



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE
BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L) CON DOS TIPOS DE AGUA Y
TRES DOSIS DE ABONO ORGÁNICO EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL TUNSHI-ESPOCH.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA:

JESSICA ABIGAIL CARANQUI YAGUARSHUNGO

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE
BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L) CON DOS TIPOS DE AGUA Y
TRES DOSIS DE ABONO ORGÁNICO EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL TUNSHI-ESPOCH.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA: JESSICA ABIGAIL CARANQUI YAGUARSHUNGO

DIRECTOR: Ing. DANIEL ARTURO ROMÁN ROBALINO MSc

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Jessica Abigail Caranqui Yaguarshungo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Caranqui Yaguarshungo Jessica Abigail, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor/autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de mayo del 2024



Jessica Abigail Caranqui Yaguarshungo

0605261932

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L) CON DOS TIPOS DE AGUA Y TRES DOSIS DE ABONO ORGÁNICO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI-ESPOCH.** realizado por la señorita: **JESSICA ABIGAIL CARANQUI YAGUARSHUNGO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Víctor Alberto Lindao Córdova PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-05-27
Ing. Daniel Arturo Román Robalino MSc DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-27
Ing. Cristian Santiago Tapia Ramírez MSc ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-27

DEDICATORIA

Quiero dedicar este camino universitario al dueño de este mundo, mi más grande y único amor, Dios. Él ha sido mi guía y mi fortaleza, permitiéndome alcanzar todo lo que hoy se ha cristalizado. Con tu gracia me basta

A mis queridos padres, María Olivia Yaguarshungo Naigua y Luis Caranqui Llanga, quienes con su arduo trabajo y sacrificio me han permitido alcanzar mis sueños. De ahora en adelante, me esforzaré con la misma dedicación para cumplir los suyos. Gracias por sus esfuerzos; ustedes son mi mayor inspiración.

A mis amadas hermanas, Julisa y Daniela, quienes han recorrido este camino conmigo, brindándome su apoyo y compañía incondicional. Nunca olvidaré todo lo que han hecho por mí. Gracias por estar siempre ahí; sin ustedes, este logro no sería tan especial como lo es.

Jessica Abigail

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi guía y fuente de fortaleza a lo largo de este camino. Su presencia me ha dado la energía y el propósito para llegar hasta aquí.

A mis padres y a mis hermanas, quienes son el pilar de mi felicidad. Gracias por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi mayor inspiración. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.

A mi familia Caranqui Yaguarshungo: por sus palabras de aliento y su apoyo incondicional durante todo este tiempo. Sus muestras de cariño y motivación me han dado la fuerza para seguir adelante.

A mis amigos Gilda, Miriam, Wladimir, Luis y Gabriela, quienes se convirtieron en mi familia y me entregaron lo mejor de sí. Sepan que aprendí mucho a su lado y siempre llevaré en mi corazón los momentos compartidos.

A los docentes, Ingeniero Daniel Román e Ingeniero Cristian Tapia, quienes me han guiado con sus conocimientos y experiencia. Gracias por su dedicación, paciencia y por compartir su sabiduría conmigo. Su aporte ha sido fundamental en mi formación.

Finalmente, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que ha sido mi segunda casa, donde encontré personas maravillosas y conocimientos que me acompañarán durante toda mi vida. Gracias por brindarme un espacio de crecimiento personal y profesional.

Jessica Abigail

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS	XV
RESUMEN.....	XVI
SUMMARY / ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Planteamiento de investigación.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.2.2 <i>Objetivo específico</i>	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Hipótesis.....	3
1.4.1 <i>Nula</i>	3
1.4.2 <i>Alternativa</i>	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO REFERENCIAL	4
2.1 Brócoli.....	4
2.1.1 <i>Origen</i>	4
2.1.2 <i>Importancia</i>	4
2.1.3 <i>Taxonomía del brócoli</i>	4
2.1.4 <i>Características botánicas</i>	5

2.1.5	<i>Fenología del cultivo</i>	5
2.1.6	<i>Características nutricionales del cultivo de brócoli</i>	5
2.1.7	<i>Requerimientos edáficos</i>	6
2.1.8	<i>Manejo del cultivo</i>	6
2.1.9	<i>Plagas y enfermedades</i>	9
2.2	Humedales artificiales	11
2.2.1	<i>Tipos de contaminantes</i>	11
2.3	Clasificación de humedales artificiales	12
2.3.1	<i>Tipos de humedales artificiales</i>	12
2.4	Funciones de los humedales artificiales	13
2.5	Fitorremediación	14
2.5.1	<i>Fitoextracción</i>	14
2.5.2	<i>Fitodegradación</i>	14
2.5.3	<i>Fitovolatilización</i>	14
2.5.4	<i>Fitoestabilización</i>	15
2.6	Función de las plantas acuáticas en los sistemas de tratamiento	15
2.6.1	<i>Raíces o tallos sumergidos</i>	15
2.6.2	<i>Tallos u hojas emergentes</i>	15
2.7	Plantas de fitorremediación	16
2.7.1	<i>Parámetros de calidad de agua</i>	16
2.7.2	<i>Parámetros para calidad de agua para riego en Ecuador</i>	19
2.8	Abonos orgánicos	20
2.8.1	<i>Materia orgánica para la elaboración de abonos</i>	20
2.8.2	<i>Estiércoles</i>	20
2.8.3	<i>La gallinaza de piso</i>	20
2.8.4	<i>La pollinaza</i>	21
2.8.5	<i>La gallinaza de jaula</i>	21
2.8.6	<i>Purines</i>	21
2.9	Propiedades de los abonos orgánicos	21

<i>2.9.1 Propiedades físicas</i>	21
<i>2.9.2 Propiedades químicas</i>	22
2.10 Tipos de abono orgánico	22
<i>2.10.1 Compost</i>	22
<i>2.10.2 Humus de lombriz</i>	22
<i>2.10.3 Bocashi</i>	23
2.11 Gallinaza	23
<i>2.11.1 Que es la gallinaza</i>	23
<i>2.11.2 Calidad de la gallinaza</i>	23
<i>2.11.3 Aporte nutricional</i>	23
<i>2.11.4 Contenido del estiércol bovino comparado con la gallinaza</i>	24
<i>2.11.5 Consideraciones para la aplicación</i>	24

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	25
3.1 Caracterización del lugar	25
<i>3.1.1 Localización</i>	25
<i>3.1.2 Características geográficas</i>	25
<i>3.1.3 Suelo</i>	25
3.2 Factores en estudio	26
<i>3.2.1 Híbridos de brócoli</i>	26
<i>3.2.2 Dosis de aplicación de materia orgánica</i>	26
<i>3.2.3 Tratamientos de agua</i>	26
3.3 Diseño experimental	26
<i>3.3.1 Tratamientos</i>	27
<i>3.3.2 Croquis</i>	27
<i>3.3.3 Análisis estadístico</i>	28
3.4 Características del ensayo	28

3.5	Materiales y equipos	28
3.6	Toma de datos	29
3.6.1	<i>Evaluación de variables</i>	29
3.6.2	<i>Rendimiento</i>	30
3.6.3	<i>Análisis beneficio/Costo.....</i>	31
3.7	Manejo de la investigación	31
3.7.1	<i>Tanque de fitorremediación</i>	31
3.7.2	<i>Parcelas demostrativas.....</i>	32
3.7.3	<i>Cosecha</i>	35
3.7.4	<i>Pella.....</i>	35
3.7.5	<i>Raíz.....</i>	35

CAPITULO IV

4.	RESULTADOS	36
4.1	Altura	36
4.1.1	<i>Altura de la planta 30 DDT</i>	36
4.1.2	<i>Altura de la planta 45 DDT</i>	37
4.1.3	<i>Altura de la planta 60 DDT</i>	37
4.1.4	<i>Altura de la planta 75 DDT</i>	38
4.1.5	<i>Altura de la planta 90 DDT</i>	38
4.2	Diámetro del tallo.....	40
4.2.1	<i>Diámetro del tallo 30 DDT</i>	40
4.2.2	<i>Diámetro del tallo 45 DDT</i>	40
4.2.3	<i>Diámetro del tallo 60 DDT</i>	41
4.2.4	<i>Diámetro del tallo 75 DDT</i>	41
4.2.5	<i>Diámetro del tallo 90 DDT</i>	42
4.3	Numero de hojas	43
4.3.1	<i>Numero de hojas 30 DDT</i>	43

<i>4.3.2 Numero de hojas 45 DDT</i>	44
<i>4.3.3 Numero de hojas 60 DDT</i>	44
<i>4.3.4 Numero de hojas 75 DDT</i>	45
<i>4.3.5 Numero de hojas 90 DDT</i>	45
4.4 Longitud de la raíz	47
4.5 Diámetro de la pella	48
4.6 Rendimiento	50
4.7 Calidad de agua	51
4.8 Relación Beneficio/Costo	52

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
5.1 Conclusiones	53
5.2 Recomendaciones	54

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica del brócoli	4
Tabla 2-2: Características nutricionales de brócoli	5
Tabla 2-3: Parámetros de calidad para RAS	16
Tabla 2-4: Parámetros de calidad para PSS	17
Tabla 2-5: Parámetros de calidad para CSR	17
Tabla 2-6: Parámetros de calidad para CE.....	18
Tabla 2-7: Parámetros de calidad para IP	18
Tabla 2-8: Parámetros de calidad para cloruro y boro	19
Tabla 2-9: Criterios de Calidad de Aguas para uso Agrícola en Riego	19
Tabla 2-10: contenido de nutrientes de la gallinaza.....	24
Tabla 3-1: Características físicas del suelo	25
Tabla 3-2: Descripción del diseño experimental.....	26
Tabla 3-3: Tratamientos en estudio.....	27
Tabla 3-4: Esquema análisis de varianza	28
Tabla 3-5: Datos usados para calcular riego.	33
Tabla 4-1: Análisis de varianza para altura del brócoli 30 DDT.	36
Tabla 4-2: Análisis de varianza para altura del brócoli 45 DDT.	37
Tabla 4-3: Análisis de varianza para altura del brócoli 60 DDT.	37
Tabla 4-4: Análisis de varianza para altura del brócoli 75 DDT.	38
Tabla 4-5: Análisis de varianza para altura del brócoli 90 DDT.	38
Tabla 4-6: Análisis de varianza para diámetro del tallo de brócoli 30 DDT.	40
Tabla 4-7: Análisis de varianza para diámetro del tallo de brócoli 45 DDT.	40
Tabla 4-8: Análisis de varianza para diámetro del tallo de brócoli 60 DDT.	41
Tabla 4-9: Análisis de varianza para diámetro del tallo de brócoli 75 DDT.	41
Tabla 4-10: Análisis de varianza para diámetro del tallo de brócoli 90 DDT.	42
Tabla 4-11: Análisis de varianza para el numero de hojas 30 DDT.	43

Tabla 4-12: Análisis de varianza para el numero de hojas 45 DDT.	44
Tabla 4-13: Análisis de varianza para el numero de hojas 60 DDT.	44
Tabla 4-14: Análisis de varianza para el numero de hojas 75 DDT.	45
Tabla 4-15: Análisis de varianza para el numero de hojas 90 DDT.	46
Tabla 4-16: Análisis de varianza para la longitud de raíz.	47
Tabla 4-17: Análisis de varianza para el diámetro de la pella en cm.	48
Tabla 4-18: Análisis de varianza para el rendimiento en t/ha.	50
Tabla 4-19: Semaforización de la calidad de agua antes del tratamiento de fitorremediación ..	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Croquis de las unidades experimentales en campo.....	28
Ilustración 4-1: Altura de los tratamientos 30, 45, 60, 75 y 90 DDT	39
Ilustración 4-2: Diámetro del tallo de brócoli en los tratamientos 30, 45, 60, 75 y 90 DDT	43
Ilustración 4-3: Numero de hojas de los tratamientos 30, 45, 60, 75 y 90 DDT.....	46
Ilustración 4-4: Longitud de la raíz según la dosis de gallinaza.....	48
Ilustración 4-5: Diámetro de la pella según la dosis de gallinaza	49
Ilustración 4-6: Rendimiento de los tratamientos.....	50
Ilustración 4-7: Relación beneficio/costo de los tratamientos.....	52

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS DE AGUA GRIS

ANEXO B: ANÁLISIS DE AGUA TRATADA

ANEXO A: ANÁLISIS DE AGUA TUNSHI

RESUMEN

Esta investigación se centró en evaluar el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L.) con dos tipos de agua y tres dosis de abono orgánico en la estación experimental Tunshi ESPOCH. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas con seis tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos incluyeron dos tipos de agua (agua de Tunshi y agua gris tratada), en combinación con dos dosis de materia orgánica (3 t/ha, 1,5 t/ha de gallinaza) y un testigo absoluto. Se evaluaron la altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas a los 30, 45, 60, 75, y 90 días después del transplante, al final del ciclo del cultivo se evaluaron longitud de la raíz, diámetro de la pella y rendimiento. Los resultados muestran diferencias significativas mayormente en la dosis de materia orgánica y se observa una interacción con el agua tratada, siendo la dosis de 3 t/ha en combinación con el agua tratada la que muestra mejores resultados además de un rendimiento de 25 t/ha, respecto a la calidad de agua se observa una similitud entre el agua tratada y el agua de riego tras contrastarlos con los valores establecidos por TULSMA. El análisis económico mostro que la dosis de 3 t/ha alcanza el mayor beneficio con un valor de 1,35, lo que la hace la dosis idónea para aplicar en el cultivo de brócoli.

Palabras clave: <RENDIMIENTO>, <BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L.)>, <AGUA TRATADA>, <MATERIA ORGÁNICA>, <FITORREMEDIACION>.

0663-DBRA-UPT-2024

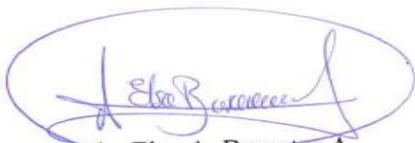
06-05-2024



SUMMARY / ABSTRACT

Una This research was focused on evaluating broccoli (*Brassica oleracea L.*) crop yield with two types of water and three doses of organic fertilizer at Tunshi ESPOCH experimental station. A randomized complete block design was used in a split-plot arrangement with six treatments and three replicates. The treatments included two types of water (Tunshi water and treated gray water), in combination with two doses of organic material (3 t/ha, 1.5 t/ha of poultry manure) and an absolute control. Plant height, stem diameter, number of leaves at 30, 45, 60, 75, and 90 days after transplanting, root length, pellet diameter and yield were evaluated at the end of the crop cycle. The results show significant differences mainly in the dose of organic material and an interaction with the treated water, being the dose of 3 t/ha in combination with the treated water the one that shows better results in addition to a yield of 25 t/ha, with respect to water quality, a similarity between treated water and irrigation water is observed after contrasting them with the values established by TULSMA. The economic analysis showed that the dose of 3 t/ha reached the highest profit with a value of 1.35, which makes it the ideal dose to apply in the broccoli crop.

Key words: <YIELD>, <BROCOLI (*Brassica oleracea L.*)>, <TREATED WATER>, <ORGANIC MATERIAL>, <PHYTOREMEDIATION>.



Lcda. Elsa A. Basantes A.

C.C: 0603594409

INTRODUCCIÓN

El brócoli (*Brassica oleracea*), es un cultivo importante en el Ecuador, por sus propiedades nutritivas y anticancerígenas, fortaleza principal del incremento de la producción en los años 2017 y 2018 en un 65%. La producción se concentra en el área andina de Ecuador, siendo así Cotopaxi la principal provincia productora de brócoli para exportación con un 90%, seguido la provincia de Chimborazo con el 4.7%, Tungurahua con el 2.6% y el 2.7% restante corresponde a las provincias de Imbabura, Pichincha, Azuay, Cañar y Loja, que abastecen el mercado local; la productividad promedio a nivel nacional es de 16.23 Mg ha⁻¹ (ESCOBAR, 2021)

La imperativa tarea de abordar la gestión del tratamiento de aguas residuales de manera distinta a la convencional, integrando consideraciones hidrológicas, medioambientales y sociales, ha generado un incremento en la adopción de humedales construidos. Estos se emergen como una alternativa innovadora, eficiente y sostenible para el tratamiento de aguas residuales. La escasez de recursos hídricos, exacerbada por el cambio climático, impulsa la búsqueda de alternativas sustentables que permitan un uso más eficiente del agua, especialmente aquella que aparentemente se considera no utilizable, como es el caso de las aguas grises. En respuesta a esta problemática, se ha reconocido la importancia de implementar sofisticadas instalaciones de fitorremediación para tratar las aguas grises, las cuales constituyen sistemas de Fito depuración de aguas residuales. (Delgadillo, y otros, 2010)

En este contexto marcado por la creciente preocupación ambiental y la necesidad imperante de gestionar de manera sostenible los recursos hídricos, los humedales artificiales han surgido como una solución innovadora y eficiente para la depuración de aguas grises. Estos sistemas, diseñados con meticulosidad para simular los procesos naturales de los humedales, ofrecen una alternativa sostenible y prometedora en la búsqueda de tratamientos efectivos para las aguas residuales domésticas. A través de la aplicación de procesos biológicos y ecológicos, los humedales artificiales se erigen como una herramienta valiosa en la transformación de aguas grises en recursos hídricos limpios y reutilizables. La caracterización se realiza sobre un lecho de grava que requiere impermeabilización para el desarrollo óptimo en el cultivo de macrófitas arraigadas. Las interacciones de las plantas permiten una serie de acciones complejas a nivel físico, químico y biológico, mediante las cuales el agua residual entrante es depurada de manera progresiva y meticulosa. En este contexto, exploraremos a fondo la funcionalidad, eficacia y beneficios ambientales de los humedales artificiales como agentes clave en la depuración de aguas grises, destacando su papel crucial en la preservación del entorno y la promoción de prácticas sostenibles en la gestión del agua.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento de investigación

Una problemática asociada a la falta de agua y a la reutilización de aguas grises es la percepción limitada y la resistencia cultural que a menudo impiden la adopción generalizada de sistemas de reutilización de aguas grises. A pesar de los beneficios ambientales y económicos evidentes, la limitada comprensión por parte de los agricultores acerca de las posibilidades de reutilización de aguas grises conduce a una falta de exploración de alternativas viables para su aplicación adecuada, especialmente como para el recurso en la agricultura tras someterse a procesos de tratamiento pertinentes.

La disposición final de las aguas residuales derivadas de las actividades diarias, principalmente de índole doméstica, plantea una cuestión de suma gravedad. Enfrentar este dilema presenta un conflicto esencial, pues, por un lado, el agua residual se configura como una fuente alternativa de importancia crucial para el riego de cultivos. Sin embargo, por otro lado, su aplicación en este contexto, sin un tratamiento adecuado, podría dar lugar a problemáticas significativas, dadas las implicaciones propias de los riesgos sanitarios. Existen estudios que han determinado casos de contaminación debido a la calidad de agua utilizada, derivando en intoxicaciones o problemas de salud.

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo general*

Evaluación del rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L) con dos tipos de agua y tres dosis de abono orgánico en la estación experimental Tunshi-ESPOCH.

1.2.2 *Objetivo específico*

- Evaluar el comportamiento agronómico de los tratamientos en brócoli (*Brassica oleracea* L)
- Determinar la calidad de agua de riego de los dos tratamientos.
- Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio.

1.3 Justificación

Para el empleo de aguas grises mediante tratamientos de fitorremediación se fundamenta en una convergencia de imperativos medioambientales, escasez de recursos hídricos y la necesidad de adoptar prácticas sostenibles en la gestión del agua.

Es indispensable el aprovechar las plantas para purificación de agua a través de la fitorremediación, permitiendo absorber, acumular y transformar las grasas o material contaminante, en productos limpios que respeten el ambiente, sin la utilización de químicos.

La utilización de aguas luego del proceso de fitorremediación se convierte en la solución de escasez hídrica, permitiendo que el recurso sea utilizado en riego de cultivos y actividades no potables, de esta forma se reduce el impacto ambiental sobre el manejo de aguas residuales sin la utilización de productos químicos.

La implementación de procesos de fitorremediación puede ser implementado a escala de hogar como industrial, debido que pone en marcha el uso de prácticas sostenibles en el manejo de aguas grises mediante la concienciación para el manejo adecuado de los recursos naturales.

Superar estas percepciones y fomentar una comprensión más profunda de los beneficios y la seguridad de los sistemas de reutilización de aguas grises se presenta como una tarea crítica para avanzar hacia prácticas más sostenibles en la gestión del agua.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Nula

El efecto de la aplicación de tres dosis de materia orgánica y agua tratada por fitorremediación no influye en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L).

1.4.2 Alterna

Al menos una de las tres dosis de materia orgánica y el agua tratada por fitorremediación influye en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L).

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1 Brócoli

2.1.1 Origen

Se cuenta con información que en el siglo XVI la población romana cultivaba el brócoli, además que la mayor producción se la realizaba en países con clima cálido (Asia Menor, Líbano, Siria, etc.), pero su producción masiva empezó a mediados del siglo XX en los países europeos y estadounidenses. hace aproximadamente 2500 años (MARTINEZ, et al., 2008).

2.1.2 Importancia

El brócoli es una crucífera que se consume por sus características organolépticas y contenido ya que es una fuente de glucosinolatos, compuestos fenólicos carotenos, vitaminas y ciertos elementos minerales (ACOSTA, et al., 2018).

El cultivo de brócoli además de sus características nutricionales es un rubro que mueve el área agrícola del Ecuador, mejorado la economía de provincias centrales debido al cultivo de forma industrial generando espacios laborales (VÉLEZ, et al., 2021).

2.1.3 Taxonomía del brócoli

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica del brócoli

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae
Genero	Brassica
Especie	Oleracea L.

Fuente: (VAZQUEZ, et al., 2020)

Realizado por: Caranqui, J., 2024.

2.1.4 Características botánicas

La naturaleza herbácea de brócoli está compuesta de un tallo de 2 y 6 cm de diámetro y aproximadamente de 20-50 cm de longitud, en la parte superior se presenta el desarrollo de inflorescencia de color verde. El brócoli está conformado por un sin número de flores de forma compacta presentado como un corimbo firme, convirtiéndose en una hortaliza comestible de pétalos libres en forma de cruz, las flores son actinomorfas. El sistema radicular se encuentra a una profundidad de 0.80m (TOLEDO, 2003).

2.1.5 Fenología del cultivo

Las fases de crecimiento de brócoli se encuentran contempladas en tres momentos, mismos que se detallan:

Primera Fase: la germinación es el inicio de la formación del brócoli, pasando a la herbácea (juvenil) para finalizar con sus hojas en forma de roseta helicoidal (SAAVEDRA, et al., 2022).

Segunda Fase: es el proceso de formación del botón floral como iniciación a la producción floral desde el centro de la roseta (SAAVEDRA, et al., 2022).

Tercera Fase: es el momento de aparición del corimbo de flores (pella) (SAAVEDRA, et al., 2022).

2.1.6 Características nutricionales del cultivo de brócoli

Tabla 2-2: Características nutricionales de brócoli

Características nutricionales	Hoja de brócoli	Tallo de brócoli
Energía (Kcal/100g)	50,9	29,8
Carbohidratos disponibles (g/100g)	9,0	6,3
Materia grasa (g/100g)	0,5	0,1
Proteínas (g/100g)	2,5	1,0
Azúcares totales (g/100g)	1,2	1,2
Sodio (mg/100 g)	5,5	49,38
Fibra dietética total (g/100g)	10,4	8,3
Fibra dietética soluble (g/100g)	1,9	1,3
Fibra dietética insoluble (g/100g)	7,9	6,8
Humedad (g/100g)	76,3	82,5
Cenizas (g/100g)	1,3	1,8

Fuente: (RODRIGUEZ, y otros, 2022)

Realizado por: Caranqui, J., 2024.

2.1.7 *Requerimientos edáficos*

El brócoli es un cultivo que se desarrolla en suelos fértiles, de textura media, profundos con buen drenaje, además es beneficioso que retenga bien el agua y contenga un alto nivel de materia orgánica. pH óptimo para el cultivo esta entre 6,6 y 7,5, con un mínimo tolerado de 5,8 (TOLEDO, 2003).

2.1.8 *Manejo del cultivo*

2.1.8.1 *Época de siembra*

La formación de los almácigos debe ser considerados su instalación en marzo; mientras que, la etapa de trasplante debe ser considerada desde los meses de abril con un máximo de octubre como fin, se debe considerar el tamaño de las plantas que se encuentra comprendida a una altura de 15-20 cm de altura) (TOLEDO, 2003).

2.1.8.2 *Sistema de siembra*

La siembra de brócoli se lo puede realizar de forma directa o a su vez puede ser trasplantado desde el almácigo. Las plántulas que se usan para el trasplante pueden obtenerse sembrando en campo en un área preparada o sembrando en bandejas plásticas con cavidades (TOLEDO, 2003).

2.1.8.3 *Preparación del terreno*

Para que el cultivo se desarrolle de la mejor manera de cumplir con las siguientes características:

- Haber tenido un sistema de rotación de siembra y que el cultivo anterior no sea una crucífera.
- El terreno debe quedar nivelado y mullido antes de la siembra por lo cual se debe ser arado y luego gradeado.
- Agregar materia orgánica esto puede hacerse agregando: estiércol, compost, o humus.

2.1.8.4 *Trasplante*

Para realizar el trasplante se debe humedecer el suelo un día anterior al trasplante a fin de garantizar que el suelo se encuentre en condiciones óptimas, se procede con la colocación de las plantas en los surcos tomando en cuenta la distancia para que no exista aglomeración, se debe

realizar el trasplante lo más rápido posible evitando que permanezcan mucho tiempo fuera del suelo.

2.1.8.5 Densidad de siembra

El proceso de siembra debe considerar la distancia entre surcos y entre plantas, siendo estos 0,7m y 0,5m respectivamente, para obtener una población de 28 571 plantas/ha.

2.1.8.6 Abonamiento y fertilización

Para un buen desarrollo del cultivo se necesita suministrar adecuadamente los nutrientes a la planta, para ello es importante tener un análisis de suelo para realizar los cálculos de fertilización. Parte de un buen abonamiento es incorporar los restos del cultivo en el suelo ya que aproximadamente un 80% del total de nutrientes extraídos se quedan en estos (TOLEDO, 2003).

En los procesos de fertilización se debe calcular las dosis con entre 100-120 kg de N/ha y 50-80 kg de P205/ha; adicionalmente, se debe realizar el análisis de necesidad de potasio para ser aplicado. El cuidado adecuado permite realizar una fertilización adecuada con aplicación de fosforo, potasio y nitrógeno al inicio de proceso de trasplante. (TOLEDO, 2003).

2.1.8.7 Riego

La necesidad de agua para el cultivo de brócoli se encuentra entre es de 3500-4000 m³ /ha., siendo la etapa foliar la de mayor consumo debido a la etapa de desarrollo de inflorescencia. Se debe considerar según las condiciones climáticas el riego entre 5 y 12 días analizando contantemente las necesidades de agua requeridas.

2.1.8.8 Control de maleza

En el cultivo de brócoli debe considerarse el control de malezas de manera exhaustiva en las primeras 2 y 3 semanas, y la dosificación de Oxyfluorfen, 0,75 l/ha. Adicionalmente, el control manual luego de los 25 días luego de trasplantado el cultivo (TOLEDO, 2003).

2.1.8.9 Híbridos

Los híbridos presentes en el Ecuador son:

Legacy: La planta tiene gran vitalidad, alto potencial de rendimiento, tallos gruesos, sin ramas laterales, cabeza en forma de cúpula y semillas lisas, está adaptada a zonas de clima frío y se utiliza en los mercados nacionales y extranjeros (HARO, et al., 2009).

Domador: Superar la fase de transición entre invierno y verano, es decir, la siembra a finales de invierno no se verá afectada por las bajas temperaturas y deberá cumplir con el ciclo fisiológico en climas cálidos (HARO, et al., 2009).

Avenger: Excelentes características de calidad y alto desempeño en mercados agroindustriales (principalmente alimentos congelados). No tiene potencia hueca, lo que le otorga más peso y rendimiento en condiciones normales de conducción. No tiene ramas laterales bien desarrolladas. Es propenso a la pudrición de la espiga, que ocurre principalmente en invierno, y su ciclo de cultivo es largo, esto se evidencia en la 13 o 14 (HARO, et al., 2009).

Híbrido KDHB1: Su madurez comercial está entre los 85 y 90 días, el tipo de planta es media, color verde oscuro, de densidad sólida, su forma es de domo y su granulometría es fina (HARO, et al., 2009).

Híbrido GCHB1: período de madurez comercial 85 a 90 días, tamaño de planta mediano, verde oscuro, densidad sólida, forma de cúpula, tamaño de grano fino (HARO, et al., 2009)

Híbrido HBRHB1: período de madurez comercial de 60 días, forma de planta mediana, verde oscuro, densidad sólida, forma de domo, tamaño de grano mediano (HARO, et al., 2009)

Híbrido GSOHB1: El periodo de madurez comercial es de 85-90 días, la forma de la planta es media, verde oscuro, densidad sólida, forma de domo y granos finos (HARO, et al., 2009).

Híbrido EQHB1: El período de madurez comercial es de 72-77 días, la forma de la planta es mediana, de color verde oscuro, densa, en forma de cúpula y las semillas son finas (HARO, et al., 2009).

Híbrido BAKER BROTHERS: El período de madurez comercial es de 85-90 días, el tamaño de la planta es mediano, de color verde oscuro, densidad sólida, forma de domo y granos finos (HARO, et al., 2009).

Híbrido CHSHB1: El producto tiene un período de maduración de 85-90 días, con forma de planta mediana, color verde oscuro, densidad sólida, forma de domo y partículas finas (HARO, et al., 2009).

2.1.9 Plagas y enfermedades

2.1.9.1 Enfermedades

Phyllosticta brassicae: Mancha foliar Manchas foliares de color marrón con numerosas manchas negras (picnidios) formándose en el centro (SAAVEDRA, et al., 2022).

Plasmodiophora: Planta con marchitez reversible, amarillamiento y enanismo de Brassica brassicae, asociado a la formación de raíces malformadas, con tumores herniados o fusiformes que aparecen de color amarillo y luego marrón oscuro (SAAVEDRA, et al., 2022).

Rhizoctonia solani Rhizoctonia sp. Rizoctoniasis: necrosis de la base y de las hojas exteriores, acompañada de pudrición del cuello y de la raíz, y lesiones largas como canchales. Pudrición en el centro de la cabeza o corteza (SAAVEDRA, et al., 2022).

Sclerotinia sclerotiorum esclerotiniosis: las plantas se vuelven amarillas y las hojas se necrosan. Hay pudrición hídrica en la base del tallo, con hifas blancas algodonosas y esclerocios irregulares negros (SAAVEDRA, et al., 2022).

Verticillium albo-atrum verticilosis: se presenta enanismo en las plantas debido al problema en hojas viejas que se ponen amarillas de forma intervenal y presenta oscurecimiento (SAAVEDRA, et al., 2022).

Xanthomonas campestris pv. Campestris: comprende necrosis vascular en los tallos, se pudre con marcas negras en los bordes de las hojas formando una V. De igual forma presentan partes amarillas y defoliación (SAAVEDRA, et al., 2022).

Cauliflower mosaic virus (CaMV) Virus del mosaico de la coliflor: escaso crecimiento de pallas en ocasiones deformación de hojas; presenta bandas o manchas blancas, así como lugares puntos necróticos foliares (SAAVEDRA, et al., 2022).

Albugo candida: la planta deja de crecer y la coloración es blanquecina en las pústulas. Se presenta tumores en las inflorescencias (SAAVEDRA, et al., 2022).

Alternaria alternata: se detecta anillos concéntricos de coloración café y necrosis en la zona foliar (SAAVEDRA, et al., 2022).

Alternaria brassicae: las hojas viejas presentan sombras foliares de color café, su forma es circular miden aproximadamente 1,6m. a 2,5 m., en ocasiones se detectan anillos concéntricos. Se presentan esporas como hollín y perforaciones (SAAVEDRA, et al., 2022).

Erwinia carotovora: presenta pudrición blanda en la floración de las pellas con coloración café, la necrosis está en la parte posterior y su olor es intenso (SAAVEDRA, et al., 2022).

Fusarium oxisporum: se detecta amarillez foliar además las hojas caen en plantas jóvenes, presentando pudrición radicular y necrosis desde el cuello de la planta. (SAAVEDRA, et al., 2022).

Fusarium sp., *Pythium sp.*, *Phytophthora sp.*, *Rhizoctonia solani*: las plantas se pudren desde la raíz, subiendo por el cuello. La coloración es amarillenta y se observa necrosis foliar, se seca la planta desde el cuello (SAAVEDRA, et al., 2022).

Peronospora parasítica: Se presenta necrosis y el color blanco grisáceo del micelio, se amarillan las hojas y en las pellas (SAAVEDRA, et al., 2022).

Phoma lingam (tel. *Leptosphaeria maculans*): se presentan manchas foliares llamadas pie negro, inician con la caída folicular y las lesiones se ven desde el tallo, afectando a la planta desde la raíz (SAAVEDRA, et al., 2022).

2.1.9.2 Plagas

Las principales plagas que afectan al brócoli son:

Aphis fabae

El principal indicador que muestran las plantas debido al daño causado por esta plaga es un debilitamiento general causado por la succión de la savia, lo que conduce a una disminución en el crecimiento y el rendimiento final durante la cosecha. Cuando el insecto produce secreciones cerosas, proporciona el entorno perfecto para que el hongo fumagina (*Capnodium sp*) se desarrolle, cubriendo las hojas y reduciendo la capacidad fotosintética y respiratoria de la planta. (TOLEDO, 2003)

Myzus persicae

Esta plaga causa el enrollamiento de las hojas y brotes del brócoli, afectando también a las flores y frutos. Debilita la planta al alimentarse de ella y succionar la savia. Luego, secreta una cantidad significativa de cera, sobre la cual se desarrolla el hongo fumagina. Esto afecta la apariencia de las cabezas y hojas del brócoli durante la clasificación y el almacenamiento posterior a la cosecha. En muchos casos, si no se controla adecuadamente, se pueden perder cosechas, disminuyendo además la superficie fotosintética de las hojas. (TOLEDO, 2003)

Plutella xylostella

La principal consecuencia para el brócoli es la disminución en su rendimiento y calidad de las cabezas, causada por los daños directos e indirectos que ocasiona al alimentarse de las hojas y a la contaminación del producto final con sus excrementos. (TOLEDO, 2003)

Pieris brassicae L

Estos insectos, en su etapa adulta, pertenecen a la familia de los lepidópteros, pero durante su fase de oruga causan considerables daños en los cultivos. (TOLEDO, 2003).

2.2 Humedales artificiales

Los humedales artificiales son una técnica natural y rentable para el tratamiento de aguas residuales, caracterizada por su enfoque económico, ecológico y biológico. Estos sistemas están diseñados para replicar los procesos presentes en los humedales naturales, ofreciendo una opción destacada para el tratamiento de aguas residuales. (Camizán, y otros, 2022).

Consiste en áreas cubiertas de agua que albergan plantas palustres como totoras, bambúes y juncos, cultivadas previamente. Esta vegetación desempeña un papel crucial en la interacción entre el agua, los sustratos y los microorganismos, esenciales para el funcionamiento efectivo de los humedales artificiales. (Camizán, y otros, 2022)

2.2.1 Tipos de contaminantes

Las sustancias contaminantes pueden clasificarse en orgánicas, inorgánicas y aquellas presentes en las aguas residuales. Los contaminantes orgánicos incluyen proteínas, aceites, grasas (lípidos menos densos que el agua) y carbohidratos, principalmente derivados de deposiciones humanas y residuos alimentarios. En contraste, los contaminantes inorgánicos son resultado de actividades industriales y suelen derivar de minerales, a granel sales, metales, ácidos y bases inorgánicas. Además, hay otros contaminantes presentes en las aguas, como arenas, grasas y aceites de origen

industrial, nitrógeno, fósforo y agentes patógenos que causan enfermedades. También se encuentran contaminantes adicionales como fenoles, metales pesados, petróleo y pesticidas. (Jimenez, et al., 2023)

2.3 Clasificación de humedales artificiales

La categorización de los humedales artificiales depende del tipo de macrófitas utilizadas, ya que estas plantas poseen distintos estilos de vida, como las macrófitas fijas, que se arraigan al sustrato, o las macrófitas flotantes. (DELGADILLO, et al., 2010)

Considerando lo anterior los humedales se clasifican en:

- Sistemas de tratamiento basados en macrófitas de hojas flotantes.
- Sistemas de tratamiento basados en macrófitas sumergidas.
- Sistemas de tratamiento que basa la humedad en macrófitas enraizadas de forma emergente (DELGADILLO, et al., 2010).

2.3.1 Tipos de humedales artificiales

2.3.1.1 Flujo superficial con Humedales artificiales

Los humedales de flujo superficial funcionan al permitir que el agua fluya a través de los tallos de las plantas, que están expuestos al entorno. Este tipo de sistemas recrea una laguna convencional que tiene la capacidad de albergar animales de diversas especies, lo que lo convierte en un sistema respetuoso con el medio ambiente. (MONTIEL, 2014).

2.3.1.2 Humedal de flujo subsuperficial

La peculiaridad de estos sistemas radica en que el desplazamiento del agua ocurre a través de un medio granular, y la vegetación se siembra en este medio, permitiendo que el agua entre en contacto con las raíces de las plantas. Estos humedales se dividen en dos subtemas: (a) según la manera en que se destina el agua al sistema, descritos como humedales de flujo subsuperficial, y (b) flujo subsuperficial de forma vertical conocido como humedal (Arias, 2022).

2.3.1.3 Humedales subsuperficiales de flujo horizontal

Se considera a la cama donde se plantan macrófitas acuáticas. El agua entra de manera continua, se aplica en la parte superior de un extremo y se recoge a través de un tubo de drenaje en el extremo inferior opuesto. La depuración del agua residual ocurre mientras fluye lateralmente a

través de un medio poroso, siguiendo un patrón de flujo tipo pistón. La entrada de agua residual no se realiza directamente al medio granular principal (cuerpo), sino que primero pasa por una zona de amortiguación, generalmente compuesta por grava de mayor tamaño. El sistema de recolección consiste en un tubo de drenaje tamizado, rodeado de grava del mismo tamaño que la utilizada al principio. (Arias, 2022).

2.3.1.4 Humedales subsuperficiales de flujo vertical

Conocidos como filtros intermitentes, estos sistemas reciben agua residual desde la parte superior hasta la inferior mediante un sistema de tuberías para el riego. La infiltración de aguas se la realiza a través de sustratos por lo general inertes de forma vertical, como arenas y gravas, y se recopilan en una red de drenaje ubicada en la base del humedal. La aplicación de agua se realiza de manera intermitente con el fin de mantener y promover condiciones aerobias óptimas. (Arias, 2022).

2.4 Funciones de los humedales artificiales

Se considera que los humedales artificiales se han convertido en espacios adecuados para eliminar la contaminación de manera óptima garantizando el cuidado de zonas protegidas, Esta capacidad de filtración es vital para la purificación del agua y la restauración de los ecosistemas (Jaramillo, et al., 2012)

Procesos biológicos: Son fundamentales en la limpieza de los humedales artificiales. La captación de contaminantes por parte de las plantas presentes en estos humedales es una estrategia clave. A través de la absorción y acumulación de contaminantes, las plantas no solo contribuyen a la limpieza del agua, sino que también ayudan a mantener un ambiente saludable para otras formas de vida. (Jaramillo, et al., 2012)

Procesos químicos: Desempeñan un papel importante en la remoción de contaminantes en estos humedales. La absorción es uno de los principales procesos químicos utilizados, debido a esto se produce la retención en el plazo corto y de forma contraria la inmovilización en tiempos más largos de una variedad de contaminantes en el suelo de los humedales artificiales. Esta retención y eliminación de contaminantes contribuyen significativamente a la restauración y preservación del medio ambiente. En conjunto, estos procesos físicos, biológicos y químicos demuestran la versatilidad y eficacia de los humedales artificiales en la mitigación de la contaminación y la protección de los ecosistemas acuáticos. (Jaramillo, et al., 2012)

2.5 Fitorremediación

La fitorremediación es una tecnología de remediación ambiental que utiliza plantas para limpiar, degradar, inmovilizar o acumular contaminantes presentes en el suelo, el agua o el aire. Estos contaminantes pueden incluir metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos, solventes, pesticidas y otros contaminantes químicos.

Los procesos de fitorremediación permiten reducir la contaminación sin causar daños al ambiente de una manera responsable sin el uso de químicos que afecten a la salud. La implementación de espacios fitorremediadores dependerá de la calidad de las plantas que se utilicen a fin de reducir en el mayor porcentaje la contaminación detectada.

2.5.1 Fitoextracción

El proceso de fitoextracción permite la remoción de metales pesados del suelo o agua a fin de que las plantas implementadas reduzcan los niveles de contaminación absorbiendo y almacenando dichos materiales en tallos, hojas y flores (Núñez, et al., 2004)

Una vez que las plantas hiperacumuladoras han acumulado los metales pesados, pueden ser cosechadas y se pueden aplicar distintos métodos para recuperar los metales extraídos, como la incineración de la biomasa para la recuperación de los metales, o el compostaje para su reutilización como enmienda del suelo. (Núñez, et al., 2004)

2.5.2 Fitodegradación

Donde las plantas degradan los contaminantes químicos en productos menos tóxicos. La fitodegradación es un proceso de fitorremediación en el que las plantas, a través de mecanismos biológicos, degradan o transforman contaminantes orgánicos presentes en el suelo, el agua o el aire en productos menos tóxicos o inofensivos (LÓPEZ, et al., 2005)

El proceso de fitodegradación permite que las raíces de las plantas mejoren la producción de microorganismos que vayan eliminando productos contaminantes tanto del suelo como de espacios acuáticos (LÓPEZ, et al., 2005)

2.5.3 Fitovolatilización

La fitovolatilización se utiliza principalmente para remediar suelos contaminados con compuestos orgánicos volátiles, como hidrocarburos aromáticos, benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos (BTEX), tricloroetileno (TCE), tetracloroetileno (PCE), entre otros.

Algunas plantas tienen la capacidad de absorber estos compuestos volátiles del suelo a través de sus raíces y luego liberarlos a la atmósfera a través de un proceso conocido como transpiración foliar. (Montoya, et al., 2023)

2.5.4 Fitoestabilización

La fitoestabilización consiste en reducir la movilidad de los contaminantes presentes en el suelo y agua a fin de evitar que se dispersen y puedan ser extraídos de forma adecuada controlando el impacto en el espacio de implementación (Ubaldo, et al., 2023)

Esta técnica se la implementa en suelos con alta presencia de contaminantes pesados o inorgánicos, donde la función de las plantas es reducir la solubilidad y detener el movimiento para limpiar de forma adecuada el suelo y agua en la zona de intervención. Esta técnica permite reducir la erosión del suelo mejorando la calidad de este (Ubaldo, et al., 2023).

2.6 Función de las plantas acuáticas en los sistemas de tratamiento

2.6.1 Raíces o tallos sumergidos

La utilización de raíces proporciona un entorno propicio para la colonización y proliferación de una diversidad de microorganismos beneficiosos que participan activamente en la degradación de la materia orgánica y la biotransformación de contaminantes presentes en el agua. Además de servir como sustrato para el crecimiento bacteriano, las raíces de las plantas desempeñan un papel importante en la filtración y adsorción de sólidos suspendidos en el agua (Mendoza, et al., 2016)

Además de servir como sustrato para el crecimiento bacteriano, las raíces de las plantas desempeñan un papel importante en la filtración y adsorción de sólidos suspendidos en el agua. La acumulación de contaminantes en las raíces permite la remoción de materiales pesados a través de filtros biológicos, de esta manera se descontamina el agua y el suelo (Mendoza, et al., 2016).

2.6.2 Tallos u hojas emergentes

Las plantas acuáticas desempeñan diversas funciones que van más allá de la purificación del agua en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Una de estas funciones es su capacidad para atenuar la luz del sol, lo que puede tener un impacto significativo en la calidad del agua. La disminución de luz solar en el agua se reduce el crecimiento de plantas como algas (Delgadillo, et al., 2011)

Sus tallos y hojas proporcionan una protección física que reduce la agitación superficial del agua, lo que puede ser especialmente beneficioso en cuerpos de agua expuestos a vientos fuertes. Esta reducción en la turbulencia del agua puede mejorar las condiciones para la vida acuática y promover la sedimentación de sólidos en suspensión. (Delgadillo, et al., 2011)

Además, de estas funciones, las plantas acuáticas tienen la capacidad única de transferir oxígeno desde sus hojas hasta sus raíces a través de un proceso conocido como difusión de oxígeno. Esta transferencia de oxígeno desde la parte aérea de la planta hasta las raíces crea una zona aeróbica alrededor de las raíces, lo que favorece la actividad microbiana beneficiosa involucrada en la degradación de materia orgánica y la remoción de contaminantes en el suelo y el agua (Delgadillo, et al., 2011).

2.7 Plantas de fitorremediación

2.7.1 Parámetros de calidad de agua

Según (TARTABULL, et al., 2016) la calidad que el agua debe tener para el riego es medido por los siguientes parámetros:

2.7.1.1 La Relación de Absorción del Sodio (RAS)

Este parámetro indica la relación que tiene el sodio con el calcio y el magnesio por lo tanto se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$RAS = \frac{Na^+}{((Ca^{2+} + Mg^{2+})/2)^{1/2}}$$

Los valores para este parámetro son los siguientes:

Tabla 2-3: Parámetros de calidad para RAS

RAS	Riesgo de calidad	Criterio de uso de calidad
<10	Bajo	Excelente
10 – 18	Medio	Buena

18 – 26	Alto	Dudosa
>26	Muy alto	No recomendable

Fuente: (TARTABULL, et al., 2016)

2.7.1.2 Porcentaje de Sodio Soluble (PSS)

Es otro factor que ayuda a evaluar el riesgo que representa el sodio, este parámetro se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$PSS = \frac{Na^+ + K^+}{(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+)^{1/2}}$$

Los valores determinados para este parámetro son:

Tabla 2-4: Parámetros de calidad para PSS

PSS	Criterio de calidad
<20	Excelente
20 – 40	Buena
40 – 60	Aceptable
60 – 80	Dudosa
>80	No aceptable

Fuente: (TARTABULL, et al., 2016)

2.7.1.3 Carbonato de Sodio residual (CSR)

Se usa para calcular la tendencia del calcio y magnesio a precipitar en el suelo, se calcula con la siguiente ecuación.

$$CSR = [(CO_3)^{2-} + (HCO_3)^-] - [Ca^{2+} + Mg^{2+}]$$

Los valores del CSR y su relación con la calidad del agua son:

Tabla 2-5: Parámetros de calidad para CSR

CSR	Criterio de calidad
<1,25	Buena

1,25 – 2,50	Condicionada
>2,50	No recomendable

Fuente: (TARTABULL, et al., 2016)

2.7.1.4 La conductividad eléctrica

Los cultivos son afectados por la presencia excesiva de sales, y la conductividad eléctrica es la que mide la cantidad de sales disueltas en el agua, esta medida se usa para determinar el daño que produce la salinidad.

Tabla 2-6: Parámetros de calidad para CE

CE según Ar-slan y Demir	Salinidad	CE según Lingaswamy y Saxena	Calidad del agua
C1 < 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Baja	< 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Excelente
C2 250-750 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Media	250-750 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Buena
C3 750- 2 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Alta	750- 2 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Aceptable
C4 > 2 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Muy alta	750- 2 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Dudosa
		>5000 $\mu\text{S cm}^{-1}$	No aceptable

Fuente: (TARTABULL, et al., 2016)

2.7.1.5 Índice de permeabilidad

Las altas concentraciones de sales en el suelo afectan la permeabilidad del suelo, este valor se obtiene mediante la siguiente formula:

$$IP = \left[(Na^+ + (HCO_3^-)^{\frac{1}{2}}) / (Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+) \right] 100 meqL^{-1}$$

Valores del CSR y su relación con la calidad del agua son:

Tabla 2-7: Parámetros de calidad para IP

IP	Criterio de calidad
>75	Clase I (excelente)
25 – 75	Clase II (buena)
>25	Clase III (no recomendable)

Fuente: (TARTABULL, et al., 2016)

2.7.1.6 Toxicidad

Existen elementos que son necesarias para el correcto crecimiento y desarrollo de las plantas como el boro, otras son toxicas para las plantas como el cloruro, lo que tienen en común estos elementos que deben mantenerse en bajas cantidades.

Los valores de boro y cloruro y su relación con la calidad del agua son:

Tabla 2-8: Parámetros de calidad para cloruro y boro

Clase	Boro (ppm)	Clase	Cloruro (meqL-1)
Buena	>3	Buena	>1
Condicionada	3 – 4	Condicionada	1 – 5
No recomendable	>4	No recomendable	>5

Fuente: (TARTABULL, et al., 2016)

2.7.2 Parámetros para calidad de agua para riego en Ecuador

Tabla 2-9: Criterios de Calidad de Aguas para uso Agrícola en Riego

CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA USO AGRÍCOLA EN RIEGO			
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Niquel	Ni	mg/l	0,2
pH	pH		6-9

Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Huevos de parásitos			Ausencia
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Materia flotante	Visible		Ausencia

Fuente: (TULSMA, 2020).

Realizado por: Caranqui, J., 2024.

2.8 Abonos orgánicos

El abonamiento no debe basarse en recomendaciones generales más bien se debe considerar el lugar procedente de cada lote para ello se hace indispensable análisis químicos, físicos y biológicos de los suelos.

2.8.1 *Materia orgánica para la elaboración de abonos*

Se denomina materia orgánica a todo material de origen vegetal o animal que se encuentra en el suelo. Es significativo comprender que la materia orgánica no solo contribuye nutrientes además por la degradación que como producto final se obtiene humus esta es capaz de mejorar la estructura y fertilidad del suelo (Garro, 2016).

2.8.2 *Estiércoles*

Contiene una variedad de nutrientes que varían según su origen, y la mayoría presenta niveles elevados de nitrógeno, incluyendo aquellos generados por actividades como la ganadería, avicultura, porcicultura, cunicultura, capricultura, ovicultura, entre otras.

2.8.3 *La gallinaza de piso*

Compuesta por desechos sólidos provenientes de la producción de huevos de gallinas ponedoras, consiste en una combinación de excrementos, plumas, restos de alimentos, huevos rotos y el material utilizado como lecho, que puede ser aserrín, virutas u otro material absorbente. Esta mezcla permanece en el gallinero o galpón durante aproximadamente un año, tras lo cual se somete a un proceso de secado.

2.8.4 *La pollinaza*

Corresponden a residuos sólidos generados en la producción de pollos de engorde, conformados por excrementos, plumas, sobras de alimentos y el material empleado como lecho. Estos desechos permanecen en el galpón por un período más breve, aproximadamente alrededor de seis meses. (Garro, 2016).

2.8.5 *La gallinaza de jaula*

Una combinación de plumas, restos de alimentos y huevos rotos caracteriza este tipo de desechos. Estos residuos presentan niveles elevados de humedad y nitrógeno, lo que provoca una rápida volatilización y genera olores intensos. Antes de su comercialización, es necesario someterlos a un proceso de secado para facilitar su manejo y mejorar su calidad. (Garro, 2016).

2.8.6 *Purines*

Proveniente de la combinación de excrementos sólidos y líquidos del ganado, esta mezcla se diluye con las aguas utilizadas para la limpieza de los establos. La composición del purín varía según el tipo de animal y la proporción de orina y heces diluidas. Debido a su contenido de sales potásicas, se considera que el purín es un fertilizante abundante en nitrógeno y potasio. (Garro, 2016).

2.9 *Propiedades de los abonos orgánicos*

2.9.1 *Propiedades físicas*

Los fertilizantes orgánicos contribuyen a mejorar la estructura y textura del suelo, aligerando los suelos arcillosos y compactando los arenosos. También favorecen la permeabilidad del suelo al influir en el drenaje y la aireación, reduciendo la erosión causada por agua y viento. Además, incrementa la retención de agua en el suelo, mejorando su capacidad para absorber agua durante la lluvia y el riego, y facilitan la permeabilidad del suelo durante el verano, permitiendo que el agua se mantenga en el subsuelo por más tiempo. Gracias a su tonalidad oscura, los fertilizantes orgánicos absorben más radiación solar, lo que eleva la temperatura del suelo y facilita la absorción de nutrientes. (Mosquera, 2010).

2.9.2 Propiedades químicas

Los fertilizantes orgánicos fortalecen la capacidad de amortiguación del suelo, disminuyendo las variaciones en el pH. Asimismo, incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo, lo que mejora su fertilidad. Las alteraciones químicas del suelo debido a la aplicación de fertilizantes orgánicos se manifiestan principalmente en un aumento del contenido de materia orgánica, acompañado por un incremento en el porcentaje de nitrógeno total y salinidad. (Trinidad, 2005).

Propiedades biológicas

En la mayoría de los casos, el aumento de la actividad biológica tiene como resultado una mejora en la estructura del suelo, ya que los productos de prueba ejercen un efecto de aglomeración sobre las partículas del suelo. Este proceso mejora las condiciones de fertilidad del suelo, asegurando que permanecerán en niveles óptimos. En términos de disponibilidad de nutrientes, la actividad biológica del suelo desempeña un papel crucial al facilitar la oxidación y reducción de elementos esenciales, transformándolos de formas no disponibles a formas accesibles para las plantas. (Trinidad, 2005).

2.10 Tipos de abono orgánico

2.10.1 Compost

Fertilizante biológico derivado de la separación de residuos vegetales y otros materiales orgánicos. El proceso de análisis cuenta con la colaboración de microorganismos como bacterias, hongos y lombrices de tierra. Es importante tener en cuenta que la circulación adecuada de la humedad, la temperatura y el oxígeno es esencial para lograr un desempeño óptimo. (Guerrero, 2018).

2.10.2 Humus de lombriz

Se origina a partir de la conversión de residuos de cultivos, estiércol y desechos de cocina mediante la actividad de las lombrices. Estos organismos se alimentan de materia orgánica y, como resultado, excretan heces que constituyen el humus. La lombriz californiana roja es una de las más utilizadas para este proceso de producción. El humus aporta nutrientes al suelo, mejora su calidad física, química y biológica, lo que optimiza la producción y productividad de las plantas. (Maquilon, 2022)

2.10.3 *Bocashi*

Fertilizante generado a través de la descomposición tanto aeróbica como anaeróbica de residuos vegetales y animales, a veces enriquecidos con cal y roca fosfórica. Es crucial destacar que la producción de este tipo de fertilizantes debe llevarse a cabo en espacios cerrados con una ventilación adecuada. (Guerrero, 2018).

2.11 Gallinaza

2.11.1 *Que es la gallinaza*

La gallinaza se refiere a los desechos de gallinas y pollos, y existen tres tipos reconocidos: la proveniente de gallinas ponedoras en jaulas comerciales, la de gallinas ponedoras y reproductoras en el suelo con una cama de aserrín u otro material vegetal absorbente, y la generada durante la cría de pollos de engorde sobre una cama de material vegetal. (ICA, 2023)

2.11.2 *Calidad de la gallinaza*

La composición de la gallinaza está principalmente determinada por factores como el tipo de alimento desperdiciado, la cantidad de plumas, la temperatura y ventilación del galpón. Además, la conservación prolongada en el gallinero puede disminuir significativamente el contenido de nitrógeno debido a la emisión abundante de olores amoniacales. La calidad de la gallinaza varía según su origen, siendo la proveniente de gallinas ponedoras en jaulas de mejor calidad que la obtenida de gallinas ponedoras en el suelo. (Mullo, 2012)

2.11.3 *Aporte nutricional*

La gallinaza se presenta como un fertilizante altamente efectivo cuando se utiliza adecuadamente. Este material es una fuente rica en nitrógeno, así como fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y varios micronutrientes. Su aplicación en el suelo no solo incrementa los niveles de materia orgánica, sino que también mejora la fertilidad y calidad del suelo. La calidad y potencial nutricional de la gallinaza están sujetos a diversos factores. Se recomienda realizar un análisis en un laboratorio confiable antes de utilizar la gallinaza como fuente de nutrientes. Este análisis químico proporciona información precisa sobre el aporte real de nutrientes de un material específico y sirve como guía para determinar la dosis de aplicación adecuada. (INTRAGRI, 2023)

2.11.4 Contenido del estiércol bovino comparado con la gallinaza.

Tabla 2-10: contenido de nutrientes de la gallinaza

Nutriente	Estiércol bovino	Gallinaza
	kg /ton	
Nitrógeno	14.2	34.7
Fósforo (P_2O_5)	14.6	30.8
Potasio (K_2O)	34.1	20.9
Calcio	36.8	61.2
Sodio	5.1	5.6
Magnesio	7.1	8.3
Materia orgánica	510	700
Sales solubles	50	56

Fuente: (INTRAGRI, 2023)

2.11.5 Consideraciones para la aplicación

Incorporación. Es esencial incorporar la gallinaza al suelo para prevenir pérdidas significativas de nitrógeno, ya que de lo contrario podría perderse más del 50% del contenido de nitrógeno presente en el abono. Se sugiere realizar un análisis nutricional de la gallinaza y un análisis de fertilidad del suelo. Con base en las necesidades específicas del cultivo, se deben planificar las dosis adecuadas de gallinaza y otros fertilizantes. (INTRAGRI, 2023)

Salinidad. La gallinaza contiene niveles elevados de sales, por lo tanto, es crucial realizar un seguimiento del suelo en cada aplicación para prevenir acumulaciones. Concentraciones elevadas pueden afectar la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes en el suelo. (INTRAGRI, 2023)

Metales pesados. La aplicación de gallinaza en un terreno no está directamente vinculada a la acumulación de metales pesados en el suelo; más bien, esto depende del origen específico del abono. Para prevenir posibles problemas de este tipo, es necesario llevar a cabo un análisis regular de suelo para supervisar la acumulación de metales pesados. (INTRAGRI, 2023)

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Caracterización del lugar

3.1.1 Localización

La investigación se desarrolló en la Estación Experimental Tunshi perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, misma que se encuentra en al sur del cantón Riobamba, en zona central del Ecuador, provincia de Chimborazo.

3.1.2 Características geográficas

- Altitud: 2750 msnm.
- Longitud: 79° 40' Oeste y 0,1° 65' Sur.
- Clima: El clima en Tunshi tiene una temperatura promedio anual de 12 y 18 °C y precipitaciones de 250 – 500 mm

3.1.3 Suelo

Tabla 3-1: Características físicas del suelo

Características	
Textura	Franco limoso
Estructura	Suelta
Drenaje	Bueno
Permeabilidad	Bueno

Fuente: (INCA, 2015)

3.2 Factores en estudio

3.2.1 Híbridos de brócoli

- Avenger

3.2.2 Dosis de aplicación de materia orgánica

0 t/ha de gallinaza

1.5 t/ha de gallinaza

3 t/ha de gallinaza

3.2.3 Tratamientos de agua

Agua de riego A1

Agua gris tratada A2

3.3 Diseño experimental

DBCA parcelas divididas dónde la parcela grande tiene 2 calidades de agua de riego (tratada y sin tratamiento) y las parcelas pequeñas o subparcelas tienen tres dosis crecientes de abono gallinaza (0 t/ha; 1.5 t/ha; 3 t/ha) con tres repeticiones.

Tabla 3-2: Descripción del diseño experimental

Diseño	Cantidad	Descripción
Numero de tratamientos	6	Agua de riego + abono gallinaza 0 t/ha Agua de riego + abono gallinaza 1.5 t/ha Agua de riego + abono gallinaza 3 t/ha Agua gris tratada + abono gallinaza 0 t/ha Agua gris tratada + abono gallinaza 1.5 t/ha Agua gris tratada + abono gallinaza 3 t/ha
Numero de repeticiones	3	Repeticiones completamente al azar
Unidad experimental	Cada subparcela	Cada subparcela serán una unidad experimental en los que los datos serán tomados uniformemente.
Total	18	El total de unidades experimentales a analizar para los resultados a lo posterior.

3.3.1 Tratamientos

Tabla 3-3: Tratamientos en estudio

N	Símbolo	Agua	Dosis de abono
1	A1R1	Agua de riego	Abono gallinaza 0 t/ha
2	A1R2	Agua de riego	Abono gallinaza 1.5 t/ha
3	A1R3	Agua de riego	Abono gallinaza 3 t/ha
4	A2R1	Agua gris tratada	Abono gallinaza 0 t/ha
5	A2R2	Agua gris tratada	Abono gallinaza 1.5 t/ha
6	A2R3	Agua gris tratada	Abono gallinaza 3 t/ha

Realizado por: Caranqui, J., 2024.

3.3.2 Croquis

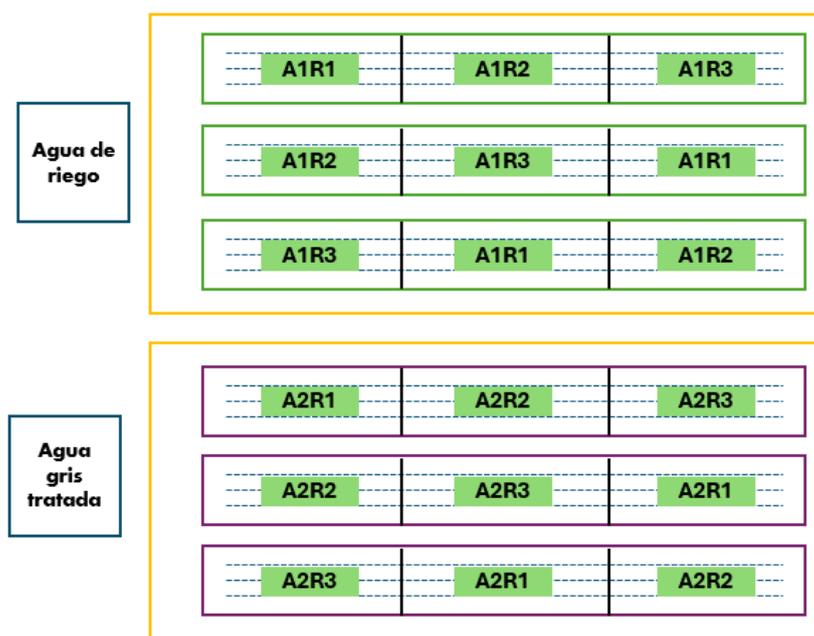


Ilustración 3-1: Croquis de las unidades experimentales en campo

Realizado por: Caranqui, J., 2024.

3.3.3 Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de varianza ANOVA. Prueba de Tukey para un nivel de significancia al 5%.

Tabla 3-4: Esquema análisis de varianza

Fuente de variación	Formula	Grados de libertad
Tratamientos	$a*b*c-1$	17
Repeticiones	$r-1$	2
A (agua)	$a-1$	1
Error A	$(a-1)(r-1)$	2
B (dosis de gallinaza)	$b-1$	2
A*B	$(a-1)(b-1)$	2
Error B	Diferencia	

Realizado por: Caranqui, J., 2024.

3.4 Características del ensayo

- Ancho de la parcela: 15 metros
- Largo de la parcela: 20 metros
- Área por parcela: Dos parcelas de $300 m^2$
- Distancia entre plantas: 0.30 metros
- Distancia entre hileras: 0.70 metros
- Numero de plantas/tratamiento: 154
- Área total de parcelas/tratamiento: $33.35 m^2$
- Numero de repeticiones: 3
- Área total del ensayo: $600 m^2$
- Numero de plantas a evaluar: 20 unidades por tratamiento

3.5 Materiales y equipos

Materiales de campo

- Parcela demostrativa

- Azadón
- Piola
- Rótulos de identificación
- Estacas
- Flexómetro
- Pie de rey

Materiales de oficina

- Calculadora
- Computadora
- Esferos
- Cuaderno de campo
- Grapadora
- Impresora

Equipos

- Balanza digital
- Bamba de mochila de 10 L

Insumos

- Plántulas de Brócoli
- Abono orgánico Gallinaza
- Fertilizantes
- Plaguicida
- Fungicida

Análisis

- Agua gris (Anexo A)
- Agua gris tratada (Anexo B)
- Agua tunshi (Anexo C)

3.6 Toma de datos

3.6.1 Evaluación de variables

3.6.1.1 Altura de la planta

Para evaluar este indicador, se eligieron al azar 20 plantas de brócoli en cada subparcela, siendo un total de 180 plantas por cada parcela. Se empleó un flexómetro de 2 metros para medir la distancia desde las hojas de los nuevos brotes hasta la parte apical de las plantas seleccionadas. Estas mediciones se expresaron en centímetros (cm), y se evaluó este indicador cada 15 días.

3.6.1.2 Numero de hojas

Para evaluar este indicador, se seleccionaron 20 plantas de brócoli por subparcela, con un total de 180 plantas muestreadas por cada parcela. Se selecciono 20 plantas al azar en cada subparcela, con un total de 180 plantas por parcela. Se utilizo valores numéricos, este indicador se evaluó cada 15 días.

3.6.1.3 Diámetro de tallo

Para analizar este indicador, se eligieron 20 plantas de brócoli por subparcela, sumando un total de 180 plantas examinadas por cada parcela. Utilizando un pie de rey, se midieron las plantas seleccionadas a partir de los 3 cm sobre el nivel del suelo. Estas mediciones se expresaron en centímetros (cm), y el indicador fue evaluado cada 15 días.

3.6.1.4 Tamaño de raíz

Para evaluar este indicador, se seleccionaron 20 plantas de brócoli por subparcela, con un total de 180 plantas muestreadas por cada parcela. Se midieron el tamaño que alcanza la raíz a la cosecha, para ello se usará un flexómetro, estos valores se expresaron en centímetros (cm)

3.6.1.5 Tamaño de pella en centímetros

Para analizar este indicador, se eligieron 20 plantas de brócoli por subparcela, sumando un total de 180 plantas examinadas por cada área. Se medirá el tamaño que alcanza la pella a la cosecha utilizando un pie de rey, estos valores se expresarán en (cm).

3.6.2 Rendimiento

Se pesará las pellas obtenidas 90 días después del trasplante en el centro experimental-Tunshi, para ello se usará una balanza. Para analizar este indicador, se eligieron 20 plantas de brócoli por subdivisión, sumando un total de 180 plantas examinadas por cada área.

3.6.3 *Análisis beneficio/Costo*

Se realizó el análisis económico con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$\text{Relación Beneficio/ Costo} = \frac{IT}{CT}$$

Donde:

R B/C: relación beneficio costo.

IT: Ingresos totales por ventas del producto

CT: Costos totales.

3.7 Manejo de la investigación

3.7.1 *Tanque de fitorremediación*

- Área de investigación

Se determino y se diseñó el área neta de construcción, cuyas dimisiones eran, 3 metros de largo, 1 metro de ancho, y 0,80 metros de profundidad.

- Planificación y Diseño

Se identificó el área adecuada para construir el tanque, preferiblemente cerca de donde se generaba el agua gris.

Se determinó el tamaño del tanque según la cantidad de aguas grises que se generarían.

Se investigaron y seleccionaron las plantas adecuadas para la fitorremediación.

- Construcción del Tanque

Se procedió al análisis del espacio e impermeabilización de este y según las medidas especificadas se construyó con concreto.

La colocación del sistema de drenaje en la parte inferior del tanque a fin de facilitar flujo de agua.

Se verifica que no existan fugas en el tanque.

Se utilizan materiales para filtración y manejo adecuado de fitorremediación, siendo estos: piedra, grava, arena y carbón.

- Selección y Plantación de las Plantas

Se llenó el tanque con agua gris una vez que estuvo construido y funcionó el sistema de circulación.

Se plantaron las especies seleccionadas de plantas de fitorremediación en el tanque en esta investigación se usó totora (*Schoenoplectus californicus*) y cartuchos (*Zantedeschia aethiopica*)

- Mantenimiento y Monitoreo

Se mantuvo monitoreo periódico a fin de garantizar la calidad de agua y evidenciar que el filtro está generando respuestas positivas en la reducción de la contaminación

La poda debe realizarse de forma regulares con el objetivo de garantizar el flujo de agua y no se obstruyan los ductos de desfogue.

3.7.2 Parcelas demostrativas

3.7.2.1 Área de investigación

En la investigación se consideró un área rectangular para ser usada como parcela demostrativa con una dimensión de 20 * 15m.

3.7.2.2 Preparación del suelo

Se llevó a cabo la preparación del suelo utilizando herramientas mecánicas como el arado y la rastra. Posteriormente, se procedió a nivelar y marcar los límites del campo experimental.

3.7.2.3 Parcelamiento y surcado

Para marcar las dos parcelas principales, se emplearon estacas y cuerdas, se delimitaron subparcelas de 33 m² dentro de un área total de 300 m², obteniendo así un total de 9 subparcelas. Los surcos fueron excavados manualmente con azadón, de manera que cada surco tuviera su propio sistema de riego.

3.7.2.4 *Aplicación de gallinaza*

En cada subparcela, se realizó la adición de abono orgánico, específicamente gallinaza, en tres diferentes dosis: 0 kg/ha, 1.5 kg/ha y 3 kg/ha respectivamente. La aplicación de abono orgánico gallinaza en estas dosis variadas permite estudiar y comparar los efectos de diferentes niveles de fertilización en el suelo y en las plantas. La medición de niveles de fertilización con la utilización de 1.5 a 3 kg/ha, mejorando la producción de biomasa de los cultivos y la salud de estos.

3.7.2.5 *Adquisición de plántulas*

Se adquirió 2500 plántulas de variedad Avenger, garantizando calidad y tamaño.

3.7.2.6 *Trasplante*

Se fijó una distancia de 0,70 metros entre surcos, lo que permite una organización eficiente del terreno y facilita el acceso para labores agrícolas como el riego, la fertilización y el control de malezas. Esta amplitud entre surcos también favorece la circulación del aire y la luz solar, factores clave para un desarrollo saludable de las plantas.

Por otro lado, se ha determinado una separación de 0,30 metros entre planta dentro del surco. Este espaciado preciso garantiza que las plantas tengan suficiente espacio para expandir sus raíces y desarrollar su follaje de manera óptima. Al evitar la competencia excesiva por recursos como agua, nutrientes y luz, se promueve un crecimiento más vigoroso del cultivo, esto se evidencia en una mayor productividad y calidad de los cultivos.

3.7.2.7 *Riego*

En el cálculo del riego se consideraron diversos aspectos, tales como el caudal de los emisores de la cinta de riego, el número de emisores, la evaporación, el área mojada y la humedad del suelo.

Tabla 3-5: Datos usados para calcular riego.

Descripción	Unidad
Longitud de surcos	20 m
Ancho de surcos	0,70 m
Total, de surcos	21

Distancia entre emisores	0,30 m
Numero de emisores por surco	66
Total, de emisores por tratamiento	1386
Caudal	1,6 L/h

Realizado por: Caranqui, J., 2024.

Para el cálculo del tiempo de riego, se tomó en consideración la fórmula de caudal donde se despeja TR (Tiempo de Riego) (Carrazón, J, p. 29) como se describe a continuación:

$$Q = \frac{V}{TR}$$

$$TR = \frac{V}{Q}$$

Donde:

TR: tiempo de riego

V: volumen de agua

Q: caudal del emisor (L/h)

3.7.2.8 *Deshierbes*

Preparación adecuada: Antes de comenzar el deshierbe, se aseguró de contar con las herramientas necesarias, como una azada. También es importante elegir un día soleado y seco para realizar esta tarea, ya que las malezas serán más fáciles de remover cuando el suelo esté seco.

Arranque de malezas: se utilizó la azada para arrancar las malezas de raíz. Se insertó la herramienta en el suelo cerca de la base de la maleza y se levantó cuidadosamente para extraerla completamente, asegurándose de no dañar las raíces superficiales del brócoli.

Retiro de malezas: se procede con la limpieza de malezas y retiro de los espacios de siembra a finde que sufra afectación el cultivo de brócoli. Este procedimiento debe ser realizado de forma periódica con eso se garantiza un crecimiento adecuado de las plantas.

3.7.2.9 *Controles fitosanitarios*

Estas inspecciones fueron llevadas a cabo con el fin de evaluar y monitorear la salud y el desarrollo de las plantas, así como para detectar posibles plagas o enfermedades que pudieran afectar el cultivo. El primero fue a los dos días del trasplante y el siguiente a los treinta días.

3.7.3 Cosecha

3.7.4 Pella

Identificación del momento de cosecha: El brócoli estaba listo para ser cosechado cuando las pellas estaban compactas y firmes.

Corte de las pellas: Coloqué la cuchilla de la herramienta de corte justo debajo de la pella de brócoli, donde se unía con el tallo principal. Corté con un movimiento rápido y limpio para evitar dañar la planta.

Pesado de las cabezas de brócoli: Después de cosechar todas las cabezas deseadas, utilicé una balanza de precisión para pesarlas. Coloqué las pellas en la balanza y registré su peso.

Registro de la información: Anoté el peso de cada subparcela de brócoli en un cuaderno.

3.7.5 Raíz

Para el tamaño de la raíz se realizó lo siguiente:

Preparación del área de extracción: Se aseguró que la tierra esté húmeda pero no empapada esto facilitó el proceso de extraerla.

Localización de la raíz: se usó un azadón a fin de localizar la raíz de la planta y exponerla.

Desenterrar la raíz con cuidado: se levanta de manera sutil la raíz.

Limpieza de la raíz: se batió la raíz en una cantidad de agua adecuada para no dañar la calidad.

Medición de la raíz: con la utilización de un instrumento de medición se lo realiza desde el punto más largo de la raíz hasta el inicio del tronco.

Registro de la medición: Anoté la longitud de la raíz en un cuaderno. También se tomó fotografías para tener un registro visual de la raíz.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Altura

4.1.1 *Altura de la planta 30 DDT*

Tabla 4-1: Análisis de varianza para altura del brócoli 30 DDT.

Fuentes de variación	Gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,0127	ns
Agua	1	0,0514	ns
Error A	2	0,0024	ns
Gallinaza	2	<0,0001	**
Agua * Gallinaza	2	0,0419	*
Error	8		
Total	17		

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024.

Se observa una diferencia significativa en la interacción entre agua y materia orgánica (gallinaza a 3 t/ha), con un p-valor de 0,0419. Por lo tanto, esta combinación tuvo un impacto significativo en el rendimiento del cultivo.

4.1.2 *Altura de la planta 45 DDT*

Tabla 4-2: Análisis de varianza para altura del brócoli 45 DDT.

Fuentes de variación	Gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,0127	ns
Agua	1	0,0274	ns
Error A	2	0,0024	*
Gallinaza	2	<0,0001	**
Agua * Gallinaza	2	0,0076	*
Error	8		
Total	17		

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024.

Se observa una diferencia significativa en la interacción entre agua y materia orgánica (gallinaza a 3 t/ha), con un p-valor de 0,0076. Por lo tanto, esta combinación tuvo un impacto significativo en el rendimiento del cultivo.

4.1.3 *Altura de la planta 60 DDT*

Tabla 4-3: Análisis de varianza para altura del brócoli 60 DDT.

Fuentes de variación	Gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,1978	ns
Agua	1	0,016	ns
Error A	2	0,0069	*
Gallinaza	2	<0,0001	**
Agua * Gallinaza	2	0,0142	ns
Error	8		

Total 17

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024.

Se observa una diferencia significativa en la interacción entre agua y materia orgánica (gallinaza a 3 t/ha), con un p-valor de 0,0142. Por lo tanto, esta combinación tuvo un impacto significativo en el rendimiento del cultivo.

4.1.4 *Altura de la planta 75 DDT*

Tabla 4-4: Análisis de varianza para altura del brócoli 75 DDT.

Fuentes de variación	Gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,7197	ns
Agua	1	0,0119	ns
Error A	2	0,0185	ns
Gallinaza	2	<0,0001	**
Agua * Gallinaza	2	0,0269	*
Error	8		
Total	17		

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024.

Se observa una diferencia significativa en la interacción entre agua y materia orgánica (gallinaza a 3 t/ha), con un p-valor de 0,0269. Por lo tanto, esta combinación tuvo un impacto significativo en el rendimiento del cultivo.

4.1.5 *Altura de la planta 90 DDT*

Tabla 4-5: Análisis de varianza para altura del brócoli 90 DDT.

Fuentes de variación	Gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,8944	ns
Agua	1	0,0107	*
Error A	2	0,0264	*
Gallinaza	2	<0,0001	**

Agua * Gallinaza	2	0,034	*
Error	8		
Total	17		

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024.

Se observa una diferencia significativa en la interacción entre agua y materia orgánica (gallinaza), con un p-valor de 0,034. Por lo tanto, esta combinación tuvo un impacto significativo en el rendimiento del cultivo.

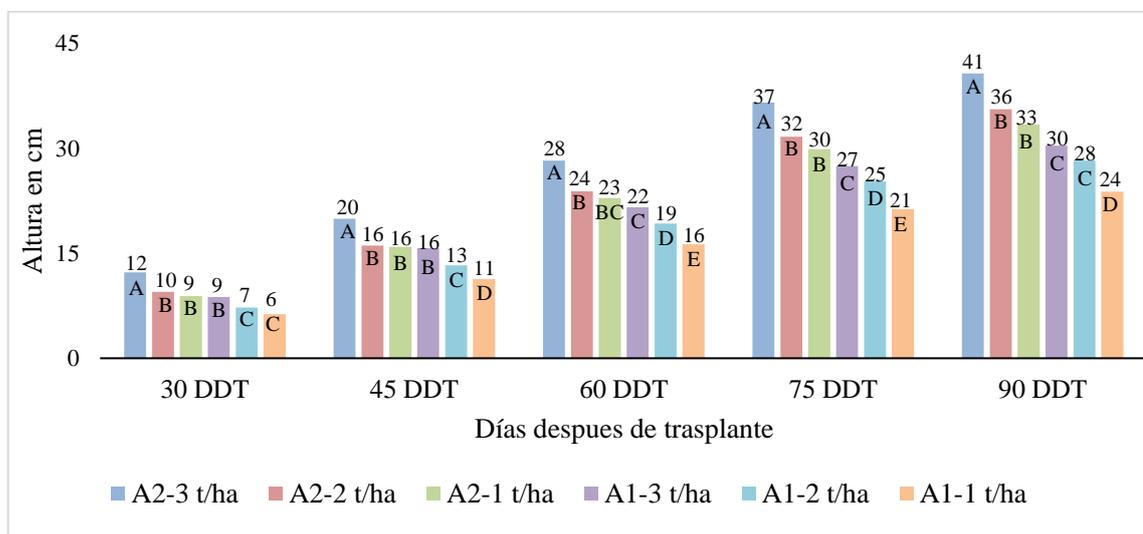


Ilustración 4-1: Altura de los tratamientos 30, 45, 60, 75 y 90 DDT

Realizado por: Caranqui, J., 2024.

En este ensayo se encontró que la altura más alta en todo el ciclo del cultivo se obtuvo al combinar aguas tratadas con 3 t/ha de gallinaza, según (AGOTE, 2013) puede deberse a la adición que se hace de macronutrientes y micronutrientes con el agua tratada, además, este incremento en el tamaño se asemeja a lo encontrado por (VELASCO, 2010) que indica que al usar una alta cantidad de gallinaza la altura de la planta se incrementa por la adición de nitrógeno al suelo, esto es respaldado por (HUSSAIN, et al., 2012), que indican un aumento en la altura de la planta cuando se incrementa la dosis de nitrógeno aplicado.

4.2 Diámetro del tallo

4.2.1 Diámetro del tallo 30 DDT

Tabla 4-6: Análisis de varianza para diámetro del tallo de brócoli 30 DDT.

Fuentes de variación	Gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,6069	ns
Agua	1	0,086	ns
Error A	2	0,3783	ns
Gallinaza	2	<0,0001	**
Agua * Gallinaza	2	0,6234	ns
Error	8		
Total	17		

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se evidenció una diferencia altamente significativa en la dosis de materia orgánica (gallinaza), con un p-valor de <0,0001. Por ende, las dosis aplicadas ejercieron un impacto significativo en el diámetro del tallo.

4.2.2 Diámetro del tallo 45 DDT

Tabla 4-7: Análisis de varianza para diámetro del tallo de brócoli 45 DDT.

Fuentes de variación	Gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,5921	ns
Agua	1	0,0957	ns

Error A	2	0,4219	ns
Gallinaza	2	<0,0001	**
Agua * Gallinaza	2	0,6559	ns
Error	8		
Total	17		

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se evidenció una diferencia altamente significativa en la dosis de materia orgánica (gallinaza), con un p-valor de <0,0001. Por ende, las dosis aplicadas ejercieron un impacto significativo en el diámetro del tallo.

4.2.3 Diámetro del tallo 60 DDT

Tabla 4-8: Análisis de varianza para diámetro del tallo de brócoli 60 DDT.

Fuentes de variación	G1	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,8739	ns
Agua	1	0,0763	ns
Error A	2	0,6585	ns
Gallinaza	2	<0,0001	*
Agua * Gallinaza	2	0,4873	ns
Error	8		
Total	17		

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se evidenció una diferencia altamente significativa en la dosis de materia orgánica (gallinaza), con un p-valor de <0,0001. Por ende, las dosis aplicadas ejercieron un impacto significativo en el diámetro del tallo.

4.2.4 Diámetro del tallo 75 DDT

Tabla 4-9: Análisis de varianza para diámetro del tallo de brócoli 75 DDT.

Fuentes de variación	G1	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,8778	ns

Agua	1	0,0899	ns
Error A	2	0,7169	ns
Gallinaza	2	<0,0001	*
Agua * Gallinaza	2	0,4415	ns
Error	8		
Total	17		

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se evidenció una diferencia altamente significativa en la dosis de materia orgánica (gallinaza), con un p-valor de <0,0001. Por ende, las dosis aplicadas ejercieron un impacto significativo en el diámetro del tallo.

4.2.5 Diámetro del tallo 90 DDT

Tabla 4-10: Análisis de varianza para diámetro del tallo de brócoli 90 DDT.

Fuentes de variación	Gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,7619	ns
Agua	1	0,0975	ns
Error A	2	0,6819	ns
Gallinaza	2	<0,0001	**
Agua * Gallinaza	2	0,4977	ns
Error	8		
Total	17		

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se evidenció una diferencia altamente significativa en la dosis de materia orgánica (gallinaza), con un p-valor de <0,0001. Por ende, las dosis aplicadas ejercieron un impacto significativo en el diámetro del tallo.

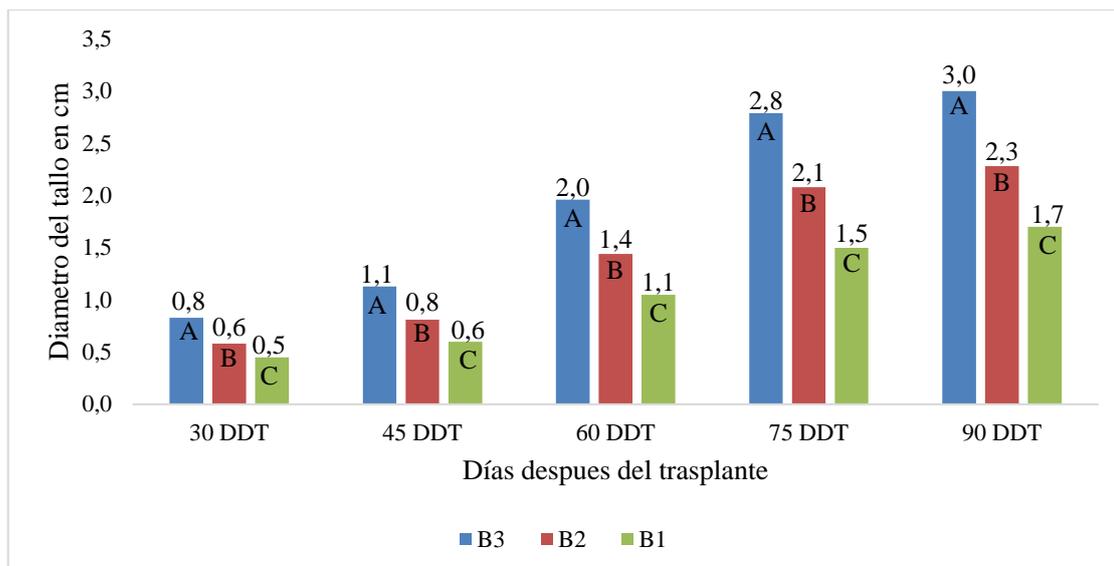


Ilustración 4-2: Diámetro del tallo de brócoli en los tratamientos 30, 45, 60, 75 y 90 DDT

Realizado por: Caranqui, J., 2024

En este ensayo el diámetro de tallo más alto fue de 3 cm perteneciente al tratamiento donde se usó 3 t/ha de gallinaza, esto concuerda con, (LAZO, 2016) que al usar la dosis más alta de gallinaza obtiene un diámetro de 3,28 cm. Además (AJILA, 2021) Menciona que el crecimiento del tallo del brócoli variedad Avenger aumentó gradualmente desde los 30 hasta los 60 días después del trasplante, alcanzando un diámetro de 1,5 cm. Este incremento se atribuyó a la aplicación de 250 kg/ha de nitrógeno, 275 kg/ha de fosfato de potasio (P₂O₅) y 121 kg/ha de óxido de potasio (K₂O).

4.3 Numero de hojas

4.3.1 Numero de hojas 30 DDT

Tabla 4-11: Análisis de varianza para el numero de hojas 30 DDT.

Fuentes de variación	Gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,0765	ns
Agua	1	0,3816	ns
Error A	2	0,1991	ns
Gallinaza	2	<0,0001	*
Agua * Gallinaza	2	0,1629	ns
Error	8		

Total 17

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se identificó una diferencia estadísticamente significativa en relación con la dosis de materia orgánica (gallinaza), como lo demuestra el p-valor de <0,0001. En consecuencia, se deduce que las diferentes dosis aplicadas influyeron de manera significativa en el número de hojas del cultivo.

4.3.2 Numero de hojas 45 DDT

Tabla 4-12: Análisis de varianza para el numero de hojas 45 DDT.

Fuentes de variación	Gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,372	ns
Agua	1	0,506	ns
Error A	2	0,5158	ns
Gallinaza	2	<0,0001	*
Agua * Gallinaza	2	0,2417	ns
Error	8		
Total	17		

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se identificó una diferencia estadísticamente significativa en relación con la dosis de materia orgánica (gallinaza), como lo demuestra el p-valor de <0,0001. En consecuencia, se deduce que las diferentes dosis aplicadas influyeron de manera significativa en el número de hojas del cultivo.

4.3.3 Numero de hojas 60 DDT

Tabla 4-13: Análisis de varianza para el numero de hojas 60 DDT.

Fuentes de variación	Gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,3144	ns
Agua	1	0,758	ns
Error A	2	0,6631	ns
Gallinaza	2	<0,0001	**
Agua * Gallinaza	2	0,1356	ns
Error	8		
Total	17		

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se identificó una diferencia estadísticamente significativa en relación con la dosis de materia orgánica (gallinaza), como lo demuestra el p-valor de <0,0001. En consecuencia, se deduce que las diferentes dosis aplicadas influyeron de manera significativa en el número de hojas del cultivo.

4.3.4 *Numero de hojas 75 DDT*

Tabla 4-14: Análisis de varianza para el numero de hojas 75 DDT.

Fuentes de variación	Gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,031	ns
Agua	1	0,0405	ns
Error A	2	0,6592	ns
Gallinaza	2	<0,0001	**
Agua * Gallinaza	2	0,3774	ns
Error	8		
Total	17		

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se identificó una diferencia estadísticamente significativa en relación con la dosis de materia orgánica (gallinaza), como lo demuestra el p-valor de <0,0001. En consecuencia, se deduce que las diferentes dosis aplicadas influyeron de manera significativa en el número de hojas del cultivo.

4.3.5 *Numero de hojas 90 DDT*

Tabla 4-15: Análisis de varianza para el número de hojas 90 DDT.

Fuentes de variación	Gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,031	ns
Agua	1	0,0405	ns
Error A	2	0,6592	ns
Gallinaza	2	<0,0001	**
Agua * Gallinaza	2	0,3774	ns
Error	8		
Total	17		

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se identificó una diferencia estadísticamente significativa en relación con la dosis de materia orgánica (gallinaza), como lo demuestra el p-valor de <0,0001. En consecuencia, se deduce que las diferentes dosis aplicadas influyeron de manera significativa en el número de hojas del cultivo.

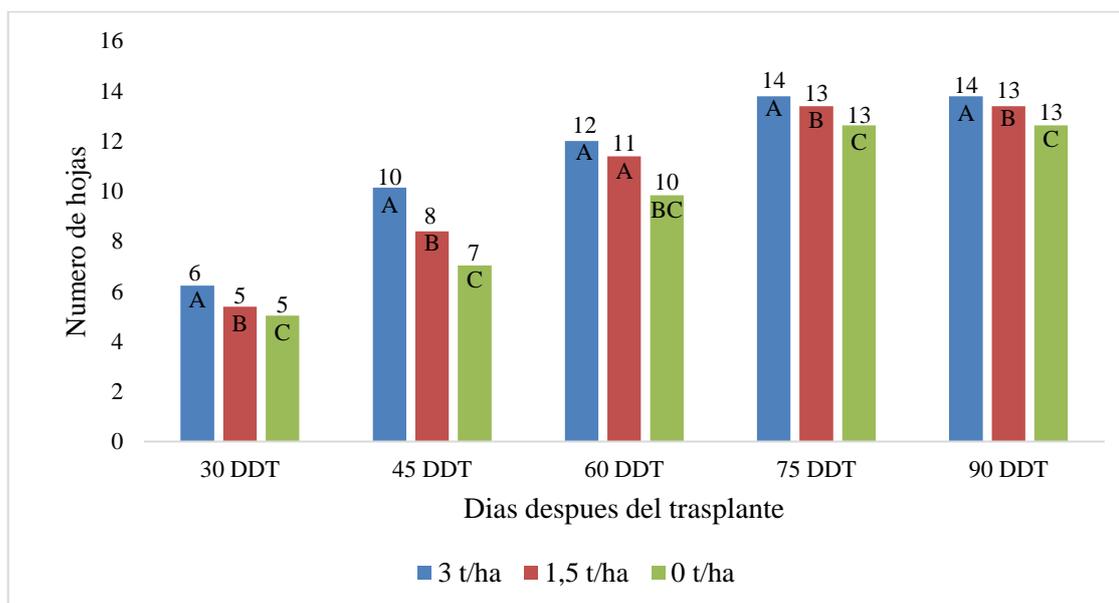


Ilustración 4-3: Número de hojas de los tratamientos 30, 45, 60, 75 y 90 DDT

Realizado por: Caranqui, J., 2024

En la ilustración se aprecia el número de hojas por planta al finalizar el ciclo de evaluación (90 días después del trasplante), se obtuvo una notable diferencia en el desempeño de los distintos tratamientos analizados. La aplicación de una dosis de 3 t/ha de gallinaza evidenció un aumento

significativo en el número de hojas con un promedio de 14 hojas por planta. Por el contrario, la dosis 0 t/ha de gallinaza presentó un rendimiento bajo, con un promedio de 13 hojas por planta.

Según (VELASCO, 2010) en su estudio argumenta que el Tratamiento 3, que consiste en la aplicación de 60 toneladas de gallinaza por hectárea más mulch, ocupó el primer lugar en el número de hojas.

Esto sugiere que la cantidad y calidad de las hojas en este tratamiento pueden haber contribuido significativamente al crecimiento saludable de las plantas de brócoli. Además, podría considerarse cómo la mayor liberación de nitrógeno y otros elementos esenciales derivados de la descomposición de la gallinaza posiblemente haya favorecido el desarrollo del tallo y, en consecuencia, la productividad general de las plantas.

El recuento de hojas observado es mayor que el reportado por (VARGAS, et al., 2019), quienes registraron 5,83 hojas al utilizar una combinación de gallinaza y algas marinas como fertilizante. La mayor cantidad de hojas en el tratamiento con fertilizante químico puede deberse a la elevada concentración de nitrógeno presente en este tipo de abono.

4.4 Longitud de la raíz

Tabla 4-16: Análisis de varianza para la longitud de raíz.

Fuentes de variación	Gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,204	ns
Agua	1	0,2029	ns
Error A	2	0,7307	ns
Gallinaza	2	0,0036	*
Agua * Gallinaza	2	0,3965	ns
Error	8		
Total	17		

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se evidencia una diferencia estadísticamente significativa en la materia orgánica (gallinaza), como se refleja en el p-valor de <0,0036. En consecuencia, las dosis aplicadas ejercieron un impacto significativo en el tamaño de la raíz.

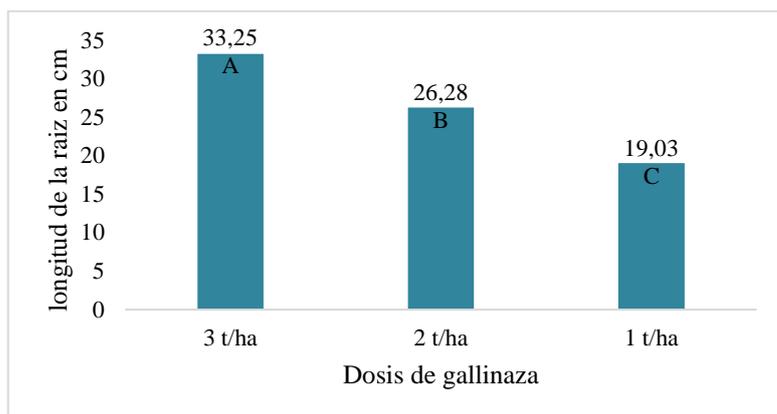


Ilustración 4-4: Longitud de la raíz según la dosis de gallinaza

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se evidencia una marcada disparidad en los resultados entre los diferentes tratamientos analizados. La aplicación de una dosis de 3 t/ha de gallinaza resultó en un alargamiento de las raíces, con un promedio de 33.25 cm. En contraste, la falta de gallinaza en el tratamiento redujo la longitud de las raíces, registrando un promedio de 19.03 cm.

(TORRES, 2013) halló medidas de longitud de la raíz en el tratamiento de gallinaza a tasas de 30, 45 y 60 toneladas por hectárea, registrando valores de 21.39, 22.12 y 20.11 centímetros respectivamente en el cultivo de brócoli.

(RAMOS, et al., 2020) indica que el mayor desarrollo de raíz se ha evidenciado con abono orgánico de gallinaza luego de 90 días de trasplante, mismo que en la medición dio 34,55 cm de largo.

4.5 Diámetro de la pella

Tabla 4-17: Análisis de varianza para el diámetro de la pella en cm.

Fuentes de variación	gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,5087	ns
Agua	1	0,1486	ns
Error A	2	0,4775	ns
Gallinaza	2	<0,0001	**
Agua * Gallinaza	2	0,1389	ns
Error	8		

Total	17
-------	----

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se demuestra una diferencia altamente significativa en la materia orgánica (gallinaza) con un p-valor de <0,0001. Por lo tanto, las dosis aplicadas tuvieron un impacto altamente significativo en el tamaño de la pella.

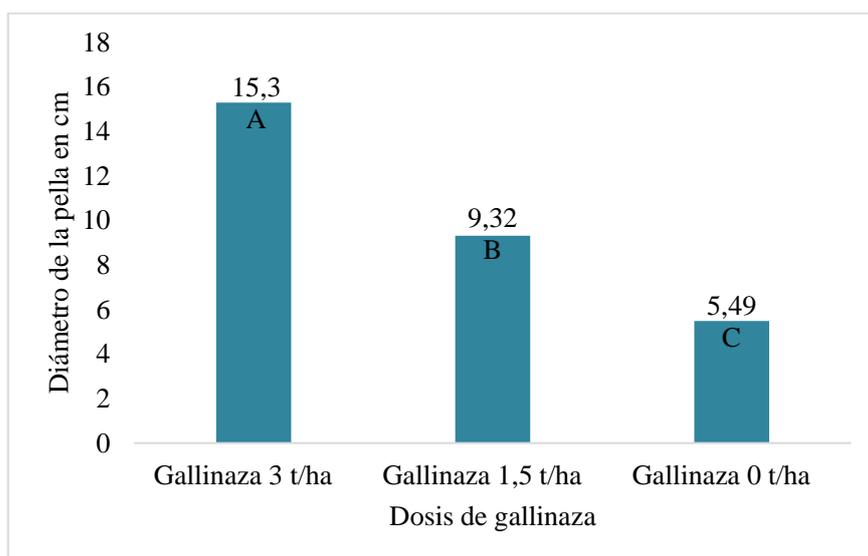


Ilustración 4-5: Diámetro de la pella según la dosis de gallinaza

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se evidencia una marcada diferencia en los resultados entre los diferentes tratamientos analizados. La aplicación de una dosis de 3 t/ha de gallinaza se asoció con un notable aumento en el grosor de la pella, registrando un promedio de 15,3 cm. En contraste, la ausencia de gallinaza en el tratamiento mostró el menor grosor, con un promedio de 5,49 cm en la pella. Comparando los hallazgos, (RODRIGUEZ, 1982) señala que "el nitrógeno promueve la vitalidad de las plantas, lo cual se refleja en un aumento en la velocidad de crecimiento, ocasionado por una mayor expansión de las inflorescencias debido a la elongación celular y la proliferación de células, así como una mayor producción de hojas de calidad óptima y saludable debido al incremento de su contenido proteico. Por otra parte, (CHAVEZ, 2015) Después de evaluar tres fuentes diferentes y tres niveles distintos de nitrógeno en el cultivo de brócoli, concluye que el incremento en los niveles de nitrógeno tiene un impacto significativo en el diámetro de las pellas de brócoli (240 kg N ha-1, 180 kg P2O5 ha-1 y 230 K2O kg ha-1).

4.6 Rendimiento

Tabla 4-18: Análisis de varianza para el rendimiento en t/ha.

Fuentes de variación	gl	p-valor	Significancia
Repetición	2	0,4394	ns
Agua	1	0,0035	*
Error A	2	0,4719	ns
Gallinaza	2	<0,0001	**
Agua * Gallinaza	2	0,0019	*
Error	8		
Total	17		

ns: no significativo; **: altamente significativo (<0,001); *: significativo (<0,05)

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se ha observado una diferencia significativa en la interacción entre el agua y la materia orgánica (gallinaza), como se indica por el p-valor de 0,0019. En consecuencia, se concluye que esta combinación ejerció un impacto significativo en el rendimiento del cultivo.

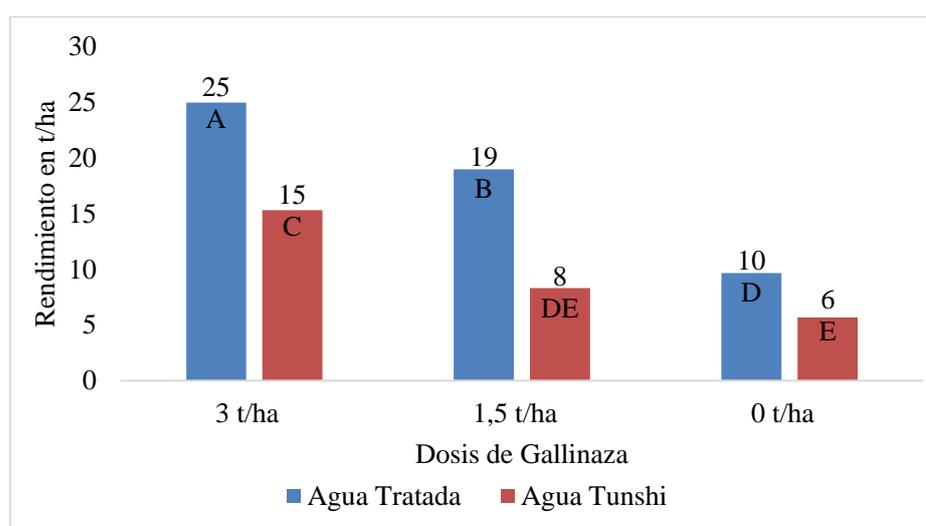


Ilustración 4-6: Rendimiento de los tratamientos

Realizado por: Caranqui, J., 2024

Se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos analizados. Los resultados mostraron que la combinación de agua tratada con una dosis de 3 t/ha de gallinaza generó los mejores rendimientos, con una media de 25 t/ha. En contraste, la combinación de agua de Tunshi con 0 t/ha de gallinaza produjo el menor rendimiento, alcanzando solo 6 t/ha.

El alto rendimiento de 25 t/ha. que se obtuvo en este ensayo se asemeja a (CATOTA, et al., 2020) que encuentra un rendimiento de 23 t/ha., este incremento en el rendimiento del cultivo, según (SALUSSO, et al., 2019), puede deberse al uso de aguas residuales tratadas, por el aporte nutrientes que hace esta. Se debe tener en cuenta que este rendimiento se logra gracias a la combinación con gallinaza, ya que, según (VARGAS, et al., 2019) promueve procesos fisiológicos, lo que conlleva un aumento en el rendimiento, esto según (NAVA, et al., 2017) puede deberse a que al agregar gallinaza aumenta el nitrógeno y la actividad microbiana en el suelo.

4.7 Calidad de agua

Tabla 4-19: SemafORIZACIÓN de la calidad de agua antes del tratamiento de fitorremediación

Parámetro de calidad	Unidad	Rango según TULSMA	Agua Tunshi	Agua gris	Agua gris tratada
pH	-	6,5 – 8,4	8.2	6,6	7,0
Salinidad					
CE	mS/cm	0,7 - 3	0.33	1,92	2,24
Efectos misceláneos					
Bicarbonato (HCO ₃)	mg/l	91,5 - 518	141	471	443
Nitrato (NO ₃)	mg/l	5	2.7	2,3	2,3
Iones específicos					
Sodio (Na)	mg/l	69	22.0	195	190
Cloruro (Cl ⁻)	mg/l	350	10.8	155	244
Boro (B)	mg/l	0,7 - 3	0.116	0,663	0,539
Color rojo: no aceptable; Color amarillo: medianamente aceptable; Color verde: aceptable.					

Realizado por: Caranqui, J., 2024

La interpretación de la tabla de semafORIZACIÓN compara los valores establecidos por (TULSMA, 2020) con los resultados obtenidos en los análisis de agua de Tunshi, el agua gris de Tunshi y el

agua gris tratada con la planta de fitorremediación. Se observa que el agua de Tunshi cumple con la mayoría de las recomendaciones establecidas. Sin embargo, el agua gris tratada presenta niveles altos de microelementos y macroelementos. Aunque no cumple con todas las recomendaciones establecidas, es importante destacar que, desde el punto de vista de aportes de nutrientes, el agua gris tratada es mejor que el agua gris de Tunshi sin tratar. Esto sugiere que el proceso de fitorremediación ha logrado mejorar la calidad del agua al reducir los contaminantes y aumentar su valor nutricional para su posible uso en actividades agrícolas.

4.8 Relación Beneficio/Costo

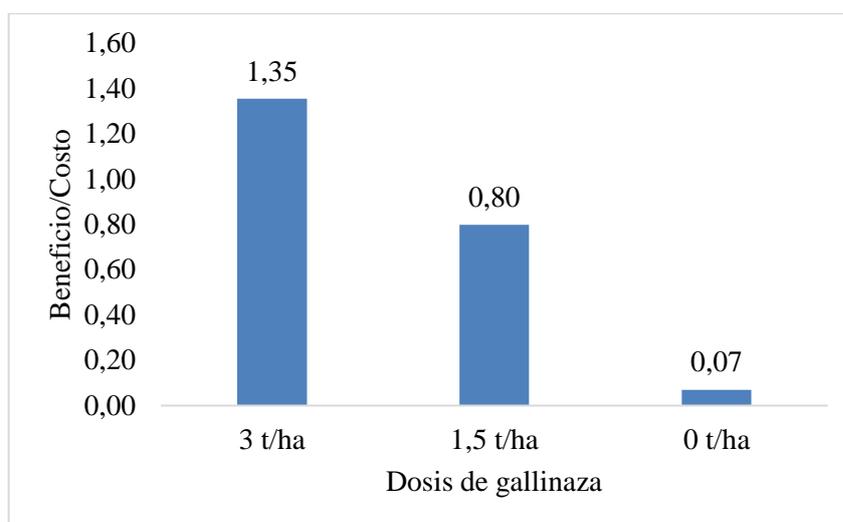


Ilustración 4-7: Relación beneficio/costo de los tratamientos.

Realizado por: Caranqui, J., 2024

En la tabla e ilustración, se observa la relación beneficio/costo que alcanzó las distintas dosis de abono aplicadas (0 t/ha; 1.5 t/ha; 3 t/ha). Se destaca que la aplicación de 3 t/ha de gallinaza logró una relación costo-beneficio de \$1.35, esto refleja que la utilidad de producción se reduce a 0,35 centavos por dólar invertido. Esto evidencia que realizar una inversión financiera bajo estas circunstancias es justificable.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los hallazgos revelaron que la combinación de agua tratada con una dosis de 3 t/ha de gallinaza generó los mejores rendimientos, alcanzando un promedio de 25 t/ha. Además, se observó un incremento significativo en el diámetro de la pella, la altura de las plantas, el diámetro del tallo, el número de hojas y el tamaño de las raíces en los tratamientos que recibieron dosis más altas de gallinaza.

Los resultados de esta investigación muestran que calidad de agua para riego de la estación experimental Tunshi-ESPOCH fue la mejor, sin embargo, se evidencio que el agua tratada con la planta de fitorremediación mejoró las características del agua gris.

Los resultados del análisis económico indicaron que la aplicación de 3 t/ha de gallinaza logró una relación costo-beneficio de \$1.35, lo que sugiere que la inversión realizada en términos de producción de brócoli es justificada desde el punto de vista financiero.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda a los agricultores y responsables de la toma de decisiones en el sector agrícola considerar la implementación de sistemas de riego con agua tratada y utilizar una dosis de 3 t/ha de gallinaza para fertilizar el cultivo de brócoli, y mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos de brócoli.

Se recomienda usar el agua tratada con la planta de fitorremediación para lugares que carezcan de agua ya que mejora las características del agua e incrementa el contenido de micro y macroelemento.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. **ACOSTA, J, et al.** *ALIMENTOS DE LA REGIÓN DE MURCIA: BRÓCOLI* . 2018.
2. **AGOTE, A.** *EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (Brassica oleracea L. var. itálica Plenck) REGADO POR GOTEO CON EFLUENTES URBANOS TRATADOS*. Rio Cuarto : s.n., 2013.
3. **AJILA, KEVIN.** “*EVALUACIÓN DEL EFECTO DE N, P₂O₅, K₂O DE CUATRO FORMULADOS INORGÁNICOS EN EL RENDIMIENTO DE BRÓCOLI (Brassica oleracea L.) var. Avenger, CANTÓN CHILLA, PROVINCIA EL ORO.*”. Riobamba : s.n., 2021.
4. **Arias, Carlos.** Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales . [En línea] 2022. <https://www.redalyc.org/pdf/911/91101302.pdf>.
5. **Camizán, Milagros y Zapata, Cindy.** Aguas Residuales y su tratamiento ecotecnológico con humedales artificiales (CWs) en el sector acuícola. [En línea] 2022. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/96349/Camiz%20A1n_HMT-Zapata_MCP-SD.pdf?sequence=1.
6. **CATOTA, W and RAMIREZ, J.** *EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI (Brassica oleracea) Var. Avenger sakata CON DOS ABONOS ORGÁNICOS*. La Mana : s.n., 2020.
7. **CHAVEZ, R.** *Evauacion de tres fuentes y tres nivles de nitrogeno en el cultivo de brocoli (Brassica Oleracea variedad Italica)*. Pichincha, Trujillo : s.n., 2015.
8. **Delgadillo, Angélica and Ramírez, Abelardo.** *FITORREMEDIACIÓN: UNA ALTERNATIVA PARA ELIMINAR LA CONTAMINACIÓN*. 2011.
9. **DELGADILLO, O, et al.** *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba : s.n., 2010. 978-99954-766-2-5.

10. **Delgadillo, Oscar, y otros.** *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba – Bolivia : Depósito Legal N°: 2-1-154-10, 2010. 978-99954-766-2-5 .
11. **ESCOBAR, Edgar.** EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE N, P Y K EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI VAR. AVENGER. [En línea] 2021. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32744/1/004%20Nutricion%20Vegetal%20Escobar%20Edgar%20Hernandez.pdf>.
12. **Garro, Jorge.** *EL SUELO Y LOS ABONOS ORGÁNICOS*. Costa Rica : s.n., 2016. ISBN 978-9968-586-26-9.
13. **Guerrero, A.** Elaboración y uso de abonos orgánicos en la Comunidad de Imbabuela Bajo, Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura. 2018.
14. **HARO, A and MALDONADO, A.** *Guía técnica para el cultivo de brócoli en la serranía Ecuatoriana*. s.l. : Editorial freire, 2009.
15. **HUSSAIN, M, et al.** *Effects of Nitrogen and Boron on the Yield and Hollow Stem Disorder of Broccoli (Brassica oleracea var. italica)* . Gazipur : s.n., 2012. ISSN-1729-5211.
16. **ICA.** Manejo de la gallinaza y su utilización como abono en la agricultura . [En línea] 2023. <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/34918/66569.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
17. **INCA, ÁLVARO.** “VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA CIRCULAR DE TOMA DE DECISIONES PARA EL CONTROL DEL TIZÓN TARDÍO (Phytophthora infestans) (Mont.) De Bary DE LA PAPA (Solanum tuberosum L.) EN TUNSHI, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”. [En línea] 2015. <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/4268/1/13T0812%20pdf>.
18. **INTRAGRI.** La Gallinaza Como Fertilizante. [En línea] 2023. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/gallinaza-como-fertilizante>.

19. **Jaramillo, Mariuxi and Flores, Edison.** *Víctor remediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemma minor (lenteja de agua), y Eichornia crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera.* Cuenca : s.n., 2012.
20. **Jimenez, Maria, Rios, Santiago and Ardila, Jhon.** EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA SEDE VILLAVICENCIO. [Online] 2023. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/a58371c1-ea13-4f15-8af2-cdaf48ef1d4a/content>.
21. **LAZO, J.** *EVALUACIÓN DE CUATRO DOSIS DE MATERIA ORGÁNICA (GALLINAZA) EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (Brassica oleracea) HÍBRIDO ROYAL FAVOR F-1 Hyb, EN (Brassica oleracea) HÍBRIDO ROYAL FAVOR F-1 Hyb, EN EL DISTRITO DE LAMAS.* Tarapoto : s.n., 2016.
22. **LÓPEZ, Sughey, et al.** *MECANISMOS DE FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON MOLÉCULAS ORGÁNICAS XENOBIÓTICAS.* [ed.] Rev. Int. Contam. Ambient. 2005. Vols. 21 (2) 91-100, 2005.
23. **Maquilon, A.** Caracterización físico-química de los principales abonos orgánicos comerciales, utilizados en la zona de Babahoyo. *Facultad UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO.* [En línea] 2022.
24. **MARTINEZ, M, et al.** *Cultivo del brócoli con aguas salinas.* . 2008.
25. **Mendoza, Yoma and Castro, Luis.** *Fitorremediación como alternativa de tratamiento para aguas residuales domésticas de la ciudad de Riohacha (Colombia).* [ed.] Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia. Riohacha : s.n., 2016. Vol. 39.
26. **MONTIEL, PEDRO.** HUMEDAL ARTIFICIAL. [En línea] 2014. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/MONTIEL%202014.%20Humedal%20artificial.pdf.

27. **Montoya, Molero y Martin, Aldo.** *Revisión crítica de la fitoremediación como una biotecnología de descontaminación de suelo y agua, su potencial aplicación en la región Arequipa.* [ed.] Universidad Católica de Santa María. 2023.
28. **Mosquera, B.** Abonos orgánicos: protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Manual para producir abonos y plaguicidas orgánicos. [En línea] 2010. http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf.
29. **Mullo, Ines.** Manejo y procesamiento de Gallinaza . [En línea] 2012. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2114/1/17T1106.pdf>.
30. **NAVA, D, et al.** *Aporte de nitrógeno proveniente de pollinaza al cultivo de brócoli (Brassica oleracea L.).* 2017. 1853-8665.
31. **Núñez, Roberto, et al. 2004.** *Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones.* 2004.
32. **RAMOS, Wendy del Rocío and SABANDO, Joselin Esteffani.** *EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI (Brassica oleracea) Var. Avenger sakata CON DOS ABONOS ORGÁNICOS.* LA MANÁ : s.n., 2020.
33. **REED and W.** *A Grower's Guide to Water, Media, and Nutrition for Greenhouse Crops.* s.l. : Ball publishing, 1996. 1883052122.
34. **RODRIGUEZ.** *Fertilizante.Nutrición Vegetal A.G.T. .* México : Ediciones S.A., 1982.
35. **RODRIGUEZ, X y ROJAS, F.** *Valor nutricional de hojas y tallos de brócoli, apio y betarraga disponibles en un mercado mayorista de Santiago de Chile.* Santiago de Chile : s.n., 2022.
36. **SAAVEDRA, G, et al.** *Manejo y especies hortícolas aptas para la agroindustria en la Región de La Araucanía.* 2022. 0717-4829.
37. **SALUSSO, F, et al.** *Utilización de efluentes urbanos tratados para la producción de brócoli mediante riego por goteo subterráneo.* Esperanza : s.n., 2019. 1668-298X.

38. **TARTABULL, TANIA and BETANCOURT, CARMEN.** Noviembre 2016, Revista Científica Agroecosistemas .
39. **TOLEDO, J.** *Cultivo de Brócoli*. Lima : s.n., 2003.
40. **TORRES, LUIS.** *ERTILIZACIÓN ORGÁNICA MINERAL EN EL CULTIVO DE Brassica oleraceae VAR. ITÁLICA PLENCK BRÓCOLI*. ZUNGAROCOCHA : s.n., 2013.
41. **Trinidad, A.** Efecto de los abonos orgánicos y sus características en el suelo. *Instituto de recursos Naturales colegio de postgraduados*. 2005.
42. **TULSMA.** REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA. 2020.
43. —. **2020.** REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA. 2020.
44. **Ubaldo, Daniel, et al.** *Fitorremediación de metales fitorremediación de metales Pesados en ambientes Pesados en ambientes contaminados: una revisión*. Centro de investigación en Biotecnología Aplicada CIBA-IPN. Mexico : s.n., 2023.
45. **VARGAS, P, VARGAS, M and MOYA, J.** *EFEECTO DE LOS ABONOS ORGÁNICOS APLICADOS AL SUELO Y FOLLAJE, SOBRE LA FISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE BRÓCOLI (BRASSICA OLERACEA)*. Guayaquil : s.n., 2019. 2254-7630.
46. **VARGAS, Pablo, VARGAS, María and MOYA, Jhicela.** *EFEECTO DE LOS ABONOS ORGÁNICOS APLICADOS AL SUELO Y FOLLAJE, SOBRE LA FISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE BRÓCOLI (BRASSICA OLERACEA)*. s.l. : Revista Caribeña de Ciencias Sociales, 17, 2019.
47. **VAZQUEZ, C, et al.** *Impacto de las tecnologías de procesamiento de brócoli sobre compuestos fitoquímicos relevantes en salud humana: una revisión*. Mexico : s.n., 2020. Vol. 21. 1665-0204.

48. **VELASCO, J.** *"EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE ESTIERCOL DE A VES DE POSTURA (GALLINAZA) CON INCORPORACION DE "Mulch", SOBRE EL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE BROCOLI (Brassica oleracea L. var. Green jade). ZUNGAROCOCHA_, DISTRITO DE SAN JUAN- LORETO"*. Iquitos : s.n., 2010.
49. **VELASCO, JOSE.** *"EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE ESTIERCOL DE A VES DE POSTURA (GALLINAZA) CON INCORPORACION DE "Mulch", SOBRE EL RENDIMIENTO EN EL , CULTIVO DE BROCOLI (Brassica oleracea L. var. Green jade). ZUNGAROCOCHA_, DISTRITO DE SAN JUAN-LORETO"*. IQUITOS : s.n., 2010.
50. **VÉLEZ, P and ÁLAVA, A.** *Análisis de los canales de comercialización del brócoli en Ecuador.* Guayaquil : s.n., 2021. pp. 181-201. Vol. 33.



7. ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS DE AGUA GRIS



Trabajamos bajo la Norma ISO 17025

Agrarprojekt S.A.
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-034148
 info@agrarprojekt.com
 www.agrarprojekt.com

RESULTADOS

Código Agrarprojekt: EPC-260124

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Tipo de Muestra:	Agua de Riego
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	CV01AG, Cultivo: Hortícola Lechuga y Brócoli

Contenido de macro- y microelementos en mg / l (equivalente a ppm)

Análisis	Unidad	*Recomendación: Agua de Riego para Cultivos Hortícolas Intensivos	Resultado
pH	-	5,4 - 8,8	6,6
Conductividad (CE)	mS/cm	< 1,0 (ideal: < 0,5)	1,92
Dureza Total	-	-	-
Clasificación	-	-	agua muy dura
Grado Dureza °d	°d	-	52,1
Dureza en mmol/l	mmol/l	-	9,3
Dureza equivalente CaCO ₃ en ppm	mg/l	< 275	931
Nitrato (NO ₃)	mg/l	< 30	2,3
Fosfato (PO ₄)	mg/l	< 15	15,6
Sulfato (SO ₄)	mg/l	< 72	127
Cloruro (Cl ⁻)	mg/l	< 106 (ideal: < 53)	155
Bicarbonato (HCO ₃)	mg/l	< 183	471
∑ Aniones	meq/l	-	15,3
Amonio (NH ₄)	mg/l	< 4,5	5,5
Potasio (K)	mg/l	< 20	20,6
Magnesio (Mg)	mg/l	< 30	103
Calcio (Ca)	mg/l	< 60	203
Sodio (Na)	mg/l	< 70 (ideal: < 35)	195
∑ Cationes	meq/l	-	27,9
Hierro (Fe)	mg/l	< 1,5	0,134
Manganeso (Mn)	mg/l	< 0,5	0,040
Cobre (Cu)	mg/l	< 0,1	0,018
Zinc (Zn)	mg/l	< 0,3	0,035
Boro (B)	mg/l	< 0,3	0,663

* Fuente: D. W. Reed. Water, Media y Nutrition. Ball Publishing. 311 pp.

-- = No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.

- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.

- Prohibida la reproducción total o parcial de Los resultados. No procede copia.

Agrarprojekt S.A.
 Dr. Karl Sponagel
 Director del Laboratorio

ANEXO B: ANÁLISIS DE AGUA TRATADA



Trabajamos bajo la Norma ISO 17025

Agrarprojekt S.A.
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-034148
 info@agrارprojekt.com
 www.agrarprojekt.com

RESULTADOS

Código Agrarprojekt: EPC-260124 Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Tipo de Muestra:	Agua de Riego
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	CJ02AT, Cultivo: Hortícola Lechuga y Brócoli

Contenido de macro- y microelementos en mg / l (equivalente a ppm)

Análisis	Unidad	*Recomendación: Agua de Riego para Cultivos Hortícolas Intensivos	Resultado
pH	-	5,4 - 8,8	7,0
Conductividad (CE)	mS/cm	< 1,0 (ideal: < 0,5)	2,24
Dureza Total	-	-	-
Clasificación	-	-	agua muy dura
Grado Dureza °d	°d	-	59,2
Dureza en mmol/l	mmol/l	-	10,6
Dureza equivalente CaCO3 en ppm	mg/l	< 275	1057
Nitrato (NO3)	mg/l	< 30	2,3
Fosfato (PO4)	mg/l	< 15	8,0
Sulfato (SO4)	mg/l	< 72	62,8
Cloruro (Cl ⁻)	mg/l	< 106 (ideal: < 53)	244
Bicarbonato (HCO3)	mg/l	< 183	543
∑ Aniones	meq/l	-	17,4
Amonio (NH4)	mg/l	< 4,5	9,2
Potasio (K)	mg/l	< 20	28,0
Magnesio (Mg)	mg/l	< 30	93,5
Calcio (Ca)	mg/l	< 60	269
Sodio (Na)	mg/l	< 70 (ideal: < 35)	250
∑ Cationes	meq/l	-	33,2
Hierro (Fe)	mg/l	< 1,5	0,118
Manganeso (Mn)	mg/l	< 0,5	1,38
Cobre (Cu)	mg/l	< 0,1	0,020
Zinc (Zn)	mg/l	< 0,3	0,028
Boro (B)	mg/l	< 0,3	0,539

* Fuente: D. W. Reed. Water, Media y Nutrition. Ball Publishing. 311 pp.

- = No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.

- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.

- Prohibida la reproducción total o parcial de Los resultados. No procede copia.

Agrarprojekt S.A.
 Dr. Karl Sponagel
 Director del Laboratorio

ANEXO A: ANÁLISIS DE AGUA TUNSHI



Trabajamos bajo la Norma ISO 17025

Agrarprojekt S.A.
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-034148
 info@agrarprojekt.com
 www.agrarprojekt.com

RESULTADOS

Código Agrarprojekt: EPC-270723

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Tipo de Muestra:	Agua de Riego
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	Agua de Riego EsPOCH - Tunshi

Contenido de macro- y microelementos en mg / l (equivalente a ppm)

Análisis	Unidad	*Recomendación: Agua de Riego para Cultivos Frutícolas Intensivos	Resultado
pH	-	5,4 - 8,8	8,9
Conductividad (CE)	mS/cm	< 1,0 (ideal: < 0,5)	0,20
Dureza Total	-	-	-
Clasificación	-	-	agua blanda
Grado Dureza °d	°d	-	3,7
Dureza en mmol/l	mmol/l	-	0,66
Dureza equivalente CaCO3 en ppm	mg/l	< 275	65,6
Nitrato (NO3)	mg/l	< 30	1,2
Fosfato (PO4)	mg/l	< 15	1,5
Sulfato (SO4)	mg/l	< 72	14,5
Cloruro (Cl ⁻)	mg/l	< 106 (ideal: < 53)	5,6
Bicarbonato (HCO3)	mg/l	< 183	79,0
∑ Aniones	meq/l	-	1,82
Amonio (NH4)	mg/l	< 4,5	0,1
Potasio (K)	mg/l	< 20	3,5
Magnesio (Mg)	mg/l	< 30	7,5
Calcio (Ca)	mg/l	< 60	14,0
Sodio (Na)	mg/l	< 70 (ideal: < 35)	13,0
∑ Cationes	meq/l	-	1,97
Hierro (Fe)	mg/l	< 1,5	0,238
Manganeso (Mn)	mg/l	< 0,5	0,017
Cobre (Cu)	mg/l	< 0,1	0,014
Zinc (Zn)	mg/l	< 0,3	0,023
Boro (B)	mg/l	< 0,3	0,124

* Fuente: D. W. Reed. Water, Media y Nutrition. Ball Publishing. 311 pp.

- = No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.
- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.
- Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.

Agrarprojekt S.A.
 Dr. Karl Sponagel
 Director del Laboratorio



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 18 / 06 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Jessica Abigail Caranqui Yaguarshungo
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniera Agrónoma
 Ing. Daniel Arturo Román Robalino MSc Director del Trabajo de Titulación
 Ing. Cristian Santiago Tapia Ramírez MSc Asesor del Trabajo de Titulación