fue mezclado mecánicamente hasta quedar homogéneo.

Siembra: Se colocó las semillas en una bandeja semillero, de 2 semillas por compartimiento para hacer el pregerminado, colocando la bandeja de semillero bajo un plástico para mantener la condición térmica. Después se retiró el plástico, cuando el 80% de las plantas se encontraban germinadas. El trasplante se realizó sembrando cada plántula en el suelo a una profundidad de 6 cm haciendo aporcado, las cuales se colocaron en una distancia de (50 cm x 80 cm).

Tutorado: Consistió en colocar en los extremos de las líneas del cultivo postes de caña de 2 m en forma vertical, para soportar el peso de las plantas, se templó hilos de alambre galvanizado en los extremos de las líneas del cultivo. Una vez instaladas las líneas principales el paso siguiente fue amarrar desde el tallo de la planta, utilizando piola de polietileno, y sujetándola al alambre para realizar un tutorado firme, sin lastimar ni ahogar el tallo.

Poda: Se efectuó dos veces por semana en el cual consistía en la eliminación de brotes, hojas secas y afectadas, eliminación de frutos deformes.

Riego: El riego se realizó 3 veces por semana de manera manual con regaderas constatando que quede en capacidad de campo.

Fertilización: La fertilización orgánica se realizó con efluente de *Azolla anabaena*, utilizando una dosis de 100 ml por planta, de acuerdo con los tratamientos descrito en la Tabla 12.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Variables agronómicas

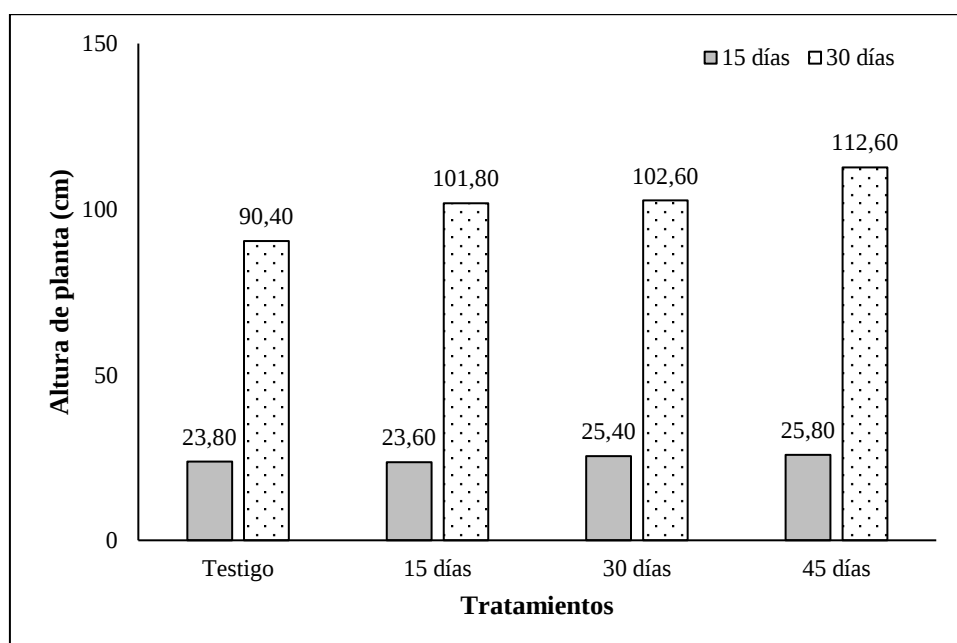
4.1.1 Altura de planta

En el anexo 1, se reportan los resultados de análisis de varianza para la presente variable, en el cual se aprecia que no hubo diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos evaluados, a los 15 y 30 días después de la siembra de pepino en campo definitivo.

El promedio general de altura de planta a los 15 días fue de 24,65cm y a los 30 días de 101,85cm. En la primera medición, el testigo registró 23,80 cm, el tratamiento de 15 días obtuvo 23,60 cm, el de 30 días llegó a 25,40 cm; para la segunda evaluación, esas cifras subieron a 90,40 cm, 101,80 cm, 102,60 cm y 112,60 cm en el mismo orden (Figura 14).

Figura 14

Promedios de altura de planta a los 15 y 30 días después del transplante.



Desde el punto de vista agronómico, la aplicación de estos biofertilizantes no generó un efecto claro sobre el desarrollo del pepino bajo las condiciones ensayadas, y el hecho de que todos los tratamientos se comportaran de manera bastante parecida. Resultado que son superiores a lo obtenido por Salazar (2025), quien con la dosis de 120 kg/ha de N tuvo alturas de 85 cm, Pero muy inferiores a los logrados por Pilla et al. (2025), quienes evaluaron abonos orgánicos en la productividad del pepino, con excelentes resultados con el uso humus de lombriz, logrando plantas de 341,5 cm de altura a los 60 días,

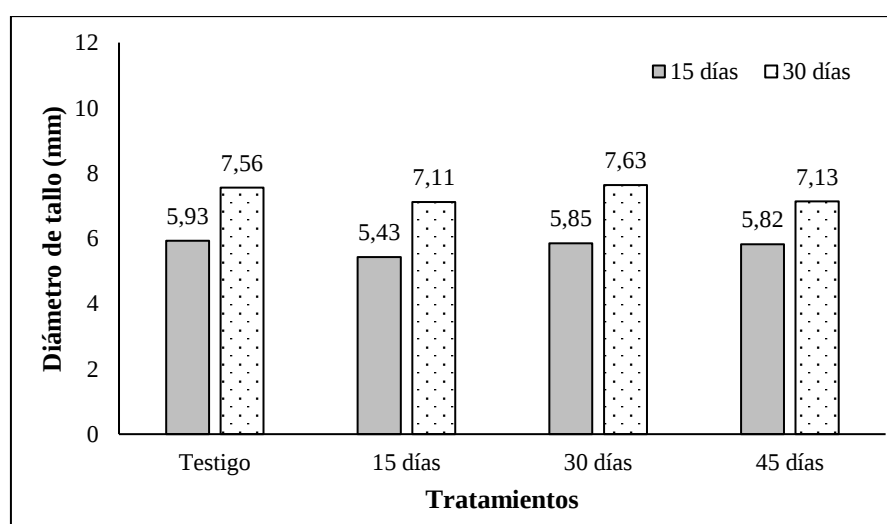
4.1.2 Diámetro de tallo

En los resultados de análisis de varianza ADEVA para la variable diámetro de tallo (Anexo 2), se aprecia que no hubo diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos evaluados, a los 15 y 30 días después de la siembra de pepino en campo definitivo.

Al observar los promedios de diámetro de tallo a los 15 y 30 días, se nota un crecimiento progresivo en todos los tratamientos, pero sin diferencias claras entre ellos. En la primera medición, el testigo registró 5,93 mm, el tratamiento de los 15 días 5,43 mm, el de 30 días 5,85 mm, y el de 45 días 5,82 mm; a los 30 días, esos valores subieron a 7,56 mm, 7,11 mm, 7,63 mm y 7,13 mm, respectivamente (Figura 15).

Figura 15

Promedios de diámetro de tallo a los 15 y 30 días después del transplante.



Esto sugiere que los efluentes de *Azolla-Anabaena* no influyeron de manera determinante en el engrosamiento del tallo. Aunque numéricamente supera lo reportado por Pilla et al. (2025), quienes evaluaron abonos orgánicos en la productividad del pepino, con excelentes resultados con el uso humus de lombriz, logrando plantas tallos de 6,73 mm a los 60 días,

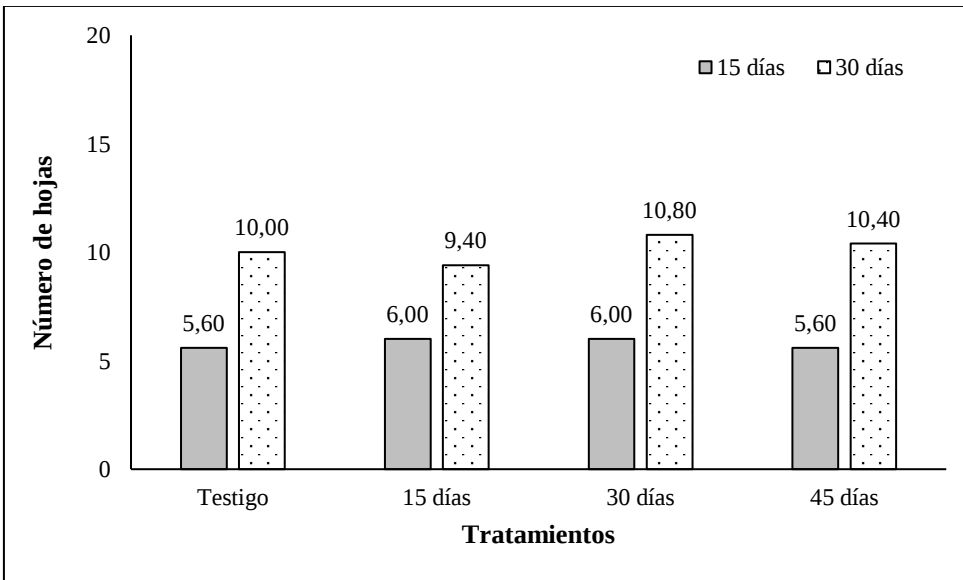
4.1.3 Número de hojas

En el reporte del análisis de varianza ADEVA para la variable número de hojas (Anexo 3), se aprecia que no hubo diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos evaluados, a los 15 y 30 días después de la siembra de pepino en campo definitivo.

Al revisar los promedios de número de hojas a los 15 y 30 días después del trasplante (Figura 16), se nota un aumento claro en todos los tratamientos a lo largo del tiempo, aunque las diferencias entre ellos resultan mínimas. En la primera evaluación, el testigo y el tratamiento de 45 días empataron con 5,60 hojas, mientras que los tratamientos de 15 y 30 días alcanzaron 6,00 hojas cada uno; para los 30 días, esos valores subieron a 10,00 hojas en el testigo, 9,40 en el de 15 días, 10,80 en el de 30 días y 10,40 en el de 45 días.

Figura 16

Promedios de número de hojas a los 15 y 30 días después del trasplante.



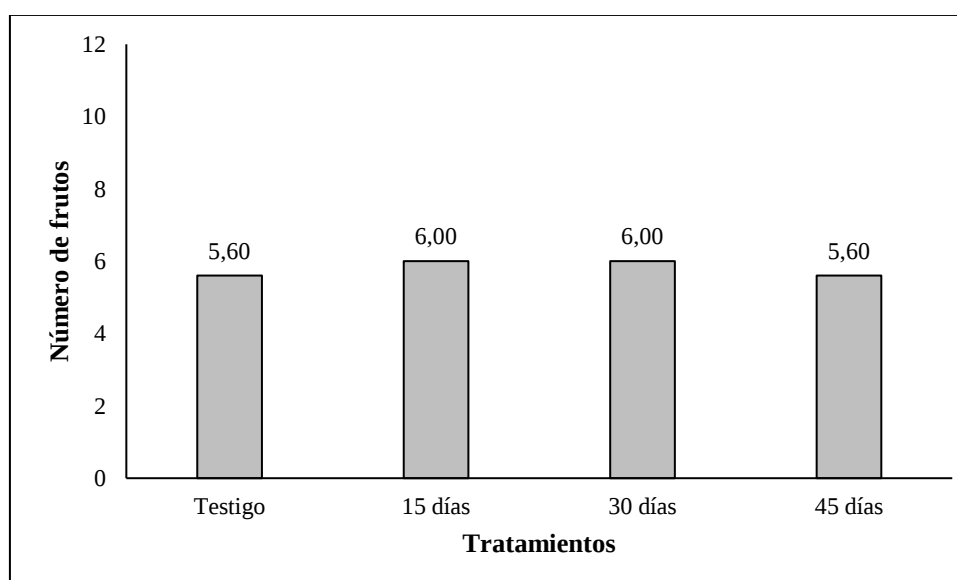
Esta homogeneidad de respuestas sugiere que, al igual que en las variables de altura y diámetro de tallo, el número de hojas no fue sensible a los efluentes en las días empleadas, resultado opuesto al logrado por Dewi (2025), quien logro con la aplicación independiente de *Azolla microphylla* en un crecimiento y rendimiento superior, mejorando sistemáticamente la biomasa.

4.1.4 Número de frutos

En el anexo 4, se reportan los resultados de análisis de varianza aplicado al número de frutos, mismo que no detectó diferencias significativas entre ellos ($p>0,05$), lo que indica que la aplicación de los biofertilizantes no influyó de manera determinante sobre el rendimiento en fruto del pepino bajo las condiciones evaluadas.

En la Figura 17, se observa los promedios de frutos cosechados por tratamiento, se nota que los valores se mantienen en un rango muy estrecho, sin que ninguno destaque claramente sobre los demás. El testigo alcanzó 5,60 frutos, el tratamiento de 15 días obtuvo 6,00, el de 30 días también llegó a 6,00 y el de 45 días registró 5,60, repitiendo el mismo comportamiento del testigo. Aunque los tratamientos con efluentes de *Azolla-Anabaena* superaron numéricamente al testigo por un margen muy reducido (apenas 0,40 frutos).

Figura 17
Promedios de número de frutos cosechados.



Esta práctica homogeneidad de resultados sugiere que, al igual que en las variables vegetativas previas, el número de frutos no fue sensible a los tratamientos. Los valores de número de fruto por planta fueron inferiores a lo registrado por Orluchukwu y Confidence (2022), quien tuvo mejores resultados en las parcelas con estiércol avícola a las 8 semanas, con el mayor número de pepinos (15 000 por hectárea). Es muy marcada la diferencia en todos los tratamientos al ser comparado con lo reportado por Muñoz (2022), quien analizó el efecto de la fertilización sobre el rendimiento económico del cultivo, logrando promedios de 23 unidades por planta,

4.2 Características del fruto

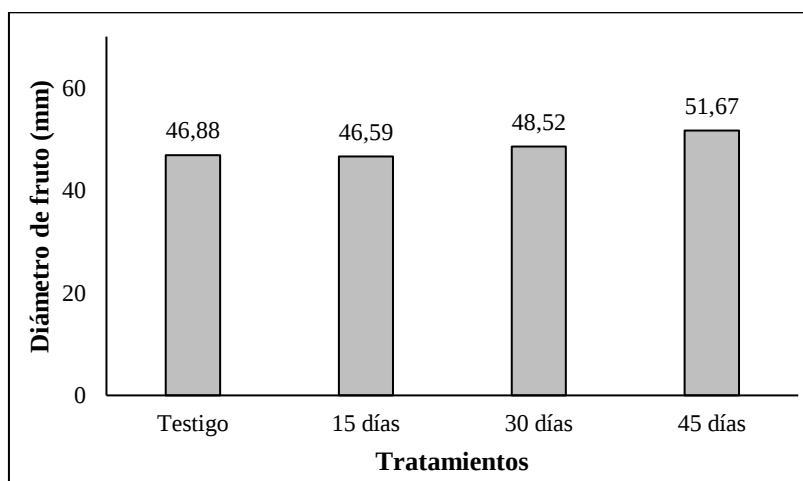
4.2.1 Diámetro de fruto

En los resultados de análisis de varianza ADEVA para la variable diámetro de fruto (Anexo 5), se aprecia que no hubo diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos evaluados, lo que indica que los efluentes de *Azolla anabaena* no ejercieron un efecto claro sobre el grosor del fruto del pepino.

Al revisar los promedios de diámetro de fruto obtenidos por tratamiento, se observa cierta variación numérica. El testigo registró 46,88 mm, el tratamiento de 15 días alcanzó 46,59 mm, el de 30 días obtuvo 48,52 mm y el de 45 días presentó el mayor valor con 51,67 mm. Si bien el tratamiento de 45 días superó al testigo en casi 5 mm.

Figura 18

Promedios de diámetro de fruto por tratamiento.



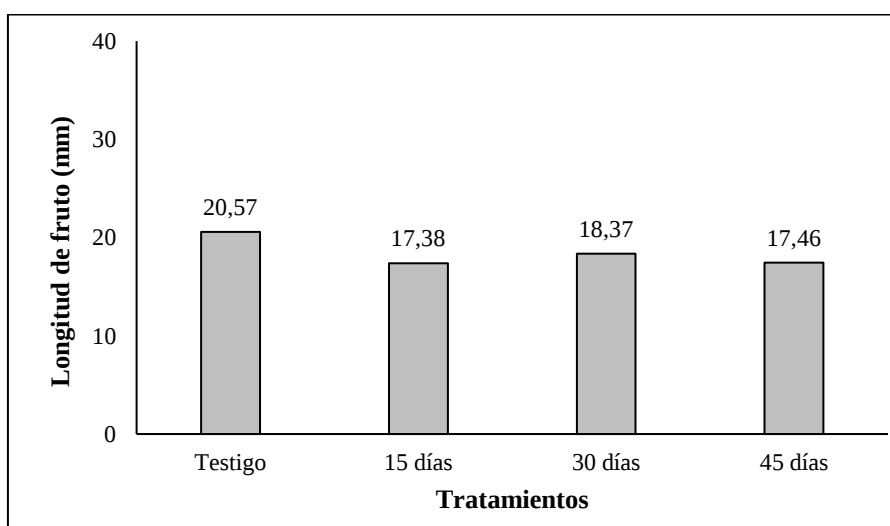
Valores reportados en la figura anterior son inferiores a los reportados por Diédhiou (2017), quien, al comparar el comportamiento del cultivo de pepino bajo con diferentes fuentes de fertilización orgánica, tuvo valores de mayores de 65,0 mm en diámetro de fruto.

4.2.2 Longitud de fruto

En el reporte del análisis de varianza ADEVA para la variable longitud de frutos (Anexo 6), se aprecia que no hubo diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos evaluados, lo que confirma que la aplicación de los biofertilizantes (Efluente de *Azolla anabaena*) no influyó de manera determinante sobre el largo del fruto en las condiciones del ensayo.

Al examinar los promedios de longitud de fruto por tratamiento, se nota que el testigo obtuvo el valor más alto con 20,57 cm, superando a los tratamientos con efluentes de *Azolla-Anabaena*, cuyos registros fueron 17,38 cm para el de 15 días, 18,37 cm para el de 30 días y 17,46 cm para el de 45 días (Figura 19). Aunque el testigo supero numéricamente al resto por un margen de entre 2 y 3 cm.

Figura 19
Promedios de longitud de fruto por tratamiento (cm).



Este comportamiento, donde el testigo incluso supera ligeramente a los tratamientos complementados (20,57 cm), mismo que es superior a lo reportado por

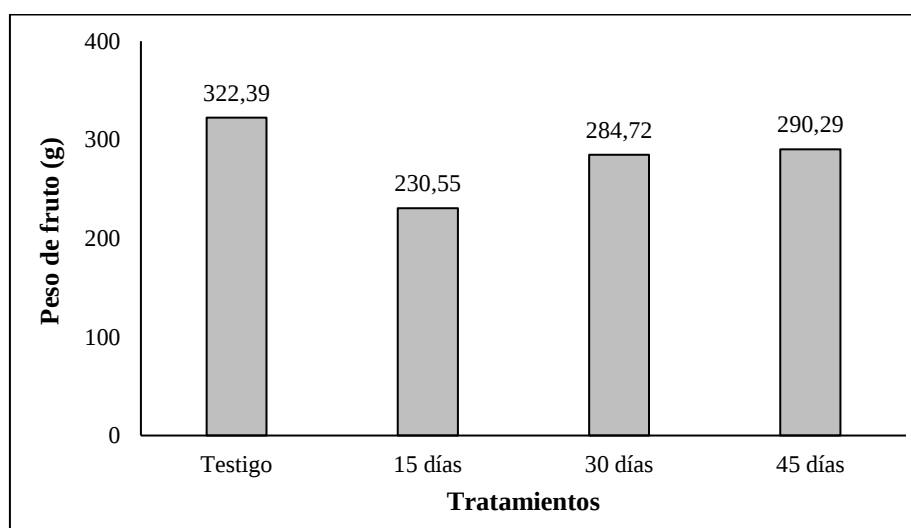
Diédhiou (2017), quien, al comparar el comportamiento del cultivo de pepino bajo con diferentes fuentes de fertilización orgánica, tuvo valores mayores de 16.5 cm en longitud de fruto. Y mayor aun si se compara con lo emitido por Muñoz (2022), quien analizó el efecto de la fertilización sobre el rendimiento económico del cultivo, logrando promedios de 25,20 cm de longitud de fruto,

4.2.3 Peso de fruto

En el anexo 7, se reportan los resultados de análisis de varianza aplicado al peso de frutos, mismo que no detectó diferencias significativas entre ellos ($p>0,05$), lo que indica que los biofertilizantes no influyeron de manera determinante sobre el peso del fruto del pepino en las condiciones evaluadas.

Al observar los promedios de peso de fruto por tratamiento, se nota que el testigo registró el valor más alto con 322,39 g, superando ampliamente a los tratamientos con efluentes de *Azolla anabaena*, cuyos pesos fueron 230,55 g para el de 15 días, 284,72 g para el de 30 días y 290,29 g para el de 45 días; aunque el tratamiento de 45 días se acercó más al testigo, con una diferencia de apenas 32 g (Figura 20).

Figura 20
Promedios de peso de fruto por tratamiento (g).



Este resultado, donde el testigo incluso supera a todos los tratamientos complementados, refuerza la tendencia observada en variables anteriores y sugiere que el

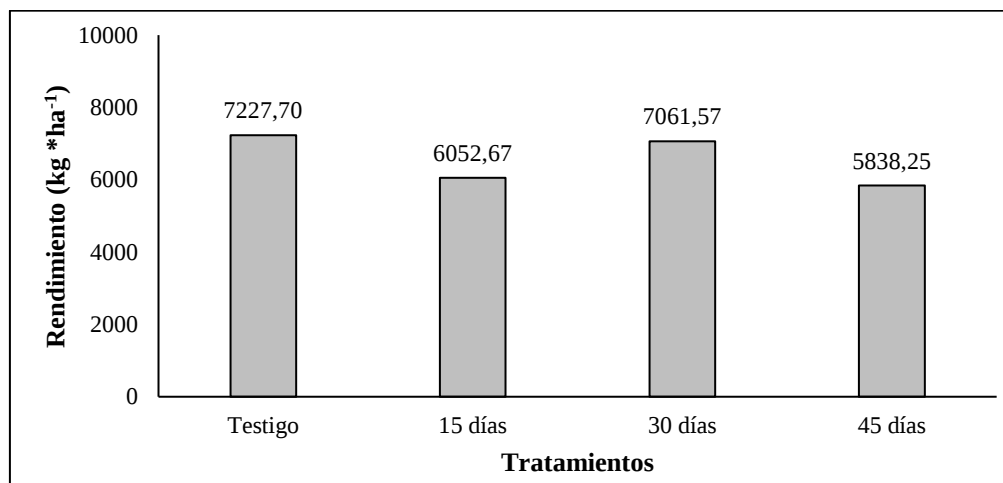
cultivo respondió de forma similar independientemente de la aplicación de los efluentes. De igual manera los valores en la figura anterior son inferiores a lo emitido por Diédhiou et al. (2019), quienes evaluaron abonos orgánicos en sistemas de campo abierto, macro-túnel y malla sombra, destacando que los abonos orgánicos produjeron frutos más robustos; sobre todo el estiércol bovino que registró un peso de 481,08 g. Chusin y Zambrano (2023), quienes al evaluar la productividad del pepino utilizando humus de lombriz reportó pesos de fruto de 400 g.

4.3 Rendimiento

En el anexo 8, se reportan los resultados de análisis de varianza aplicado al rendimiento por hectárea (kg), mismo que no detectó diferencias significativas entre ellos ($p>0,05$), lo que confirma que los efluentes de *Azolla anabaena* no influyeron de manera clara sobre el rendimiento del pepino en las condiciones evaluadas.

Figura 21

Promedios de rendimiento por tratamiento (kg ha^{-1}).



Al revisar los promedios de rendimiento por hectárea, se observa que el testigo alcanzó el valor más alto con $7227,70 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido por el tratamiento de 30 días con $7061,57 \text{ kg ha}^{-1}$, mientras que los tratamientos de 15 días y 45 días obtuvieron $6052,67 \text{ kg ha}^{-1}$ y $5838,25 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente.

Este comportamiento, donde el testigo incluso supera a los tratamientos complementados, coincide con lo observado en variables anteriores Numéricamente es

inferior a lo logrado por Valdez et al. (2018), quién evaluó abonos orgánicos, teniendo mejor rendimiento final con la combinación de pellet de gallinaza con fertilizante químico ($58.300 \text{ kg ha}^{-1}$) y el tratamiento puramente químico ($54.920 \text{ kg ha}^{-1}$) fueron los más productivos, Además, también es inferior a lo reportado por Chusin y Zambrano (2023), quienes al evaluar la productividad del pepino utilizando humus de lombriz reportó un rendimiento acumulado de 16775 kg/ha .

4.4 Análisis económico

Desde la perspectiva económica, los resultados muestran comportamientos contrastantes entre los tratamientos evaluados. El testigo, con un rendimiento de $7227,70 \text{ kg ha}^{-1}$, generó un beneficio bruto de $1011,88 \text{ USD}$ (Tabla 15), mientras que el tratamiento de 15 días alcanzó el mayor rendimiento ($11585,83 \text{ kg ha}^{-1}$) y, por ende, el beneficio bruto más elevado con $1622,02 \text{ USD}$, superando al testigo en un 60% aproximadamente. Por su parte, los tratamientos de 30 y 45 días obtuvieron rendimientos de $7061,57$ y $5838,25 \text{ kg ha}^{-1}$, con beneficios brutos de $988,62$ y $817,36 \text{ USD}$, respectivamente, ubicándose por debajo del testigo en este rubro.

Tabla 15
Costo variable y Beneficio neto de los tratamientos evaluados.

Detalle	Tratamientos			
	Testigo	15 días	30 días	45 días
Rendimiento (kilogramos por hectárea)	7227,70	11585,83	7061,57	5838,25
Rendimiento ajustado (10%)	6504,93	10427,25	6355,41	5254,43
Precio de kg (\$)	0,16	0,16	0,16	0,16
Beneficio bruto \$ USD	1011,88	1622,02	988,62	817,36
Costos variables				
Semilla \$ USD	312,50	312,50	312,50	312,50
Efluente \$ USD	0,00	120,00	130,00	140,00
Mano de obra \$ USD	0,00	45,00	45,00	45,00
Total, costos variables	312,50	477,50	487,50	497,50
Beneficio neto	\$ 2.123,56	\$ 1.144,52	\$ 1.442,01	\$ 2.139,61

El análisis de dominancia y tasa de retorno marginal permitió identificar la eficiencia relativa de cada tratamiento. El tratamiento de 15 días resultó dominante (D), ya que, pese a incrementar los costos en $165,00 \text{ USD}$, generó un beneficio neto de $1144,52$

USD, lo que representa una tasa de retorno marginal del 9322%, indicando que por cada dólar adicional invertido se obtuvieron más de 93 dólares de retorno (Tabla 16). Valores similares a lo reportado por Muñoz (2022), quien analizó el efecto de la poda y la fertilización logrando en el tratamiento sin poda y con dosis de fertilización una rentabilidad neta de \$0,94 por cada dólar invertido.

En contraste, los tratamientos de 30 y 45 días resultaron dominados (D) al presentar tasas de retorno marginal negativas (-13198% y -3644%, respectivamente), lo que significa que el aumento en los costos no fue compensado por un incremento proporcional en los beneficios netos, haciendo que estos tratamientos sean económicamente menos atractivos que el testigo.

Tabla 16
Análisis de dominancia de los tratamientos evaluados.

Tratamientos	C.V	B. N	Dominancia	Tasa de retorno marginal (%)
<i>Testigo</i>	312,50	699,38	ND	
<i>15 días</i>	477,50	1144,52	ND	9322%
<i>30 días</i>	487,50	501,12	D	-13198%
<i>45 días</i>	497,50	319,86	D	-3644%

La TMR obtenida con el T2 es superior a lo reportado por Chusin y Zambrano (2023), quienes al evaluar la productividad del pepino utilizando humus de lombriz reportó una rentabilidad del 193%, siendo la opción más económica y productiva.

4.5 Contenido nutricional del efluente evaluado

Desde la perspectiva de la nutrición vegetal, el contenido nutricional del efluente de *Azolla-Anabaena* reportado en la Tabla 17 presenta características que merecen un análisis detallado, pues sus concentraciones son relativamente bajas para los estándares de fertilizantes líquidos comerciales. El calcio, con 21 mg/L, se encuentra en un rango moderado. El potasio, con 20 mg/L, se sitúa en un nivel similar al calcio, lo que indica una relación K: Ca cercano a 1:1. El fosfato, con 9,8 mg/L, representa una concentración baja, pero no despreciable, especialmente si se considera que en muchos suelos tropicales el fósforo es un elemento limitante debido a su fijación en formas no disponibles.

Lo más destacado de este análisis es la ausencia total de nitrato (0,00 mg/L), lo que indica que el efluente carece de nitrógeno en forma nítrica, la forma más directamente asimilable por las plantas (Tabla 17). Es por ello, que estudios como el realizado por Mazea et al. (2023), plantearon la combinación de 75% NPK con Azolla y 100% NPK solo, con los que demostraron que la Azolla actúa como un potente catalizador de la absorción de nutrientes, permitiendo reducir costos químicos.

Tabla 17

Contenido nutricional del efluente de Azolla anabaena evaluado.

Elemento	mg/L
Calcio	21
Fosfato	9,8
Nitrato	0,00
Potasio	20

Esta ausencia de Nitrato sugiere que el nitrógeno presente en el sistema *Azolla anabaena* podría estar en forma orgánica o amoniacal no cuantificada en este análisis. Dado que el nitrógeno es el elemento más demandado por el pepino durante su ciclo vegetativo, esta deficiencia explica en gran medida por qué los tratamientos con efluentes no mostraron diferencias significativas frente al testigo en las variables agronómicas evaluadas, ya que la principal función del nitrógeno es estimular el crecimiento vegetativo, justamente donde no se observaron efectos claros.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- El uso de efluente de *Azolla anabaena* no generaron un efecto diferenciador claro sobre las variables vegetativas evaluadas. Tanto la altura de planta como el diámetro de tallo y el número de hojas mostraron comportamientos similares entre el testigo y los tratamientos con efluentes, sin que se detectaran diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en ninguna de las fechas de evaluación.
- El efluente de *Azolla anabaena* como biofertilizante no influencio sobre el diámetro, la longitud y el peso de los frutos cosechados ($p > 0,05$). A pesar de que el tratamiento de 45 días mostró el mayor diámetro (51,67 mm) y el testigo la mayor longitud (20,57 cm) y el mayor peso (322,39 g).
- El biofertilizante de *Azolla anabaena* no influyeron de manera significativa sobre la productividad del cultivo; aunque el tratamiento de 15 días alcanzó el mayor rendimiento bruto (11585,83 kg ha⁻¹) y el testigo obtuvo 7227,70 kg ha⁻¹ ($p > 0,05$).
- Desde el punto de vista económico, la aplicación de efluentes de *Azolla-Anabaena*, resulta financieramente viable cuando se realiza a los 15 días después del trasplante. El T2 (15 días) mostró una tasa de retorno marginal del 9322%, lo que indica que por cada dólar adicional invertido se obtuvo un retorno de más de 93 dólares, posicionándose como la opción económicamente más atractiva.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar nuevas investigaciones sobre el uso de efluentes de *Azolla-Anabaena*, considerando diferentes concentraciones, dosis y frecuencias de aplicación, con la finalidad de determinar si bajo otras condiciones de manejo pueden generarse efectos significativos sobre las variables vegetativas del cultivo.
- Evaluar diferentes dosis y momentos de aplicación del biofertilizante de *Azolla anabaena* durante la etapa de producción, estimando variables relacionadas con la

calidad y características de los frutos.

- Se propone aplicar el biofertilizante en futuras investigaciones, especialmente a los 15 días después del trasplante, debido a que este tratamiento presentó descriptivamente el mayor rendimiento ($11.585,83 \text{ kg ha}^{-1}$), aunque sin diferencias estadísticamente significativas. Además, se sugiere evaluar su efecto durante varios ciclos de cultivo y bajo diferentes condiciones agroclimáticas, con la finalidad de determinar si esta alternativa puede contribuir de manera consistente al incremento de la productividad.
- Considerar la aplicación de efluente de *Azolla anabaena* a los 15 días después del trasplante como una alternativa atractiva, debido a que el tratamiento T2 tuvo mayor tasa de retorno marginal de (9322%).

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, S. (2007). *Manual de producción de pepino*. Obtenido de Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID: https://repositorio.credia.hn/bitstream/handle/123456789/259/manual_de_produccion_de_pepino.pdf
- Badagliacca, G., Testa, G., La Malfa, S., Cafaro, V., Lo Presti, E., y Monti, M. (2024). *Organic Fertilizers and Bio-Waste for Sustainable Soil Management to Support Crops and Control Greenhouse Gas Emissions in Mediterranean Agroecosystems: A Review*. Obtenido de Journal Horticulturae. Vol.10(5), 427: <https://www.mdpi.com/2311-7524/10/5/427>
- Banach¹, A., Kuźniar, A., Mencfel, R., y Wolińska, A. (2019). *The Study on the Cultivable Microbiome of the Aquatic Fern Azolla Filiculoides L. as New Source of Beneficial Microorganisms*. Obtenido de Journal Applied Sciences, 9(10), 2143. : <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/10/2143>
- Bojacá, C., M. O., Casilimas, H., Gil, R., Villagrán, E., Arias, L., y Fuentes, L. (2012). *Manual de producción del pepino bajo invernadero*. Obtenido de Primera edición. Universidad Jorge Tadeo Lozano: https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/wysiwyg/pub_54_manual_de_produccion_de_pepino.pdf
- Centro de Agroecología y Permacultura. (2021). *Fichas técnicas para plantas agroecológicas Azolla*. Obtenido de <https://bosquedeniebla.com.mx/wp-content/uploads/2021/06/azolla-ficha-tecnica-bosquedeniebla-2.pdf>
- Chanapanchai, S., Fitriya, W., Made Artadana, I. B., y Supaibulwatan, K. (2025). *Important role and benefits of Azolla plants in the management of agroecosystem services, biodiversity, and sustainable rice production in Southeast Asia*. Obtenido de Journal of Integrative Agriculture. Vol. 24. Issue 8: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311925000292#bib152>
- Chusin, L., y Zambrano, G. (2023). *Producción del cultivo de pepino (cucumis sativus) con aplicación de diferentes abonos orgánicos y convencionales*. Obtenido de Tesis Ing. Agr. Universidad Técnica de Cotopaxi, (UTC): <https://repoadmin.utc.edu.ec/items/d25da4e3-fcd8-4930-a6d4-f3fd244d584b>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca . (2022). *Plan de Prevención, Control y Manejo de la especie Azolla filiculoides L (Helecho de agua) en la jurisdicción*

- de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. Obtenido de <https://www.car.gov.co/uploads/files/64260164e4360.pdf>
- Dewi, E. (2025). *The response of cucumber (Cucumis sativus L.) to the application of various doses of fermented organic fertilizer banana peel and azolla*. Obtenido de <https://repositori.unsil.ac.id/id/eprint/2843/6/6.%20Abstract.pdf>
- Diédhiou, I. (2017). *Respuesta del cultivo de pepino (Cucumis sativus, L.) a la aplicación de abonos orgánicos en diferentes sistemas de producción*. Obtenido de Tesis de maestría en Producción Agropecuaria. Universidad Autónoma San Luis de Potosí: <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/5864>
- Diédhiou, I., Lara, J., y Rojas, Á. (2019). *Respuesta agronómica del pepino (Cucumis sativus L.) a la aplicación de abonos orgánicos en diferentes sistemas de producción*. Obtenido de REDEL. Revista Granmense De Desarrollo Local, 4, 478-490.: <https://revistas.udg.co.cu/index.php/redel/article/view/1557>
- Esawy, M., Abd, N., Robin, P., Akkal, N., y Abd, L. (2009). *Effects of Different Organic and Inorganic Fertilizers on Cucumber Yield and Some Soil*. Obtenido de World Journal of Agricultural Sciences. Vol.5 (4), pp.408-414.: <https://hal.science/hal-01460915v1/document>
- Gamachis, K., Alemu, D., y Ayele, A. (2024). *Azolla Plant Production and Their Potential Applications*. Obtenido de International Journal of Agronomy: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2024/1716440>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón El Carmen. (2023). *Condiciones climáticas del cantón El Carmen*. Obtenido de <https://elcarmen.gob.ec/pac/>
- Gobierno de España. (2022). *Azolla spp. Lam*. Obtenido de Memoria Técnica Justificativa: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/mtjazollaspactualizada_tcm30-69812.pdf
- González, A., y Barahona, L. (2023). *Azolla sp. como sustituto de fertilizantes nitrogenados en el*. Obtenido de Revista Investigación y Pensamiento Crítico. Vol. 11 (1).: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/333/3334371003/3334371003.pdf>
- Hernández, R. (2024). *Cultivo de pepino, todo lo que necesita saber*. Obtenido de Hydro Environment S.A : <https://hydroenv.com.mx/id377/#:~:text=Cosecha%20del%20Pepino,peque%C3>

- %B1as%20espinas%20se%20desprenden%20f%C3%A1cilmente.
- Infoagronomo. (2024). *Manual de producción de pepino en invernadero*. Obtenido de <https://infoagronomo.net/manual-produccion-pepino-en-invernadero/>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. (2025). *Guía práctica para el cultivo del pepino*. Obtenido de Ficha: <https://www.chileagricola.cl/guia-practica-para-el-cultivo-del-pepino/>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. (2023). *El cultivo de pepino*. Obtenido de Manual técnico: <https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2023/11/Recomendaciones-produccion-Pepino-2018.pdf>
- Kollah, B., Patra, A., y Mohanty, S. (2016). *Aquatic microphylla Azolla: a perspective paradigm for sustainable agriculture, environment and global climate change*. Obtenido de Environmental Science and Pollution Research: https://www.researchgate.net/publication/287966330_Aquatic_microphylla_Azolla_a_perspective_paradigm_for_sustainable_agriculture_environment_and_global_climate_change
- León, J. (2015). *Respuesta del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) al empleo de productos orgánicos en la zona de Quevedo*. . Obtenido de Tesis Ing. Agro. Universidad Técnica Estatal de Quevedo: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/736ddf52-a512-4cbf-9638-70dfb1969324>
- Lestari, S., y Mutryarny, E. (2020). *Using POC Azolla Mycrophylla and Urea Fertilizer: Lettuce Plant (Lactuca Sativa L) Context*. Obtenido de International Conference on Environment and Technology. Earth and Environmental Science 469 : <https://chat.deepseek.com/a/chat/s/72bfb845-7342-491d-8412-923574d760ec>
- Malpica, L., Espinoza, Y., y Mujica, M. (2015). *Uso de la Azolla-Anabaena en la agricultura como fertilizante*. Obtenido de http://sian.inia.gob.ve/inia_divulga/divulga_31/rid31_malpica_21-24.pdf
- Martínez, E., Pérez, M., Andreu, F., Orden, L. A., Sáez, J., Martínez, J., . . . Moral, R. (2022). *Enhancing Sustainability in Intensive Dill Cropping: Comparative Effects of Biobased Fertilizers vs. Inorganic Commodities on Greenhouse Gas Emissions, Crop Yield, and Soil Properties*. Obtenido de Journal Agronomy. Vol. 12(9), 2124: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/9/2124>
- Mazea, M., Tolbab, R., El morsy, A., Sultun, E., y El-Moula, M. (2023). *Impact of azolla with different fertilizer rates on vegetative growth, yield, quality and economic evaluation in zucchini*. Obtenido de Tropical Agroecosystems (TAEC). Vol. 4(2).

- p60-66: <https://taec.com.my/archives/2taec2023/2taec2023-60-66.pdf>
- Méndez, Y., Pérez, Y., Reyes, J., y Puente, V. (2018). *Azolla sp., un alimento de alto valor nutricional para la acuacultura*. Obtenido de Revista Biotecnia. Vol. 20. N° 1. p32-40: <https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971085006.pdf>
- Mendoza, C., Cazares, B., Rubiños, J., Ramírez, J., y Ruelas, J. (2025). *Greenhouse Cucumber Production with Organic and Inorganic Fertilizers* . Obtenido de Revista de la Universidad de Zulia. N° 45: <https://share.google/dUA5GgsRcIJmqUBBF>
- Mohamed, R., Mohamed, L., y Abdelmalik, E. (2023). *Comparative study on organic and inorganic fertilizers and their effects on growth and yield of tomato and cucumber under greenhouse conditions*. Obtenido de Chemical and Natural Resources Engineering Journal (Formally Known As Biological and Natural Resources Engineering Journal). Vol. 7(1), 90–99. : <https://journals.iium.edu.my/bnrej/index.php/bnrej/article/view/76>
- Morán, J., y Tubay, J. (2025). *Evaluación de tres tipos de fertilizante en diferentes dosis sobre la producción del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.)*. Obtenido de Tesis de Ing. Agrop. Universidad Estatal del Sur de Manabí: <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/7352>
- Muñoz, J. (2022). *Efecto de la poda y fertilización del cultivo del pepino (Cucumis sativa L.) en la calidad y rendimiento*. Obtenido de Tesis Ing. Agr. Universidad Agraria del Ecuador.: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MU%C3%91OZ%20SOLANO%20JOHANNA%20SAMANTHA.pdf>
- Navarrete, R. (2005). *Curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) bajo condiciones de campo en Zamorano* . Obtenido de Tesis Ing. Agr. Universidad Zamorano: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c5315f92-5262-41fc-a381-bd605bd0096f/content>
- Orluchukwu, J., y Confidence, A. (2022). *Effect of organic and inorganic fertilizers on the growth and yield of cucumber (Cucumis sativa L.) in South-South Nigeria*. Obtenido de International Journal of Agricultural Policy and Research Vol.10 (2), pp. 31-37: <https://journalissues.org/wp-archive/ijapr/wp-content/uploads/sites/5/2022/03/Orluchukwu-and-Amadi-.pdf>
- Ortiz, J., Vianney, V., Soriano, I. F., Fernandez, J., Ortiz, F., Sotelo, E., . . . Dominguez,

- E. (2025). *Comparing the Effect of Chemical and Biol Fertilization on the Fruit Yield and Selected Traits of Greenhouse-Grown Cucumber (Cucumis sativus L.)*. Obtenido de Journal Life Sci. Forum. Vol. 41(1), 8.: <https://www.mdpi.com/2673-9976/41/1/8>
- Pabby, A., Prasanna, R., y Singh, P. (2004). *Biological significance of Azolla and its utilization in agriculture*. Obtenido de Proceedings of the Indian National Science Academy, 70(3), 299–333.: <https://www.semanticscholar.org/paper/Biological-significance-of-Azolla-and-its-in-Pabby-Prasanna/ef1567022733b25632041881f2cf2a4d2b84e2f6>
- Período digital EL Productor. (2022). *Azolla, Fertilizante natural para pequeños productores de arroz*. Obtenido de <https://elproductor.com/2022/10/azolla-fertilizante-natural-para-pequenos-productores-de-arroz/>
- Pilla, L., Moreira, G., Barahona, L., Llerena, L., y Garcia, V. (2025). *Respuesta agronómica de Cucumis sativus a la aplicación de abonos orgánicos bajo invernadero*. Obtenido de Revista Científica Ciencia Y Método, 3(4), 106-120.: <https://revistacym.com/index.php/home/article/view/98>
- Raja, W., Rathaur, P., John, S., y Ramteke, P. (2012). *Azolla-Anabaena Association and Its Significance In Supportable Agriculture*. Obtenido de Journal Biol. & Chem. Vol. 40 (1), 1–6: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1727650>
- Revista Nutrinews. (2022). *El uso de la azolla como alimento en la nutrición de ganado, aves y peces*. Obtenido de <https://nutrinews.com/el-uso-de-la-azolla-como-alimento-en-la-nutricion-de-ganado-aves-y-peces/>
- Royal Horticultural Society RHS. (2026). *Cucumis sativus*. Obtenido de <https://www.rhs.org.uk/plants/105568/cucumis-sativus/details>
- Salazar, R. (2025). *Niveles de nitrógeno en el cultivo de pepino (Cucumis sativus) en El Cantón El Carmen*. Obtenido de Tesis Ing. Agrop. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.: <https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/7218/1/ULEAM-AGRO-0365.pdf>
- Sawant, A. (2025). *Azolla Cultivation Guide (Rich proteins feed for cattle, poultry, fish and pig)*. Obtenido de <https://agricultureguruji.com/azolla-cultivation/>
- Secretaría de Agricultura y Ganadería SAG. (2005). *Guías tecnológicas de frutas y vegetales*. Obtenido de Costa Rica: <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-del-pepino,-F.pdf>

- Silva, A., Santos, C., y Oliveira, E. (2007). *Composição nutricional e equivalência em fertilizante de três espécies de Azolla cultivadas na Amazônia*. Obtenido de Revista Circular. Vol. 45: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/409535/1/circ.tec45.pdf>
- Singh, J., Singh, M., Kumar, M., Gupta, A., y Pratap, K. (2020). *Growth, Yield and Quality Parameters of Cucumber (Cucumis sativus L.) as Influenced by Integrated Nutrient Management Application*. Obtenido de International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences: <https://www.ijcmas.com/9-10-2020/Jagraj%20Singh,%20et%20al.pdf>
- Spider Farmer EU. (2024). *6 Cucumber Growing Stages: A Comprehensive Guide*. Obtenido de <https://spiderfarmer.eu/blog/cucumber-growth-stages/#:~:text=El%20cultivo%20del%20pepino%20se,despu%C3%A9s%20de%20germinar%20las%20semillas>.
- SQM Soluciones para el desarrollo humano. (2018). *El pepino*. Obtenido de <https://sqm.com/estudio/pepino/>
- Suntoro, S., Ganjar, H., Slamet, M., Sri, H., Wulan, C., Damayanti, F., y Oktione, A. (2024). *Use of Azolla in organic farming on availability and uptake of N, P, K of rice paddy (Oryza Sativa, L.)*. Obtenido de Journal of Applied and Natural Science, 16(1), 299 - 307.: https://www.researchgate.net/publication/379349751_Use_of_Azolla_in_organic_farming_on_availability_and_uptake_of_N_P_K_of_rice_paddy_Oryza_Sativa_L/citations
- Tambo, V., Romero, B., Merino, L., y Arevalo, S. (2023). *Evaluación del rendimiento de pepino bajo dos sistemas de fertilización en invernadero*. Obtenido de Revista RECIMUNDO. Vol. 7(2), 19–32.: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/2023>
- Thepsilvisut, O., Srikan, N., Chutimanukul, P., Marubodee, R., y Ehara, H. (2024). *Developing Guidelines for Azolla microphylla Production as Compost for Sustainable Agriculture*. Obtenido de Journal Resources. Vol. 13(11), 158. : <https://www.mdpi.com/2079-9276/13/11/158>
- Valdez, L., Granillo, K., Dévora, G., Gonzalez, R., y Arellano, M. (2018). *Respuesta de pepino a diferentes tratamientos de fertilización orgánica y química en un suelo arcillo compactado bajo invernadero en el Valle del Yaqui*. Obtenido de Líneas de investigación de cuerpos académicos.:

https://www.researchgate.net/publication/329539646_Respuesta_de_pepino_a_diferentes_tratamientos_de_fertilizacion_organica_y_quimica_en_un_suelo_arcilloso_compactado_bajo_invernadero_en_el_Valle_del_Yaqui

- Valdez, L., Granillo, K., Dévora, G., González, R., y Arellano, M. (2024). *Respuesta del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) a la fertirrigación con diferentes relaciones N-P-K en la costa de Ecuador*. . Obtenido de Revista de Ciencias Agrícolas. Vol.41(3), 112-125: <https://doi.org/10.15566/rca.v41i3.2450>
- Widiastuti, D., y Davis, J. (2020). *Optimization of the nutrient growing solution and inoculation rate for Azolla mexicana production and use as fertilizer*. Obtenido de Journal of Plant Nutrition. Vol. 44. p.1404-1419: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904167.2020.1849287>
- Yang, Y., Yang, Y., Deng, S., y Ying, Z. (2025). *Role of Azolla in sustainable agriculture and climate resilience: a comprehensive review*. Obtenido de Front. Plant Sci. Review article. Vol.13: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2025.1661720/full>
- Zamora, E. (2017). *El cultivo de pepino tipo slicer – americano (Cucumis sativus l.) bajo cubiertas plásticas*. Obtenido de [https://dagus.unison.mx/zamora/8.%20el%20cultivo%20de%20pepino%20slicer%20\(cucumis%20sativus%20l.\)%20bajo%20cubiertas%20plasticas.pdf](https://dagus.unison.mx/zamora/8.%20el%20cultivo%20de%20pepino%20slicer%20(cucumis%20sativus%20l.)%20bajo%20cubiertas%20plasticas.pdf)

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de la variable altura de planta (cm).

F.V.	gl	Cuadrados medios	
		15 días	30 días
Tratamientos	3	6,18	412,05
Repeticiones	4	65,08	115,70
Error	12	17,64	788,30
Total	19		
C.V (%)		17,04	27,57

Anexo 2. Análisis de varianza de la variable diámetro de tallo (mm).

F.V.	gl	Cuadrados medios	
		15 días	30 días
Tratamientos	3	0,25	0,38
Repeticiones	4	1,43	0,77
Error	12	0,35	0,79
Total	19		
C.V (%)		10,20	12,12

Anexo 3. Análisis de varianza de la variable número de hojas.

F.V.	gl	Cuadrados medios	
		15 días	30 días
Tratamientos	3	0,27	1,78
Repeticiones	4	1,80	3,70
Error	12	0,27	7,53
Total	19		
C.V (%)		8,90	27,04

Anexo 4. Análisis de varianza de la variable número de frutos.

F.V.	gl	Cuadrados medios
Tratamientos	3	0,4
Repeticiones	4	2,18
Error	12	1,11
Total	19	
C.V (%)		27,85

Anexo 5. Análisis de varianza de la variable diámetro de fruto (mm).

.

F.V.	gl	Cuadrados medios
Tratamientos	3	58,9
Repeticiones	4	40,58
Error	12	67,02
Total	19	
C.V (%)		16,68

Anexo 6. Análisis de varianza de la variable longitud de fruto (mm).

F.V.	gl	Cuadrados medios
Tratamientos	3	22,29
Repeticiones	4	10,09
Error	12	7,93
Total	19	
C.V (%)		15,48

Anexo 7. Análisis de varianza de la variable peso de fruto (g).

F.V.	gl	Cuadrados medios
Tratamientos	3	13559,62
Repeticiones	4	8793,38
Error	12	11266,22
Total	19	
C.V (%)		28,42

Anexo 8. Análisis de varianza de la variable rendimiento ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

F.V.	gl	Cuadrados medios
Tratamientos	3	2458013,41
Repeticiones	4	1429277,36
Error	12	1713286,33
Total	19	
C.V (%)		20,00

Anexo 9. Banco fotográfico del manejo del ensayo.



Corte de caña para poste o tutores en pepino evaluado



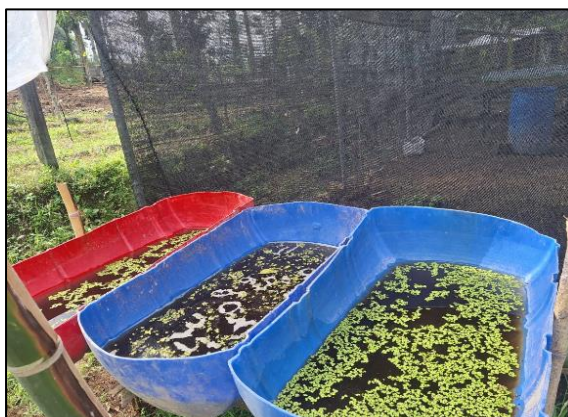
Plántulas de pepino en semillero



Elaboración de hoyo donde se sembró el pepino



Siembra de plantas de pepino



Siembra de *Azolla anabaena* para uso de efluente en pepino



Tutoreo de plantas de pepino



Etiquetado de plantas de pepino y tratamiento



Colocación de letrero
identificativo del ensayo



Toma de datos en campo en las diferentes fechas de evaluación



Recolección de datos del efluente de Azolla anabaena mediante equipo multifuncional HANNA



Cosecha de pepino en la planta



Frutos cosechados



Diámetro del fruto



Pesaje del fruto



Longitud del fruto



CAPÍTULO I alejandra

ID : 5e0b9d7c39c31d9a50d67369d61d7c1252bc9d39



7%
Textos sospechosos

Nombre del fichero : CAPÍTULO I alejandra.txt
Tamaño del archivo original : 2,03 MB
Número de palabras : 8883

Depositante : Myriam Zambrano Mendoza
Fecha de depósito : 4 de agosto de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 4 de agosto de 2026

Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Similitudes

3%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Detección de IA

4%

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA.

Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.



Idiomas no reconocidos

7%

Pasajes en los que parte del vocabulario utilizado no forma parte del diccionario de la lengua.
Puede tratarse de un intento del autor de modificar el texto para evitar ser detectado.



No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Textos entre comillas

0%

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

13055354-2.

Fuentes de similitudes (sección 2/2)

Similitudes

3%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Fuente principal detectada

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones
1	 ibermis.org ibermis.org/wp-content/uploads/2023/08/protocolos_de_preencion_detec... 	2%	
2	 Evaluación de tres tipos de fertilizante en diferentes dosis sobre la... repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/7352 	<1%	
4	 Azolla sp. como sustituto de fertilizantes nitrogenados en el cultivo... dx.doi.org/10.37387/ipc.v11i1.329 	<1%	

