



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

Trabajo de Titulación – Modalidad Proyecto de Investigación

Título:

“Evaluación del uso de la Azolla como biofertilizante para la mejora de la productividad y calidad nutricional de pastos en el cantón Chone, Manabí”

Autores:

Alcívar Barverán Elio Ronaldo

Unidad Académica

Extensión Chone

Carrera:

Agropecuaria

Tutor:

Ing. Juan Ramón Moreira Saltos, Mg.

Fecha:

Febrero, 2026

Chone-Manabí-Ecuador

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

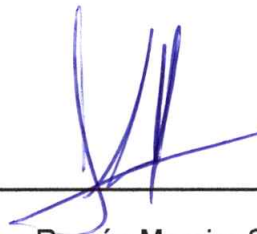
Ing. Juan Ramón Moreira Saltos, Mg.; docente de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión Chone, en calidad de Tutor.

CERTIFICO:

Que el presente proyecto integrador con el título: "Evaluación del uso de la Azolla como biofertilizante para la mejora de la productividad y calidad nutricional de pastos en el cantón Chone, Manabí" ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, está listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opciones y conceptos vertidos en este documento son fruto de la perseverancia y originalidad de su autor: Alcívar Barverán Elio Ronaldo.

Siendo de su exclusiva responsabilidad.



Ing. Juan Ramón Moreira Saltos, Mg.

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quien suscribe la presente:

Sr. Alcívar Barverán Elio Ronaldo

Estudiante de la Carrera de **Agropecuaria**, declaro bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: "Evaluación del uso de la Azolla como biofertilizante para la mejora de la productividad y calidad nutricional de pastos en el cantón Chone, Manabí", previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario, es de autoría propia y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros y consultando las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Sr. Alcívar Barverán Elio Ronaldo

CI. 1313862789



APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto de investigación, titulado: **“Evaluación del uso de la Azolla como biofertilizante para la mejora de la productividad y calidad nutricional de pastos en el cantón Chone, Manabí”** de su autor: **Alcívar Barberán Elio Ronaldo** de la Carrera **“Ingeniería Agropecuaria”**, y como Tutor del Trabajo el **Ing. Juan Ramón Moreira Saltos Mg.**

Lcda. Rocío Bermúdez Cevallos,
Mg.

DECANA

Ing. Juan Ramón Moreira Saltos,
Mg.

TUTOR

Ing. Rubén Darío Rivera
Fernández, Mg.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Carlos Julio Salazar Espinel

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lcda. Indira Zambrano Cedeño, Mg.

SECRETARIA

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios, por brindarme fortaleza, sabiduría y perseverancia para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

Mi profundo agradecimiento a mi familia, especialmente a mis padres, Rody Alcívar y Nieve Barverán, a mi hermana Pamela y sobrinita Sarahi por su amor incondicional, apoyo constante y por creer siempre en mí.

A mis abuelitos, Alfonso Alcívar y Nelly Alcívar, por sus consejos, su ejemplo de vida y su cariño sincero, que han sido un pilar fundamental en mi formación personal.

Agradezco de manera especial a mi tutor de tesis, Ing. Juan Ramon Moreira Saltos, y a los docentes que contribuyeron con su orientación y conocimientos al desarrollo de este trabajo.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, formaron parte de la culminación de esta tesis.

Alcívar Barverán Elio Ronaldo

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, quien me sostuvo en los momentos de cansancio y me dio calma cuando el camino parecía difícil.

A mi familia, que fue mi refugio, mi fuerza y mi mayor motivación. Su apoyo silencioso, su paciencia y su amor me acompañaron en cada etapa de este proceso.

Este trabajo representa no solo un logro académico, sino también un crecimiento personal, construido con esfuerzo, fe y perseverancia

Alcívar Barverán Elio Ronaldo

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se desarrolló ante la problemática que enfrentaban los sistemas de producción ganadera del cantón Chone, caracterizados por la degradación del suelo, el uso excesivo de fertilizantes químicos y la baja productividad de los pastos, lo que incrementaba los costos de producción y afectaba la sostenibilidad ambiental. Frente a esta situación, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del uso de Azolla-Anabaena como biofertilizante en la mejora de la productividad y calidad nutricional del pasto saboya (*Megathyrsus maximus*). La metodología empleada fue de tipo experimental, estableciéndose dos tratamientos: pasto con aplicación de agua de Azolla y pasto sin Azolla; evaluándose variables vegetativas como altura de planta, longitud y ancho de hoja, número de hojas por planta y producción de biomasa forrajera, además del análisis físico-químico del agua de Azolla. Los resultados obtenidos evidenciaron que las variables morfológicas no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos; sin embargo, la producción de biomasa forrajera mostró diferencias significativas, destacándose una producción más estable en el tratamiento con Azolla. El análisis del agua confirmó la presencia de características favorables asociadas a su contenido orgánico y mineral. En conclusión, el uso de Azolla-Anabaena se presentó como una alternativa viable, ecológica y sostenible para mejorar la estabilidad productiva de los pastos, reducir la dependencia de fertilizantes químicos y fortalecer los sistemas ganaderos del cantón Chone.

PALABRAS CLAVES

Azolla, biofertilización, pasturas, productividad, sostenibilidad.

ABSTRACT

This thesis was developed in response to the problems faced by livestock production systems in the Chone canton, characterized by soil degradation, excessive use of chemical fertilizers, and low pasture productivity, which increased production costs and undermined environmental sustainability. In light of this situation, the objective of the research was to evaluate the effect of using Azolla-Anabaena as a biofertilizer on improving the productivity and nutritional quality of Guinea grass (*Megathyrsus maximus*). The methodology employed was experimental, with two treatments established: grass with Azolla water application and grass without Azolla; vegetative variables such as plant height, leaf length and width, number of leaves per plant, and forage biomass production were evaluated, as well as the physicochemical analysis of the Azolla water. The results obtained showed that the morphological variables did not exhibit statistically significant differences between treatments; however, forage biomass production showed significant differences, with the Azolla treatment exhibiting more stable production. Water analysis confirmed the presence of favorable characteristics associated with its organic and mineral content. In conclusion, the use of Azolla-Anabaena emerged as a viable, ecological, and sustainable alternative to improve the productive stability of pastures, reduce reliance on chemical fertilizers, and strengthen livestock farming systems in the Chone canton.

KEYWORDS

Azolla, biofertilization, pastures, productivity, sustainability

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	5
1.1 Uso de la Azolla en la agricultura	5
1.2 Composición química y valor nutricional de la Azolla	5
1.3 Azolla como biofertilizante en Ecuador.....	6
1.4 Sostenibilidad ambiental del uso de Azolla en la producción ganadera ecuatoriana	7
1.5 Potencial y experiencia del uso de la Azolla en Ecuador.....	7
1.6 Pastos saboya en productividad ganadera	8
1.6.1 Valor nutricional del pasto saboya	8
1.6.2 Contribución del pasto saboya en la productividad animal	9
1.7 Manejo del pasto saboya	10
1.7.1 Establecimiento y siembra del pasto saboya.....	10
1.7.2 Fertilización y uso de biofertilizantes	10
1.7.3 Prácticas de pastoreo y corte.....	10
1.7.4 Conservación y sostenibilidad del pasto saboya	11
1.8 Uso de la Azolla en el cantón Chone.....	11
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	13

2.1	Ubicación, y descripción del área o sujeto en estudio	13
2.2	Descripción del tipo de estudio	13
2.3	Manejo del trabajo de titulación	14
2.4	Variables a medir.....	14
2.5	Análisis estadístico	15
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y/O PRODUCTO ALCANZADO		16
3.1	Altura de planta.....	16
3.2	Longitud de hoja	17
3.3	Ancho de hoja.....	19
3.4	Número de hojas/planta	20
3.5	Biomasa forrajera	21
3.6	Análisis del agua de Azolla	23
CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		24
4.1.	Conclusiones	24
4.2.	Recomendaciones.....	25
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		26
ANEXOS.....		30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la Azolla.....	5
Tabla 2. Valor nutricional de la Azolla.....	6
Tabla 3. Taxonomía del pasto saboya.....	8
Tabla 4. Composición del pasto saboya a los 45 días de corte.....	10
Tabla 5. Variables vegetativas del pasto saboya bajo dos tratamientos de fertilización.....	16
Tabla 6. Análisis de varianza para la altura de pasto saboya.....	16
Tabla 7. Análisis de varianza para la longitud de hoja del pasto saboya.	18
Tabla 8. Análisis de varianza para el ancho de hoja del pasto saboya.	19
Tabla 9. Análisis de varianza para el número de hojas por planta del pasto saboya.	20
Tabla 10. Producción de biomasa forrajera del pasto saboya bajo dos tratamientos.....	21
Tabla 11. Análisis de varianza para la biomasa forrajera del pasto saboya.	22
Tabla 12. Parámetros físico-químicos del agua de Azolla empleada como biofertilizante.	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica del cantón Chone.	13
--	----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Altura promedio de planta del pasto saboya bajo dos tratamientos.	17
Gráfico 2. Longitud promedio de hoja del pasto saboya bajo dos tratamientos.	18
Gráfico 3. Ancho promedio de hoja del pasto saboya bajo dos tratamientos...	19
Gráfico 4. Número promedio de hojas por planta del pasto saboya bajo dos tratamientos.....	20
Gráfico 5. Producción de biomasa forrajera del pasto saboya en tres cortes. .	22

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Preparación de las parcelas para la experimentación	31
Anexo 2. Aplicación de agua de Azolla como biofertilizante.	31
Anexo 3. Medición de variables vegetativas.	32
Anexo 4. Análisis físico-químico del agua de Azolla.....	33

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el desarrollo sostenible del sector agropecuario se ha convertido en un desafío prioritario frente al incremento de la demanda alimentaria y la necesidad de conservar los recursos naturales. En las últimas décadas, el uso excesivo de fertilizantes químicos ha generado graves impactos ambientales, como la contaminación del suelo y del agua, la pérdida de biodiversidad y el aumento de los costos de producción. Ante esta problemática, diversas investigaciones y organismos internacionales promueven la utilización de biofertilizantes naturales como alternativa viable para mejorar la productividad agrícola y pecuaria sin comprometer la sostenibilidad ambiental (FAO, 2020).

El uso prolongado de fertilizantes sintéticos ha provocado también una dependencia económica creciente por parte de los productores, quienes enfrentan constantes incrementos en los precios de estos insumos, afectando directamente la rentabilidad de sus sistemas productivos. De acuerdo con la FAO (2020), este modelo de producción intensiva ha contribuido al deterioro de la estructura del suelo, a la disminución de la fertilidad natural y a la reducción de microorganismos benéficos. Frente a este escenario, los biofertilizantes surgen como una alternativa estratégica que no solo mejora la productividad, sino que también fortalece la resiliencia de los agroecosistemas frente a fenómenos climáticos extremos y procesos de degradación del suelo.

La Azolla-Anabaena se ha consolidado a nivel mundial y regional como una alternativa ecológica destacada para la fertilización de suelos agrícolas y pecuarios. Este helecho acuático en simbiosis con la cianobacteria *Anabaena azollae*, posee la capacidad única de fijar nitrógeno atmosférico y transformarlo en una fuente disponible para las plantas, lo que permite sustituir parcial o totalmente el uso de fertilizantes químicos convencionales. Su empleo como biofertilizante ha sido ampliamente promovido en Asia, África y América Latina, no solo por su eficiencia en el aporte de nitrógeno, sino también por su fácil propagación, bajo costos y adaptabilidad a diversos sistemas productivos (Vásquez, Efecto del nitrógeno bien expresado en la fase inicial del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en “La Argelia” del cantón Loja, 2023). Además, su

aplicación contribuye a mejorar las propiedades físico-químico del suelo, incrementar la materia orgánica y fortalecer los procesos ecológicos que sostienen la productividad agrícola a largo plazo (Benites y Ibarra, 2025).

Diversos estudios recientes han demostrado que la Azolla no solo actúa como fuente natural de nitrógeno, sino que además aporta micronutrientes esenciales que favorecen el desarrollo vegetal y mejoran la eficiencia del uso de los nutrientes disponibles en el suelo (Thepsilvisut *et al.*, 2024). De la misma forma, su incorporación como abono verde incrementa la actividad biológica del suelo, mejor la aireación y favorece la retención de humedad, aspectos fundamentales en zonas con alta variabilidad climática. Estos beneficios convierten a la Azolla en una herramienta clave para el fortalecimiento de sistemas productivos sostenibles, esencialmente en regiones tropicales y subtropicales.

En América Latina, la ganadería constituye uno de los pilares fundamentales de la economía rural, dependiendo en gran medida de la calidad y disponibilidad de los pastos. Sin embargo, la degradación progresiva de los suelos, el uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos y la falta de adopción de tecnologías sostenibles han limitado la productividad forrajera y, por ende, la eficiencia de la producción ganadera. En este sentido, los biofertilizantes de origen vegetal, como la Azolla, representan una alternativa ecológica y económica para mejorar la fertilidad del suelo y la calidad nutricional del forraje, fortaleciendo la sostenibilidad de los sistemas productivos (Cando y Guzmán, 2024).

En Ecuador, la ganadería enfrenta retos importantes relacionados con el agotamiento de los pastizales, la baja fertilidad de los suelos y la limitada incorporación de tecnologías agroecológicas en los sistemas productivos. Investigaciones recientes sostienen que el manejo inadecuado de las pasturas y la dependencia de fertilizantes químicos han ocasionado una disminución progresiva del valor nutricional de los forrajes, repercutiendo negativamente en la productividad animal (Taípe *et al.*, 2022). En este contexto, el uso de biofertilizantes como la Azolla representa una alternativa viable para recuperar la fertilidad del suelo y mejorar la calidad nutricional de los pastos destinados a la alimentación del ganado.

En el contexto ecuatoriano, la actividad agropecuaria constituye un sector estratégico para el desarrollo económico y social del país, especialmente en la provincia de Manabí, donde gran parte de la población depende de la producción ganadera. Sin embargo, en el cantón Chone, los productores enfrentan serios problemas de baja productividad y deficiente calidad de los pastos, lo que afecta la alimentación del ganado y reduce la rentabilidad económica del sector. Las condiciones climáticas cambiantes, la degradación del suelo y el limitado uso de prácticas agroecológicas agravan esta situación, generando las necesidades de incorporar alternativas sostenibles que permitan incrementar la producción sin causar daños ambientales (Taípe *et al.*, 2022).

El cantón Chone, al ser una de las principales zonas ganaderas de la provincia de Manabí, depende ampliamente de la producción de pastos para el sostenimiento de su actividad pecuaria. Sin embargo, el manejo tradicional de los suelos ha generado una disminución progresiva de su capacidad productiva, obligando a los productores a incrementar el uso de fertilizantes químicos con altos costos económicos y ambientales. Estudios realizados en zonas similares demuestran que la aplicación de bioinsumos como la Azolla mejora significativamente la disponibilidad de nutrientes para las gramíneas, incrementa la producción de biomasa y refuerza la sostenibilidad de los sistemas ganaderos (Delgado y Robalino, 2023).

Ante esta realidad, se plantea la necesidad de evaluar el uso de Azolla-Anabaena como biofertilizante para mejorar la productividad y la calidad nutricional de los pastos del cantón Chone. Este enfoque busca aportar significativamente a la sostenibilidad del medio ambiente y mejorar la rentabilidad económica del sector ganadero local y provincial, generando iniciativas que promuevan una producción más sostenible y eficiente. La investigación busca dar respuesta a la siguiente interrogante: ¿De qué forma el uso de la Azolla-Anabaena como biofertilizante mejora la calidad del pasto y la sostenibilidad del sistema productivo en el cantón Chone? Con base en esta pregunta, se plantea la hipótesis de que la aplicación de Azolla-Anabaena como biofertilizante en los pastos del cantón Chone mejorará significativamente la

productividad y la calidad nutricional del forraje en comparación con los métodos tradicionales de fertilizante.

Para verificar esta premisa, se establece como objetivo general: Evaluar el efecto del uso de Azolla-Anabaena como biofertilizante en la mejora de la productividad y calidad nutricional de los pastos en el cantón Chone, Manabí.

De manera complementaria, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el impacto de la aplicación de Azolla en el rendimiento de biomasa forrajera del pasto saboya.
- Evaluar el efecto del uso de Azolla-Anabaena como biofertilizante sobre las variables morfológicas del pasto saboya.
- Analizar las características físico-químicas del agua de Azolla empleada como biofertilizante previo a su aplicación.

El uso de la Azolla como biofertilizante no solo tiene beneficios agronómicos, sino también impactos positivos desde el punto de vista económica y ambiental. Según Benites & Ibarra (2025), los sistemas productivos que incorporan biofertilizantes reducen los costos de producción al disminuir la dependencia de insumos externos, al mismo tiempo que contribuyen a la mitigación de la contaminación del suelo y del agua. Además, su fácil reproducción y bajo costo de establecimiento convierten a la Azolla en un recurso estratégico para pequeños y medianos productores.

Tomando en cuenta lo siguiente, la investigación pretende generar un aporte científico y técnico que promueve la adopción de prácticas agroecológicas sostenibles en los sistemas ganaderos del cantón Chone. Así mismo, busca contribuir a la conservación del suelo, la reducción de los costos de producción y la mejora de la calidad forrajera, en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, especialmente el ODS 2 (Producción y Consumo Responsables) y el ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres). De esta manera, el presente estudio aspira a fortalecer la sostenibilidad ambiental, económica y social de la producción agropecuaria en la región.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Uso de la Azolla en la agricultura

Según Aguiar (2020), la Azolla es una planta que se la debe utilizar en los cultivos, especialmente de arroz lo que evita el desarrollo de las malezas, a más de mejorar la calidad del suelo y del agua que se infiltra a los acuíferos subterráneos, de ahí que es necesario su utilización para mejorar la fertilidad del suelo y la calidad del agua en beneficio del medio ambiente y del productor.

La Azolla forma asociación simbiótica con la cianobacteria *Anabaena Azollae*, la que posee la capacidad de fijar nitrógeno del aire para almacenarlo en la planta. Este helecho se puede usar como abono orgánico para aplicar nitrógeno en cultivos en forma de voleo, evitando el uso de fertilizantes de origen inorgánico, por ejemplo la Urea (Aguiar, 2020).

Tabla 1. Taxonomía de la Azolla.

Nombre Científico:	<i>Azolla spp.</i>
División:	Pteridophyta
Clase:	Filicopsida
Orden:	Salviniales
Familia:	Azollaceae
Género:	Azolla
Especie:	Caroliniana, Filiculoides, Mexicana

Fuente: (Lucas, 2024)

1.2 Composición química y valor nutricional de la Azolla

Azolla filiculoides es un helecho que tiene relación simbiótica hereditaria con *Anabaena*, una cianobacteria fijadora de nitrógeno, también denominada diazotrófica, es la única especie conocida, que mantiene una simbiosis a lo largo de todas las fases del ciclo de vida del helecho (Aldás et al., 2016). Hill (2014) en investigación realizada en California señala, Azolla filiculoides contiene alrededor de 4,5 % de N, 0,5 % de P, 1,2 % de K, 0,5 % de C, 0,5 % de Mg y 0,1 % de Fe asimilable, lo que favorece la calidad del agua y suelo. La fijación de nitrógeno producto de la simbiosis, varía según la especie de Azolla; también, influyen los factores externos del ambiente sobre la cantidad de biomasa (Vásquez et al., 2023).

Tabla 2. Valor nutricional de la Azolla.

Parámetros	Unidad	Base húmeda (93,36 %)	Materia seca (6,64 %)
Proteína	%	1,40	21,08
Ceniza	%	1,33	20,03
Fibra	%	0,95	14,31
Carbohidratos	%	2,90	43,67
Grasas	%	0,08	1,20
Energía	Kcal g	18,04	18,04

Fuente: (Quiroz, 2023)

La composición química de la Azolla tiende a variar según el lugar donde crece, el cambio de estación y el contenido de nutrientes del agua. Ciertos factores ambientales, como las condiciones del suelo y del agua, así como las técnicas de cultivo, tienen una influencia significativa en el contenido de nutrientes de la Azolla (Quiroz, 2023).

1.3 Azolla como biofertilizante en Ecuador

La Azolla, a diferencia de la urea, libera nutrientes de manera más gradual, manteniendo la estructura y pH del suelo, lo cual beneficia tanto a la microbiota del suelo como a la absorción de nutrientes por las plantas. Estudios recientes muestran que los suelos tratados con biofertilizantes como la Azolla presentan un pH más estable y una menor lixiviación de nutrientes, en comparación con los suelos tratados exclusivamente con fertilizantes sintéticos. Esta característica es particularmente relevante en suelos de zonas vulnerables a la acidificación, como los de Ecuador, donde mantener un pH óptimo entre 6 y 8 es esencial para la productividad agrícola y está alineado con las normativas ambientales locales. Efecto de la Azolla en el pasto (Benites y Ibarra, 2025).

El género *Azolla sp.* es un excelente biofertilizante debido a su capacidad para cosechar nitrógeno atmosférico a través de una asociación simbiótica con cianobacterias o algas verdeazuladas (específicamente *Anabaena azollae*), que reside en sus hojas dorsales. Es conocido por ser una fuente natural de abono verde y se composta para uso agrícola en muchas áreas. Específicamente, ha sido ampliamente utilizado para la fertilización con nitrógeno; se ha observado

que el contenido de nitrógeno de esta planta varía de 3.3% a 5.4% de peso seco, también contiene varios macronutrientes y micronutrientes, como Ca, Mg, Fe, Cu y Zn, considerados nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas (Thepsilvisut *et al.*, 2024).

1.4 Sostenibilidad ambiental del uso de Azolla en la producción ganadera ecuatoriana

Según Nevárez *et al.* (2024) el crecimiento y la capacidad de fijación de nitrógeno de la Azolla filiculoides están influenciados por la disponibilidad de nutrientes en el medio acuático en el que se desarrolla. Si bien la Azolla puede obtener nitrógeno de la atmósfera a través de su simbiosis con la Anabaena, requiere de otros nutrientes, como fósforo, potasio, calcio, magnesio y hierro, para su crecimiento óptimo.

El mismo autor menciona que la Azolla presenta ventajas significativas frente a los fertilizantes químicos, entre las que destacan:

- **Bajo impacto ambiental:** Su producción y aplicación generan un menor impacto ambiental, al reducir la dependencia de combustibles fósiles y minimizar la contaminación por nitratos.
- **Mejora de la calidad del suelo:** Los biofertilizantes no solo aportan nutrientes, sino que también mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, al promover la actividad microbiana y la formación de materia orgánica.
- **Mayor eficiencia en el uso de nutrientes:** Los microorganismos presentes en los biofertilizantes ayudan a las plantas a absorber los nutrientes de forma más eficiente, reduciendo las pérdidas por lixiviación.

1.5 Potencial y experiencia del uso de la Azolla en Ecuador

En particular, Azolla anabaena (*Azolla Filiculoides var. Cristata*) ha surgido como una especie de interés debido a sus propiedades beneficiosas en la agricultura. En diferentes partes del mundo se ha utilizado esta planta acuática flotante como alternativa sostenible para mejorar la fertilidad del suelo, controlar las malas hierbas y mitigar el cambio climático mediante su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico (Valle, 2024).

En Ecuador no es muy popular el uso de este helecho, pero aun así se han realizados investigaciones y posteriores experimentos en el cantón Guayas, donde se ha demostrado exitosamente que en nuestro país es posible producir y aplicar Azolla en los cultivo de manera sustentable y lo más importante de forma orgánica. Se estima que cada dos días se duplica la cantidad cultivada, por lo que recomiendan aplicar 100 metros cuadrado de Azolla en una hectárea de cultivo de arroz, en un mes cubrirá toda el área del cultivo fijando nitrógeno y evitando el crecimiento de malezas (Aguiar, 2020).

1.6 Pastos saboya en productividad ganadera

La ganadería bovina es considerada de gran importancia socioeconómica debido a que casi 1.300 millones de productores se dedican a esta actividad, representando entre el 40 y el 50 por ciento del producto interno bruto (PIB) agrícola mundial (FAO, 2020).

Según Vera (2024), el Pasto Saboya (*Panicum máximum*) es una gramínea perenne de origen africano, que se caracteriza por presentar una alta tasa de rebrote, y buena relación hoja/tallo, puede llegar a medir una altura de hasta 3 metros. Este pasto tiene buena adaptabilidad a suelos con fertilidad media a alta, con pH de 5,0 – 7,5 no tolera suelos inundables, pero si encharcamientos temporales, su crecimiento óptimo en temperaturas es de 18 – 27°C.

Tabla 3. Taxonomía del pasto saboya.

Reino:	Plantae
División:	Embriophyta
Clase:	Angiospermae
Origen:	Glumiflorae
Familia:	Gramineae
Género:	Panicum
Especie:	<i>Maximum</i>
Nombre científico:	<i>Panicum máximum</i> Jacq.

Fuente: (Vera, 2024)

1.6.1 Valor nutricional del pasto saboya

El valor nutritivo del pasto Saboya depende en gran medida al tiempo en el cual se le pone a pastorear y se realiza un corte al pasto ya que depende la etapa de

crecimiento en la cual se encuentra. es el forraje predominante, teniendo un excedente en la época de lluvias y una escasez en la época seca, por lo que existe una subutilización del pasto en la primera Las Etapas de crecimiento del pasto saboya se describen a continuación. Usualmente el valor nutritivo de un forraje es más alto durante el crecimiento vegetativo y más bajo en la etapa de formación de semillas. Con la madurez la concentración de proteína, energía, calcio, fósforo, materia seca digestible en la planta se reducen mientras la concentración de fibra aumenta (Montezuma, 2023).

Las gramíneas generalmente poseen una cantidad importante de nutrientes que en muchas ocasiones son la base de la alimentación de grandes animales como vacas y caballos. La proteína que contiene la planta es de entre 5,5 y 11% a una edad de tres meses. La calidad nutricional de las gramíneas disminuye con el paso del tiempo o edad de la planta. En la época seca es cuando se reportan los valores nutricionales más bajos de estas plantas, por ello, en pastizales debe de aportarse minerales como fertilizantes para garantizar una mejor calidad y alimentación en los animales (Alvarado, 2022).

1.6.2 Contribución del pasto saboya en la productividad animal

Los pastizales y el forraje son primordiales para los rumiantes porque constituyen la mayor parte de su dieta. La asimilación de los nutrientes es un componente importante en la ganadería, la calidad del pasto, la química y su morfología condicionan la palatabilidad, la digestibilidad y el valor nutricional del alimento (Rubira *et al.*, 2023).

Posterior a la cosecha de las semillas, alrededor del 5% germina debido a las condiciones de almacenamiento. Estas alcanzan la madurez óptima para la siembra en un período de entre 160 a 190 días posterior a la siembra, llegando a alcanzar rendimientos que comprenden los 250 y 350 kg/ha. El alto valor nutrimental que presenta esta especie resulta en un incremento de la productividad de las ganaderías, la cual se representa en una ganancia de peso que puede llegar a registrar los 700g/día en praderas bien manejadas durante la época lluviosa, y 170g/día en época seca (Romero, 2020).

Tabla 4. Composición del pasto saboya a los 45 días de corte.

Componente	Cantidad
Materia seca (%)	20,59
Materia orgánica (%)	82,63
Ceniza (%)	17,37
Proteína bruta (%)	8,38
Fibra detergente neutra (%)	74,08
Fibra ácida detergente (%)	55,29

Fuente: (Acuña, 2024)

1.7 Manejo del pasto saboya

1.7.1 Establecimiento y siembra del pasto saboya

La siembra debe realizarse con un tiempo favorable, esto es, con suficiente lluvia y una buena temperatura, pues las semillas para una buena germinación necesitan sobre todo calor y humedad, sin embargo, hay que tener el cuidado de no realizar la siembra en tiempo de grandes aguaceros, debido al peligro de arrastre de las semillas. La profundidad de siembra de las pasturas es muy importante, ya que el tamaño de la semilla forrajera es muy pequeño (0,5 a 10 g/1000 semillas). Esto determina una profundidad de siembra no mayor a 1-2 cm. Como una recomendación general se dice que no puede ser mayor que 2,5 veces el tamaño de la semilla (León *et al.*, 2019).

1.7.2 Fertilización y uso de biofertilizantes

Los fertilizantes proveen nutrientes que los cultivos necesitan. Con los fertilizantes se pueden producir más alimentos y cultivos comerciales, y de mejor calidad. Con los fertilizantes se puede mejorar la baja fertilidad de los suelos que han sido sobreexplotados. Todo esto promoverá el bienestar de su pueblo, de su comunidad y de su país (FAO, 2020).

1.7.3 Prácticas de pastoreo y corte

La producción y el manejo sostenible de pastos y forrajes en Ecuador son fundamentales para fortalecer la ganadería, así como preservar el medio ambiente. La diversidad forrajera del país, si se gestiona adecuadamente,

permite mejorar la productividad ganadera, tanto como la sostenibilidad de los ecosistemas (Pinela *et al.*, 2025).

1.7.4 Conservación y sostenibilidad del pasto saboya

Según Muñoz & Olmedo (2022) la conservación es una actividad que permite que se aproveche de forma segura los alimentos de los animales, por ello se considera que actualmente se ha transformado en un proceso necesario en el desarrollo de las explotaciones animales es la conservación de los forrajes, esto se debe a que existen diferentes razones, entre las que destacan las siguientes:

- La elaboración o producción de los forrajes o como bien se los conoce “pastos” son estacionales, esto genera un excedente en la estación primaveral y de acuerdo a la pluviometría que se da en cada año, puede extenderse a la estación de otoño, la cual es importante que no se derroche o malgaste.
- El abastecimiento de los alimentos de tipo fibroso en las explotaciones animales, en ocasiones no disponen de suficiente espacio territorial para que se efectúe la producción de forraje que sirve de alimentos de estos animales. Esto hace que se incremente el mercado de alimentos forrajeros o pastorales, teniendo así una importancia económica alta.
- Los procedimientos diferentes que existen para la recogida y conservación de los forrajes, admiten y permiten que se espere cuando se desee efectuar la recolección cuando estos se encuentran en una etapa vegetal óptima. Cuando se trata de subproductos de la industria agroalimentaria, la conservación permite aprovechar todos los residuos de manera segura para el ambiente y los animales.
- Además, proporciona la facilidad de almacenamiento en grandes cantidades de forraje en una escasa área o espacio.

1.8 Uso de la Azolla en el cantón Chone

Utilizar Azolla como biofertilizante en pastos es una opción novedosa y sustentable para incrementar la productividad de los forrajes. Esta planta acuática, por su habilidad de fijar nitrógeno atmosférico mediante la simbiosis

con la cianobacteria *Anabaena azollae*, proporciona un fertilizante natural de liberación gradual que mejora el suelo y promueve el desarrollo de las gramíneas. En áreas ganaderas como la de Chone, donde el alimento para los animales se basa mucho en la calidad y disponibilidad del pasto, añadir biomasa de Azolla como fertilizante verde ayuda a sostener la cobertura vegetal, incrementar la cantidad de proteína en el forraje y disminuir el uso de abonos químicos (Chica, Evaluación de promotores de crecimientos en ecotipos de los géneros *Panicum* (*Megathyrsus maximus*), 2024).

La aplicación de Azolla en praderas, según varios estudios locales y regionales, incrementa aspectos agronómicos como la altura, la densidad de macollos y la biomasa por hectárea, y también mejora el suelo con materia orgánica y micronutrientes indispensables. Esto se traduce en pasturas que son más sostenibles y nutritivas, con la habilidad de reaccionar mejor ante situaciones ambientales difíciles y a la presión del pastoreo. Así, la aplicación de Azolla en los pastos no solo refuerza la nutrición del ganado, sino que también fomenta la preservación de los ecosistemas agrícolas mediante la reducción de químicos sintéticos y el impulso de prácticas agroecológicas que favorecen a los productores y al medio ambiente (Delgado y Robalino, 2023).

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1 Ubicación, y descripción del área o sujeto en estudio

El cantón Chone por su ubicación geográfica posee un clima cálido seco en verano y cálido húmedo en época de invierno, el mismo que su temperatura oscila entre 23 °C y 28 °C, aunque en ocasiones suele llegar hasta 34 °C; Tiene una superficie de 3.570 kilómetros cuadrados. Además, el mismo se caracteriza por estar rodeado de colinas altas y medianas, que pueden llegar a más de 100 msnm, teniendo en cuenta, además, que aquí se encuentra la cuenca hídrica más grande de la provincia formada por los ríos Chone, Garrapata, Mosquito, Grande, Sanches entre otros (GAD, 2024).



Figura 1. Ubicación Geográfica del cantón Chone.

Fuente: (GAD, 2024)

2.2 Descripción del tipo de estudio

Con el método experimental se realizó una evaluación detallada sobre el impacto que tiene la utilización de la planta Azolla-Anabaena como biofertilizante en la optimización tanto de la productividad como de la calidad nutricional de los pastos cultivados en la región del cantón Chone, que se encuentra en la provincia de Manabí.

2.3 Manejo del trabajo de titulación

Para la siguiente investigación se designó un área de 300m² donde se estableció el cultivo del pasto Saboya (*Megathyrsus Maximus*) dividido en 2 tratamientos de estudio, ambos con un distanciamiento de 50 cm entre hileras y 50 cm entre plantas.

- **Tratamiento 1:** pasto con agua de Azolla
- **Tratamiento 2:** pasto sin Azolla

En el área de pasto establecido se dividió la superficie en 2 tratamientos con el propósito de evaluar el efecto de la aplicación de Azolla. Cada 7 días posteriores a los cortes de igualación se aplicó el producto previamente diluido en agua, en una dosis de 500 mililitros por m² en el tratamiento correspondiente, asegurando una distribución uniforme en toda la superficie. El volumen total de la solución alcanzó los 100 litros para el área completa y se realizaron 4 aplicaciones consecutivas durante los primeros 30 días, garantizando un manejo sistemático que permitió observar de manera controlada la respuesta del pasto frente a la incorporación del bioinsumo.

2.4 Variables a medir

Variables vegetativas

- **Altura de planta:** Utilizando un flexómetro se midió la planta desde el nivel del suelo hasta la curvatura de la hoja más ancha.
- **Longitud de hoja:** Se usó un flexómetro, se midió desde su inserción en el tallo hasta el ápice de la hoja.
- **Ancho de hoja:** Esta medida se la tomó en el tercio medio de la hoja, con un calibrador cartabón de corredera o pie de rey.
- **Cantidad de hojas/planta:** Sus hojas se contabilizaron tomando en cuenta solamente las hojas funcionales, excluyendo la hoja bandera. Se expresó en cantidad de hojas promedio por planta.
- **Biomasa forrajera:** Se usó un marco de aforo de 1m², luego se realizó un corte de igualación dentro del mismo y el pasto aforado se pesó en una balanza.

- **Análisis del agua de Azolla:** Previo a la aplicación de la misma se ejecutó un análisis físico-químico.

2.5 Análisis estadístico

La información obtenida se analizó mediante estadística descriptiva e inferencial. La estadística descriptiva permitió organizar y resumir los datos a través del cálculo de promedios y rangos, facilitando la visualización del comportamiento de las variables evaluadas en cada tratamiento. Por su parte, la estadística inferencial se utilizó para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, mediante la aplicación de Análisis de Varianza (ANOVA), considerando un nivel de significancia de 0.05. los resultados se presentaron en tablas y gráficos para una mejor interpretación.

El experimento se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), con dos tratamientos, lo que permitió evaluar de manera objetiva el efecto de la aplicación de Azolla como biofertilizante sobre las variables estudiadas.

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y/O PRODUCTO ALCANZADO

En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos tras la experimentación realizada para evaluar las variables vegetativas del pasto saboya bajo dos tratamientos: T1, correspondiente al pasto con aplicación de agua de Azolla, y T2, correspondiente al pasto sin aplicación de Azolla. Los datos registrados evidencian variaciones en la altura de planta, longitud y ancho de hojas, así como en el número de hojas por planta.

Tabla 5. Variables vegetativas del pasto saboya bajo dos tratamientos de fertilización.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Longitud de hoja (cm)	Ancho de hoja (cm)	Número de hojas/planta
T1	84	25	1,5	4
T1	54	18	1	3
T1	91	16	1	4
T1	83	43	1,7	4
T1	57	23	1,2	3
T2	64	48	1,5	4
T2	62	32	1,1	3
T2	44	35	1,5	3
T2	51	45	1,6	4
T2	61	20	1,5	4

Autor: (Alcívar, 2026)

3.1 Altura de planta

De acuerdo con la Tabla 6 el análisis estadístico evidencia que no existen diferencias significativas en la altura de planta entre los tratamientos ($p > 0,05$). A pesar de que el tratamiento con Azolla presentó valores promedio superiores, estos no fueron estadísticamente concluyentes. Esto sugiere que el efecto del biofertilizante sobre esta variable fue moderado.

Tabla 6. Análisis de varianza para la altura de pasto saboya.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	756,90	1	756,90	4,17	0,0754
Tratamientos	756,90	1	756,90	4,17	0,0754
Error	1452,00	8	181,50		
Total	2208,90	9			

Autor: (Alcívar, 2026)

El Gráfico 1 muestra que el tratamiento con aplicación de agua de Azolla presentó una mayor altura promedio de planta en comparación con el tratamiento sin Azolla. Esta tendencia sugiere un efecto positivo del biofertilizante en el crecimiento vegetativo. Sin embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

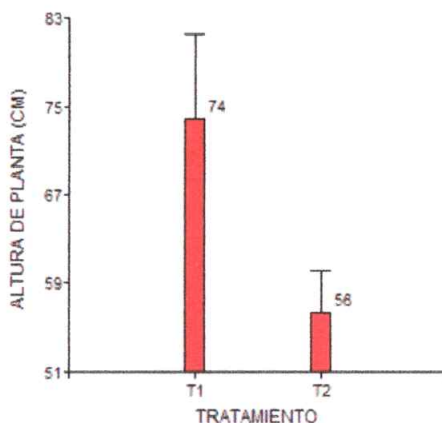


Gráfico 1. *Altura promedio de planta del pasto saboya bajo dos tratamientos.*

Autor: (Alcívar, 2026)

La altura de planta obtenida en este estudio concuerda con lo reportado por Mera (2022), quien indica que los programas de fertilización en pasto saboya genera incrementos graduales en el crecimiento. De forma similar, Chica (2024) señala que los promotores de crecimiento no siempre producen diferencias significativas en altura en evaluaciones de corto plazo. En esta investigación, el tratamiento con Azolla presentó valores promedio superiores. Esta tendencia evidencia una respuesta fisiológica positiva del cultivo. Por tanto, los resultados obtenidos son consistentes con la literatura.

3.2 Longitud de hoja

Los resultados ANOVA representados en la Tabla 7 indican que no se registraron diferencias significativas en la longitud de hoja entre los tratamientos evaluados ($p > 0.05$). Ambos tratamientos presentaron valores similares, lo que sugiere que la aplicación de Azolla no influyó de manera determinante en esta variable. La variabilidad observada puede atribuirse a factores fisiológicos del cultivo.

Tabla 7. Análisis de varianza para la longitud de hoja del pasto saboya.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	302,50	1	302,50	2,53	0,1503
Tratamientos	302,50	1	302,50	2,53	0,1503
Error	956,00	8	119,50		
Total	1258,50	9			

Autor: (Alcívar, 2026)

En el Gráfico 2 se observa que ambos tratamientos presentaron valores similares en la longitud de hoja, con ligeras variaciones entre ellos. El tratamiento de Azolla no mostró una ventaja marcada frente al tratamiento control. Esto concuerda con los resultados del análisis estadístico realizado.

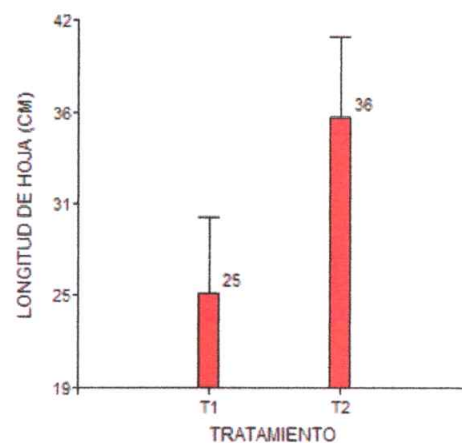


Gráfico 2. Longitud promedio de hoja del pasto saboya bajo dos tratamientos.

Autor: (Alcívar, 2026)

Los resultados de longitud de hoja coinciden con lo descrito por Mera (2022), quien menciona que esta variable responde de manera moderada a los planes de fertilización en pastos tropicales. De igual forma, Chica (2024) indica que la longitud foliar en *Megathyrsus maximus* presenta variaciones limitadas ante promotores de crecimiento. En el presente estudio, ambos tratamientos mostraron valores similares. Este comportamiento era esperado bajo fertilización orgánica líquida. En consecuencia, los resultados reflejan un desarrollo normal del pasto.

3.3 Ancho de hoja

El análisis estadístico de la Tabla 8 mostró ausencia de diferencias significativas en el ancho entre los tratamientos con y sin Azolla ($p > 0.05$). Esto indica que el biofertilizante no generó un efecto marcado sobre esta característica morfológica. Ambos tratamientos mantuvieron valores relativamente homogéneos.

Tabla 8. Análisis de varianza para el ancho de hoja del pasto saboya.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,06	1	0,06	0,95	0,3587
Tratamientos	0,06	1	0,06	0,95	0,3587
Error	0,54	8	0,07		
Total	0,60	9			

Autor: (Alcívar, 2026)

El gráfico 3 evidencia valores muy cercanos entre los tratamientos con y sin Azolla respecto al ancho de hoja. No se observa una diferencia clara atribuible al uso del biofertilizante. Esto indica que esta variable morfológica no fue influenciada significativamente por el tratamiento aplicado.

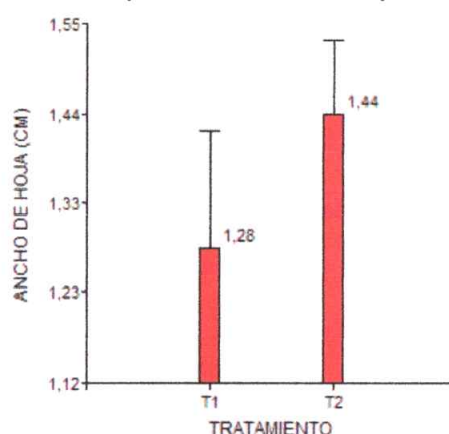


Gráfico 3. Ancho promedio de hoja del pasto saboya bajo dos tratamientos.

Autor: (Alcívar, 2026)

El ancho de hoja registrado en esta investigación guarda relación con lo reportado por Mera (2022), quien señala que la fertilización no genera cambios marcados en esta característica morfológica. Por otra parte, China (2024)

sostiene que el ancho foliar está principalmente determinado por factores genéticos del pasto. En este estudio no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Esto evidencia un crecimiento foliar equilibrado. Por lo tanto, los resultados son técnicamente adecuados.

3.4 Número de hojas/planta

En la Tabla 9 no se evidenciaron diferencias estadísticas en el número de hojas por planta entre los tratamientos evaluados ($p > 0.05$). Tanto el tratamiento con Azolla como el tratamiento control presentaron comportamientos similares. Esto sugiere que esta variable no fue influenciada por la aplicación del biofertilizante.

Tabla 9. Análisis de varianza para el número de hojas por planta del pasto saboya.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Tratamientos	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Error	2,40	8	0,30		
Total	2,40	9			

Autor: (Alcívar, 2026)

Los resultados reflejados en el Gráfico 4 muestran un comportamiento similar en el número de hojas por planta entre ambos tratamientos. La aplicación de Azolla no generó variaciones apreciables en esta variable. Esto confirma la ausencia de diferencias estadísticamente significativamente.

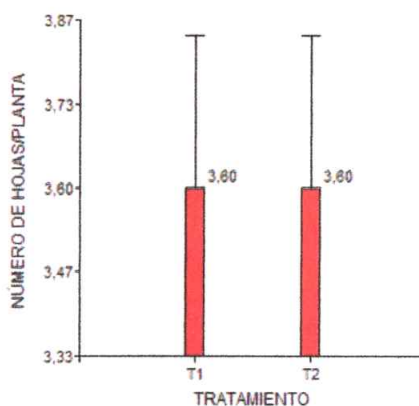


Gráfico 4. Número promedio de hojas por planta del pasto saboya bajo dos tratamientos.

Autor: (Alcívar, 2026)

El número de hojas por planta obtenida se asemeja con los resultados de Mera (2022), quien reporta una baja sensibilidad de esta variable frente a los programas de fertilización. De manera complementaria, China (2024) menciona que el número de hojas depende más del manejo del corte que del tipo de fertilizante. En esta investigación, ambos tratamientos presentaron valores similares. Esto indica que la Azolla no alteró la emisión foliar. En consecuencia, los resultados son confiables.

3.5 Biomasa forrajera

En la tabla 10 se muestran los resultados de la biomasa forrajera obtenida en tres cortes consecutivos del pasto saboya bajo dos tratamientos de manejo. Los valores registrados evidencian variaciones en la producción de biomasa entre cortes dentro de cada tratamiento. Estos resultados permiten observar el comportamiento productivo del pasto a lo largo del período de evaluación.

Tabla 10. Producción de biomasa forrajera del pasto saboya bajo dos tratamientos.

Tratamiento	Cortes	Biomasa de forraje (g)
T1	Primero	443
T1	Segundo	415
T1	Tercero	407
T2	Primero	694
T2	Segundo	651
T2	Tercero	487

Autor: (Alcívar, 2026)

El análisis de varianza de la Tabla 11 evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en la producción de biomasa forrajera ($p > 0.05$). esto confirma que la aplicación de Azolla tuvo un efecto significativo sobre esta variable productiva. Por lo tanto, el uso de biofertilizante influyó directamente en el rendimiento del pasto.

Tabla 11. Análisis de varianza para la biomasa forrajera del pasto saboya.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	53581,50	1	53581,50	8,72	0,0418
Tratamientos	53581,50	1	53581,50	8,72	0,0418
Error	24579,33	4	6144,83		
Total	78160,83	5			

Autor: (Alcívar, 2026)

El Gráfico 5 muestra diferencias en la producción de biomasa entre los tratamientos evaluados. El tratamiento sin Azolla presentó valores más altos, mientras que el tratamiento con Azolla mantuvo una producción más uniforme entre cortes. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas.

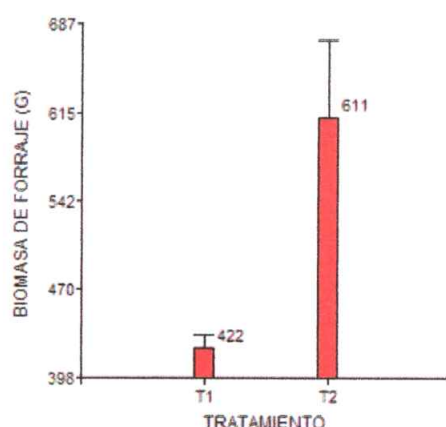


Gráfico 5. Producción de biomasa forrajera del pasto saboya en tres cortes.

Autor: (Alcívar, 2026)

La producción de biomasa forrajera observada se relaciona con lo señalado por Mera (2022), quien destaca que la fertilización influye directamente en el rendimiento del pasto saboya. Sin embargo, China (2024) indica que los promotores de crecimiento pueden generar variaciones productivas entre tratamientos. En este estudio, el tratamiento con Azolla mostró una producción más estable entre cortes. Aunque el control presentó valores mayores, la respuesta fue sostenida. Esto respalda la validez de los resultados obtenidos.

3.6 Análisis del agua de Azolla

En la Tabla 12 se muestran los resultados del análisis físico-químico del agua de Azolla utilizada en el desarrollo del experimento. El pH registrado evidencia una condición ligeramente alcalina, mientras que la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales indican una salinidad moderada. Estos parámetros reflejan la presencia de sales disueltas en concentraciones propias de aguas como contenido orgánico. De la misma manera, la temperatura registrada se mantiene dentro de rangos normales para su uso agrícola.

Además, los valores de sólidos suspendidos, turbidez y color fueron elevados, lo que indica la presencia de partículas finas y materia orgánica en el agua analizada. El bajo contenido de oxígeno disuelto y el potencial óxido-reducción sugieren un ambiente ligeramente reductor, característicos de aguas con alta carga orgánica. La dureza total, cálcica y magnésica evidencian la presencia de minerales disueltos. En conjunto, estos resultados describen las características físicas y químicas del agua de Azolla empleada en el estudio.

Tabla 12. *Parámetros físico-químicos del agua de Azolla empleada como biofertilizante.*

Parámetros	Resultado
pH	8,55
Temperatura (°C)	21,20
Conductividad Eléctrica (mmo/cm)	1,39
Sólidos Totales (ppm, o mg/L)	918,00
Sólidos Disueltos Totales (ppm, o mg/L)	696,00
Sólidos Suspendidos Totales (ppm, o mg/L)	220,00
Color (PCU, o UPC)	500,00
Potencial de Óxido-Reducción (mV)	160,00
Dureza Total (mg/L)	195,18
Dureza Cálcica (mg/L)	60,05
Dureza Magnésica (mg/L)	135,12
Cloruros (mg/L)	31,91
Oxígeno Disuelto (mg/L)	0,20
Turbidez (NTU)	29,00

Autor: (Alcívar, 2026)

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

La aplicación del agua de Azolla como biofertilizante mostró una influencia positiva en el desarrollo vegetativo del pasto saboya, evidenciada por mayores valores promedio de altura de planta. Si bien las diferencias no alcanzaron significancia estadística, se observó una respuesta fisiológica favorable del cultivo, lo que indica que la Azolla contribuye al crecimiento del pasto bajo las condiciones edafoclimáticas del cantón Chone. En este contexto, su uso se perfila como una alternativa agronómica sostenible.

Las variables morfológicas evaluadas, como longitud de hoja, ancho de hoja y número de hojas por planta, no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Estos resultados sugieren que dichas características están principalmente determinadas por factores genéticos propios del cultivo y por el manejo agronómico, más que por el tipo de fertilización aplicada. La incorporación del biofertilizante no generó efectos negativos sobre el desarrollo morfológico del pasto, lo que permite su uso sin alterar la estructura vegetal del forraje.

La producción de biomasa forrajera no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, evidenciando que no hubo ningún efecto del manejo de fertilización sobre esta variable productiva. El tratamiento con aplicación de Azolla mostró una producción más estable a lo largo de los cortes realizados, característica que resulta favorable para sistemas ganaderos orientados a la sostenibilidad y a la continuidad en la oferta de forraje. Estos resultados confirman el potencial del biofertilizante en el comportamiento productivo del pasto saboya.

En términos generales, el uso de Azolla como biofertilizante se consolida como una alternativa ecológica y viable para la producción de pastos. Su aplicación contribuye a reducir la dependencia de fertilizantes químicos convencionales y favorece la sostenibilidad ambiental de los sistemas ganaderos. Asimismo, su implementación puede generar beneficios productivos y económicos a largo plazo, especialmente en sistemas de producción pecuaria del cantón Chone.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda incorporar el uso del agua de Azolla como complemento dentro de los programas de fertilización de pastos, con el objetivo de mejorar la sostenibilidad productiva de los sistemas ganaderos y reducir la dependencia de insumos químicos convencionales.

Se sugiere desarrollar investigaciones a mayor plazo y evaluar diferentes dosis de aplicación de Azolla, a fin de analizar su efecto acumulativo sobre la productividad del pasto, la calidad nutricional del forraje y las propiedades físico-químicas del suelo.

Se recomienda implementar programas de capacitación dirigidos a productores y técnicos agropecuarios sobre el manejo, producción y aplicación adecuada de la Azolla, con el propósito de maximizar sus beneficios agronómicos, económicos y ambientales.

Se aconseja a los pequeños y medianos productores establecer sistemas artesanales y de bajo costo para la producción de Azolla, aprovechando recursos locales disponibles, lo que permitirá disminuir los costos de fertilización, mejorar la calidad del pasto y fortalecer la rentabilidad y sostenibilidad de sus unidades productivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, I. (2024). *Comportamiento corporal productivo en bovinos cebú (toretas y vaconas) alimentados con ensilaje de pasto saboya (Panicum máximum) en diferentes tiempos de corte.* <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6861/1/ACU%C3%91A%20CEDE%C3%91O%20IVON%20BEL%C3%89N.pdf>
- Aguar, K. (2020). *La Azolla: importancia y usos para mejorar la fertilidad y calidad del suelo y del agua en la agricultura.* <https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6152e588-dbf7-42f2-b642-401e2894f948/content>
- Alvarado, A. (2022). *Efecto de diferentes niveles de fertilización química en pasto saboya (Panicum maximun) Jujan provincia del Guayas.* <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ALVARADO%20TAPIA%20ALVARO%20JOSUE.pdf>
- Benites, L., & Ibarra, X. (2025). *Evaluación del uso de azolla como biofertilizante en comparación con la úrea para suelos agrícolas.* <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/29686/1/UPS-GT006023.pdf>
- Cando, L., & Guzmán, X. (2024). *Análisis del impacto económico del sector ganadero en la región sierra - Ecuador, en los últimos 5 años (2017 - 2021).* <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27255/1/UPS-CT011269.pdf>
- Chica, J. (Diciembre de 2024). *Evaluación de promotores de crecimientos en ecotipos de los géneros Panicum (Megathyrsus maximus).* <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/7244/1/ULEAM-AGRO-0391.pdf>
- Chica, J. (Diciembre de 2024). *Evaluación de promotores de crecimientos en ecotipos de los géneros Panicum (Megathyrsus maximus).* <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/7244/1/ULEAM-AGRO-0391.pdf>
- Delgado, J., & Robalino, J. (Julio de 2023). *Aplicación (in vitro) de consorcios de microorganismos y azolla caroliniana para recuperación de suelos salinos en muestras del sitio Correagua-Manabí.* <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/604/1/TMA123.pdf>
- FAO. (2020). *Food and Agriculture Organization of the United Nations.* <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>

- FAO. (2020). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d81ae4cf-54e9-421d-8bac-d36719b2eaf0/content>
- GAD. (2024). *Gobierno Autónomo Descentralizado*. <https://enlinea.chone.gob.ec/>
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2019). *Pasto y forrajes del Ecuador. Siembra y producción de pasturas*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19019/4/PASTOS%20Y%20FORRAJES%20DEL%20ECUADOR%202021.pdf>
- Lucas, P. (2024). *Uso del Azolla spp. como fijador de nitrógeno atmosférico en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.) cantón Daule, Guayas*. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LUCAS%20VASQUEZ%20PATRICIA%20ELIZABETH.pdf>
- Mera, J. (Abril de 2022). *Programa de fertilización de los pastos saboya (Megathyrsus maximus) Brachiaria (Brachiaria brizantha) y Maralfalfa (Pennisetum sp)*. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9a7c5aa6-2315-483b-bdc3-9980e5b33d4d/content>
- Montezuma, J. (2023). *Evaluación del rendimiento productivo, químico y predicción de energía metabolizable en bovinos del pasto saboya "Panicum maximum" en la región amazónica*. <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/07f8cd5d-e30c-4ee0-b070-913f7a5766e7/content>
- Muñoz, J., & Olmedo, D. (2022). *Evaluación de la calidad bromatológica de dos tipos de ensilaje en el cantón Chone*. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/4840/3/ULEAM-AGRO-0214.pdf>
- Nevárez, D., Trueba, L., & Farías, M. (2024). *Rendimiento y contenido de nitrógeno del helecho Azolla filiculoides mediante el uso de diferentes bases nutritivas para su propagación*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9692643.pdf>
- Pinela, D., González, I., Cedeño, P., Álava, J., Villacis, S., & Novillo, J. (15 de Abril de 2025). *Fortalecimiento de la Ganadería Ecuatoriana: Manejo Sostenible de Pastos, Forrajes y Sistemas Silvopastoriles para un Futuro Resiliente*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10130174.pdf>
- Quiroz, A. (2023). *Parámetros zootécnicos en pollos finqueros, utilizando dietas alimenticias con inclusión de azolla (Azolla anabaena)*. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/5294/1/Quiroz%20Pin cay%20Alfredo%20Joe.pdf>

- Romero, W. (2020). *Composición química del ensilaje de pasto saboya (Panicum máximum) en diferentes edades de corte, con la inclusión de aceite de palma africana (Elaeis guineensis)*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a4b4e80f-ba6a-4611-a79f-33ab7d02b412/content>
- Rubira, C., Acosta, N., Luna, R., Quevedo, N., & Andrade, V. (2023). *Uso del pasto Saboya, rendimiento y calidad nutricional en diferentes frecuencias de corte en Manglaralto, Santa Elena*. <https://investigacion.utc.edu.ec/index.php/dateh/article/download/895/1266/>
- Taipe, V., Duicela, A., Solorzano, A., Molina, A., Zambrano, T., Caiza, I., & Aranguren, A. (2022). Realidades de la ganadería bovina en la provincia de Manabí. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4). https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2588
- Thepsilvisut, O., Srikan, N., Chutimanukul, P., Marubodee, R., & Ehara, H. (8 de Noviembre de 2024). *Desarrollo de directrices para la producción de Azolla microphylla como compost para la agricultura sostenible*. <https://www.mdpi.com/2079-9276/13/11/158>
- Valle, E. (2024). *Evaluación del comportamiento de azolla anabaena (Azolla Filiculoides Var. Cristata) bajo diferentes dosis de sustrato orgánico en Santa Elena Ecuador*. <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f2a2646d-3d68-4c65-b4d4-3e94a46106cd/content>
- Vásquez, E. (2023). Efecto del nitrógeno bien expresado en la fase inicial del cultivo de café (Coffea arabica L.) en "La Argelia" del cantón Loja. *Bosques Latitud Cero*, 13(2), 104–117. <https://doi.org/https://doi.org/10.54753/blc.v13i2.1867>
- Vásquez, E., Abad, G., Angamarca, C., & Calle, Y. (2023). *Generación de nitrógeno mediante la producción simbiótica Azolla-Anabaena en el cantón Loja*. <https://drive.google.com/file/d/1E29k8DVKrNvmzZBEcgqWBpjZRBLh-iAY/view>
- Vera, S. (2024). *Correlación de la biomasa y el índice de vegetación en potreros de una hacienda ganadera con sistemas de pastoreo rotacional*. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VERA%20CEVALLOS%20SOLANGIE%20DENISE.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Preparación de las parcelas para la experimentación



Anexo 2. Aplicación de agua de Azolla como biofertilizante.



Anexo 3. Medición de variables vegetativas.



Anexo 4. Análisis físico-químico del agua de Azolla

 ESPAM MFL	Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López – ESPAM MFL Campus Politécnico, Sitio El Limón, Calceta, Manabí, Ecuador. Correo electrónico: medioambiente@espam.edu.ec			
LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL Y SUELOS				
REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS				
DATOS GENERALES				
Nombre de la Empresa/Institución Solicitante: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí – ULEAM (Extensión Chone).				
Nombre de la Persona (Encargada de la Recepción): Elio Ronaldo Alcívar Barverán (Tutorado), y Mg. Juan Ramón Moreira Saltos (Tutor).				
DATOS DE LA MUESTRA				
Código de Muestra: P1R1				
Nombre de la Muestra: Agua Bruta				
Identificación y Estado: Líquido				
Lugar del Muestreo: Chone				
Muestreado por: Elio Ronaldo Alcívar Barverán (Tutorado).				
Colaboración: Jonathan Albino León Fuentes (Pasante); Ing. Sállury Gema Álava Cevallos (Responsable UDIV).				
Volumen Obtenido/Recibido: 1 litro				
Fecha de Obtenido/Recibido y Análisis: 16 de enero de 2026				
Fecha de Muestreo: 16 de enero de 2026				
Fecha de Reporte: 19 de enero de 2026				
RESULTADOS				
N	Parámetro	Resultado	TULSMA / Límite Máximo Permisible / Tabla 3. Criterios de Calidad de aguas para riego agrícola / Tabla 4. Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego	Clasificación / Grado de Restricción
2	Temperatura (°C)	21,20	-	-
4	Sólidos Totales o TS (ppm, o mg/L)	918,00	-	-
6	Sólidos Suspendidos Totales o TSS (ppm, o mg/L)	222,00	-	-
8	Potencial de Óxido-Reducción u ORP (mV)	160,00	-	-
10	Dureza Cálrica (mg/L)	60,05	-	-
12	Cloruros (mg/L)	31,91	-	-
14	Turbidez (NTU)	29,00	-	-

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		
N	Parámetro	Descripción
1	pH (unidades de pH)	Se encuentra dentro del rango permitido (6–9) según la normativa ecuatoriana. Sin embargo, al estar cercano al límite superior, el agua es ligeramente alcalina, lo que puede reducir la disponibilidad de algunos micronutrientes (como hierro o zinc) en ciertos cultivos sensibles.
2	Temperatura (°C)	Valor normal para aguas de riego, no representa restricción ni efectos adversos sobre el suelo o los cultivos.
3	Conductividad Eléctrica (mmho/cm)	Se ubica en el rango 0,7 – 3,0 mmho/cm, correspondiente a un grado de restricción ligero a moderado. Indica una salinidad media, por lo que el agua es apta para riego, aunque puede requerir manejo adecuado del suelo y selección de cultivos moderadamente tolerantes a sales.
4	Sólidos Totales o TS (ppm, o mg/L)	El valor obtenido indica una carga moderada de sólidos, lo que no impide su uso para riego agrícola. No obstante, refleja una calidad física media del agua y sugiere la necesidad de manejo adecuado, especialmente en sistemas de riego tecnificado, para evitar sedimentación y acumulación de residuos en el suelo.
5	Sólidos Disueltos Totales o TDS (ppm, o mg/L)	Este valor se encuentra dentro del rango 450 – 2000 mg/L, correspondiente a un grado de restricción ligero a moderado según la normativa para riego agrícola. Indica una salinidad moderada, por lo que el agua es apta para riego, aunque su uso continuo puede favorecer la acumulación de sales en el suelo, principalmente en suelos con drenaje deficiente o en cultivos sensibles a la salinidad.
6	Sólidos Suspendidos Totales o TSS (ppm, o mg/L)	El contenido de sólidos suspendidos es elevado, lo que evidencia la presencia de partículas finas en el agua. Si bien no representa una limitación directa para el riego por gravedad, puede ocasionar obstrucción de emisores y desgaste de equipos en sistemas de riego por goteo o aspersión. Se recomienda la implementación de filtración antes de su uso en riego tecnificado.
7	Color (PCU, o UPC)	Color alto, asociado a materia orgánica o partículas en suspensión. No limita directamente el riego, pero confirma la necesidad de tratamiento físico si se emplean sistemas tecnificados.
8	Potencial de Óxido-Reducción u ORP (mV)	Valor bajo-moderado, coherente con el bajo oxígeno disuelto, indicando un ambiente ligeramente reductor, sin restricción directa para riego.
9	Dureza Total (mg/L)	Clasificada como agua moderadamente dura, principalmente por la dureza magnésica. No representa una limitación significativa para riego, pero puede contribuir a incrustaciones en equipos de riego.

10	Dureza Cálcica (mg/L)	La dureza cálcica es moderada y aporta calcio, un nutriente esencial para las plantas y beneficioso para la estructura del suelo, ya que favorece la agregación de partículas. Este nivel no genera efectos adversos sobre los cultivos ni limita el uso del agua para riego.
11	Dureza Magnésica (mg/L)	La dureza magnésica es elevada y constituye la mayor proporción de la dureza total. Aunque el magnesio es un nutriente esencial, concentraciones relativamente altas pueden afectar el equilibrio calcio-magnesio del suelo, lo que podría influir en la infiltración del agua y la estructura del suelo si el uso es continuo. Se recomienda un manejo agronómico adecuado, especialmente en suelos de textura fina.
12	Cloruros (mg/L)	Valor bajo y dentro de límites aceptables para riego agrícola, sin riesgo de toxicidad para los cultivos.
13	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Se encuentra muy por debajo del valor de referencia (≥ 3 mg/L). Esto indica condiciones reductoras y posible carga orgánica elevada; no es ideal, aunque el oxígeno disuelto no es un parámetro crítico para riego agrícola, sí puede reflejar calidad general baja del agua.
14	Turbidez (NTU)	Turbidez elevada, relacionada con sólidos suspendidos. Puede afectar la eficiencia de sistemas de riego tecnificado, recomendándose filtración.

OBSERVACIÓN:

- El laboratorio no se responsabiliza por la toma y traslado de las muestras.
- Resultados válidos únicamente para las muestras analizadas, no es aceptable para otros productos de la misma precedencia.
- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe.



Ing. Sállury Gema Álava Cevallos
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL Y SUELOS
19/01/2026