



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA ZOOTECNIA

Trabajo de Integración
Curricular previa la obtención
del Grado Académico de
Ingeniero Zootecnista.

Proyecto de Investigación:

**“RENDIMIENTO BIOPRODUCTIVO DE LA *Azolla filiculoides* CON LA
APLICACIÓN DE POLLINAZA, 2023”**

Autor:

Ronald Darío Loor Torres

Director de Proyecto de Investigación:

Dr. Diego Romero Garaicoa

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Loor Torres Ronald Darío**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Ronald Darío Loor Torres

C.C. 092903421-3



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA ZOOTECNIA

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Dr. Diego Romero Garaicoa**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Loor Torres Ronald Darío**, realizó el proyecto de investigación de grado titulado “**RENDIMIENTO BIOPRODUCTIVO DE LA *Azolla filiculoides* CON LA APLICACIÓN DE POLLINAZA, 2023**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Zootecnista, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Dr. Diego Romero Garaicoa
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICACIÓN DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINDIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Dando cumplimiento al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las normativas y directrices establecidas por el SENECYT, el suscrito Dr. Diego Romero Garaicoa; en calidad de Director del proyecto de investigación de grado titulado “**RENDIMIENTO BIOPRODUCTIVO DE LA *Azolla filiculoides* CON LA APLICACIÓN DE POLLINAZA, 2023**”, de autoría del estudiante **Ronald Darío Loor Torres**, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el sistema URKUND es de **3%** el mismo que es permitido por el mencionado software y los requerimientos académicos establecidos. Se extiende el presente reporte para que el aspirante continúe con la gestión de titulación respectiva.

Cordialmente;

Document Information		Original
Analyzed document	PROYECTO AZOLLA.docx (D168319746)	
Submitted	5/25/2023 5:47:00 AM	
Submitted by		
Submitter email	dromero@uteq.edu.ec	
Similarity	3%	
Analysis address	dromero.uteq@analysis.arkund.com	

Dr. Diego Romero Garaicoa
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA ZOOTECNIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“RENDIMIENTO BIOPRODUCTIVO DE LA *Azolla filiculoides* CON LA
APLICACIÓN DE POLLINAZA, 2023”**

Presentado a Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Zootecnista.

Aprobador por:

PRESIDENTE DE TRIBUNAL

Dr. Yuniel Méndez Martínez

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Martín González Vélez

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Orly Cevallos Falquéz

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme, guiarme a lo largo de mi vida, por protegerme y ser mi apoyo fundamental en todo mi camino, brindándome fortalezas para superar momentos de obstáculos y debilidades.

Le agradezco a mi familia, a mi madre Lorena Torres, mi abuela Teresa Sacón, mi esposa Doménica Macías, por ser mi pilar cada día, de la misma manera a cada uno de los docentes que fueron parte de estos años de estudio, personal de los laboratorios, área de ganadería, a mis amigos más cercanos y demás personas que estuvieron aportando con su granito de arena para la realización de este proyecto de investigación.

Agradezco a mi estimado director, Dr. Diego Romero Garaicoa, por su apoyo, dedicación y compartir de manera incondicional todos sus conocimientos en el transcurso de la elaboración del presente trabajo.

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios, por ser mi guía y por haberme permitido llegar hasta esta meta en mi vida.

Este logro va dedicado a mi madre, Lorena Torres, mi abuela, Teresa Sacón, mi esposa Doménica Macías, por siempre brindarme su apoyo incondicional, amor, comprensión y ayudado en mis momentos difíciles, a mi abuelo Oreste Torres, que lamentablemente perdimos en la pandemia, aunque no se encuentra físicamente con nosotros, pero su recuerdo me mantuvo fuerte para continuar este proceso. Gracias a todos ustedes por ayudarme e mantenerme firme, a pesar de las adversidades, por hacerme sentir fuerte y brindarme todo su apoyo y amor. Esto es por mí, por ustedes, por nosotros.

¡Gracias por creer en mí!

Ronald Loo Torres.

RESUMEN

El uso de fertilizantes orgánicos como las excretas de animales de interés zootécnico en el cultivo de *A. filiculoides* le han permitido alcanzar niveles adecuados en cuanto a su rendimiento y contenido nutricional dentro del material vegetativo. La pollinaza es un fertilizante orgánico, resultado de la mezcla entre las excretas de los pollos de engorde, al ser materia orgánica, esta influye de manera positiva en las propiedades físicas, químicas y biológicas del medio abonado. La investigación tuvo como objetivo evaluar el rendimiento bioproductivo de la *A. filiculoides* con la aplicación de pollinaza. Los tratamientos evaluados fueron: Fertilización con Pollinaza (560 y 660 g), con tres repeticiones, cosechadas en un periodo de cuatro semanas. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA). Las variables fueron sometidas al análisis de varianza y a la prueba de TUKEY ($P < 0.05$) para establecer las diferencias significativas. Se evaluó la producción de biomasa fresca (BF), Biomasa Seca (BS). Además, se realizó la composición bromatológica donde se valoró materia seca, materia orgánica, materia inorgánica, proteína bruta y energía. Los mejores incrementos dentro del rendimiento bioproductivo de la azolla se evidenciaron en la tercera semana de estudio con valores de 582 y 481 g para T2 y T3 respectivamente, en comparación a T1 (testigo) que tuvo 156 g en la cantidad total por cada tratamiento. Los valores de BF y BS fueron de 65,42 y 28,32 g para T2 y T3 respectivamente, aunque estadísticamente no se mostraron diferencias significativas por cada tratamiento. Finalmente, los valores dentro de la composición química de la azolla fertilizada con pollinaza estuvieron dentro de los valores de referencia en cada tratamiento, por lo que tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Palabras clave: azolla, pollinaza, rendimiento bioproductivo, biomasa fresca, biomasa seca, composición química.

ABSTRACT

The use of organic fertilizers such as the excreta of animals of zootechnical interest in the cultivation of *A. filiculoides* have allowed it to reach adequate levels in terms of its yield and nutritional content within the vegetative material. The poultry manure is an organic fertilizer, the result of the mixture between the excreta of broiler chickens, being organic matter, this positively influences the physical, chemical and biological properties of the half subscriber. The objective of this research is to evaluate the bioproductive performance of *A. filiculoides* with the application of poultry manure. The evaluated treatments are: Fertilization with Chicken Manure (560 and 660 g), with three repetitions, were harvested in a period of 4 weeks. A completely randomized design (DCA) was used. The variables were subjected to the analysis of variance and the TUKEY test ($P < 0.05$) to establish the significant differences. The production of fresh biomass (BF), Dry Biomass (BS) was evaluated. In addition, the bromatological composition was carried out where dry matter, organic matter, inorganic matter, crude protein and energy were valued. The best increases within the bioproductive performance of azolla were evidenced in the third week of the study with values of 582 and 481 g for T2 and T3 respectively, compared to T1 (control) which had 156 g in the total amount for each treatment. The BF and BS values were 65.42 and 28.32 g for T2 and T3 respectively, although there were no statistically significant differences for each treatment. Finally, the values within the chemical composition of the azolla fertilized with poultry manure were within the reference values in each treatment, so no statistically significant differences were found.

Keywords: azolla, poultry manure, bioproductive yield, fresh biomass, dry biomass, chemical composition.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINDIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CÓDIGO DUBLIN	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problemática de la investigación	4
1.1.1.Planteamiento del Problema	4
Diagnóstico.....	4
Pronóstico	4
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación.....	6
CAPÍTULO II.....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco Conceptual	8
2.1.1. Biomasa	8
2.1.2. Fertilizante Orgánico	8
2.1.3. Helecho	8
2.1.4. Nutrientes	8
2.1.5. Rendimiento	8
2.2. Marco Referencial	9
2.2.1. Azolla	9
2.2.2. Origen y Distribución	9

2.2.3. Clasificación Taxonómica	9
2.2.4. Morfología	9
2.2.5. Reproducción.....	10
2.2.6. Rendimiento Productivo	10
2.2.7. Composición Química	11
2.2.7.1. Proteína.....	11
2.2.7.2. Materia Seca	11
2.2.7.3. Grasas	11
2.2.7.4. Cenizas	12
2.2.7.5. Valor Energético.....	12
2.2.7.6. Vitaminas.....	12
2.2.7.7. Minerales	12
2.2.8. Factores antinutricionales	12
2.2.9. Fijación del Nitrógeno atmosférico	12
2.2.10. Condiciones de cultivo	13
2.2.10.1. Viento	13
2.2.10.2. Intensidad lumínica	13
2.2.10.3. Temperatura.....	13
2.2.10.4. Humedad	14
2.2.10.5. Salinidad y pH	14
2.2.11. Métodos de cultivo, siembra y cosecha	14
2.2.12. Azolla en la alimentación Animal	14
CAPÍTULO III	16
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
3.1. Localización	17
3.1.1. Condiciones Agroclimáticas	17
3.2. Tipo de Investigación	17
3.3. Métodos de Investigación.....	17
3.3.1. Método Deductivo	17
3.3.2. Método Analítico.....	18
3.4. Fuentes de Recopilación de Información	18
3.5. Diseño de la Investigación	18
3.6. Instrumentos de Investigación.....	19
3.6.1. Condiciones de cultivo de azolla.....	19

3.7. Tratamiento de los datos.....	19
3.7.1. Variables Independientes.....	19
3.7.2. Variables Dependientes	19
3.7.2.1. Rendimiento bioproductivo	19
3.7.2.2. Producción de biomasa fresca y seca.	20
3.7.2.3. Composición química.....	20
3.7.3. Manejo del experimento	20
3.8. Recursos Humanos y Materiales	20
3.8.1. Recursos Humanos	20
3.8.2. Materiales	21
CAPÍTULO IV	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1. Resultados y discusión	23
4.1.1. Efecto de la fertilización orgánica con pollinaza en el rendimiento bioproductivo de la A. filiculoides.....	23
4.1.2. Rendimiento de biomasa fresca y biomasa seca de la A. filiculoides en función de la fertilización con pollinaza	25
4.1.3. Efecto de la fertilización con pollinaza en la composición química de A. filiculoides.....	26
CAPÍTULO V	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
5.1. Conclusiones	31
5.2. Recomendaciones.....	32
CAPÍTULO VI	33
BIBLIOGRAFÍA	33
6.1. Bibliografía.....	34
CAPÍTULO VII.....	37
ANEXOS.....	37
7.1. Anexos.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la A. filiculoides.....	9
Tabla 2. Tolerancia a la temperatura de tres especies de Azolla.....	13

Tabla 3. Condiciones agroclimáticas del Campus Universitario “La María” UTEQ – Mocache.....	17
Tabla 4. Esquema del análisis de Varianza	18
Tabla 5. Esquema del experimento.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rendimiento bioproductivo de <i>A. filiculoides</i> , primera semana.	23
Figura 2. Rendimiento bioproductivo, segunda semana.	24
Figura 3. Rendimiento bioproductivo, tercera semana.	24
Figura 4. Ganancia total de <i>A. filiculoides</i> , cuarta semana.	25
Figura 5. Producción De Biomasa Fresca y Biomasa Seca.	26
Figura 6. Valores de Proteína Bruta (PB).	27
Figura 7. Valores de Materia Seca (MS)	27
Figura 8. Valores de Materia Orgánica (MO)	28
Figura 9. Valores de Materia Inorgánica (MI) o Cenizas.	28
Figura 10. Valor energético (Kcal/g)	29

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Morfología de la <i>Azolla filiculoides</i>	38
Anexo 2. Cultivo natural de <i>Azolla filiculoides</i>	38
Anexo 3. Balizaje del terreno para construcción de estanques.	39
Anexo 4. Construcción de estanques para estudio de campo.....	39
Anexo 5. Revestimiento de estanques con plástico negro.	40
Anexo 6. Recolección de pollinaza para fertilizar estanques.....	40
Anexo 7. Fertilización de estanques con diferentes niveles de pollinaza.	41
Anexo 8. <i>Azolla</i> para siembra.	41

Anexo 9. Cosecha semanal de azolla para pesaje.	42
Anexo 10. Azolla cosechada.	42
Anexo 11. Estanques de cultivos de azolla.	43
Anexo 12. Muestras para análisis composición química.	43
Anexo 13. Muestras para análisis de energía.	44
Anexo 14. Raíces de azolla vistas bajo el microscopio.....	44
Anexo 15. Croquis de campo	45
Anexo 16. Análisis de varianza, Rendimiento Bioproductivo a los 7 días.	45
Anexo 17. Prueba de diferencias de medias Tukey, Rendimiento Bioproductivo a los 7 días.....	46

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“RENDIMIENTO BIOPRODUCTIVO DE LA <i>Azolla filiculoides</i> CON LA APLICACIÓN DE POLLINAZA, 2023”					
Autor:	Loor Torres, Ronald Darío					
Palabras clave:	azolla	pollinaza	rendimiento bioproductivo	biomasa fresca	biomasa seca	composición química
Fecha de publicación:						
Editorial:	Universidad Técnica Estatal de Quevedo					
Resumen: Abstract	Las variables fueron sometidas al análisis de varianza y a la prueba de TUKEY ($P<0.05$) para establecer las diferencias significativas. Se evaluó la producción de biomasa fresca (BF), Biomasa Seca (BS). Además, se realizó la composición bromatológica donde se valoró materia seca, materia orgánica, materia inorgánica, proteína bruta y energía. Los mejores incrementos dentro del rendimiento bioproductivo de la azolla se evidenciaron en la tercera semana de estudio con valores de 582 y 481 g para T2 y T3 respectivamente, en comparación a T1 (testigo) que tuvo 156 g en la cantidad total por cada tratamiento. Los valores de BF y BS fueron de 65,42 y 28,32 g para T2 y T3 respectivamente, aunque estadísticamente no se mostraron diferencias significativas por cada tratamiento. Finalmente, los valores dentro de la composición química de la azolla fertilizada con pollinaza estuvieron dentro de los valores de referencia en cada tratamiento, por lo que tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas. The variables were subjected to the analysis of variance and the TUKEY test ($P<0.05$) to establish the significant differences. The production of fresh biomass (BF), Dry Biomass (BS) was evaluated. In addition, the bromatological composition was carried out where dry matter, organic matter, inorganic matter, crude protein and energy were valued. The best increases within the bioproductive performance of azolla were evidenced in the third week of the study with values of 582 and 481 g for T2 and T3 respectively, compared to T1 (control) which had 156 g in the total amount for each treatment. The BF and BS values were 65.42 and 28.32 g for T2 and T3 respectively, although there were no statistically significant differences for each treatment. Finally, the values within the chemical composition of the azolla fertilized with poultry manure were within the reference values in each treatment, so no statistically significant differences were found.					
Descripción:	61 hojas: dimensiones. 29x21 cm+ CM-ROM.					
URI:						

INTRODUCCIÓN

En la producción animal, la búsqueda de alimentos alternativos utilizando recursos naturales disponibles, actualmente abarca aspectos importantes para tener presente. Al ser uno de los desafíos de gran magnitud, sigue la idea de encontrar fuentes proteicas fáciles de adquirir, que cubran las necesidades nutricionales y se generen a bajo costo, donde destacan las especies macrófitas acuáticas, por estos motivos, se toma en cuenta a la azolla, una planta acuática con excelentes resultados dentro del trópico en cuanto a rentabilidad económica, ambiental y humana (1).

La azolla es un helecho de agua, que tiene la peculiar característica de asociarse con cianobacterias en los cuerpos acuáticos, especialmente con *Anabaena* y de esta manera fijar el nitrógeno de la atmósfera, esta característica ubica a esta planta acuática en el centro de atención de varias investigaciones de diferentes áreas, debido a las diferentes capacidades que tiene, tales como alimento para animales, biorremediador de aguas contaminadas y su utilización como abono verde dentro de la agricultura (2).

La presencia de estas macrófitas acuáticas radica en mantener las condiciones y propiedades dentro de los ecosistemas acuáticos, debido a que sirven como fuentes alimenticias para aves que habitan el medio, peces, micro crustáceos y macro invertebrados. Estas especies se han estudiado con la finalidad de domesticarlas y hacer uso de sus diferentes beneficios principalmente en cuanto a materia depurativa de aguas residuales, así como refugios de la fauna acuática del ecosistema (3).

El uso de fertilizantes orgánicos como las excretas de animales de interés zootécnico en el cultivo de *A. filiculoides* le han permitido alcanzar niveles adecuados en cuanto a su rendimiento y contenido nutricional dentro del material vegetativo (1). En palabras de Benites, Lozano & Torres, (4), la pollinaza es un fertilizante orgánico, resultado de la mezcla entre las excretas de los pollos de engorde, materiales que se usan como cama durante su proceso productivo, al ser materia orgánica, esta influye de manera positiva en las propiedades físicas, químicas y biológicas del medio abonado.

Azolla es un suplemento alimenticio económico y eficiente para diferentes especies animales, que contiene cantidades considerables de proteínas, aminoácidos, vitaminas y minerales reduciendo significativamente los costos de producción en alimentación, lo que la cataloga como futuro ingrediente potencial en alimentos para animales (5). De la misma manera, no se han reportado factores que lo consideren como anti nutricional, lo que no

limita su utilización dentro de la alimentación animal, característica que la hace atractiva en este sentido (6).

Es considerada como la alternativa más prometedora para la producción agropecuaria, debido a su fácil propagación, alta productividad y excelente contenido nutricional (7). La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el rendimiento bioproductivo de la *A. filiculoides* con la aplicación de pollinaza.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problematización de la investigación

1.1.1. Planteamiento del Problema

Para el cultivo de la *A. filiculoides*, es fundamental desarrollar sistemas simples aplicando un manejo integrado dentro de los cuales el principio básico es el reciclaje, ya que un producto de poco valor productivo será transformado en proteínas de excelente calidad para la alimentación animal, este tipo de tecnología es amigable con el medio ambiente, ya que extrae los diferentes compuestos químicos del medio para transformarlos en biomasa fresca (1).

Los fertilizantes orgánicos, en este caso la pollinaza, estimularán la cadena nutritiva en los estanques de cultivo y por ende resulta más económico, con mayor disponibilidad y representando nutrientes, llegando a almacenar hasta el 79% de nitrógeno y hasta 87% de fósforo (8). Una de las principales limitantes para el cultivo de la *A. filiculoides* es que, los productores carecen de conocimientos sobre la disponibilidad de alimentos no convencionales como esta fuente de proteína de origen vegetal, la cual no necesita costos de producción elevados y su rendimiento de biomasa es alto, como su eficiente conversión alimenticia, lo que resulta rentable dentro del área de producción animal como fuente de alimento para los animales (9).

Diagnóstico

La azolla tiene como producción de follaje un alto contenido proteico y una amplia capacidad para descontaminar residuales, esta especie puede cumplir varias funciones dentro de la producción animal, pese a que la falta de conocimiento por parte de los productores sobre sus beneficios se convierta en un obstáculo para que su cultivo sea más continuo. Estudios previos a esta investigación han demostrado que la fertilización orgánica con excretas animales ha permitido llegar a rendimientos adecuados y un excelente contenido nutricional dentro de su material vegetativo, debido a la habilidad que tiene esta planta acuática para fijar el nitrógeno atmosférico y transformarlo en amonio mediante simbiosis con la cianobacteria *Anabaena azollae*, proceso que le permite a la azolla cubrir sus requerimientos propios de nitrógeno.

Pronóstico

Utilizar la mezcla de las excretas de los pollos junto con el material que sirve como cama para los mismos, como fuente de fertilización orgánica en el cultivo de *A. filiculoides*, lo

cual nos permitirá evaluar su efecto en el rendimiento bioproductivo de esta especie acuática que tiene cualidades estupendas en cuanto a producción de biomasa fresca y calidad nutricional, con la intención de mejorar e introducir su utilización como alternativa de alimentación a bajo costo para especies como las aves, porcinos, bovinos y peces en forma fresca.

Este factor será de gran relevancia para el rendimiento bioproductivo de la azolla, además servirá para encaminar a los productores e incentivarlos a cultivarla en sistemas sencillos, con materiales y recursos locales obteniendo una eficiente fuente de proteína vegetal a bajo costo, mejorando la rentabilidad de sus sistemas productivos, ya que al fertilizar la azolla con las excretas de pollos de engorde o pollinaza, se obtendrá un alimento nutritivo para los animales que se encuentran dentro de su producción.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál fue el rendimiento bioproductivo de la *A. filiculoides* con la aplicación de pollinaza?

1.1.3. Sistematización del problema

- ¿Cuál fue el efecto de la fertilización orgánica con pollinaza en el rendimiento bioproductivo de la *A. filiculoides*?
- ¿Cómo se estimó el rendimiento de biomasa fresca y biomasa seca de la *A. filiculoides* en función de la fertilización con pollinaza?
- ¿Qué efecto tuvo fertilización con pollinaza en la composición química de la *A. filiculoides*?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Determinar el rendimiento bioproductivo de la *A. filiculoides* con la aplicación de pollinaza.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la fertilización orgánica con pollinaza en el rendimiento bioproductivo de la *A. filiculoides*.
- Estimar el rendimiento de biomasa fresca y biomasa seca de la *A. filiculoides* en función de la fertilización con pollinaza.

- Evidenciar el efecto de la fertilización con pollinaza en la composición química de la *A. filiculoides*.

1.3. Justificación

Actualmente, debido al incremento de la población mundial y la constante degradación de los sistemas de producción, se deben crear condiciones para el aprovechamiento de las cualidades que brindan los alimentos alternativos como la *A. filiculoides*, que es requerida debido a su afinidad con el medio ambiente, fácil manejo y producción, teniendo en cuenta su alto potencial para generar alimentos que pueden ser destinados a la alimentación de especies acuáticas y terrestres (10).

Este helecho acuático es de fácil propagación y manejo, debido a su fácil adaptación a variedades climáticas, por otra parte, es muy eficiente para asociarse con cianobacterias como la *Anabaena azollae*, cuya simbiosis fija el nitrógeno atmosférico, lo que la ubica en el ojo de varias investigaciones como alimento para especies animales y como biorremediador de aguas residuales, también tiene su intervención como abono orgánico en la agricultura (2). La pollinaza es un subproducto abundante y económico que se ha utilizado en la industria extensiva para la engorda de rumiantes, también como fertilizante orgánico en la acuicultura y agricultura debido a sus propiedades dentro de su composición química (11).

Debido a la falta de conocimientos técnicos sobre este helecho acuático para su cultivo y producción, se pretende incrementar su rendimiento bioproductivo aplicando diferentes niveles de pollinaza para entregar una alternativa alimentaria ecológica a los pequeños y medianos productores, ya que se podrán disminuir los costos de producción ayudando a la mejoría de ingresos económicos, también a la reducción de la contaminación del ambiente que nos rodea.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Biomasa

Cantidad total de materia orgánica dentro de un área determinada, se expresa en gramos de carbono, calorías, también por unidad de superficie. Puede ser usada como materia orgánica en forma de bono y tratamiento de suelos, en este caso el estiércol y coberturas vegetales (12).

2.1.2. Fertilizante Orgánico

Conocidos también como abonos, estos son de origen animal o vegetal. Sus nutrientes son menos solubles, por lo que tardan más en ser absorbidos. Tienen como principal ventaja los beneficios para la mejora de los suelos, retención de agua y nutrientes necesarios. Entre los más importantes fertilizantes orgánicos destacan el estiércol, el compost y los abonos verdes (13).

2.1.3. Helecho

Son plantas vasculares que tienen su reproducción mediante esporas y sus raíces adventicias se originan en la endodermis. Sus células sexuales masculinas o anterozoides tienen de 30 a 1000 flagelos conocidos como undilupodios, su tejido vascular primario tiene forma de collar en los tallos. Cuentan con dos fases dentro de su ciclo de vida; gametofito, que es haploide sexual y esporofito que es diploide asexual (14).

2.1.4. Nutrientes

Son sustancias químicas unidas entre sí, se encuentran en los alimentos de los cuales se obtiene la energía necesaria para llevar a cabo las diferentes funciones vitales. Existen diferentes tipos de nutrientes, por ejemplo, los carbohidratos, proteínas y grasas se conocen como macronutrientes, mientras que, las vitaminas y minerales son llamados micronutrientes (15).

2.1.5. Rendimiento

Generalmente, es el beneficio o resultado obtenido de un proceso dado, ya sea jurídico, comercial, productivo o de cualquiera otra índole. En palabras más simples, el rendimiento es el fruto de un trabajo realizado (16).

2.2. Marco Referencial

2.2.1. *Azolla*

Es una planta acuática también conocida como helecho de agua, flor de pato, doradilla, reconocida por su excelente capacidad de propagación y crecimiento, este helecho acuático, en condiciones nutritivas adecuadas, puede alcanzar niveles productivos muy altos en cuanto a volumen. Una de sus principales características es la simbiosis con *Anabaena azollae*, una bacteria con capacidades de fijar el nitrógeno del medio, el cual es aprovechado por la azolla para cubrir sus requerimientos de nitrógeno (17).

2.2.2. *Origen y Distribución*

La *A. filiculoides* es una especie exótica e invasora, nativa de zonas tropicales y subtropicales, normalmente se la encuentra en sociedades con otras plantas acuáticas, ya que tiene una distribución bastante amplia. Esta especie es autóctona de América, pero se encuentra distribuida extensamente por Asia, Nueva Zelanda, Sur de África, Marruecos. Europa, Irlanda y Reino Unido (9).

2.2.3. *Clasificación Taxonómica*

Esta planta acuática se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la A. filiculoides.

Reino	<i>Plantae</i>
Filo	<i>Pteridophyta</i>
Clase	<i>Filicopsida</i>
Orden	<i>Salviniales</i>
Familia	<i>Azollaceae</i>
Género	<i>Azolla</i>
Especie	<i>A. filiculoides</i>

FUENTE: (18)

2.2.4. *Morfología*

Está conformada por una cantidad considerable de pequeñas hojas en forma de lóbulos por cada lado que se esparcen de un tallo, las cuales forman una planta extensa con raíces

auténticas en forma de pelos radicales, también presenta un rasgo particular en cuanto al color de sus hojas, puesto que las plantas adultas al tener contacto con los rayos solares toman un color que varía desde rojo hasta púrpura, a diferencia de las plantas más jóvenes o que se encuentran bajo sombra que son de color verde (19).

De manera individual, esta planta suele crecer hasta 1,25 cm, pudiendo llegar a 4 cm, con un diámetro de 1 a 2 cm, los foliolos que poseen sus hojas miden hasta 1 mm y generalmente se encuentran apilados, sus ramas surgen del tallo central, sus raíces pueden alcanzar medidas d hasta 3cm (20).

2.2.5. Reproducción

Se reproduce de forma sexual y asexual, durante la primera, la megaspora que corresponde a la parte femenina de la planta, en su interior yace una pequeña colonia de *A. azollae* la cual contiene esporas de cianobacterias, esta condición le permite transmitirse de generación en generación la bacteria, mientras que en la reproducción asexual, los fragmentos de sus hojas tienden a multiplicarse, bajo condiciones aceptables esta forma es la más común, ya que mediante este tipo de reproducción el helecho puede crecer con rapidez en un rango de dos a cinco días (21).

Cabe destacar que, en la reproducción sexual, la megaspora y la microespora se encargan de formar un gametofito, al aparearse da lugar al esporofito o también conocida como fase diploide, este último se desarrolla dentro de un megasporocarpio, a diferencia del microsporocarpio donde se desarrollan microsporangio que contienen microsporas para que las esporas de azolla se mantengan dentro de los esporocarpos, esto los hace resistentes al estrés, temperaturas bajas, sequías, lo que hace lógico su uso aunque su conservación tiene limitantes (22).

2.2.6. Rendimiento Productivo

En palabras de, Mancilla (23), en canales de irrigación en China, esta macrófita tuvo rendimientos anuales en crecimiento de entre 150 – 187 t/ha, es decir que, en una hectárea de azolla, esta tiene la capacidad de producir entre 1 – 2 toneladas de forraje fresco diariamente, lo equivalente a 10 – 30 kg de proteína por día.

En datos obtenidos por Intriago, González, Jaramillo & Delgado (24), relativos a la producción de azolla, este experimento tuvo una duración de un mes en el cual se cultivó 40 mg/m² de azolla en 16 estanques de cemento con dimensiones de 1,5m x 1,6m x 50 cm, en los que se aplicaron 4 tratamientos diferentes, se obtuvo el mejor rendimiento en el

tratamiento de columnas de agua sin techo con una producción de 2430,5 g, este valor mostró superioridad estadística a los demás tratamientos.

En un experimento realizado por Méndez-Martínez et al., (1), la *A. filiculoides* fue cultivada en 12 estanques de 1,25m x 0,80m x 0,25m durante 6 meses, en los cuales se sembró 25 g/m², estos fueron fertilizados con dos minerales combinados y excretas porcinas, se obtuvo rendimientos de biomasa fresca de 5,76 g/m²/día, lo que equivale a 20,75 t/ha/año en épocas lluviosas.

El manejo de cultivo de las plantas acuáticas como la azolla lleva años conociéndose, se reporta que poseen un potencial productivo y un tiempo aceptable para duplicar la proteína en biomasa celular de 67 – 120 h y 9 – 16 t/ha/año (19).

2.2.7. Composición Química

La composición química de este helecho acuático varía dependiendo del manejo y el balance nutritivo en la columna de agua. Sin embargo, se ha demostrado que la composición de la Azolla en condiciones medias de cultivo es de 6.5% de Materia Seca, 4.5% de Nitrógeno, 33% en Proteína Bruta, Fibra al 9.2% y Fósforo en 0.49%. Los porcentajes en base seca de su composición química son: Fibra Cruda 12.38, Cenizas 21.12, Extracto Etéreo 0.78, Proteína Cruda 30.03, Energía Bruta 17.77 kJ/g MS, Caroteno 421 mg/kg (19).

2.2.7.1. Proteína

Destacan por contar con uno de los contenidos de proteína bruta más altos dentro del reino vegetal, cuando es cultivada en condiciones favorables. Aparte de ser alto, su nivel de proteínas es de excelente calidad en términos de aminoácidos, enzimas y vitaminas, incluso puede mejorar mediante fertilizaciones. Se reportaron valores que van desde 23 hasta 44% de proteína bruta en materia seca de este helecho acuático (25).

2.2.7.2. Materia Seca

Existen valores que varían entre 5 – 7% de Materia Seca, ya que esta varía ampliamente y existe poco acuerdo entre los datos publicados sobre este tema, sin embargo, los valores mencionados se toman como estimaciones aproximadas (19).

2.2.7.3. Grasas

En muchos estudios, se han reportado valores que promedian entre 0,79 – 6 % en base a Materia Seca (25).

2.2.7.4. Cenizas

Esta macrófita tiene contenidos de cenizas altos, los mismos que oscilan entre 12,5 – 21,12 % en base a Materia Seca (23).

2.2.7.5. Valor Energético

Estudios previos, han reportado valores de energía bruta que van desde 16,32 hasta 17,77 kJ/g de materia seca para azolla (20).

2.2.7.6. Vitaminas

El contenido de caroteno y xantofilas de estos helechos se muestran en proporciones relevantes, con promedios de 421mg/kg de caroteno y 2808 mg/kg en xantofilas (19).

2.2.7.7. Minerales

Los valores reportados para calcio van de 0,4 – 1,7%, el de fósforo de 0,2 – 1,6%, el potasio de 0,3 - 0,6%, sodio 0,48 – 1,24%, magnesio 0,15 – 0,65%. Hierro 0,2 – 0,6%, manganeso 0,20 – 0,30%, cobre 15,90 – 17,55 ppm y zinc 46,70 – 71,75 ppm (6).

2.2.8. Factores antinutricionales

De momento, no se han reportado factores antinutricionales en las macrófitas como *Lemna spp.*, *Azolla spp.*, e *Ipomoea aquatica* que pudieran limitar su uso en la alimentación animal, característica que las hace muy atractivas en este sentido (6).

2.2.9. Fijación del Nitrógeno atmosférico

La azolla vive en simbiosis con la cianobacteria *Anabaena azollae* que se encuentra en las cavidades que se abren en la cara interior de la hoja (26). Esta puede obtener su fertilizante nitrogenado directamente de la atmosfera, a diferencia de las demás plantas, es decir que, puede producir fertilizantes orgánicos, alimentos, piensos y biocombustibles, al mismo tiempo que extrae cantidades considerablemente grandes de CO₂ de la atmósfera, esto ayudará reduciendo las amenazas del cambio climático (27).

La simbiosis Azolla-Anabaena tiene gran importancia en aguas que contienen poco contenido de nitrógeno, estas aguas no son capaces de mantener el crecimiento de plantas acuáticas no fijadoras de nitrógeno, esta simbiosis tiene la capacidad de utilizar parte de la energía solar para cubrir sus necesidades de N en la asociación. Existen factores ambientales que influyen en el contenido de nutrientes de la azolla, tales como las condiciones del suelo

y agua donde se cultiva, también las técnicas de cultivo donde destacan factores como la temperatura, la luz, el pH y presencia de más nutrientes (6).

2.2.10. Condiciones de cultivo

2.2.10.1. Viento

Los fuertes vientos crean una condición de hacinamiento, es decir, la azolla se acumula a un lado del tramo acuático y se ralentiza su crecimiento (25). La planta prefiere aguas tranquilas y de poco movimiento (20).

2.2.10.2. Intensidad lumínica

La azolla requiere del 25 a 50% de luz solar total para que su crecimiento vaya con normalidad, una leve sombra le beneficia en condiciones de campo, pues la producción de biomasa disminuye en gran medida a una intensidad de luz inferior a 1500 lux (25). Esta reducción se debe a la restricción en el aporte de azúcares cuando no hay fotosíntesis, la actividad remanente se realiza a expensas de los fotosintatos de la azolla (28). La energía solar óptima para su crecimiento es de 20.000 a 50.000 lux, ya que, todas las especies de azolla crecen mejor en luz solar de menor intensidad, su coloración puede variar desde rojo intenso hasta verde-azulada, dependiendo su exposición al sol. Se plantea que necesita un promedio de 10 horas diarias de luz para poder existir (19).

2.2.10.3. Temperatura

Basándose en la temperatura óptima para un buen crecimiento, la tolerancia a la temperatura de esta macrófita varía ampliamente dependiendo de sus especies y cepas. Generalmente, este helecho tiene baja tolerancia a altas temperaturas y exposición al sol, lo que restringe su uso en la agricultura tropical cuando no se controla este parámetro (25).

Tabla 2

Tolerancia a la temperatura de tres especies de Azolla.

Subgénero	especies	Temperatura del agua °C		
		mínimo	máximo	óptimo
Euazolla	A. filiculoides	0-10	38 - 42	20 -25
	A. caroliniana	<0 -10	45	20 - 30
	A. microphylla	5 – 8	45	25 - 30

FUENTE: (25)

2.2.10.4. Humedad

Los rangos óptimos de humedad relativa van desde 85-90%; si la humedad es inferior a 60% o superior a 100%, la azolla no crece, se vuelve seca y frágil con humedad por debajo de 60% (5).

2.2.10.5. Salinidad y pH

El contenido de sal en su medio acuático debe ser inferior a 0,1%, pues la tolerancia a la salinidad de este helecho también varía entre cada especie. En cuanto a los rangos de pH, esta puede desarrollarse en ambientes con rangos mayores a 4. Puede sobrevivir a un pH de entre 3.5 a 10, reportando que el crecimiento óptimo de la azolla fue óptimo a 5.5 pH (25).

2.2.11. Métodos de cultivo, siembra y cosecha

Investigaciones recomiendan la siembra en estanques una profundidad entre 0,7 y 1,0 metros, aunque se han obtenido buenos resultados a profundidades de 0,4 metros. Se considera esta planta, al igual que otras plantas acuáticas, tienen un ciclo de cosecha de 3-7 días, recomendando dejar en el estanque el 25% como semilla para el próximo cultivo, siendo la cosecha manual la forma más común (20). Una profundidad de 5 cm puede ser buena, aunque la azolla crece satisfactoriamente a mayores profundidades (23).

Las plantas acuáticas como Azolla, Salvinia y Lemna se integran en los sistemas de producción animal, creciendo en lagunas que recolectan purines de cerdo para luego ser utilizadas en la alimentación de cerdos, estas prácticas son utilizadas principalmente en Asia (17).

2.2.12. Azolla en la alimentación Animal

En países como China y Vietnam, esta ha sido una de las plantas acuáticas más utilizadas en la alimentación de varias especies animales, existen datos que reportan un 40% en la disminución de costos alimenticios en cerdos alimentados con 1-4 kg de azolla fresca por día. Esta especie acuática, tanto fresca como en harina ha sido utilizada en experimentos para medir parámetros como Consumo (kg/MS), Ganancia (g/día), Conversión (MS/kg) de comportamiento en aves y porcinos, ya que no existe desventaja en estos rasgos cuando se suministra hasta una tercera parte de la dieta en forma de Azolla, mucho más importante cuando se prepara de varias formas (28).

Debido al contenido de proteína y polifenoles, *A. filiculoides* es la especie que mejor aceptación tiene en la alimentación de los animales (29). Gracias a que no se usa en la

alimentación humana, sus bajos costos de producción y su volumen productivo mensual y anual, en la dieta de especies acuícolas es una alternativa muy prometedora (30).

En la alimentación de alevines de híbridos de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*), se utilizó harina de *A. filiculoides* en inclusiones de 0%, 10%, 20%, 30%, en este experimento se obtuvo mejores índices de producción con la inclusión del 10% de harina de azolla en comparación con el tratamiento testigo (31). El efecto de la inclusión de Azolla como alimento para pollos de engorde, concluyó que el nivel de azolla al 15% de manera ad libitum durante 42 días, fue significativamente más alto en aumento de peso, sin embargo, la conversión alimenticia y el consumo de alimento no mostraron diferencias entre los tratamientos (32).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La investigación se llevó a cabo en los terrenos del Campus Universitario “La María”, predios de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizado en el kilómetro 7 ^{1/2}. De la vía Quevedo El Empalme, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, cuya ubicación geográfica es de 1° 3’ 18” de latitud sur y 79° 25’ 24” de longitud oeste, a una altura de 77.60 metros sobre el nivel del mar.

3.1.1. Condiciones Agroclimáticas

En la siguiente tabla se muestran las características de las condiciones agroclimáticas del lugar experimental.

Tabla 3

Condiciones agroclimáticas del Campus Universitario “La María” UTEQ – Mocache.

Datos meteorológicos	Valores promedios
Temperatura (°C)	26
Humedad relativa (%)	87.71
Precipitación (mm/anual)	2271.29
Heliofanía (horas/luz/año)	915-56
Zona ecológica	Bh – T
Topografía	Plana

FUENTE: (33)

3.2. Tipo de Investigación

La investigación fue de tipo experimental y observacional, ya que se manipularán tratamientos para determinar si la fertilización orgánica con pollinaza favorece en el rendimiento bioproductivo de la *A. filiculoides*, para la posterior evaluación y tabulación de las variables en base a los datos obtenidos durante todo el proceso evaluativo.

3.3. Métodos de Investigación

En la investigación se utilizaron los siguientes métodos:

3.3.1. Método Deductivo

Se utilizó este método para determinar el tratamiento más eficiente en el rendimiento bioproductivo de la *A. filiculoides*, partiendo de la información obtenida de diferentes

fuentes bibliográficas y mediante los datos recopilados mediante la observación en el experimento.

3.3.2. Método Analítico

Se empleó para el análisis e interpretación de los resultados en la investigación.

3.4. Fuentes de Recopilación de Información

La información recopilada para la investigación se obtuvo de fuentes primarias, a través de la observación directa mediante la evaluación de diferentes variables; fuentes secundarias, como son los libros, revistas, publicaciones científicas en línea, boletines divulgativos, fichas técnicas, entre otros.

3.5. Diseño de la Investigación

Se utilizó un Diseño Completamente Al Azar (DCA) cumpliendo la estabulación de datos utilizando software de análisis estadístico Infostat y hojas de cálculo Microsoft Excel, con tres tratamientos (sin pollinaza, 560 y 660 g de pollinaza) y tres repeticiones (en estanques contruidos en el suelo). Donde se sembraron 25 g/m² de azolla que fueron estudiadas durante cuatro semanas como muestra de la investigación. Para determinar las diferencias de las medias se utilizó el proceso de rango múltiple de TUKEY ($P \leq 0,05$), y el modelo estadístico del diseño que se utilizó es el siguiente:

Tabla 4

Esquema del análisis de Varianza

Fuente de Variación		Grados de libertad
Tratamientos	t -1	2
Error experimental	t(r-1)	6
Total	t.r-1	8

ELABORADO: AUTOR

Modelo matemático

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación en la unidad experimental.

μ = Efecto medio.

τ_i = Efecto del tratamiento i .

ξ_{ij} = término de error aleatorio asociado a la observación.

3.6. Instrumentos de Investigación

3.6.1. Condiciones de cultivo de azolla

La investigación se realizó en los terrenos ubicados en el Campus Universitario “La María”, de la UTEQ. Para su desarrollo se construyeron 9 estanques de forma manual y directamente en el suelo, con las siguientes dimensiones: 1m² y 0,30 cm de profundidad, con separación de 40 cm entre estos para evitar comunicación entre ellos. Debido a la permeabilidad del terreno, se revistieron con plástico negro. Se sembraron 25 g/m² de *A. filiculoides* fresca, la cual se obtuvo mediante la Ing. Margot Montero Garcés en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas, el volumen total de agua por estanques de 0,25 m³, reponiendo pérdidas por evaporación y transpiración de las plantas.

3.7. Tratamiento de los datos

Para favorecer el crecimiento de la especie y evaluar su rendimiento se establecieron tres tratamientos con tres repeticiones según el DCA. Estos se basaron en: T1 (sin pollinaza), T2 y T3 (560 y 660 g) de pollinaza la cual se obtuvo de la mezcla entre la cama y las excretas de 50 pollos de engorde de dos semanas de vida que se adquirieron para la realización de la investigación. La cosecha de biomasa fresca se realizó cada siete días en horarios de la mañana para evitar la exposición al sol y por ende no estresar las plantas para un mejor aprovechamiento productivo.

3.7.1. Variables Independientes

T1 = Sin pollinaza (testigo)

T2 = Pollinaza 560 g

T3 = Pollinaza 660 g

3.7.2. Variables Dependientes

3.7.2.1. Rendimiento bioproductivo

Se evaluó el rendimiento de bioproductivo de *A. filiculoides* (g/m²) en los tres tratamientos de forma semanal hasta finalizar el estudio en campo. El peso, se determinó con una balanza

digital de precisión de 0,01 g, después de una hora post cosecha que se realizó de forma manual.

3.7.2.2. Producción de biomasa fresca y seca.

La cosecha se realizó de forma manual, y se esperó una hora para proceder al pesaje de biomasa fresca, con la ayuda de un cedazo con la finalidad de eliminar grandes cantidades de agua, y se tomó en cuenta el valor fresco al finalizar el estudio en campo. En cuanto a la producción de biomasa seca, esta se estimó al finalizar la cosecha total.

3.7.2.3. Composición química

Finalmente se determinó la composición química, materia seca (MS), proteína bruta (PB), energía y cenizas del material final obtenido.

3.7.3. Manejo del experimento

Se estudiaron tres niveles de fertilización orgánica con pollinaza con tres repeticiones cada una, esta investigación se emplea para conocer rendimiento bioproductivo de *A. filiculoides* en función de la fertilización con pollinaza y evidenciar el efecto de la pollinaza en la composición química de la azolla cosechada en este medio.

Tabla 5

Esquema del experimento.

Tratamientos	Cantidad de azolla (g)	Número de repeticiones	Total, azolla/tratamiento (g)
T1	25	3	75
T2	25	3	75
T3	25	3	75
Total		9	225

ELABORADO: AUTOR

3.8. Recursos Humanos y Materiales

3.8.1. Recursos Humanos

Las personas que intercedieron para la realización del proyecto de investigación son: Colaboración del director de titulación Dr. Diego Armando Romero Garaicoa y como autor del proyecto de investigación Ronald Loor Torres.

3.8.2. *Materiales*

- Barras
- Palas
- Botas
- Cámara
- Balanza
- Computadora
- Esferos
- Cuaderno de campo
- Calculadora
- Impresora
- Plástico negro
- Tubo PVC de 2 pulgadas
- Machete
- Malla plástica o cedazo
- Amarras plásticas
- Plantas de Azolla
- Pollos

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados y discusión

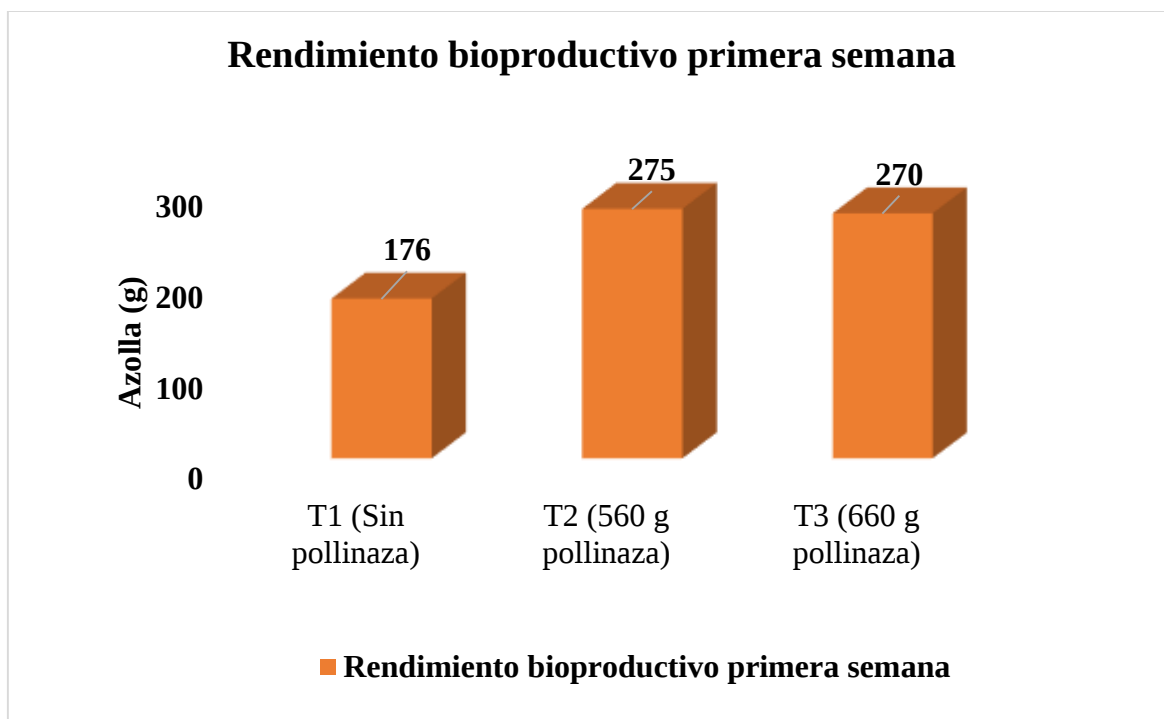
4.1.1. Efecto de la fertilización orgánica con pollinaza en el rendimiento bioproductivo de la *A. filiculoides*

Durante el pesaje de biomasa fresca (g) que empezó el viernes 17 de febrero de 2023, después de la siembra en cantidades de 25g en cada unidad experimental, se obtuvieron los siguientes resultados:

En la figura 1, se evidencia lo sucedido durante la primera semana de estudio se notó un incremento en la producción de biomasa fresca, en donde se puede comprobar el efecto de la fertilización con 275 y 270 g, sobre la producción de *A. filiculoides* con respecto al testigo (176g), que mostró menos rendimiento, lo que atribuye a la influencia de nutrientes en el agua, como lo mencionan otros autores (5).

Figura 1

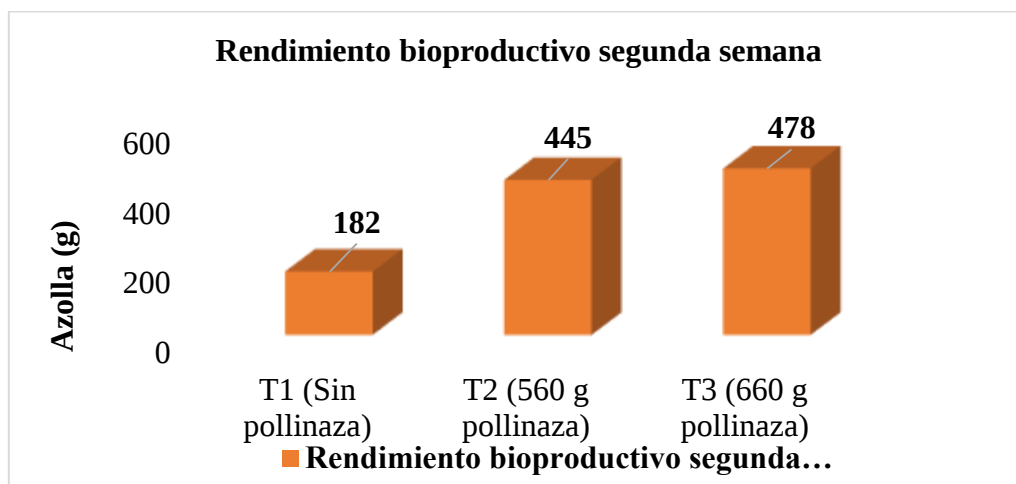
Rendimiento bioproductivo de A. filiculoides, primera semana.



En la figura 2, se muestra el rendimiento bioproductivo de *A. filiculoides* durante la segunda semana de estudio, los resultados continuaron evidenciando el plus de la fertilización con pollinaza, T2 y T3 con 445 y 478 g/m² respectivamente en comparación con el testigo (182 g), los incrementos de peso fresco obtenidos pueden ser atribuidos a un aumento en el contenido nutricional del agua donde se cultiva esta macrófita.

Figura 2

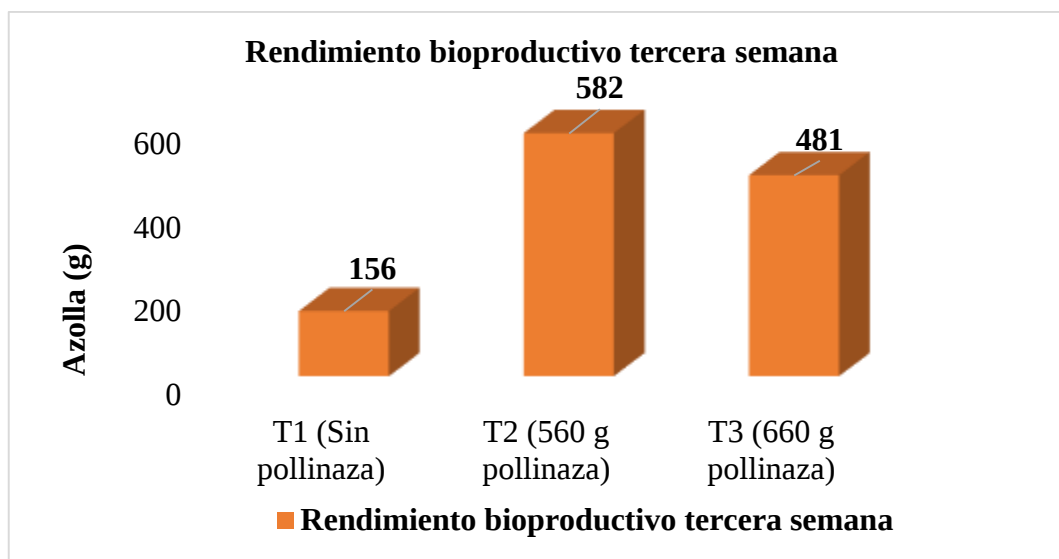
Rendimiento bioproductivo, segunda semana.



En la tercera semana de estudio, la fertilización orgánica continuó mostrando valores altos dentro de la producción de biomasa fresca total (figura 3), ya que la cantidad de material fresco sigue en alza (T2: 582 g y T3: 481 g), a diferencia del tratamiento testigo que empezó a decaer en su producción disminuyendo de 182 g a 156 g. Como fue mencionado anteriormente, haciendo hincapié en la falta de nutrientes dentro del medio donde se cultiva la azolla, como también la exposición al sol y la cercanía a la época invernal que incluye las lluvias (23).

Figura 3

Rendimiento bioproductivo, tercera semana.

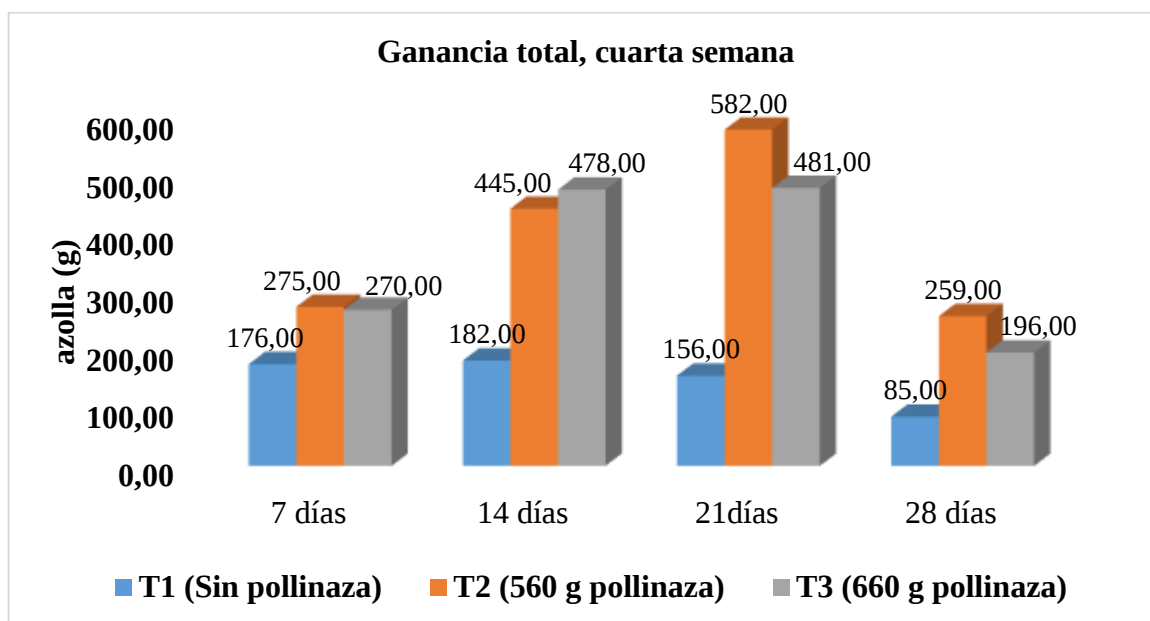


Al cursar la cuarta semana, el crecimiento fue nulo, es más, se evidenciaron pérdidas en todas las unidades experimentales, sin embargo, se sigue evidenciando mejores rendimientos

(g/m²) en los estanques fertilizados con pollinaza, siendo T2 el de mayor producción. El mejor pico de rendimiento se produjo durante la tercera semana de estudio, esto hace referencia a lo mencionado en un estudio hecho por Mancilla (23), el cual indica que, se debe considerar el tiempo de investigación en campo, la intensidad lumínica y exposición al sol de este helecho acuático, así mismo la época y estación del año, por lo que estos resultados deben ser tomados con prudencia para una mejor interpretación. A continuación, la figura 4 se aprecia los resultados hasta cuarta semana de estudio en campo.

Figura 4

Ganancia total de A. filiculoides, cuarta semana.



Al mencionar los factores ambientales, cabe destacar que la temperatura media anual en la zona de estudio es de 26° C, con variaciones en la época invernal que fue donde se llevó a cabo el estudio de campo, donde la temperatura puede alcanzar, hasta superar los 30°C en horarios vespertinos. Estudios demuestran que este helecho acuático decrece en su producción a temperaturas que superan los 28° C, y exposiciones prolongadas a más de 35° C son letales (34).

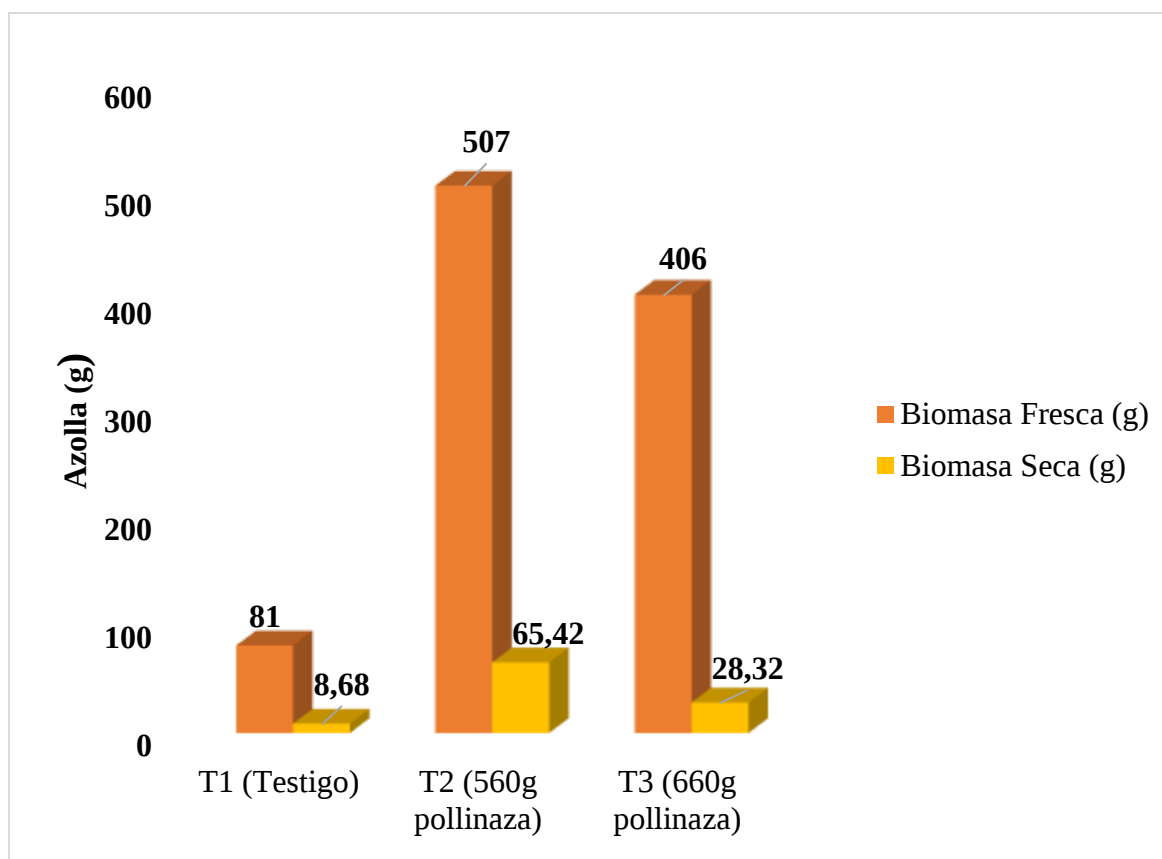
4.1.2. Rendimiento de biomasa fresca y biomasa seca de la A. filiculoides en función de la fertilización con pollinaza

En la figura 5, se muestran los resultados en la producción de biomasa seca, con valores dentro de los referenciados en otros estudios, demostrando que estos helechos acuáticos poseen más del 80% de agua, es decir que se perdió una gran cantidad de humedad al

momento del secado para obtener el rendimiento de la azolla en seco. Es posible eliminar el agua mediante varios métodos sencillos y conocidos de secado, de tal manera que pueden ser reducidas a harinas y conservarlas a manera de ensilajes (6). Sin embargo, estudios previos han demostrado que este helecho acuático también puede suministrarse en su forma húmeda dentro de una ración alimenticia (20).

Figura 5

Producción De Biomasa Fresca y Biomasa Seca.



4.1.3. Efecto de la fertilización con pollinaza en la composición química de *A. filiculoides*

Los valores dentro de la composición química de la azolla tienden a variar acorde la zona donde se cultiva y crece también por el contenido de nutrientes dentro de la columna de agua donde se encuentra (19).

Se determinó un porcentaje limitado de proteína (Figura 6), con pocas diferencias entre cada tratamiento, 22,47 para el tratamiento testigo, 21,92 y 21,67% para T2 y T3 respectivamente. Teniendo valores que se encuentran dentro de los referenciados que van desde 19 hasta 43% (25). En cuanto al contenido de Materia Orgánica, los valores fueron 91,20 para el testigo, mientras que T2 y T3 obtuvieron valores de 89,04 y 85,33 (Figura 7); por otro lado, en cuanto

a Cenizas, los valores representaron 8,80 para el testigo, 10,96 para T2 y 14,67 para T3 (Figura 9), valores que se encuentran dentro del rango, ya que oscilan entre 12,5 hasta 21,12%. Los valores energéticos para T1 y T3 fueron de 4,61 y 4,52 kcal/g respectivamente, puesto que, el valor energético de 4,91 kcal/g (T2), superó el valor de referencia, se han reportado valores de energía bruta que van desde 16,32 hasta 17,77 kJ/g, equivalentes a 3,9 – 4,25 kcal/g (6).

Figura 6

Valores de Proteína Bruta (PB).

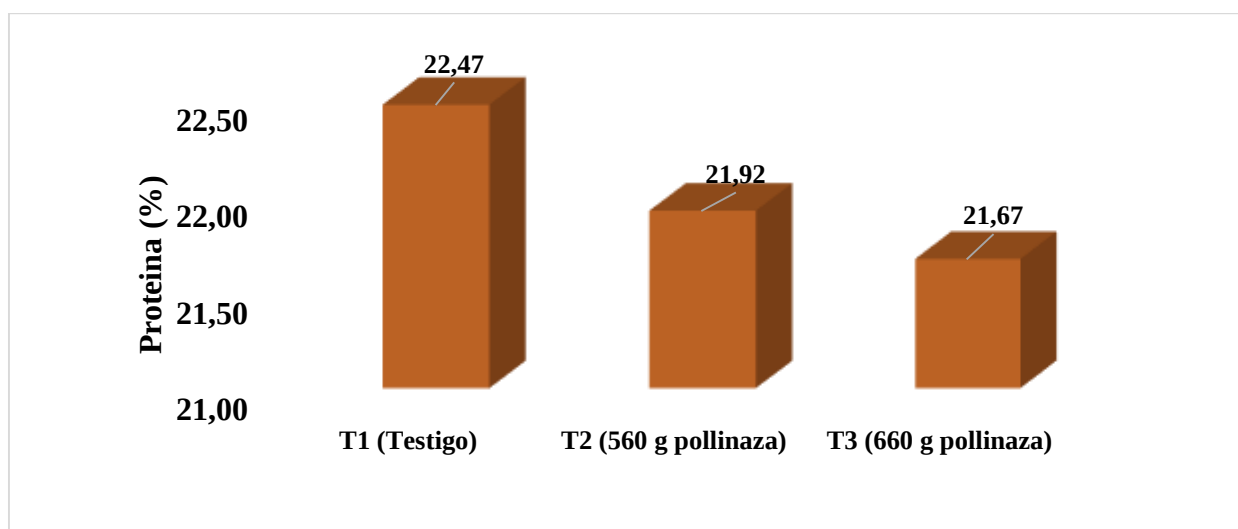


Figura 7

Valores de Materia Seca (MS)

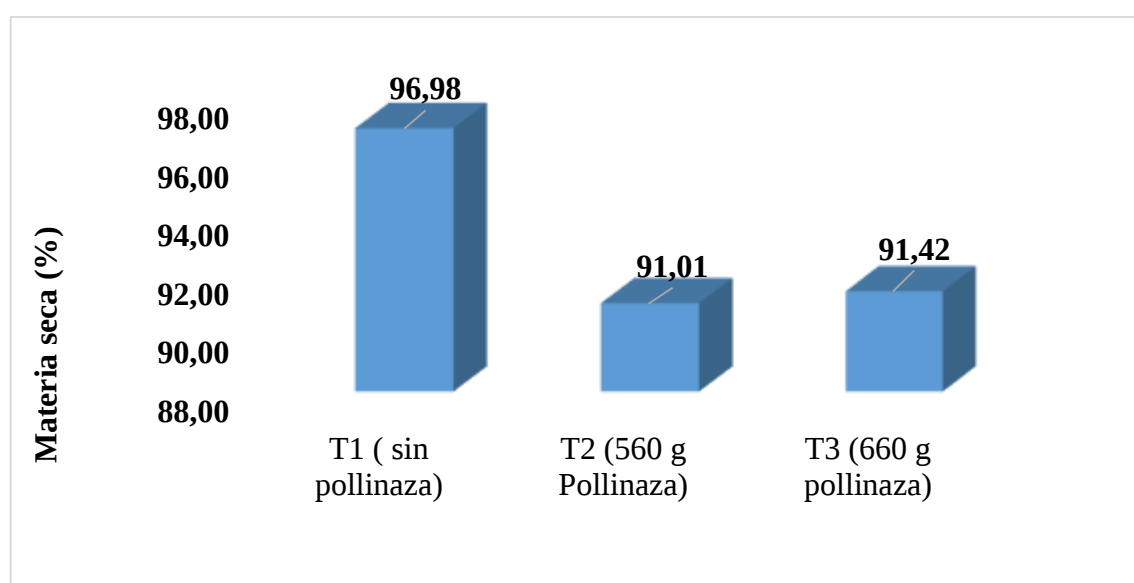


Figura 8

Valores de Materia Orgánica (MO)

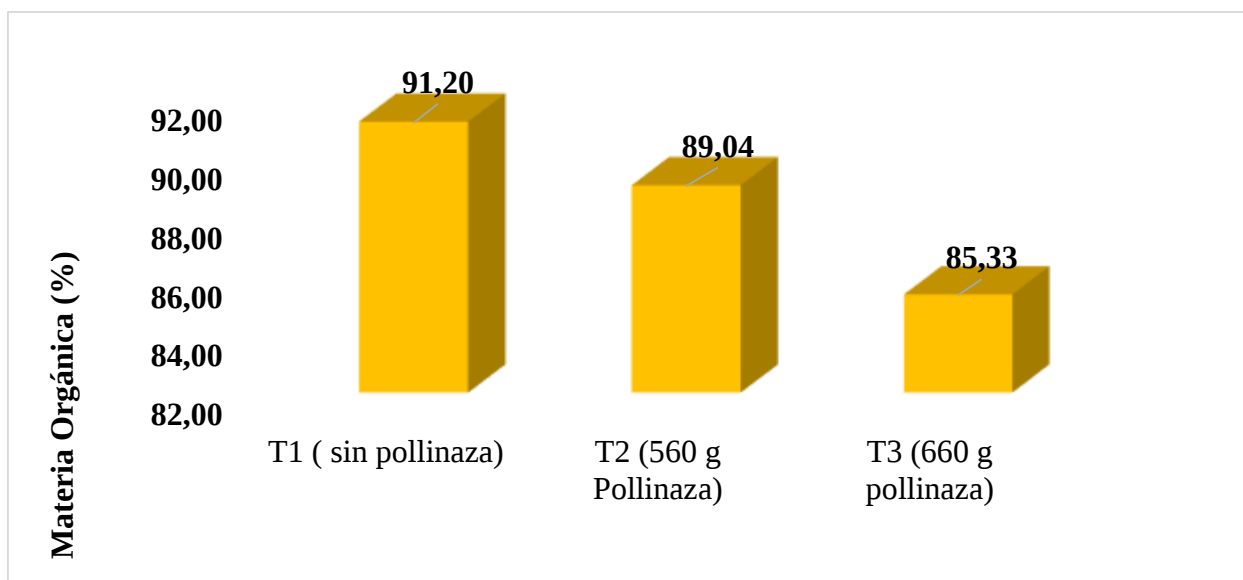


Figura 9

Valores de Materia Inorgánica (MI) o Cenizas.

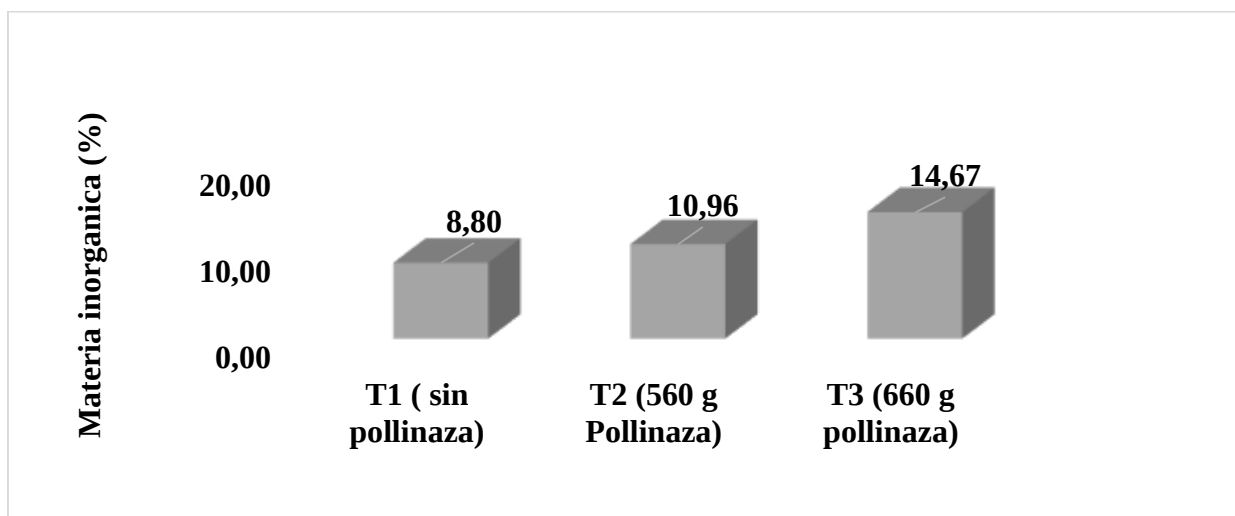
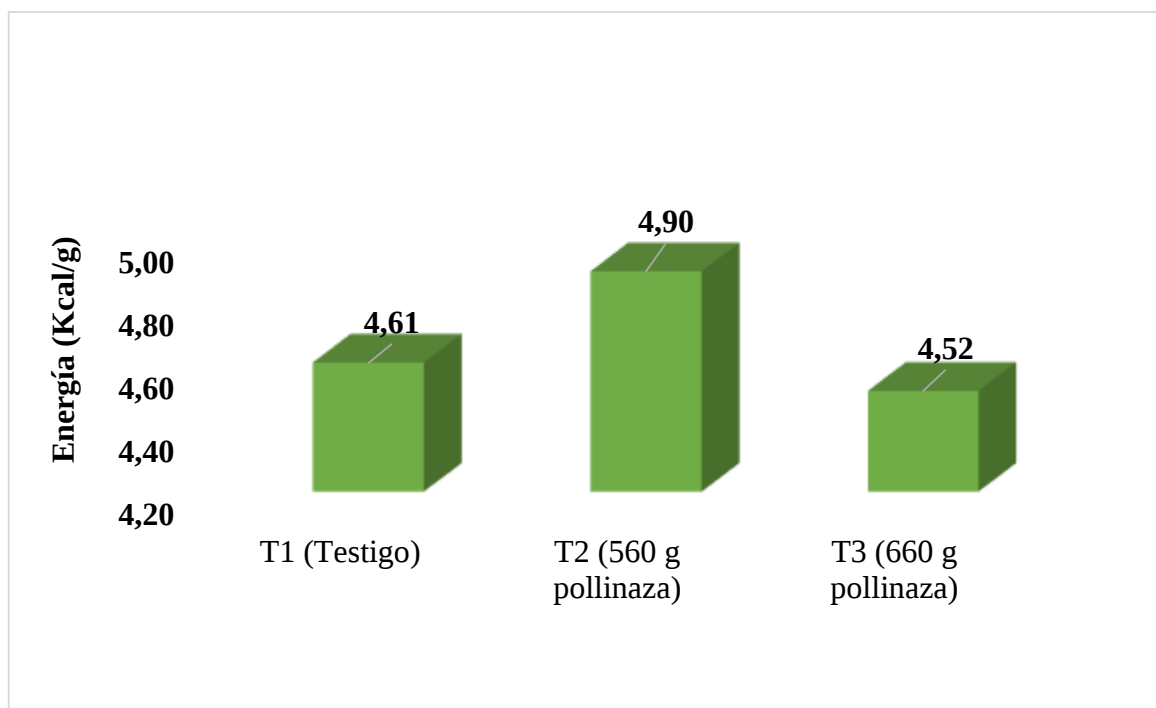


Figura 10

Valor energético (Kcal/g)



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos dentro del presente estudio, se pudo concluir que:

- El rendimiento de bioproductivo de *A. filiculoides* se encuentra dentro de los valores de referencia, lo cual indica que la pollinaza puede utilizarse como fertilizante para la producción de este helecho acuático.
- Para las estimaciones en el rendimiento de Biomasa Seca, se puede concluir que la misma se encuentra dentro de los valores de referencia, y que estando en una zona subtropical, puede resultar más sencillo eliminar el contenido de humedad de esta misma. Por otro lado, el rendimiento de *A. filiculoides* puede estar influenciado por las épocas del año, siendo otro motivo para tener cautela al momento de generalizar los resultados obtenidos dentro de este estudio que se realizó en la época invernal.
- La composición química de la azolla fertilizada con pollinaza se encuentra dentro del rango óptimo en comparación con los valores de referencia, indicando que este helecho acuático puede incluirse en la dieta para la alimentación animal debido a su contenido de proteína bruta (22%).

5.2. Recomendaciones

En base a las conclusiones, se recomienda:

- Realizar estudios con mayor duración, tomando datos a lo largo de las estaciones anuales. Evaluar la fertilización con pollinaza tomando en cuenta los factores que afectan su crecimiento como la intensidad lumínica y el pH.
- Realizar comparaciones en cuanto a la fertilización con otros residuos animales, fertilizantes orgánicos e inorgánicos; también evaluar la producción de pollinaza obtenida en sistemas de alimentación con concentrados.
- Evaluar la influencia de *A. filiculoides* en la alimentación de pollos y otras especies animales de interés zootécnico.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

1. Méndez-Martínez Y, Verdecia D, Pérez-Tamames Y, Torres-Navarrete Y, Pino-Perdomo Y. Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento y composición química de la Azolla foliculoides. REDVET - Revista electrónica veterinaria. 2017; 18(12): p. 1-8.
2. Aldáz J, Zurita J, Cruz S, Villacís L, Pomboza P, León O. Efecto biofertilizante de azolla - anabaena en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Journal of the Selva Andina Biosphere. 2016; 4(2): p. 109 - 115.
3. Alvarado E. Evaluación de la producción de biomasa de Azolla foliculoides (helecho acuático) en función de la concentración y tipo de fertilizante, en condiciones de laboratorio, centro de biología de la universidad central del Ecuador. Quito.
4. Benites F, Lozano L, Torres M. Recolección, manejo y transformación de la pollinaza en abono orgánico en el cantón Durán. Guayaquil.
5. Katote S, Lende S, Patil S. A review on potential livestock feed: Azolla. Livestock Research International. 2017; 5(1): p. 1-9.
6. Ly J. Macrófitas acuáticas flotantes en sistemas integrados de producción animal. Inst Investig Porc. 2003;: p. 89-111.
7. Raja W, Rathaur P, Jhon S, Ramteke P. Azolla-Anabaena Association and Its Significance In Supportable Agriculture. Hacettepe Journal of Biology and Chemistry. 2012; 40(1): p. 1-6.
8. Sarango S. Relación de los abonos orgánicos con la productividad primaria en piscinas de cultivo de camarón blanco (*litopenaeus vannamei*). Machala.
9. Sanjines Y. Efecto de la inclusión de azolla spp. en la alimentación de pollos de engorde sobre los parámetros productivos. Machala.
10. Rivera L, Vargas O, Cun M, Rodríguez I. Comportamiento de la azolla (*Azolla* spp.) bajo diferentes condiciones ambientales. Revista Cumbres. 2017; 3(2): p. 09 - 16.
11. Ochoa M, Urrutia J. Uso de pollinaza y gallinaza en la alimentación de rumiantes. San Luis Potosí: SAGARPA.
12. Martínez-Romero , Anirebis , Leyva-Galán.. La biomasa de los cultivos en el ecosistema. Sus beneficios agroecológicos. Cultivos Tropicales. 2014; 35(1): p. 11-20.
13. Zchimmer , Schwarz. Fertilizantes agrícolas: Tipoas de fertilizantes, usos y beneficios..
14. Velázquez E, Aguirre E. Los helechos como plantas ornamentales. Ciencia. 2015;: p. 24-31.

15. Cudi T. Nutrientes. ¿Qué son?, ¿Dónde están?, ¿Para qué sirven?.
16. Sierra Y. Qué es el rendimiento financiero, productivo y laboral. Lemontech Blog.
17. Letérme P, Londoño A, Muñoz J, Suárez J, Bedoya W, Souffrantb A. Nutritional value of aquatics ferns (*Azolla filiculoides* Lam. and *Salvinia molesta* Mitchell) in pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 2009; 149(1-2): p. 135-148.
18. Subudhi B, Singh P. Nutritive value of the water fern *Azolla pinnata* for chicks. *Poultry Science*. 1978;; p. 378-380.
19. Méndez-Martínez Y, Pérez-Tamames Y, Réyes J, Puente V. *Azolla* sp., Un alimento de alto valor nutricional para la acuicultura. *Biotecnia*. 2017; XX(1): p. 32-40.
20. Suárez J, González E. Las plantas acuáticas en un contexto de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. I. *Azolla* spp. *Pastos y Forrajes*. 2015; 21(1): p. 1-13.
21. Qui Y, Yu J. *Azolla*- A model Organism for Plant Genomic Studies. *Proteomics Bioinformatics*. 2003; 1(1): p. 15-25.
22. Brouwer P, Brautigam A, Kulahoglu C, Tazelaar A, Kurz S, Nierop H. *Azolla* domestication towards a biobased economy? *New Phytologist Foundation*. 2014; 202(3): p. 1069-1082.
23. Mancilla D. Influencia de la curinaza en el rendimiento y valor nutricional del helecho acuático (*Azolla filiculoides*). Municipio de Arbieto, Cochabamba. Cochabamba.
24. Intriago L, González O, Jaramillo M, Delgado I. Comportamiento productivo de la azolla (*Azolla* spp.) bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. *Revista Cumbres*. 2017; 3(2): p. 95-105.
25. Hassan M, Chakrabarti R. Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture. *Aquaculture*. 2009; 531: p. 135.
26. Abbayes H, Chadeaud D, Feldmann J, De Ferré I, Gausson H, Grassé P. *Botánica. Vegetales Inferiores*. Reverté. 1989.
27. Parhizkar H, Khoraskani R, Tahbaz M. Green fecade system for indoor air purification. *Berna*.
28. Becerra M, Murgueitio E, Reyes G, Preston T. *Azolla* *filiculoides* as practical replacement for traditional protein supplements in diets for growing-finishing pigs based on sugar cane juice. *Livestock Research for Rural Development*. 1990; 2: p. 15-22.
29. Brouwer P, Schlupepmann H, Nierop K, Ederson J, Bijil P, Meer I. Growing *Azolla* to produce sustainable protein feed: The effect of differing species and CO₂

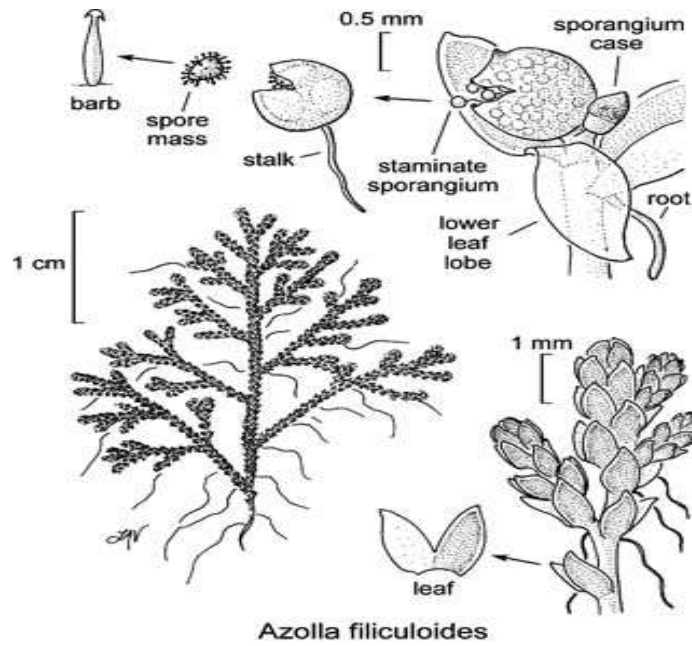
concentrations on biomass productivity and chemical composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018; 98(12): p. 4759-4768.

30. Méndez-Martínez Y, Ramírez J, Álvarez A, Leyva L, Pérez Y. Sustitución parcial del concentrado comercial por harina de *Azolla filiculoides* en la respuesta productiva de *Oryctolagus cuniculus*. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 2019; 53(2).
31. Méndez-Martínez Y, Pérez Y, Verdecia D, Cevallos-Falquéz O, Romero O. Efecto de la inclusión de harina de *Azolla filiculoides* en el crecimiento y supervivencia de alevines de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Cuban Journal of Agricultural Science*. 2019; 53(3): p. 289-298.
32. Samad F, Idris L, Abu H, Meng Y, Chwen T. Effects of *Azolla* spp. as feed ingredient on the growth performance and nutrient digestibility of broiler chicken. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2020.
33. INAMHI. Servicio Meteorológico. [Online]; 2020. Acceso 2023 de mayo de 30. Disponible en: <http://www.inamhi.gob.ec/adapta-clima/map>.
34. Sevillano F, Subramaniam O, Rodríguez-Barrueco C. La asociación simbiótica fijadora de nitrógeno atmosférico. *Azolla-Anabaena*.
35. Sanjines, Y. Efecto de la inclusión de *azolla* spp. en la alimentación de pollos de engorde sobre los parámetros productivos. Machala.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos



Anexo 1. Morfología de la *Azolla filiculoides*.



Anexo 2. Cultivo natural de *Azolla filiculoides*.



Anexo 3. Balizaje del terreno para construcción de estanques.



Anexo 4. Construcción de estanques para estudio de campo.



Anexo 5. Revestimiento de estanques con plástico negro.



Anexo 6. Recolección de pollinaza para fertilizar estanques.



Anexo 7. Fertilización de estanques con diferentes niveles de pollinaza.



Anexo 8. Azolla para siembra.



Anexo 9. Cosecha semanal de azolla para pesaje.



Anexo 10. Azolla cosechada.



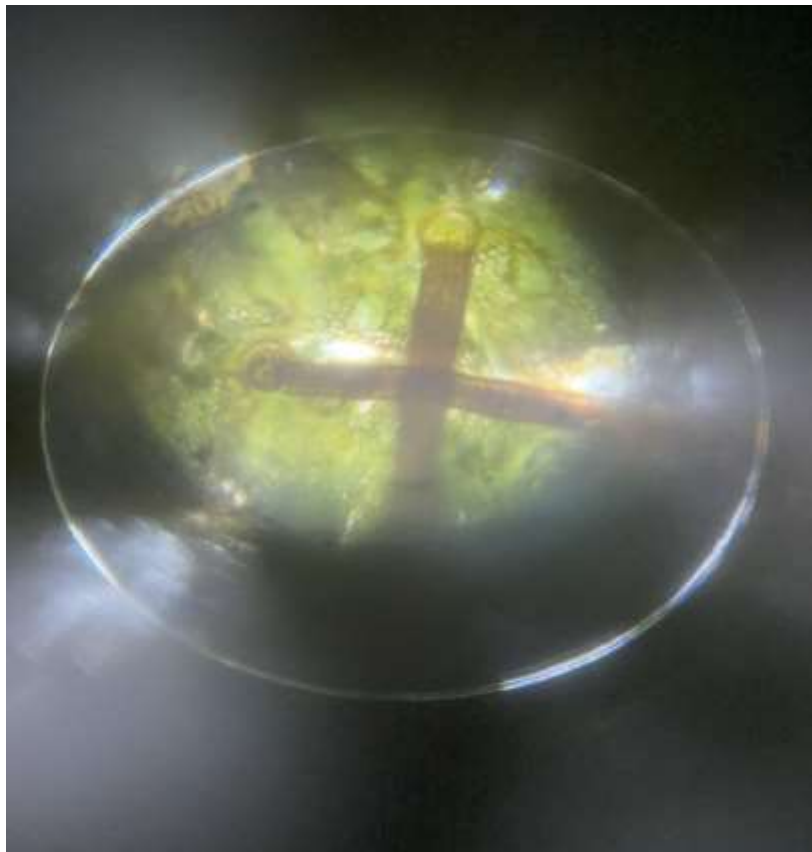
Anexo 11. Estanques de cultivos de azolla.



Anexo 12. Muestras para análisis composición química.



Anexo 13. Muestras para análisis de energía.



Anexo 14. Raíces de azolla vistas bajo el microscopio.

T3R1	T2R1	T1R2
T2R3	T3R2	T1R3
T1R1	T3R2	T2R2

Anexo 15. Croquis de campo

Anexo 16. *Análisis de varianza, Rendimiento Bioproductivo a los 7 días.*

Nueva tabla_1 : 18/05/2023 - 21:02:12 - [Versión : 30/04/2020]					
<i>Análisis de la varianza</i>					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
RBP7d	9	0,52	0,05	27,96	
<i>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</i>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1926,67	4	481,67	1,1	0,466
Trat	1674,00	2	837	1,9	0,2626
Repet	252,67	2	126,33	0,29	0,7646
Error	1759,33	4	439,83		
Total	3686,00	8			

Anexo 17. Prueba de diferencias de medias Tukey, Rendimiento Bioproductivo a los 7 días.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=61,02879					
Error: 439,8333 gl: 4					
Trat	Medias	n	E.E.		
	3	90	3	12,11	A
	2	78	3	12,11	A
	1	57	3	12,11	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)					