



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

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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO

**“Comportamiento agronómico del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo*) con
aplicación de efluentes de *Azolla anabaena*”**

AUTORA: María Coralia Quijije Delgado

TUTORA: Ing. Myriam Elizabeth Zambrano Mendoza, Mg.

El Carmen, agosto del 2026

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página II de 61

CERTIFICACIÓN

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

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **María Coralia Quijije Delgado**, legalmente matriculado 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 zucchini (Cucurbita pepo) 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, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

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

El Carmen, 24 de agosto del 2026.



Ing. Myriam Elizabeth Zambrano-Mendoza, Mg.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

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

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

**“Comportamiento agronómico del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo*) con
aplicación de efluentes de *Azolla anabaena*”**

AUTORA: María Coralía Quijije Delgado

TUTOR: Ing. Myriam Elizabeth Zambrano Mendoza, Mg.

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

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

MIEMBRO: Mg. Mejia Chanaluisa Kleber Fernando



MIEMBRO: Mg. De la cruz Chicaiza Marco Vinicio



MIEMBRO: PhD. López Mejia Francel Xavier



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **María Coralía Quijije Delgado**, con cédula de ciudadanía 1313645325, estudiante de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera Ingeniería Agropecuaria, declaro que las opiniones, criterios y resultados encontrados en las aplicaciones de los diferentes instrumentos de investigación que están resumidos en las recomendaciones con el tema **"Comportamiento agronómico del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo*) con aplicación de efluentes de *Azolla anabaena*"**, son información exclusiva de su autora, apoyados por el criterio de profesionales de diferentes indoles, presentados en la bibliografía que fundamenta este trabajo; al mismo tiempo declaro que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen.

Atentamente,


María Coralía Quijije Delgado

El Carmen, 24 de agosto del 2026

DEDICATORIA

“Cada individuo importa. Cada individuo tiene un papel que desempeñar. Cada individuo marca la diferencia.”— **Jane Goodall**

A mi amado esposo Jose Luis, cuyo amor incondicional, paciencia y fortaleza iluminaron cada etapa de este camino. Gracias por creer en mis sueños con la misma intensidad con la que yo los abrazo, por sostenerme en los días difíciles y celebrar conmigo cada pequeño logro. Este triunfo también es tuyo.

A mis hijas Ashley y Alisson, el motor más puro y hermoso de mi vida. Su existencia llenó mis días de propósito y me recordó que todo esfuerzo vale la pena cuando se hace por amor. Que este logro sea un ejemplo de lucha, constancia y fe para su propio caminar.

A mis padres, pilares de mi historia y guardianes de mis valores. Gracias por enseñarme que la nobleza del trabajo, el respeto por la tierra y la bondad del corazón son herencias que jamás se desgastan. Sus sacrificios fueron la semilla que hoy florece en este logro.

A mis familiares, por su apoyo silencioso, por las palabras oportunas y por acompañarme desde la distancia o la cercanía. Cada uno de ustedes aportó un gesto, un consejo o una oración que fortaleció mi espíritu en este proceso.

A todos, con amor profundo y eterno, dedico este paso más en mi vida.

María Coralía Quijije Delgado

AGRADECIMIENTO

La naturaleza no es un lugar para visitar. Es nuestro hogar.”- Rachel Carson

En primer lugar, a Dios, por concederme la fortaleza, la sabiduría y la claridad necesarias para culminar este proceso académico. Su presencia fue una guía constante y un apoyo inquebrantable en cada desafío enfrentado.

A mí misma, por la disciplina, la determinación y la fe que me permitieron avanzar con firmeza, incluso en los momentos más complejos. Este logro representa el fruto del esfuerzo personal y la convicción de que cada meta es alcanzable con constancia.

A mis padres, con profundo amor y gratitud, por inculcarme el respeto por la tierra, el compromiso con el estudio y el valor de la perseverancia. Gracias a sus principios y enseñanzas, hoy materializo el sueño de formarme como Ingeniera Agropecuaria.

A la Ing. Myriam Elizabeth Zambrano Mendoza, Mg., mi tutora, por su guía académica, sus orientaciones oportunas y su acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo. Su dedicación y experiencia fueron fundamentales para avanzar con solidez en cada etapa de la investigación.

A mi esposo, por su apoyo incondicional, su comprensión y por caminar a mi lado en cada paso de esta meta profesional y personal.

María Coralia Quijije Delgado

ÍNDICE

TRIBUNAL DE TITULACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXO	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	4
OBJETIVOS.....	5
HIPÓTESIS	5
CAPÍTULO I.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
1.1 <i>Azolla</i> spp.	6
1.2 Ontogenia de las especies de <i>Azolla</i>	6
1.3 Composición química de <i>Azolla</i>	8
1.3.1 Cianobacterias	8
1.4 Deficiencias nutricionales en <i>Azolla</i>	9
1.5 Producción y ventajas.....	10
1.6 Usos.....	10
1.7 Origen del zucchini (<i>Cucurbita pepo</i>).....	11
1.7.1 Distribución geográfica	12
1.7.2 Morfología vegetal	12
1.7.3 Requerimientos del zucchini en cuanto al tipo de suelo y pH	14

1.7.4	Ciclo del cultivo del zucchini.....	15
CAPÍTULO II		16
INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....		16
CAPITULO III		18
METODOLOGÍA		18
2.1	Localización de la unidad experimental.....	18
2.2	Caracterización meteorológica de la zona.....	18
2.3	Métodos.....	19
2.3.1	Método empírico	19
2.3.2	Método experimental.....	19
2.3.3	Método bibliográfico.....	19
2.3.4	Método observacional	20
2.4	Fuentes de recopilación de la información.....	20
2.4.1	Fuentes primarias	20
2.4.2	Fuentes secundarias.....	20
2.5	Análisis estadístico.....	21
2.6	Diseño de la investigación.....	21
2.7	Tratamientos.....	22
2.8	Instrumentos de investigación.....	22
2.8.1	Variables de interés	22
2.9	Materiales.....	23
2.10	Manejo del experimento.....	24
2.10.1	Preparación del sustrato y siembra del zucchini	24
2.10.2	Establecimiento y manejo de la Azolla	24
2.10.3	Aplicación de los tratamientos con agua de Azolla	25
CAPITULO IV.....		28
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28

3.1	Variables agronómicas	28
3.2	Variables de los frutos de zucchini	30
3.3	Dinámica de nutrientes en los efluentes de Azolla–Anabaena enriquecidos con diferentes abonos orgánicos.....	31
CAPÍTULO IV		33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		XXXV
4	ANEXOS	XLI

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de <i>Anabaena azollae</i>	6
Tabla 2. Clasificación taxonómica de <i>Cucurbita pepo</i> L.	12
Tabla 3. Requerimientos nutricionales de <i>Cucurbita pepo</i> L.	14
Tabla 4. Características meteorológicas de la localidad.....	18
Tabla 5. Esquema de ADEVA con un diseño completamente con 5 repeticiones.....	22
Tabla 6. Tratamiento de estudio	22
Tabla 7. Comparación de las variables agronómicas del zucchini según los tratamientos	28
Tabla 8. Comparación de las hojas medias y del área foliar del cultivo de zucchini según los tratamientos	29
Tabla 9. Características físicas de los frutos de zucchini según los tratamientos	30
Tabla 10. Concentración de nutrientes en los efluentes de <i>Azolla</i> según el tratamiento y el tiempo de evaluación.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio	18
Figura 2. Estructura foliar de <i>Azolla</i> donde se observa la cavidad dorsal que alberga a <i>Anabaena azollae</i> , organismo fijador de nitrógeno	6
Figura 3. Helecho de <i>Azolla</i> cubierto totalmente formando una alfombra	7
Figura 4. Estructura celular de <i>Anabaena</i> : heterocistos, células vegetativas y acinetos.....	9
Figura 5. Estructura morfológica del zucchini (<i>Cucurbita pepo</i>): órganos vegetativos, flores masculinas y femeninas, fruto y semillas	13
Figura 6. Ciclo del cultivo del zucchini	15

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Análisis de varianza para plantas activas	XLI
Anexo 2. Análisis de varianza para altura de las plantas	XLI
Anexo 3. Análisis de varianza para Diámetro medio activo (mm).....	XLI
Anexo 4. Análisis de varianza para Área foliar media activa (cm ²)	XLII
Anexo 5. Análisis de varianza para número de hojas	XLII
Anexo 6. Fruto de zucchini e instrumentos utilizados para la medición del diámetro y peso	XLII
Anexo 7. Medición del diámetro ecuatorial del fruto de zucchini (<i>Cucurbita pepo</i>).	XLIV
Anexo 8. Determinación del peso fresco del fruto de zucchini (<i>Cucurbita pepo</i>).....	XLV
Anexo 9. Preparación e identificación de los tratamientos experimentales.....	XLVI
Anexo 10. Medición del volumen de efluente aplicado por planta	XLVII

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento agronómico y productivo del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo*) mediante la aplicación de efluentes de *Azolla anabaena* combinados con diferentes fuentes de estiércol. El estudio se desarrolló en condiciones de campo abierto bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar, conformado por cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos fueron: T1, efluente de *Azolla* con bovinaza; T2, efluente de *Azolla* con cerdaza; T3, efluente de *Azolla* con pollinaza; y T4, testigo sin aplicación del efluente. En los tratamientos correspondientes se aplicaron 250 mL por planta a los 30 y 45 días después de la siembra. El T1 presentó las mayores medias de plantas activas, con 9,67 plantas, altura de planta, con 36,73 cm, y diámetro del tallo, con 8,44 mm. Asimismo, el T1 alcanzó el mayor número medio de hojas, con 8,36, mientras que el T2 obtuvo la mayor área foliar media, con 41,25 cm². En las características del fruto, el T4 registró el mayor peso promedio, con 678,67 g, y el mayor diámetro, con 61,23 mm; por su parte, el T1 presentó la mayor longitud media, con 26,67 cm. Se concluye que los efluentes de *Azolla* con bovinaza, cerdaza y pollinaza mantuvieron respuestas agronómicas y productivas comparables con el testigo, pero su aplicación, bajo la dosis y frecuencia estudiadas, no incrementó significativamente el rendimiento del zucchini. Por ello, es necesario evaluar otras dosis y frecuencias, realizar más ciclos de cultivo e incorporar un análisis económico antes de recomendar alguno de los tratamientos como alternativa definitiva de fertilización orgánica.

Palabras clave: zucchini, *Azolla anabaena*, efluentes orgánicos, fertilización orgánica, rendimiento.

ABSTRACT

The research aimed to evaluate the agronomic and productive performance of zucchini (*Cucurbita pepo*) through the application of *Azolla anabaena* effluents combined with different manure sources. The study was conducted under open-field conditions using a Randomized Complete Block Design comprising four treatments and five replications. The treatments were: T1, *Azolla* effluent with cattle manure; T2, *Azolla* effluent with pig manure; T3, *Azolla* effluent with poultry manure; and T4, a control without effluent application. In the corresponding treatments, 250 mL per plant was applied at 30 and 45 days after sowing. T1 presented the highest means for active plants, with 9.67 plants, plant height, with 36.73 cm, and stem diameter, with 8.44 mm. In addition, T1 reached the highest mean number of leaves, with 8.36, whereas T2 obtained the highest mean leaf area, with 41.25 cm². Regarding fruit characteristics, T4 recorded the highest average weight, with 678.67 g, and the largest diameter, with 61.23 mm. Meanwhile, T1 presented the greatest mean fruit length, with 26.67 cm. It was concluded that *Azolla* effluents combined with cattle, pig, and poultry manure produced agronomic and productive responses comparable to those of the control. However, under the evaluated dose and application frequency, their application did not significantly increase zucchini yield. Therefore, it is necessary to evaluate other doses and application frequencies, conduct additional crop cycles, and incorporate an economic analysis before recommending any treatment as a definitive organic fertilization alternative.

Keywords: zucchini, *Azolla anabaena*, organic effluents, organic fertilization, crop yield.

INTRODUCCIÓN

La nutrición vegetal representó una base esencial para que cualquier cultivo expresara su potencial productivo (Castro-Carrillo et al., 2008). En hortalizas como *Cucurbita pepo* L., comprender cómo la planta transformó la disponibilidad de nutrientes en crecimiento, floración y formación de frutos permitió visualizar la magnitud de su sensibilidad a las condiciones edáficas y al manejo aplicado (Aldás-Jarrín et al., 2016a; Chaux et al., 2013).

El estado fisiológico del cultivo respondió directamente al equilibrio nutricional, de modo que incluso pequeñas variaciones en la fertilidad del suelo repercutieron en la calidad y cantidad de la cosecha (Castro-Carrillo et al., 2008).

A lo largo de los últimos años, la agricultura global ha transitado por un proceso de reflexión profunda. Si bien los fertilizantes minerales garantizaron durante décadas altos rendimientos, su uso intensivo dejó una huella evidente en la salud de los ecosistemas (Ferraris et al., 2009). La acumulación de residuos, la disminución de la biodiversidad microbiana y la contaminación de cuerpos de agua surgieron como señales claras de que la productividad no podía lograrse en detrimento del entorno (Pére-Cardozo et al., 2020).

Este escenario motivó la búsqueda de prácticas que equilibraran la necesidad de producir alimentos con la obligación de preservar los recursos naturales (Castro-Carrillo et al., 2008). En este proceso de transición hacia sistemas más responsables, el uso racional de los fertilizantes cobró un papel estratégico (Pére-Cardozo et al., 2020). El suelo, lejos de ser un simple soporte físico, actuó como un organismo vivo que requería un manejo cuidadoso para sostener su fertilidad (Ovejero et al., 2013).

El adecuado suministro de nutrientes permitió mejorar la respuesta de los cultivos y recuperar suelos debilitados por años de sobreexplotación (Pére-Cardozo et al., 2020). Esta visión integradora acompañó la incorporación de nuevas variedades y tecnologías orientadas a la eficiencia en el uso de los recursos (Rivera & Martínez, 2016). La volatilidad del mercado de fertilizantes marcada por el incremento sostenido de los precios internacionales puso en evidencia la vulnerabilidad económica del agricultor (Solano & Arancibia, 2024).

Dentro de este marco, los biofertilizantes surgieron como opciones viables para fortalecer la resiliencia de los agroecosistemas. Entre ellos destacó la simbiosis *Azolla anabaena*, un sistema natural de fijación biológica de nitrógeno capaz de aportar cantidades

considerables de este elemento sin recurrir a fuentes sintéticas (Aldás-Jarrín et al., 2016a).

Para Castro-Carrillo et al. (2008), la *Azolla filiculoides*, es un helecho acuático de rápido crecimiento, que puede establecer una relación mutualista con la cianobacteria *Anabaena azollae*, la cual transformó el nitrógeno atmosférico en compuestos aprovechables por la planta. Esta asociación llegó a fijar hasta 1200 kg de N por hectárea al año bajo condiciones adecuadas, convirtiéndose en un recurso valioso para el manejo sostenible de suelos agrícolas (Armijos, 2005).

El interés creciente por *Azolla* no se limitó únicamente a su capacidad de fijación nitrogenada. Su uso como abono verde, su aptitud para la biorremediación y su potencial como suplemento nutritivo en sistemas pecuarios ampliaron su relevancia en el ámbito agroecológico (Tarigan, 2024). Una de las aplicaciones más prometedoras fue la obtención y uso de efluentes líquidos provenientes del cultivo de *Azolla anabaena*, los cuales concentraron compuestos minerales, metabolitos microbianos y fracciones orgánicas con capacidad de estimular procesos fisiológicos en las plantas (Nghia & Tran, 2023).

Diversos estudios demostraron que estos efluentes aportaron formas biodisponibles de nitrógeno, pigmentos, aminoácidos, compuestos fenólicos y micronutrientes esenciales (Castro-Carrillo et al., 2008). La incorporación de estos extractos líquidos permitió mejorar la aireación del suelo, promover el desarrollo radicular y optimizar la absorción de nutrientes, lo que se reflejó en un crecimiento más vigoroso y una mayor eficiencia metabólica en cultivos hortícolas (Armijos, 2005; El-Serafy et al., 2021).

La facilidad de producción de estos efluentes, junto con su bajo costo y accesibilidad, los posicionó como herramientas estratégicas para fortalecer la sostenibilidad de la fertilización, especialmente en sistemas de pequeña y mediana escala.

El uso de bioinsumos derivados de *Azolla Anabaena* representó una oportunidad para integrar la productividad agrícola con la protección del ambiente. Su aplicación no solo contribuyó a reducir la dependencia de insumos sintéticos, sino que fortaleció la salud del suelo, promovió la actividad microbiana benéfica y permitió avanzar hacia un modelo agrícola más equilibrado, ético y respetuoso con los procesos naturales.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.) ha ganado relevancia en los sistemas hortícolas de la región de El Carmen debido a su alta demanda comercial, su ciclo corto y su capacidad para adaptarse a las condiciones del trópico húmedo (Aguilar-Carpio, Cervantes-Adame, Sorza-Aguilar, & Escalante-Estrada, 2022). Sin embargo, su manejo agronómico exige una nutrición equilibrada para garantizar frutos de calidad y una producción constante a lo largo de la temporada (Soriano-Melgar et al., 2020).

La dependencia prolongada de fertilizantes químicos ha generado una presión económica sobre los agricultores, quienes deben ajustarse a incrementos continuos en los costos de insumos, situación ampliamente documentada en la dinámica actual del mercado agrícola (Soriano-Melgar et al., 2020). Esta realidad tensiona la estabilidad financiera de los pequeños productores y los obliga a buscar alternativas que mantengan la productividad sin comprometer su sostenibilidad económica (Eissa et al., 2024).

A esta problemática se suma el deterioro gradual del entorno productivo. La intensificación del uso de fertilizantes nitrogenados y fosfatados ha contribuido a la disminución de la calidad del suelo, afectando su estructura, su actividad biológica y su capacidad de retención de nutrientes (Roca-Giler & Santistevan-Méndez, 2025). Además, el lavado de compuestos solubles hacia cuerpos de agua representa una amenaza para los ecosistemas locales, generando condiciones de eutrofización que ponen en riesgo la biodiversidad y el equilibrio ecológico (Navarrete, 2023; Robledo Torres et al., 2010).

Esta situación evidencia la necesidad de replantear el manejo nutricional del zucchini hacia prácticas que respeten los ciclos naturales del suelo y favorezcan la recuperación de sus funciones biológicas (Soriano-Melgar et al., 2020). En este escenario, los bioinsumos emergen como herramientas estratégicas para mejorar la salud del suelo y reducir la dependencia de insumos sintéticos (Eissa et al., 2024).

Aunque diversas investigaciones señalan que los extractos líquidos de *Azolla* pueden mejorar parámetros agronómicos en especies hortícolas (Bhattarai et al., 2022), aún no existe información precisa sobre su comportamiento en el cultivo de zucchini bajo las condiciones edafoclimáticas de El Carmen. Esta falta de evidencia técnica dificulta su adopción por parte de los productores, impidiendo que el cultivo evolucione hacia un modelo más sostenible y menos dependiente de fertilizantes químicos.

Pregunta de investigación:

¿Cómo influye la aplicación de efluentes de *Azolla anabaena* en el comportamiento agronómico del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.) en el cantón El Carmen, Manabí?

JUSTIFICACIÓN

El cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.) representa una fuente importante de ingresos para muchos agricultores del cantón El Carmen, quienes dependen de este rubro por su rápida rotación y su amplia aceptación en los mercados locales (Aguilar-Carpio, Cervantes-Adame, Sorza-Aguilar, & Escalante-Estrada, 2022). En un territorio donde la horticultura es una actividad clave para la seguridad alimentaria y el empleo rural, resulta indispensable fortalecer prácticas de manejo que permitan sostener la producción sin comprometer los recursos disponibles (Robledo Torres et al., 2010).

Por ello, evaluar estrategias de fertilización alternativas adquiere especial relevancia, dado que la productividad del cultivo está estrechamente vinculada con la disponibilidad y el equilibrio de los nutrientes esenciales (Navarrete, 2023).

El análisis de efluentes provenientes de *Azolla anabaena* se convierte en una oportunidad para impulsar sistemas agrícolas más resilientes. A diferencia de los fertilizantes sintéticos, estos bioinsumos integran compuestos orgánicos y elementos minerales que pueden favorecer la actividad biológica del suelo y mejorar la eficiencia del uso de nutrientes (Navarrete, 2023). Su aprovechamiento no solo responde al interés de reducir costos de producción, sino también a la necesidad de promover insumos ambientalmente responsables, capaces de restaurar procesos edáficos fundamentales y disminuir la presión sobre los ecosistemas locales (Nghia & Tran, 2023).

En este sentido, explorar su desempeño en un cultivo de alta importancia económica como el zucchini contribuye directamente a fortalecer la sostenibilidad agroproductiva de la zona. Asimismo, la justificación de este estudio radica en la carencia de información técnica disponible para los productores de la región (El-Serafy et al., 2021). A pesar de que países asiáticos y algunos sistemas agroecológicos latinoamericanos han documentado beneficios agronómicos del uso de *Azolla*, no existen evaluaciones que consideren las particularidades climáticas, edáficas y de manejo propias de El Carmen.

Esta brecha limita la posibilidad de implementar recomendaciones prácticas, pues cada agroecosistema responde de manera distinta a los bioinsumos. Generar evidencia científica

local permitirá traducir este conocimiento en estrategias aplicables, adaptadas y confiables para el agricultor.

Los resultados de este trabajo podrán respaldar la toma de decisiones en políticas agrícolas locales, promover prácticas más respetuosas con el entorno y fortalecer la transición hacia una agricultura que cuide la salud del suelo y garantice la continuidad de la actividad hortícola en el territorio.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto productivo del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo*) con aplicación de dos tiempos de maduración (15 y 30 días) en efluentes de *Azolla anabaena* en el cantón El Carmen.

Objetivos específicos

- Establecer el comportamiento agronómico del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo*) por efecto de los efluentes de la *Azolla anabaena*.
- Definir el rendimiento del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo*) por efecto de los efluentes de la *Azolla anabaena*.

HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa (H₁)

La aplicación de efluentes de *Azolla–Anabaena* obtenidos en dos tiempos de maduración (15 y 30 días) influye significativamente en el comportamiento agronómico y el rendimiento del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.) en el cantón El Carmen.

Hipótesis nula (H₀)

La aplicación de efluentes de *Azolla–Anabaena* obtenidos en dos tiempos de maduración (15 y 30 días) no produce diferencias significativas en el comportamiento agronómico ni en el rendimiento del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.).

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 *Azolla* spp.

El género *Azolla* agrupa helechos acuáticos pertenecientes a la familia *Azollaceae*. Estas especies se caracterizan por su rápido crecimiento, su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico gracias a la asociación simbiótica con *Anabaena azollae* y su uso como biofertilizante, forraje y agente restaurador de cuerpos de agua (Carlos et al., 2016).

Tabla 1. *Taxonomía de Anabaena azollae*

Categoría	Taxón
Cianobacteria	<i>Anabaena azollae</i>
División	Cyanophitas
Clase	Cyanophyceae
Subclase	Hormogonophycideae
Orden	Nostocales
Familia	Nostocaceae
Género	<i>Anabaena</i>
Especie	<i>Azollae</i>
N.C.	<i>Anabaena azollae</i>

Fuente: tomado de Carlos et al. (2016).

Su adaptabilidad a distintos ambientes tropicales y subtropicales ha permitido su expansión en América Latina, Asia y África, donde constituye un recurso de interés agronómico (Aldás-Jarrín et al., 2016).'

Figura 1. *Estructura foliar de Azolla donde se observa la cavidad dorsal que alberga a Anabaena azollae, organismo fijador de nitrógeno*



Fuente: tomado de Cabezas-Monteros, (2011)

1.2 Ontogenia de las especies de *Azolla*

Las especies de *Azolla* tienen un origen documentado en América del Norte y

Centroamérica, aunque su propagación hacia zonas tropicales y subtropicales ha facilitado su presencia en Europa, Asia y África (Méndez-Martínez et al., 2018). Su estructura morfológica es distintiva y permite su identificación en ambientes acuáticos de poca profundidad (Sabetraftar et al., 2013).

El fronde presenta un diámetro pequeño que oscila entre 1 y 2,5 cm, lo que le confiere una apariencia compacta sobre la superficie del agua. Las hojas adoptan una forma triangular a poligonal y se disponen en múltiples lóbulos que flotan horizontalmente (Pérez et al., 2024). Su coloración varía según la radiación disponible: en condiciones de alta luminosidad adquiere tonos rojizos o púrpuras, mientras que en ambientes sombreados desarrolla tonalidades verde pálido o verde azulado (Perero-Ormeño & Pincay-Baque, 2023; Santo-Pineda et al., 2024).

Los tallos de *Azolla* se caracterizan por un ramificado profuso y por la presencia de hojas bilobuladas alternas. Cada hoja posee un lóbulo dorsal clorofílico con cavidades que alojan a la cianobacteria *Anabaena*, responsable del aporte biológico de nitrógeno (Cabezas-Monteros, 2011). El lóbulo ventral permanece sumergido y cumple funciones de sostén y absorción (Cabezas-Monteros, 2011).

Desde la cara inferior del tallo emergen raíces verdaderas que presentan desarrollo endógeno a partir de pelos radicales, lo que facilita la fijación de la planta dentro de la lámina de agua. Además, la especie produce esporocarpos dispuestos en pares o grupos de cuatro en la axila del lóbulo dorsal de las hojas basales, estructura clave para su reproducción (Pérez et al., 2024).

Figura 2. Helecho de *Azolla* cubierto totalmente formando una alfombra



Fuente: tomado de Cabezas-Monteros, (2011)

1.3 Composición química de *Azolla*

Los análisis bromatológicos realizados por Montaña (2010) describieron una composición química notable en *Azolla*, caracterizada por un contenido relevante de macronutrientes esenciales. De acuerdo con estos resultados, la planta presentó concentraciones de nitrógeno entre 4 y 5 %, lo que explica su potencial como fuente natural de este elemento para sistemas agrícolas (Aldás-Jarrín et al., 2016).

Asimismo, el fósforo alcanzó valores aproximados de 0,5 %, mientras que el potasio se ubicó entre 1 y 2 %. El calcio y el magnesio registraron valores cercanos a 0,5 %, y el hierro se encontró alrededor de 0,1 %, lo que reafirma su papel como fuente complementaria de micronutrientes para cultivos (Quiroz Pincay, 2023).

En una segunda evaluación química, Montaña (2010) presentó un perfil más detallado que incluyó parámetros fisicoquímicos. La humedad alcanzó 97,34 %, característica común en especies acuáticas. El contenido de cenizas fue de 8,10 %, lo que refleja la presencia de minerales disponibles en la biomasa. La materia extracto etéreo se ubicó en 2,50 %, mientras que la proteína cruda presentó un valor de 3,42 %, suficiente para respaldar su uso como insumo orgánico.

La fibra cruda alcanzó 24,95 %, y los extractos libres de nitrógeno (E.L.N.) registraron un 61,04 %, valores que describen una biomasa rica en carbohidratos estructurales y no estructurales (Pérez et al., 2024).

1.3.1 Cianobacterias

Para Yanni (1992), las cianobacterias constituyen un linaje microbiano fotosintético de amplia distribución en ecosistemas acuáticos y terrestres. Estos organismos poseen la capacidad de sintetizar compuestos orgánicos a través de un sistema fotosintético oxigénico similar al de las plantas superiores, lo que les permite funcionar como productores primarios en diversos ambientes (Perero-Ormeño & Pincay-Baque, 2023).

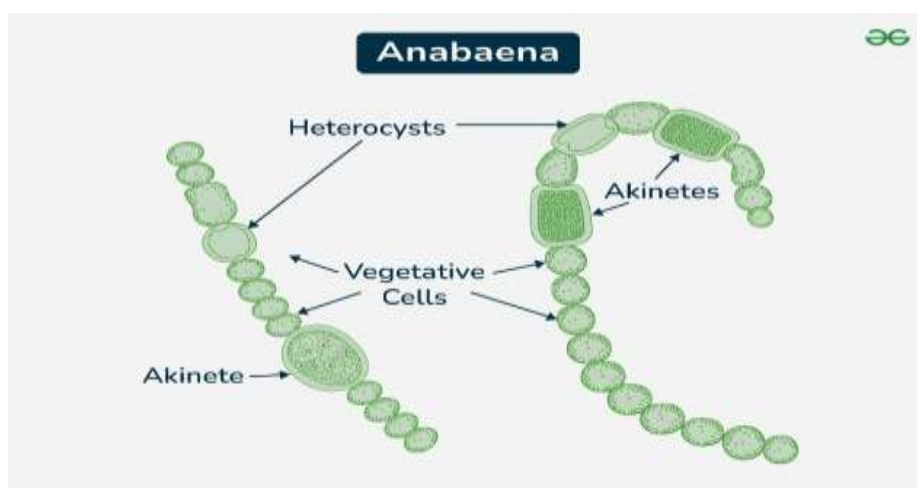
Aunque predominan formas unicelulares, muchas especies desarrollan estructuras coloniales o filamentosas visibles macroscópicamente debido a su organización celular y a la secreción de matrices extracelulares (Newton & Herman, 1979). El registro paleobiológico indica que las cianobacterias representan uno de los grupos más antiguos documentados, con evidencias fósiles superiores a 3,5 Ga (Perero-Ormeño & Pincay-Baque, 2023).

Su antigüedad y persistencia evolutiva se relacionan con su tolerancia a condiciones

extremas y su capacidad para modificar de manera activa la química del ambiente (Kellar & Goldman, 1979). Según Perero-Ormeño & Pincay-Baque (2023), durante el Arcaico y el Proterozoico temprano, su actividad fotosintética incrementó progresivamente las concentraciones de oxígeno atmosférico, proceso que dio lugar al Gran Evento de Oxidación. Este cambio determinó la transición hacia un ambiente aeróbico y condicionó la evolución de organismos complejos (Kumar et al., 2019).

La relevancia ecológica de las cianobacterias incluye también su aporte como agentes de fijación biológica de nitrógeno (FBN), particularmente en sistemas agrícolas tradicionales como arrozales y cultivos asociados. Según Kumar et al. (2019), al reducir el nitrógeno atmosférico a formas asimilables (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), se puede contribuir al mantenimiento de la fertilidad edáfica y disminuyen la dependencia de fertilizantes sintéticos (Chaux et al., 2013).

Figura 3. Estructura celular de *Anabaena*: heterocistos, células vegetativas y acinetos.



Fuente: tomado de Cabezas-Monteros, (2011)

1.4 Deficiencias nutricionales en *Azolla*

Para un crecimiento adecuado, *Azolla* requiere niveles suficientes de macronutrientes y micronutrientes en el agua donde se desarrolla (Chaux et al., 2013). Cuando estos elementos se encuentran por debajo de los valores óptimos, la planta manifiesta cambios visibles en su morfología y fisiología (Perero-Ormeño & Pincay-Baque, 2023).

La deficiencia de fósforo provoca la aparición de tonalidades café-rojizas en los frondes, debilita el sistema radical y genera raíces alargadas y frágiles (Chaux et al., 2013). En condiciones de déficit de calcio, los lóbulos dorsales adquieren un color rojizo, mientras que la cianobacteria *Anabaena* abandona las cavidades foliares y se libera al medio acuático (de Vries & de Vries,

2018).

La carencia de potasio produce una coloración amarillenta inicial que progresa a tonalidades pardas conforme la deficiencia se (Chaux et al., 2013). Finalmente, la deficiencia de hierro reduce la síntesis de clorofila y conduce a un color amarillo pálido característico (Perero-Ñrmeño & Pincay-Baque, 2023).

1.5 Producción y ventajas

El establecimiento de *Azolla* suele iniciar con pequeñas cantidades de biomasa fresca (alrededor de 10 g), sembradas en estanques de aproximadamente 10 cm de profundidad (Tarigan, 2024). Bajo condiciones adecuadas de luz, temperatura y nutrientes, la población logra multiplicarse en un periodo cercano a 12 días y puede alcanzar productividades del orden de 0,14 t de biomasa fresca por día y por hectárea (Aldás-Jarrín et al., 2016).

La planta mantiene una tasa de duplicación rápida. Estudios locales reportan que *Azolla* puede duplicar su peso cada 17 días y completar ciclos productivos de hasta tres meses cuando las condiciones ambientales se mantienen estables (Cabezas-Monteros, 2011).

Entre las ventajas agronómicas más destacadas del cultivo de *Azolla* se encuentran:

- Aporte significativo de materia orgánica.
- Reducción del uso de fertilizantes sintéticos.
- Mejora de la estructura física del suelo.
- Disminución de malezas acuáticas debido a la cobertura superficial.
- Generación rápida de forraje nutritivo con intervalos de cosecha de 15 a 20 días (Armijos, 2005).

1.6 Usos

El sistema simbiótico *Azolla–Anabaena* se ha utilizado en múltiples aplicaciones agrícolas y ambientales (Quiroz-Pincay, 2023). En primer lugar, se emplea como bioabono debido a su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico y mineralizarlo posteriormente en formas aprovechables por los cultivos, especialmente el arroz (Armijos, 2005).

Asimismo, la planta actúa como hiperacumuladora de nitrógeno, proceso que convierte el N_2 atmosférico en compuestos como NO_2^- y NO_3^- mediante la fijación biológica realizada por la cianobacteria asociada. Este mecanismo proporciona una fuente natural de nitrógeno para

sistemas agroecológicos (Tarigan, 2024).

Según Md-Nasir et al. (2022), la *Azolla* también destaca como forraje alternativo para especies menores (cuyes, conejos, aves de corral), ya que presenta valores apreciables de proteína y minerales cuando se analiza en base seca. Su composición favorece su incorporación en dietas suplementarias, siempre que se sequen o procesen adecuadamente las frondes (El Naggar & El-Mesery, 2022).

En el ámbito ambiental, la planta funciona como captadora de carbono, ya que retira cantidades significativas de CO₂ del agua y la atmósfera, contribuyendo así a mitigar el impacto climático (Armijos, 2005). También participa en el control biológico de plagas acuáticas, pues forma mantos densos que impiden la proliferación de larvas de mosquitos y otras especies indeseables (Tarigan, 2024).

1.6.1 Fuentes orgánicas utilizadas en los efluentes de *Azolla–Anabaena*

En la preparación de los efluentes de *Azolla–Anabaena*, la bovinaza, la cerdaza y la pollinaza se emplean como fuentes de materia orgánica capaces de aportar nutrientes al medio. Youssef et al. (2021) señalaron que la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica puede modificarse durante la descomposición; por ello, el tipo de residuo y el tiempo de maduración pueden influir en la composición del efluente.

La bovinaza corresponde al estiércol de origen bovino. Su incorporación a sistemas de fertilización orgánica contribuye con materia orgánica y nutrientes de liberación gradual; en este estudio se utilizó como fuente de enriquecimiento del agua de *Azolla–Anabaena*.

La cerdaza es el estiércol de origen porcino y constituye otra fuente de materia orgánica empleada para enriquecer efluentes. Debido a que su composición depende de la alimentación, el manejo y el grado de descomposición, su aporte nutrimental puede diferir respecto de la bovinaza y la pollinaza.

La pollinaza procede de residuos orgánicos de la producción avícola y se utiliza como fertilizante por su aporte de nutrientes. Subedi et al. (2024) evaluaron diferentes abonos orgánicos en zucchini y observaron que la pollinaza puede generar respuestas favorables en crecimiento y rendimiento, aunque estos efectos dependen de las condiciones de manejo.

1.7 Origen del zucchini (*Cucurbita pepo*)

El zucchini (*Cucurbita pepo*) tiene su origen en el continente americano, donde se

cultivó desde tiempos antiguos como parte de la diversidad de cucurbitáceas nativas (Soriano-Melgar et al., 2020). Esta hortaliza destaca por su elevado valor nutritivo y por su bajo aporte calórico, ya que contiene vitaminas A, C y E, además de potasio, fibra dietaria y antioxidantes naturales (Najafi et al., 2021).

En Ecuador, su producción se ha establecido tanto en la región Costa como en la Sierra, y se mantiene durante todo el año, lo que la convierte en una alternativa atractiva para los agricultores (Tarigan, 2024). Su ciclo continuo y su aceptación comercial ofrecen oportunidades de rotación y diversificación dentro de los sistemas hortícolas, constituyéndose en una fuente directa de ingresos (Carriel, 2017).

Tabla 2. Clasificación taxonómica de *Cucurbita pepo* L.

Categoría Taxonómica	Descripción
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Cucurbitales
Familia	Cucurbitaceae
Género	<i>Cucurbita</i>
Especie	<i>Cucurbita pepo</i> L.
Variedades comunes	Zucchini, calabacín, summer squash

Fuente: tomada de Carriel, (2017).

1.7.1 Distribución geográfica

En la actualidad, la producción mundial de zucchini se concentra principalmente en Holanda, América del Norte, Marruecos, Italia y España (Najafi et al., 2021). Dentro del territorio español, la Región de Murcia representa una zona estratégica para este cultivo, con una amplia presencia en municipios como Torre Pacheco, Cartagena, Murcia y Molina de Segura, donde se ha consolidado como una de las hortalizas de mayor demanda y rendimiento (Navarrete, 2023).

1.7.2 Morfología vegetal

1.7.2.1 Tallo

El tallo de *Cucurbita pepo* presenta forma tubular alargada, flexible y ligeramente espinosa. Su sección transversal adquiere un contorno pentagonal, con tonalidad verde suave (Robledo-Torres et al., 2010). Internamente es hueco y externamente se encuentra cubierto por una pubescencia rígida distribuida en toda la superficie (Soriano-Melgar et al., 2020).

1.7.2.2 Raíz

La especie desarrolla una raíz pivotante robusta, de la cual se originan raíces secundarias superficiales. Bajo condiciones de humedad continua, es posible la aparición de raíces adventicias en los entrenudos del tallo debido al contacto con superficies húmedas (Robledo-Torres et al., 2010).

1.7.2.3 Hojas

El cultivo de zucchini o calabacín presenta hojas de gran tamaño, con color verde intenso. Estas se insertan en el tallo mediante pecíolos alargados, alternos y de crecimiento helicoidal (Soriano-Melgar et al., 2020). El limbo foliar muestra una superficie superior lisa y una cara inferior más áspera debido a la pubescencia (Najafi et al., 2021).

Los bordes son dentados y la hoja se divide en cinco lóbulos con nervadura palmeada. De las axilas foliares emergen zarcillos que se adhieren a estructuras firmes, facilitando el soporte de la planta (Soriano-Melgar et al., 2020).

1.7.2.4 Flores

Cucurbita pepo es una especie monoica, característica que implica la presencia de flores masculinas y femeninas en la misma planta (Soriano-Melgar et al., 2020). Las flores son solitarias, de gran tamaño, de color amarillo anaranjado y con forma acampanada, y se desarrollan de manera axilar (Najafi et al., 2021).

1.7.2.5 Fruto

El fruto del zucchini corresponde a una baya tipo peponide. Posee pulpa de color blanco a ligeramente amarillento y una cáscara externa verde claro o verdiblanca, dependiendo de la variedad y del estado de madurez (Alvarado, 2001).

1.7.2.6 Semillas

Las semillas presentan una coloración blanco grisácea uniforme y un reborde ancho. Su tamaño varía según la variedad cultivada, manteniendo siempre una forma aplanada característica (Najafi et al., 2021).

Figura 4. Estructura morfológica del zucchini (*Cucurbita pepo*): órganos vegetativos, flores masculinas y femeninas, fruto y semillas



Fuente: tomado de Najafi et al.(2021)

1.7.3 Requerimientos del zucchini en cuanto al tipo de suelo y pH

El cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo*) requiere suelos de textura ligera a media, preferentemente franco-arenosos o franco-arcillosos, que permitan un adecuado balance entre retención de humedad y aireación (Hernández et al., 2025). Este tipo de suelo favorece el desarrollo del sistema radical pivotante característico de la especie y evita problemas por anegamiento (Aguilar-Carpio, Cervantes-Adame, Sorza-Aguilar, Escalante-Estrada, et al., 2022).

Diversos estudios coinciden en que el cultivo muestra su mejor desempeño en suelos bien drenados, con buena porosidad y contenido moderado de materia orgánica, elementos que mejoran la disponibilidad de nutrientes esenciales (Hernández et al., 2025). En cuanto a la reacción del suelo, el zucchini crece óptimamente en un pH ligeramente ácido a neutro, ubicado entre 5,6 y 6,8, intervalo que maximiza la solubilidad del fósforo, la disponibilidad de micronutrientes y la actividad microbiana beneficiosa del suelo (Roca-Giler & Santistevan-Méndez, 2025). Valores por debajo o por encima de este rango alteran la absorción nutrimental y pueden limitar el crecimiento vegetativo, la floración y la formación de frutos (Hernández et al., 2025).

Tabla 3. *Requerimientos nutricionales de Cucurbita pepo L.*

Nutriente esencial	Requerimiento aproximado	Función principal en la planta
Nitrógeno (N)	120–180 kg/ha	Crecimiento vegetativo, síntesis de clorofila

Fósforo (P_2O_5)	60–100 kg/ha	Desarrollo radicular, floración
Potasio (K_2O)	120–200 kg/ha	Cuajado y llenado de frutos, regulación hídrica
Calcio (Ca)	80–120 kg/ha	Integridad de paredes celulares, reducción de pudriciones
Magnesio (Mg)	30–50 kg/ha	Fotosíntesis, activación enzimática
Azufre (S)	20–40 kg/ha	Síntesis de aminoácidos
Boro (B)	1–2 kg/ha	Desarrollo reproductivo
Zinc (Zn)	2–4 kg/ha	Regulación hormonal, crecimiento
Hierro (Fe)	3–6 kg/ha	Producción de clorofila

Fuente: tomado de Hernández et al. (2025)

1.7.4 Ciclo del cultivo del zucchini

El cultivo de zucchini se caracteriza por poseer un ciclo biológico relativamente corto. Desde el momento de la germinación hasta el inicio de la cosecha, la planta completa su desarrollo en un periodo aproximado de 45 a 55 días, dependiendo de las condiciones ambientales del lugar de cultivo.

Figura 5. *Ciclo del cultivo del zucchini*



Fuente: tomado de Najafi et al.(2021)

Factores como temperatura, disponibilidad hídrica y características edáficas influyen de manera directa en la duración del ciclo y en la uniformidad de la producción (Hernández et al., 2025; Soriano-Melgar et al., 2020).

CAPÍTULO II

INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Ramiro et al., (2025) explicaron que, frente a los esquemas convencionales de producción agrícola, la agricultura biogénica concebida como un sistema generador de vida se presenta como una alternativa orientada a mejorar el bienestar, la sostenibilidad y la autonomía de los productores. Dentro de este enfoque destaca *Azolla* en simbiosis con la cianobacteria *Anabaena azollae*, asociación capaz de fijar nitrógeno atmosférico y transformarlo en compuestos disponibles para las plantas. Esta característica convierte a *Azolla* en una fuente relevante de nitrógeno para la agricultura familiar campesina. Con el propósito de determinar el efecto del nitrógeno de origen biológico aportado por *Azolla*, los autores desarrollaron un ensayo con el cultivo de maíz INIAP-182 “Almendral” en la parroquia San Pedro de la Bendita, cantón Catamayo. El estudio se estructuró bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones y cinco tratamientos: biomasa de *Azolla*, aplicación foliar de NitrAgua, riego con NitrAgua, fertilización convencional con urea y un testigo absoluto. Los resultados demostraron que el uso de nitrógeno procedente de *Azolla filiculoides* promovió un desarrollo agronómico superior, reflejado en plantas de 162,4 cm de altura, tallos de 4,7 cm de diámetro, 15 hojas por planta, mazorcas de 22,2 cm de longitud, 599 granos por mazorca y un rendimiento promedio de 15,53 t/ha.

Santo-Pineda et al. (2024), ejecutaron una investigación en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí, con el propósito de evaluar el desempeño zootécnico de pollos finqueros alimentados con dietas suplementadas con *Azolla anabaena*. Se emplearon 100 aves criollas mejoradas, distribuidas en un diseño de bloques completos al azar con cuatro niveles de inclusión de harina de *Azolla* (0 %, 5 %, 7 % y 9 %), cinco repeticiones por tratamiento y cinco animales por unidad experimental. Las variables analizadas incluyeron la composición bromatológica de la harina, el consumo de alimento, la ganancia de peso, la conversión alimenticia y la rentabilidad. Los resultados mostraron que la harina de *Azolla* constituye una fuente relevante de proteína y minerales, lo que la posiciona como un insumo con alto potencial nutricional. En términos de consumo, los mayores valores correspondieron a los tratamientos con 9 % (T4), 5 % (T2) y el testigo (T1). El peso vivo más alto se observó en el T1, mientras que la mejor conversión alimenticia se registró en el T3 (7 %), debido a su menor relación consumo/ganancia. No se reportaron mortalidades durante el ensayo. Desde el punto de vista económico, el tratamiento con 7 % de harina de *Azolla* obtuvo la mayor rentabilidad, lo que

permitió recomendar su incorporación en las dietas de pollos criollos mejorados como estrategia para mejorar la eficiencia productiva y económica del sistema.

Perero-Ormeño & Pincay Baque, (2023), la investigación se llevó a cabo en el vivero de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, con el fin de determinar el efecto del efluente resultante de la simbiosis *Azolla*–*Anabaena* en la propagación de especies forestales como *Schizolobium parahyba*, *Swietenia macrophylla*, *Cordia alliodora* y *Gmelina arborea*. El estudio respondió a la necesidad de comprender cómo distintas especies reaccionan al uso de fertilizantes orgánicos derivados de algas. Se evaluaron cuatro dosificaciones de riego (100 % efluente, 50 % efluente + 50 % agua, 75 % efluente + 25 % agua y 100 % agua como testigo), bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por especie. Los resultados mostraron que la aplicación del 100 % de efluente favoreció significativamente el crecimiento en altura a los 30, 60 y 90 días en *S. parahyba*, *C. alliodora* y *G. arborea*. En *S. macrophylla*, el tratamiento testigo destacó en la primera evaluación. Para la variable diámetro, el tratamiento con efluente al 100 % presentó los valores superiores en *S. parahyba* y *G. arborea*, mientras que en *S. macrophylla* y *C. alliodora* el tratamiento testigo mostró mejores resultados iniciales. El estudio confirmó el potencial del efluente de *Azolla* en el desarrollo de especies forestales.

2.3 Métodos

2.3.1 Método empírico

El método empírico permitió obtener información a partir de la experiencia directa y de la observación sistemática del comportamiento agronómico del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo*) en condiciones de campo abierto. Se realizó un seguimiento continuo de las plantas para identificar su respuesta fisiológica y morfológica frente a la aplicación de efluentes de *Azolla anabaena* (Aldás-Jarrín et al., 2016).

Para cada tratamiento se aplicaron 250 mL de efluente líquido por planta, en dos aplicaciones realizadas a los 30 y 45 días después de la siembra. Este proceso hizo posible registrar cambios reales en la dinámica de crecimiento, tales como el ritmo de emisión foliar, el vigor inicial del cultivo y la respuesta radicular al aporte de nutrientes orgánicos provenientes del bioinsumo (Manzo & Hernández, 1997).

2.3.2 Método experimental

El estudio adoptó un enfoque experimental fundamentado en la aplicación de diferentes concentraciones de efluentes de *Azolla anabaena* como biofertilizante en el cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo*) establecido a campo abierto (Adnan et al., 2017). Cada tratamiento recibió 250 mL del efluente líquido por planta, extraído directamente del estanque de cultivo de *Azolla* y aplicado al suelo en dos momentos: a los 30 y 45 días después de la siembra (Aldás-Jarrín et al., 2016).

Este método permitió manipular la disponibilidad de nutrientes provenientes del bioinsumo y evaluar sus efectos sobre variables agronómicas como la altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo, vigor general y desarrollo radicular. El enfoque experimental facilitó el establecimiento de relaciones causales entre la aplicación del efluente y las respuestas del cultivo bajo condiciones ambientales naturales, tales como radiación solar directa, temperatura del suelo y humedad del perfil superficial (Marradi, 2013).

2.3.3 Método bibliográfico

Para sustentar el marco teórico y metodológico del estudio, se efectuó una revisión bibliográfica exhaustiva utilizando fuentes científicas actualizadas relacionadas con biofertilización, fisiología de cucurbitáceas, uso agronómico de *Azolla spp.*, manejo de cultivos hortícolas a campo abierto y dinámica del nitrógeno en sistemas de producción vegetal. Se consultaron artículos publicados en revistas indexadas, tesis de maestría y doctorado, manuales

técnicos e informes institucionales (Martínez & Medina, 2014).

La información recopilada permitió respaldar la selección de los tratamientos, el diseño experimental y los criterios de evaluación agronómica, garantizando coherencia entre la fundamentación teórica y las prácticas aplicadas en el campo experimental

2.3.4 Método observacional

Se aplicó el método observacional estructurado para registrar de forma sistemática las variables morfológicas y ambientales asociadas al desarrollo del cultivo de *zucchini* (*Cucurbita pepo*) en condiciones de campo abierto. Las observaciones se efectuaron en intervalos definidos, considerando parámetros como la temperatura superficial del suelo, humedad del perfil de siembra, tasa de expansión foliar, vigor general y presencia de alteraciones fisiológicas relacionadas con la aplicación del efluente de *Azolla anabaena*.

La evaluación visual se complementó con instrumentos de medición, entre ellos una cámara térmica digital utilizada para obtener imágenes de la distribución del calor sobre la superficie del suelo y en el entorno inmediato de las plantas (EISMAN, 1997). Esta técnica permitió correlacionar los patrones térmicos del ambiente natural con la respuesta agronómica del cultivo, aportando información adicional sobre el comportamiento fisiológico bajo diferentes condiciones ambientales (Namakforoosh, 2000).

2.4 Fuentes de recopilación de la información

2.4.1 Fuentes primarias

Las fuentes primarias provinieron de las mediciones directas efectuadas en las plantas de *zucchini* cultivadas a campo abierto y sometidas a la aplicación de efluentes de *Azolla anabaena*. Se registraron variables agronómicas como altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, vigor del cultivo y temperatura superficial del suelo. Asimismo, se emplearon instrumentos como cinta métrica, vernier digital, termómetro de suelo y una cámara térmica digital para obtener datos precisos sobre el microambiente y su relación con el crecimiento del cultivo (Guadalupe & Concepción, 2020).

2.4.2 Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias incluyeron literatura científica relacionada con el cultivo de *zucchini* (*Cucurbita pepo*), biofertilización orgánica, aplicaciones agronómicas de *Azolla* spp., dinámica del nitrógeno en sistemas hortícolas y fisiología vegetal. La información se obtuvo en

bases de datos especializadas como Scopus, SciELO, Google Scholar y Redalyc, con el propósito de respaldar la fundamentación teórica del estudio, así como la selección de los tratamientos y el diseño metodológico.

2.5 Análisis estadístico

El procesamiento de los datos se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Antes de aplicar el ANOVA, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas empleando las pruebas de Shapiro–Wilk y Levene, respectivamente. En los casos donde las variables no cumplieron dichos supuestos, se consideró la transformación de los datos utilizando funciones logarítmicas o raíz cuadrada hasta ajustar su distribución (Bustos et al., 2008a).

El ANOVA permite descomponer la variabilidad total registrada en el experimento en componentes atribuibles al efecto del tratamiento y al error experimental. La significancia del efecto se evaluó mediante el valor de p , considerando diferencias estadísticamente significativas cuando $p < 0,05$. Cuando el análisis evidenció diferencias reales entre los tratamientos, se aplicó una prueba de comparación de medias Tukey al 5 % de probabilidad, con el propósito de identificar cuál de las edades del efluente generó las mejores respuestas en las variables agronómicas evaluadas.

2.6 Diseño de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque experimental mediante un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con el propósito de evaluar el efecto de diferentes efluentes de *Azolla–Anabaena* sobre el comportamiento agronómico y productivo del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.) en condiciones de campo abierto (Bustos et al., 2008).

El diseño estuvo conformado por cuatro tratamientos: T1, aplicación de efluente de *Azolla–Anabaena* con bovinaza; T2, aplicación de efluente con cerdaza; T3, aplicación de efluente con pollinaza; y T4, correspondiente al tratamiento testigo, sin aplicación del efluente. Cada tratamiento contó con cinco repeticiones, para un total de 20 unidades experimentales. La distribución en bloques permitió controlar la variabilidad natural del terreno y aumentar la precisión en la comparación de las respuestas agronómicas y productivas del cultivo.

Tabla 5. Esquema de ADEVA con un diseño completamente con 5 repeticiones

Fuente de variación	Cálculo	Grados de libertad
Bloques o repeticiones	$(5-1)$	4
Tratamientos con efluentes de <i>Azolla–Anabaena</i>	$(4-1)$	3
Error experimental	$((4-1)(5-1))$	12
Total	$((4 \times 5)-1)$	19

2.7 Tratamientos

Los tratamientos se diferenciaron según el tipo de materia orgánica incorporada en la producción del efluente de *Azolla–Anabaena*. El T1 correspondió a la aplicación de agua de Azolla con bovinaza; el T2, a la aplicación de agua de Azolla con cerdaza; el T3, a la aplicación de agua de Azolla con pollinaza; y el T4 correspondió al testigo, sin aplicación del efluente.

Cada tratamiento representó una fuente orgánica diferente, con posibles variaciones en la disponibilidad de nutrientes presentes en el efluente. Esto permitió comparar sus efectos sobre el crecimiento, la floración, el rendimiento y las características de los frutos del cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.).

Tabla 6. Tratamiento de estudio

Tratamiento	Descripción
T1	Agua o efluente de <i>Azolla–Anabaena</i> con bovinaza
T2	Agua o efluente de <i>Azolla–Anabaena</i> con cerdaza
T3	Agua o efluente de <i>Azolla–Anabaena</i> con pollinaza
T4	Testigo, sin aplicación del efluente

2.8 Instrumentos de investigación

2.8.1 Variables de interés

Variables independientes

- Edad del agua de Azolla anabaena (efluente), correspondiente a dos tiempos de maduración: 15 y 30 días.

Variables dependientes

- Altura de planta (cm)
- Diámetro de tallo (mm)
- Número de hojas
- Área foliar (cm²)
- Días a floración
- Número de frutos por planta
- Peso promedio de fruto (g)
- Rendimiento (t·ha⁻¹)
- Caracterización nutrimental del efluente.

2.9 Materiales

- Semillas de *zucchini* (*Cucurbita pepo*).
- Efluente de *Azolla anabaena*.
- Estacas de señalización.
- Cintas de marcaje.
- Envases graduados de 10 mL.
- Regaderas manuales.
- Etiquetas y marcadores.
- Libreta de campo.
- Cinta métrica.
- Vernier digital.
- Termómetro de suelo.
- Balanza digital portátil.
- Computadora con software estadístico.

Herramientas agrícolas

- Pala.
- Azadón.
- Machete o cuchillo.
- Manguera o sistema de riego manual.
- Carretilla.

2.10 Manejo del experimento

El experimento se manejó en cuatro etapas principales: preparación del sustrato y siembra del zucchini, establecimiento y manejo de la *Azolla*, aplicación de los tratamientos y registro de las variables agronómicas.

2.10.1 Preparación del sustrato y siembra del zucchini

- Se limpió el terreno eliminando malezas, residuos de cultivos anteriores y material vegetal seco.
- Se realizó la preparación del suelo mediante una labor de roturación y una nivelación ligera, con el fin de favorecer el drenaje y la aireación del sustrato.
- Se incorporó materia orgánica al suelo (compost) en una dosis uniforme para toda el área experimental, con el propósito de disponer de una fertilidad basal homogénea independiente de los tratamientos con efluente de *Azolla anabaena*.
- Se trazaron los surcos y las parcelas experimentales de acuerdo con el Diseño de Bloques Completamente al Azar. Las hileras de zucchini se establecieron con un distanciamiento fijo entre surcos y entre plantas, de manera que cada unidad experimental contó con el mismo número de plantas útiles.
- Se seleccionó semilla de zucchini (*Cucurbita pepo*) de buena calidad fisiológica y sanitaria. Las semillas se desinfectaron de forma preventiva (por ejemplo, con solución de hipoclorito de sodio a baja concentración) y se sembraron de manera directa en campo en los puntos previamente marcados.
- Después de la emergencia, se efectuó un raleo para dejar una planta por sitio de siembra, manteniendo una población uniforme por parcela.
- El riego, el control de malezas y el manejo fitosanitario se aplicaron de forma homogénea en todos los tratamientos, para asegurar que las diferencias observadas se asociaran a la edad del efluente de *Azolla* y no al manejo del cultivo.

2.10.2 Establecimiento y manejo de la *Azolla*

- La *Azolla* se cultivó en estanques o recipientes rústicos independientes, recubiertos con plástico agrícola y ubicados bajo una estructura con malla sombra para disminuir la incidencia directa de la radiación solar.
- Los estanques se llenaron con agua limpia hasta alcanzar una lámina uniforme y se verificó que no presentaran fugas.

- Se prepararon tres unidades independientes para evitar la mezcla de los efluentes. En la primera se incorporó bovinaza; en la segunda, cerdaza; y en la tercera, pollinaza.
- Posteriormente, se inoculó cada unidad con biomasa fresca de *Azolla–Anabaena*, distribuyéndola uniformemente sobre la superficie del agua para favorecer su establecimiento y crecimiento.
- Durante el periodo de producción de los efluentes se controló el nivel del agua y se repusieron las pérdidas ocasionadas por la evaporación.
- Se evitó el ingreso de hojas, suelo y otros materiales que pudieran alterar las características físicas y químicas de los efluentes.
- Los estanques se mantuvieron correctamente identificados de acuerdo con el tipo de materia orgánica empleada: bovinaza, cerdaza y pollinaza.
- Antes de cada fertilización se recolectó por separado el agua de cada estanque, utilizando recipientes limpios e identificados para evitar la mezcla entre los tratamientos.
- El tratamiento testigo no recibió ninguno de los efluentes preparados.

2.10.3 Aplicación de los tratamientos con agua de *Azolla*

- Los tratamientos consistieron en la aplicación de agua de *Azolla–Anabaena* preparada con diferentes fuentes de materia orgánica. El T1 correspondió al efluente con bovinaza; el T2, al efluente con cerdaza; el T3, al efluente con pollinaza; y el T4 correspondió al testigo sin aplicación del efluente.
- La primera fertilización se realizó a los 30 días de establecido el cultivo de zucchini y la segunda aplicación se efectuó a los 45 días.
- En cada fertilización se aplicaron 250 mL de efluente por planta, de acuerdo con el tratamiento asignado.
- La aplicación se realizó manualmente y de forma directa en la zona radicular, procurando evitar el contacto excesivo del efluente con las hojas y el escurrimiento hacia otras unidades experimentales.
- El volumen aplicado y los momentos de fertilización fueron iguales para T1, T2 y T3; la única diferencia correspondió al tipo de materia orgánica presente en el efluente.

- Las plantas del tratamiento testigo no recibieron agua de *Azolla*, aunque se mantuvieron bajo las mismas condiciones generales de manejo agronómico.
- No se aplicaron fertilizantes líquidos adicionales que pudieran producir diferencias entre los tratamientos. Cualquier labor complementaria se realizó uniformemente en todas las unidades experimentales.

Actividad	Descripción técnica	Imagen
Preparación y asignación de los tratamientos	Los tratamientos se conformaron con efluentes de <i>Azolla-Anabaena</i> preparados con diferentes fuentes de materia orgánica. El T1 correspondió al efluente con bovinaza; el T2, al efluente con cerdaza; el T3, al efluente con pollinaza; y el T4 fue el testigo sin aplicación del efluente.	
Primera fertilización	La primera aplicación se realizó a los 30 días después del establecimiento del cultivo. Se suministraron manualmente 250 mL de efluente por planta, según el tratamiento asignado.	
Segunda fertilización	La segunda aplicación se efectuó a los 45 días después del establecimiento. Se aplicaron nuevamente 250 mL de efluente por planta en los tratamientos T1, T2 y T3.	

Aplicación en la zona radicular

El efluente fue aplicado directamente sobre el sustrato alrededor de la base de cada planta. Se evitó el contacto excesivo con las hojas y el escurrimiento hacia otras unidades experimentales.



Control del volumen aplicado

En los tratamientos T1, T2 y T3 se mantuvieron iguales el volumen de 250 mL por planta y los momentos de aplicación. La única diferencia fue el tipo de materia orgánica utilizada en la preparación del efluente. El T4 permaneció sin aplicación.



Toma de datos

Control de los datos para poder obtener los resultados pertinentes.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Variables agronómicas

Los resultados mostraron que el tratamiento con bovinaza alcanzó la media más alta de plantas activas, con 9,67 plantas; sin embargo, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,0701$), con un coeficiente de variación de 15,68 % (Anexo 1). Para la altura de las plantas activas, la bovinaza también registró la media más elevada, con 36,73 cm, aunque el efecto de los tratamientos no fue significativo ($p = 0,7486$) y el coeficiente de variación fue de 6,29 % (Anexo 2).

De igual manera, el mayor diámetro medio del tallo se obtuvo con bovinaza, con 8,44 mm, sin diferencias estadísticas entre tratamientos ($p = 0,3890$) y con un coeficiente de variación de 5,32 % (Anexo 3).

Tabla 7. Comparación de las variables agronómicas del zucchini según los tratamientos

Tratamiento	Plantas activas	Altura media (cm)	Diámetro medio (mm)
Bovinaza	9,67 a	36,73 a	8,44 a
Cerdaza	7,67 a	34,98 a	7,89 a
Pollinaza	6,33 a	36,36 a	8,33 a
Testigo	9,00 a	35,28 a	7,95 a
p-valor	0,0701	0,7486	0,389
CV (%)	15,68	6,29	5,32

Nota. Medias acompañadas por una letra común no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey al 5 % ($p > 0,05$).

Tejaswini et al. (2015) comprobaron que la incorporación de biomasa de *Azolla pinnata* influyó significativamente en la germinación y el vigor inicial de las plantas; la aplicación de 25 g produjo 81,66 % de germinación, mientras que el control alcanzó 64,66 %. Esta diferencia puede relacionarse con el momento de aplicación, debido a que Tejaswini et al. incorporaron la *Azolla* desde la siembra, mientras que en este estudio los efluentes se aplicaron cuando las plantas ya estaban establecidas, a los 30 y 45 días.

Subedi et al. (2024) evaluaron diferentes abonos orgánicos en zucchini y encontraron que el tratamiento con pollinaza presentó la mayor altura, con 31,91 cm, seguido del estiércol caprino con 31,29 cm y el testigo con 29,12 cm; no obstante, las diferencias entre los tratamientos tampoco fueron significativas. Esta coincidencia demuestra que una superioridad

numérica no necesariamente representa un efecto estadístico del tratamiento, especialmente cuando las fuentes orgánicas proporcionan cantidades similares de nutrientes o cuando el periodo de aplicación no es suficiente para generar respuestas diferenciadas.

Por otro lado, Uddain et al. (2019) encontró que la aplicación directa de 6 t/ha de pollinaza incrementó significativamente la altura del zucchini desde 4,4 cm en el testigo hasta 12,1 cm a los 30 días después de la siembra. Este resultado difiere del presente estudio, posiblemente porque el investigador aplicó grandes cantidades de abono sólido directamente al suelo, mientras que en esta investigación se utilizaron 250 mL de efluente líquido por planta en dos momentos. Por tanto, la forma, concentración y frecuencia de aplicación pudieron condicionar la respuesta de la altura.

Uddain et al. (2019) determinaron que la aplicación de diferentes niveles de vermicompost produjo variaciones significativas en las características morfológicas del zucchini, incluido el desarrollo estructural de la planta. Los autores identificaron que la combinación de 10 t/ha de vermicompost con poda primaria favoreció el crecimiento y la producción.

Tabla 8. Comparación de las hojas medias y del área foliar del cultivo de zucchini según los tratamientos

Tratamiento	Hojas medias activas	Área foliar media (cm ²)
Bovinaza	8,36 a	40,28 a
Cerdaza	6,77 a	41,25 a
Pollinaza	6,66 a	36,80 a
Testigo	8,33 a	38,90 a
p-valor	0,4086	0,3124
CV (%)	20,41	7

Nota. Medias acompañadas por una letra común no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey al 5 % ($p > 0,05$).

La mayor área foliar se registró en el tratamiento con cerdaza, con una media de 41,25 cm², seguido de la bovinaza con 40,28 cm², el testigo con 38,90 cm² y la pollinaza con 36,80 cm². No obstante, el efecto de los tratamientos no fue significativo ($p = 0,3124$). La prueba de Tukey asignó la letra A a todas las medias, por lo que ningún tratamiento fue estadísticamente superior (Anexo 4).

El tratamiento con bovinaza presentó la mayor cantidad de hojas activas, con una media de 8,36 hojas, seguido muy de cerca por el testigo con 8,33 hojas. Los tratamientos con cerdaza

y Pollinaza alcanzaron medias de 6,77 y 6,66 hojas, respectivamente. Sin embargo, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0,4086$). La prueba de Tukey ubicó todas las medias en el grupo A, confirmando que las diferencias fueron únicamente numéricas. El coeficiente de variación fue de 20,41 %, lo que evidencia una variabilidad relativamente elevada en el número de hojas (Anexo 5).

Abou El-Goud & Yousry (2019) evaluaron diferentes abonos orgánicos en zucchini y no encontraron diferencias significativas en las variables vegetativas. El estiércol de granja presentó la mayor cantidad de hojas, con 13,33 hojas por planta, seguido del estiércol caprino con 12,80, el testigo con 12,72 y la pollinaza con 12,48.

Dushimimana (2016) encontraron resultados diferentes, debido a que la combinación de 50 % de pollinaza con hongos micorrízicos produjo 24,67 hojas por planta y superó significativamente al tratamiento testigo.

Youssef et al. (2021) determinaron que la aplicación de *Azolla pinnata* seca incrementó la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo, favoreciendo el crecimiento y el desarrollo foliar de *Cucurbita pepo*. En la presente investigación, aunque la cerdaza y la bovinaza alcanzaron áreas foliares numéricamente superiores al testigo, estas diferencias no fueron estadísticas.

3.2 Variables de los frutos de zucchini

Los resultados mostraron que el tratamiento testigo alcanzó la media más alta del peso del fruto, con 678,67 g; sin embargo, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0,3867$), con un coeficiente de variación de 24,35 %.

Para el diámetro del fruto, el testigo también obtuvo la mayor media, con 61,23 mm, aunque las diferencias no fueron significativas ($p = 0,9357$) y el coeficiente de variación fue de 11,36 %.

En cuanto al largo del fruto, la media más alta correspondió al tratamiento con bovinaza, con 26,67 cm; no obstante, tampoco se encontraron diferencias significativas ($p = 0,3463$), mientras que el coeficiente de variación fue de 9,23 %. En general, la prueba de Tukey demostró que los tratamientos presentaron un comportamiento estadísticamente similar en las características físicas de los frutos.

Tabla 9. Características físicas de los frutos de zucchini según los tratamientos

Tratamiento	Peso del fruto (g)	Diámetro del fruto (mm)	Largo del fruto (cm)
T1 – Bovinaza	612,67 a	60,33 a	26,67 a
T2 – Cerdaza	477,00 a	60,03 a	23,00 a
T3 – Pollinaza	532,67 a	57,83 a	25,67 a
T4 – Testigo	678,67 a	61,23 a	25,00 a
p-valor	0,3867	0,9357	0,3463
CV (%)	24,35	11,36	9,23

Nota. Medias acompañadas por una letra común no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey al 5 % ($p > 0,05$).

Subedi et al. (2024) encontraron que la aplicación de pollinaza produjo el mayor rendimiento de zucchini, con 1,84 kg por planta, mientras que el testigo alcanzó 1,09 kg. Sin embargo, Abou El-Goud y Yousry (2019) comprobaron que la aplicación directa de gallinaza incrementó significativamente el peso medio de los frutos de zucchini en comparación con el control.

Uddain et al. (2019) observaron que la aplicación de 10 t/ha de vermicompost combinada con poda primaria incrementó el largo, diámetro y peso individual de los frutos de zucchini. Shareef et al. (2022) tampoco encontraron diferencias significativas en el largo de los frutos de zucchini por efecto de la fertilización orgánica e inorgánica. Estos resultados concuerdan con el presente estudio, donde la bovinaza registró el mayor largo, con 26,67 cm, pero sin superar estadísticamente a los demás tratamientos.

Subedi et al. (2024) encontraron que la aplicación de pollinaza produjo el mayor rendimiento de zucchini, con 1,84 kg por planta, mientras que el testigo alcanzó 1,09 kg. En la presente investigación ocurrió un comportamiento diferente, debido a que el testigo presentó el mayor peso individual del fruto, con 678,67 g; sin embargo, esta diferencia no fue significativa.

3.3 Dinámica de nutrientes en los efluentes de *Azolla*–*Anabaena* enriquecidos con diferentes abonos orgánicos

A los 15 días, el efluente con pollinaza presentó las mayores concentraciones de nitrato (132,8 mg/L) y calcio (123 mg/L), mientras que la cerdaza registró el mayor contenido de fósforo (30,0 mg/L). El potasio alcanzó 24,1 mg/L tanto en pollinaza como en bovinaza. A los 30 días, la bovinaza presentó la concentración más alta de calcio, con 137 mg/L, la concentración del fósforo subió a 30,0 mg/L. La cerdaza alcanzó 63 mg/L de calcio, hasta 3,5 mg/L de nitrato y 30,0 mg/L de fósforo. La pollinaza mantuvo la concentración elevada de potasio 24,1 mg/L, pero presentó una reducción del nitrato con un valor de 1,0 mg/L.

Tabla 10. Concentración de nutrientes en los efluentes de *Azolla* según el tratamiento y el tiempo de evaluación

Tiempo	Tratamiento	Potasio, K ₂ O (mg/L)	Nitrato, NO ₃ ⁻ (mg/L)	Fosfato, PO ₄ ³⁻ (mg/L)	Calcio, Ca ²⁺ (mg/L)
15 días	Bovinaza	24,1	0	0	0
15 días	Cerdaza	1,1	0	30	27
15 días	Pollinaza	24,1	132,8	9,8	123
30 días	Bovinaza	24,1	0	30,0	137
30 días	Cerdaza	1,3	3,5	30,0	63
30 días	Pollinaza	24,1	1,0	10,5	98

Nota. La *Azolla* con los respectivos nutrientes fue establecida el 5 de mayo de 2026. La primera evaluación se realizó a los 15 días y la segunda a los 30 días.

Youssef et al. (2021) señalaron que la *Azolla* contiene nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica, cuyos niveles disponibles pueden modificarse durante su descomposición. Esto permite explicar la variación observada entre los 15 y 30 días. El elevado contenido inicial de nitrato en la pollinaza pudo estar asociado con una rápida liberación de nitrógeno; sin embargo, su disminución posterior podría relacionarse con procesos de absorción, transformación microbiana o pérdidas del nutriente.

El incremento del calcio y fosfato en la bovinaza a los 30 días sugiere una liberación progresiva de estos elementos durante la mineralización de la materia orgánica. Por su parte, la cerdaza mantuvo un perfil caracterizado por concentraciones elevadas de fosfato. En general, los resultados evidencian que el tipo de abono incorporado influyó numéricamente en la composición del efluente; no obstante, las lecturas adicionales, los datos faltantes del testigo y la ausencia de un análisis de varianza impiden afirmar que existieron diferencias significativas entre los tratamientos.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La aplicación de los efluentes de *Azolla anabaena* produjo un comportamiento agronómico semejante entre los tratamientos. El efluente con bovinaza presentó las mayores medias de plantas activas (9,67 plantas), altura (36,73 cm), diámetro del tallo (8,44 mm) y número de hojas (8,36); mientras que la cerdaza alcanzó la mayor área foliar (41,25 cm²). Sin embargo, estas diferencias numéricas no representaron una superioridad estadística entre los tratamientos.
- En las características productivas del fruto, el tratamiento testigo registró el mayor peso promedio (678,67 g) y el mayor diámetro (61,23 mm), mientras que el efluente con bovinaza alcanzó la mayor longitud del fruto (26,67 cm). Por tanto, bajo las condiciones del experimento, la aplicación de los efluentes no incrementó el rendimiento del zucchini con respecto al testigo.
- Los efluentes de *Azolla anabaena* mezclados con bovinaza, cerdaza y pollinaza pueden emplearse como alternativas orgánicas para el cultivo de zucchini, debido a que mantuvieron respuestas agronómicas y productivas comparables con el tratamiento testigo. No obstante, ninguno de los efluentes demostró una ventaja estadística suficiente para ser considerado el tratamiento más eficaz.

RECOMENDACIONES

- No recomendar un efluente específico como superior, debido a que los tratamientos con bovinaza, cerdaza y pollinaza presentaron resultados estadísticamente similares al testigo. Su utilización deberá considerarse como una alternativa de fertilización orgánica y no como garantía de mayor crecimiento o rendimiento.
- Realizar nuevos ciclos experimentales manteniendo como referencia la aplicación de 250 mL por planta a los 30 y 45 días, pero evaluando diferentes volúmenes y frecuencias de aplicación para determinar si existe una respuesta agronómica favorable del zucchini.
- Incrementar el número de repeticiones y evaluar los tratamientos en más de un ciclo productivo, con la finalidad de reducir la variabilidad experimental y comprobar si los resultados se mantienen bajo diferentes condiciones climáticas y del suelo.
- Evaluar el rendimiento total mediante el número de frutos por planta, peso acumulado

por planta, rendimiento por parcela y rendimiento por hectárea. Estas variables permitirán determinar con mayor precisión el efecto productivo de los efluentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- About El-Goud, A., & Yousry, M. M. (2019). Organic summer squash production using chicken manure, compost and AMF for enhancing soil fertility. *Current Science International*, 8(4), 711-720.
- Adnan, M., Gul, S., Batool, S., Fatima, B., Rehman, A., Yaqoob, S., Shabir, H., Yousaf, T., Mussarat, S., & Ali, N. (2017). A review on the ethnobotany, phytochemistry, pharmacology and nutritional composition of Cucurbita pepo L. *The Journal of Phytopharmacology*, 6(2), 133-139.
- Aguilar-Carpio, C., Cervantes-Adame, Y. F., Sorza-Aguilar, P. J., & Escalante-Estrada, J. A. S. (2022). Crecimiento, rendimiento y rentabilidad de calabacita (Cucurbita pepo L.) fertilizada con fuentes químicas y biológicas. *Terra Latinoamericana*, 40.
- Aguilar-Carpio, C., Cervantes-Adame, Y. F., Sorza-Aguilar, P. J., Escalante-Estrada, J. A. S., Aguilar-Carpio, C., Cervantes-Adame, Y. F., Sorza-Aguilar, P. J., & Escalante-Estrada, J. A. S. (2022). Crecimiento, rendimiento y rentabilidad de calabacita (Cucurbita pepo L.) fertilizada con fuentes químicas y biológicas. *Terra Latinoamericana*, 40. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1059>
- Aldás-Jarrín, J. C., Zurita-Vásquez, J. H., Cruz-Tobar, S. E., Villacís-Aldaz, L. A., Pomboza-Tamaquiza, P. P., & León-Gordón, O. A. (2016a). Efecto biofertilizante de azolla—Anabaena en el cultivo de maíz (Zea mays L.). *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(2), 109-115. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2308-38592016000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Aldás-Jarrín, J. C., Zurita-Vásquez, J. H., Cruz-Tobar, S. E., Villacís-Aldaz, L. A., Pomboza-Tamaquiza, P. P., & León-Gordón, O. A. (2016b). Efecto biofertilizante de azolla—anabaena en el cultivo de maíz (Zea mays L.). *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(2), 109-115.
- Aldás-Jarrín, J. C., Zurita-Vásquez, J. H., Cruz-Tobar, S. E., Villacís-Aldaz, L. A., Pomboza-Tamaquiza, P. P., & León-Gordón, O. A. (2016c). Efecto biofertilizante de azolla—Anabaena en el cultivo de maíz (Zea mays L.). *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(2), 109-115. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2308-38592016000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Armijos, M. M. (2005). Estudio de la aplicación de Azolla Anabaena como bioabono en el cultivo de arroz en el Litoral ecuatoriano. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 18(1). <https://rte.espol.edu.ec>

- Bustos, A., Caicedo, D. R., & Cantor, F. (2008a). ANDEVA para diseño completamente al azar (DCA). *Revista Facultad de ciencias básicas*, 4(1-2), 143-148.
- Bustos, A., Caicedo, D. R., & Cantor, F. (2008b). ANDEVA para diseño completamente al azar (DCA). *Revista Facultad de ciencias básicas*, 4(1-2), 143-148.
- Cabezas-Monteros, R. J. (2011). *Relación simbiótica de Azolla (Azolla caroliniana, A. filiculoides, A. mexicana)-Anabaena (Anabaena azollae) para la producción de nitrógeno en ecosistemas acuáticos de la zona de Cayambe 2010* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1830>
- Carlos, A.-J. J., Hernán, Z.-V. J., Eduardo, C.-T. S., Alfredo, V.-A. L., Pablo, P.-T. P., & Alfredo, L.-G. O. (2016). Efecto biofertilizante de azolla-anabaena en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(2), 77-83.
- Carriel Carrasco, I. Y. (2017). *Rendimiento de tres variedades de Zucchini (Cucúrbita pepo L.), mediante fertilización orgánica utilizando Bioles mineralizados en zona de Babahoyo* [Tesis de Grado, Universidad Técnica De Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3146>
- Castro-Carrillo, L. A., Delgadillo-Martínez, J., Ferrera-Cerrato, R., & Alarcón, A. (2008). Remoción de fenantreno por azolla caroliniana utilizando bioaumentación con microorganismos hidrocarbonoclastas. *Interciencia*, 33(8), 591-597. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0378-18442008000800009&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Chaux, G., Caicedo B, J. R., & Fernandez M, J. E. (2013). TRATAMIENTO DE EFLUENTES PISCÍCOLAS (TILAPIA ROJA) EN LAGUNAS CON *Azolla pinnata*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 46-56. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1692-35612013000200006&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- de Vries, S., & de Vries, J. (2018). *Azolla: A Model System for Symbiotic Nitrogen Fixation and Evolutionary Developmental Biology*. En H. Fernández (Ed.), *Current Advances in Fern Research* (pp. 21-46). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75103-0_2
- Dushimimana, C. (2016). *Evaluation of Influence of Poultry Manure Levels on Growth and Yield of Courgettes in Rwanda*. 3(4).
- Edison Ramiro E.r., Aguinza Jiménez D.a., & Espinosa Palacios N.d.c. (2025). Efecto del nitrógeno bien expresado en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Catamayo, provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 15(1), 92-100.

<https://doi.org/10.54753/blc.v15i1.2315>

- EISMAN, L. Buend. (1997). La investigación observacional. *Métodos de investigación en psicopedagogía*, 157.
- Eissa, E.-S. H., Khattab, M. S., Elbahnaswy, S., Elshopakey, G. E., Alamoudi, M. O., Aljàrari, R. M., Munir, M. B., Kari, Z. A., & Naiel, M. A. E. (2024). The effects of dietary *Spirulina platensis* or curcumin nanoparticles on performance, body chemical composition, blood biochemical, digestive enzyme, antioxidant and immune activities of *Oreochromis niloticus* fingerlings. *BMC Veterinary Research*, 20(1). Scopus. <https://doi.org/10.1186/s12917-024-04058-z>
- El Naggar, S., & El-Mesery, H. S. (2022). *Azolla pinnata* as unconventional feeds for ruminant feeding. *Bulletin of the National Research Centre*, 46(1), 66. <https://doi.org/10.1186/s42269-022-00752-w>
- El-Serafy, R. S., El-Sheshtawy, A.-N. A., Abd El-Razek, U. A., Abd El-Hakim, A. F., Hasham, M. M., Sami, R., Khojah, E., & Al-Mushhin, A. A. (2021). Growth, yield, quality, and phytochemical behavior of three cultivars of quinoa in response to moringa and *Azolla* extracts under organic farming conditions. *Agronomy*, 11(11), 2186.
- Ferraris, G. N., Couretot, L. A., & Toribio, M. (2009). Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicancia en el rendimiento del cultivo de maíz: Efectos de fuente, dosis y uso de inhibidores. *Informaciones Agronómicas*, 43, 19-22.
- Google Maps. (2025). 0°15'35.0"N 79°25'35.0"W. https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007,-79.443577,2416m/data=!3m1!1e3?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D
- Guadalupe, G. D., & Concepción, G. D. (2020). *Metodología de la investigación*. Grupo Editorial Patria.
- Hernández, Y. J., Guerrero, J. de D. P., Ortega, A. P., Vargas, F. B., & López, H. C. C. (2025). Comparacion del Rendimiento de Calabacita (*Cucúrbita Pepo* L.) con Fertilización Biologica en el ITR Ciclo Verano 2024. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), 1883-1895. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17019
- INAMHI. (2022, abril 16). *Anuario metereológico*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf.
- Kellar, P. E., & Goldman, C. R. (1979). A comparative study of nitrogen fixation by the

- Anabaena-Azolla symbiosis and free-living populations of Anabaena spp. In Lake Ngahawa, New Zealand. *Oecologia*, 43(3), 269-281. <https://doi.org/10.1007/BF00344954>
- Kumar, U., Nayak, A. K., Panneerselvam, P., Kumar, A., Mohanty, S., Shahid, M., Sahoo, A., Kaviraj, M., Priya, H., Jambhulkar, N. N., Dash, P. K., Mohapatra, S. D., & Nayak, P. K. (2019). Cyanobiont diversity in six Azolla spp. And relation to Azolla-nutrient profiling. *Planta*, 249(5), 1435-1447. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03093-7>
- Manzo, S. V., & Hernández, J. V. (1997). Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera. *Madera y bosques*, 3(1), 81-87.
- Marradi, A. (2013). Método experimental, método de la asociación y otros caminos de la ciencia. *Paradigmas: Una Revista Disciplinar de Investigación*, 5(1), 11-38.
- Martínez, G. C. B., & Medina, B. B. (2014). El método clínico, situación actual. Revisión bibliográfica. *Acta Médica del Centro*, 8(2), 131-138.
- Md Nasir, N. A. N., Kamaruddin, S. A., Zakarya, I. A., & Aminul Islam, A. K. M. (2022). Sustainable alternative animal feeds: Recent advances and future perspective of using azolla as animal feed in livestock, poultry and fish nutrition. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 25, 100581. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2021.100581>
- Méndez-Martínez, Y., Pérez-Tamames, Y., Reyes Pérez, J. J., & Puente Jimenez, V. D. (2018). Azolla sp., UN ALIMENTO DE ALTO VALOR NUTRICIONAL PARA LA ACUICULTURA. *Biotecnia*, 20(1), 32-40. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v20i1.527>
- Najafi, S., Nasi, H. N., Tuncturk, R., Tuncturk, M., Sayyed, R. Z., Amirnia, R., Najafi, S., Nasi, H. N., Tuncturk, R., Tuncturk, M., Sayyed, R. Z., & Amirnia, R. (2021). Biofertilizer Application Enhances Drought Stress Tolerance and Alters the Antioxidant Enzymes in Medicinal Pumpkin (Cucurbita pepo convar. Pepo var. Styriaca). *Horticulturae*, 7(12). <https://doi.org/10.3390/horticulturae7120588>
- Namakforoosh, M. N. (2000). *Metodología de la investigación*. Editorial Limusa.
- Navarrete, R. (2023). “Comportamiento agronómico del zucchini (Cucurbita pepo) con diferentes fertilizantes químicos.” [Tesis de Grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/4657/1/ULEAM-AGRO-0172.pdf>
- Newton, J. W., & Herman, A. I. (1979). Isolation of cyanobacteria from the aquatic fern, Azolla. *Archives of Microbiology*, 120(2), 161-165. <https://doi.org/10.1007/BF00409103>
- Nghia, N. K., & Tran, D. V. (2023). Chemical and biological properties of organic fertilizer

- products from Azolla and other organic wastes. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, 28(4).
- Ovejero, J., Lampurlanés Castel, J., Cantero-Martínez, C., Plaza-Bonilla, D., & Álvaro-Fuentes, J. (2013). Efecto del sistema de laboreo y del tipo de fertilización sobre la volatilización de NH₃ en secanos semiáridos del valle del Ebro. 1, 2(3), 23-30. <https://digital.csic.es/handle/10261/75738>
- Pére-Cardozo, R., Pérez-Cordero, A., & Vertel-Morinson, M. (2020). Caracterización nutricional, físico-química y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agro ecosistemas de pasturas en la subregión Sabanas del departamento de Sucre. *Ciencias Biológicas*, 1(2), 1-12.
- Perero Ormeño, J. S., & Pincay Baque, K. N. (2023a). *Evaluación del efluente del proceso simbiote de Azolla – Anabaena en cuatro especies forestales en vivero* [bachelorThesis, Jipijapa - Unesum]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5557>
- Perero Ormeño, J. S., & Pincay Baque, K. N. (2023b). *Evaluación del efluente del proceso simbiote de Azolla – Anabaena en cuatro especies forestales en vivero* [bachelorThesis, Jipijapa - Unesum]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5557>
- Pérez, D. J. N., Macias, L. S. T., & Delgado, M. G. F. (2024). Rendimiento y contenido de nitrógeno del helecho Azolla filiculoides mediante el uso de diferentes bases nutritivas para su propagación. *Didáctica y Educación ISSN 2224-2643*, 15(3), 368-387. <https://doi.org/http://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalía/gateway/plugin/pubIdResolver/ark:/54724/DE.v15i3.2100>
- Quiroz Pincay, A. J. (2023). *Parámetros zootécnicos en pollos finqueros, utilizando dietas alimenticias con inclusión de azolla (Azolla anabaena)* [bachelorThesis, Jipijapa-Unesum]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5294>
- Robledo Torres, V., Ramírez Garza, M. M., Vázquez Badillo, M. E., Ruiz Torres, N. A., Zamora Villa, V. M., & Ramírez Godina, F. (2010). Producción de semilla de calabacita italiana (Cucurbita pepo L.) con acolchados plásticos fotoselectivos. *Revista fitotecnica mexicana*, 33(3), 265-270.
- Roca Giler, J. G., & Santistevan Méndez, M. (2025). *Efecto de dos compost orgánicos en el comportamiento agronómico del cultivo de Zucchini cucúrbita pepo L.* 1(2), 12-16. <https://agris.fao.org/search/en/providers/125005/records/67dacad1677d8be0233bde33>
- Sabetraftar, K., Zarkami, R., Sadeghi, R., & Van Damme, P. (2013). A review of some

- ecological factors affecting the growth of *Azolla* spp. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 11(1), 65-76. https://cjes.guilan.ac.ir/article_1110.html
- Santo-Pineda, U., Torres-Vargas, L., Santamaria-Guerra, J., Thomas, G., & Montezuma, V. (2024). CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE 21 ACCESIONES DE MUSÁCEAS COLECTADAS EN LA COMARCA NGÄBE-BUGLÉ, PANAMÁ. *Ciencia Agropecuaria*, (38), 7-26. <http://revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/624>
- Solano, S. V. V., & Arancibia, M. E. C. (2024). Fertilizantes en la producción agrícola: Un análisis de la percepción de uso. *Apuntes del Cenes*, 43(78), 209-234.
- Soriano-Melgar, L. de A. A., Izquierdo-Oviedo, H., Saucedo-Espinosa, Y. A., & Cárdenas-Flores, A. (2020). Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre la calidad y capacidad antioxidante de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo* L. var. 'Grey Zucchini'). *Terra Latinoamericana*, 38(1), 17-28.
- Subedi, A., Bhandari, N., Bhandari, R., Adhikari, N., Kharel, A., Chaudhary, L. B., & Chaudhary, R. (2024). Effect of different organic manures on the growth and yield of Zucchini in Khotang, Nepal. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 9(3), 534-539. <https://doi.org/10.26832/24566632.2024.0903018>
- Tarigan, D. (2024). *Utilization azolla liquid organic fertilizer with goat manure to enhance organic okra (Abelmoschus esculentus L. Moench) production*. 1302(1), 012030.
- Tejaswini, Mahadevakumar, & Janardhana. (2015). Efecto de *Azolla pinnata* en la germinación de semillas, índice de vigor, biomasa y rendimiento de la judía francesa (*Phaseolus vulgaris*). <http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.3.2.07>, 3(2). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.3.2.07>
- Uddain, J., Tripti, S. I., Jahan, M. S., Sultana, N., Rahman, M. J., & Subramaniam, S. (2019). *Changes of Morphological and Biochemical Properties in Organically Grown Zucchini Squash (Cucurbita pepo L.)*. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14168-19>
- Yanni, Y. G. (1992). The effect of cyanobacteria and azolla on the performance of rice under different levels of fertilizer nitrogen. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 8(2), 132-136. <https://doi.org/10.1007/BF01195832>
- Youssef, M. A., AL-Huqail, A. A., Ali, E. F., & Majrashi, A. (2021). Organic Amendment and Mulching Enhanced the Growth and Fruit Quality of Squash Plants (*Cucurbita pepo* L.) Grown on Silty Loam Soils. *Horticulturae*, 7(9), 269. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7090269>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para plantas activas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas activas	12	0,74	0,52	15,68

F.V.	SC	gl	CM	F
Modelo	27,83	5	5,57	3,4
Repetición	8,17	2	4,08	2,49
Tratamiento	19,67	3	6,56	4
Error	9,83	6	1,64	
Total	37,67	11		

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Bovinaza	9,67	3	0,74	A
Testigo	9	3	0,74	A
Cerdaza	7,67	3	0,74	A
Pollinaza	6,33	3	0,74	A

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

Anexo 2. Análisis de varianza para altura de las plantas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura media activa (cm)	12	0,98	0,97	6,29

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1714,67	5	342,93	67,55	<0,0001
Repetición	1708,34	2	854,17	168,24	<0,0001
Tratamiento	6,32	3	2,11	0,42	0,7486
Error	30,46	6	5,08		
Total	1745,13	11			

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Bovinaza	36,73	3	1,3	A
Pollinaza	36,36	3	1,3	A
Testigo	35,28	3	1,3	A
Cerdaza	34,98	3	1,3	A

Anexo 3. Análisis de varianza para Diámetro medio activo (mm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro medio activo (mm)	12	0,99	0,98	5,32

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	103,77	5	20,75	110,11	<0,0001
Repetición	103,1	2	51,55	273,48	<0,0001
Tratamiento	0,67	3	0,22	1,19	0,389
Error	1,13	6	0,19		
Total	104,9	11			

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Bovinaza	8,44	3	0,25	A
Pollinaza	8,33	3	0,25	A
Testigo	7,95	3	0,25	A
Cerdaza	7,89	3	0,25	A

Anexo 4. *Análisis de varianza para Área foliar media activa (cm²)*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Área foliar media activa	12	0,98	0,96	7	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1819,09	5	363,82	48,01	0,0001
Repetición	1785,51	2	892,75	117,8	<0,0001
Tratamiento	33,58	3	11,19	1,48	0,3124
Error	45,47	6	7,58		
Total	1864,56	11			

Anexo 5. *Análisis de varianza para número de hojas*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Hojas medias activas	12	0,91	0,84	20,41	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	145,33	5	29,07	12,3	0,0042
Repetición	137,31	2	68,65	29,05	0,0008
Tratamiento	8,02	3	2,67	1,13	0,4086
Error	14,18	6	2,36		
Total	159,51	11			

Anexo 6. Fruto de zucchini e instrumentos utilizados para la medición del diámetro y peso





Anexo 7. Medición del diámetro ecuatorial del fruto de zucchini (Cucurbita pepo).



Anexo 8. Determinación del peso fresco del fruto de zucchini (*Cucurbita pepo*).



Anexo 9. Preparación e identificación de los tratamientos experimentales



Anexo 10. Medición del volumen de efluente aplicado por planta



Tesis-Maria-Coralia-Quijije

ID : 1fa990b4967647efd5e41f9483da4416b0a428f3



6%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : Tesis-Maria-Coralia-Quijije.txt
Tamaño del archivo original : 2,83 MB
Número de palabras : 8701

Depositante : Myrlam Zambrano Mendoza
Fecha de depósito : 2 de agosto de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 2 de agosto de 2026

Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Similitudes 2%

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 6%

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.

Fuentes de similitudes (sección 2/2)



Similitudes

2%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Fuente principal detectada

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones
1	 Tesis Cristiam Gonzalez Compilatium #49fc5b Viene de de mi grupo	1%	