

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL**



Efectos de cinco tipos de sustratos sobre la producción de vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.) en Cochabamba, Chota-Cajamarca

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

**AUTOR:**

Bach. Lesly Manrique Ramos

**ASESOR**

Dr. Ing. Ismael Suárez Medina

**CHOTA – PERÚ**

**2025**

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser la del autor o asesor, escrita sobre un fondo blanco.



# Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería

Forestal y Ambiental

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N° 251-2025-FCA/UNACH

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que la tesis de investigación Titulada “Efectos de cinco tipos de sustratos sobre la producción de vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.) en Cochabamba, Chota-Cajamarca”; ejecutado por la Bachiller **Lesly Manrique Ramos** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, **asesorado por el Dr. Ismael Suárez Medina (Asesor)**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 9%**, sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°120-2022-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.


Chota, 28 de noviembre de 2025.


Atentamente


Dr. Jim Jairo Villena Velásquez  
Unidad de Investigación de EPIFA -  
UNACH

# Lesly Manrique Ramos

## Lesly Manrique

 Lesly Manrique

 Lesly Manrique

 Universidad Nacional Autonoma de Chota

---

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3426742745

Fecha de entrega

28 nov 2025, 6:47 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

28 nov 2025, 6:58 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

INFORME\_FINAL\_DE\_TESIS\_LESLY\_MANRIQUE\_RAMOS.docx

Tamaño del archivo

83.9 MB

100 páginas

18.276 palabras

101.729 caracteres




# 9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

## Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## Fuentes principales

- 7% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	1%
2	Internet	repositorio.unach.edu.pe	1%
3	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Agraria La Molina	<1%
4	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca	<1%
5	Internet	hdl.handle.net	<1%
6	Internet	repositorio.unamad.edu.pe	<1%
7	Internet	repositorio.unh.edu.pe	<1%
8	Internet	repositorio.umsa.bo	<1%
9	Trabajos del estudiante	Universidad Jose Carlos Mariategui	<1%
10	Internet	www.repositorio.usac.edu.gt	<1%
11	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	<1%

12	Trabajos del estudiante uncedu	<1%
13	Internet repositorio.upagu.edu.pe	<1%
14	Trabajos del estudiante Universidad Técnica de Machala	<1%
15	Internet repository.usu.ac.id	<1%
16	Internet www.hepdata.net	<1%
17	Internet 1library.co	<1%
18	Internet repositorio.ug.edu.ec	<1%
19	Publicación C. Yucedag, O. Gailing. "Effects of Seedbed Density on Seedling Morphological Ch...	<1%
20	Trabajos del estudiante Bocconi University	<1%
21	Trabajos del estudiante Colegio Alemán	<1%
22	Internet repositorio.utesup.edu.pe	<1%
23	Trabajos del estudiante Universidad Ricardo Palma	<1%
24	Trabajos del estudiante Universidad Nacional de Barranca	<1%
25	Internet dspace.esoch.edu.ec	<1%

26	Trabajos del estudiante	Colegio Champagnat	<1%
27	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	<1%
28	Trabajos del estudiante	Universidad Señor de Sipan	<1%
29	Publicación	Luque Quispe, Marina Roxana. "Evaluacion de los metodos de riego por goteo y ...	<1%
30	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María	<1%
31	Trabajos del estudiante	Universidad de Guayaquil	<1%
32	Internet	cienciaspecuarias.inifap.gob.mx	<1%
33	Internet	docplayer.es	<1%
34	Internet	lareferencia.info	<1%
35	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion	<1%
36	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica de los Andes	<1%
37	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
38	Internet	repositorio.unbosque.edu.co	<1%
39	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%

40	Internet	123dok.com	<1%
41	Trabajos del estudiante	Widener University	<1%
42	Internet	kipdf.com	<1%
43	Internet	repositorio.esпам.edu.ec	<1%
44	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
45	Internet	www.coursehero.com	<1%
46	Internet	www.fontagro.org	<1%
47	Internet	www.vetiver.org	<1%



Anexo 01:

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

REG. N° 048-2025-FCA

Siendo las 15.00 horas, del día 22 de Octubre de 2025, los miembros del Jurado de Tesis titulada: “Efectos de Cinco tipos de sustratos sobre la producción de vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.) en Cochabamba, Chota-Cajamarca”, integrado por:

1. Dr Héctor Orlando Chávez Angulo (Presidente)
2. Dr. Marco Antonio Añaños Bedriñana (Secretario)
3. Dr. Pedro Mansilla Córdova (Vocal)

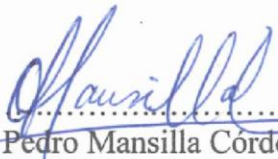
Sustentada de manera presencial, por la Bach. **Lesly Manrique Ramos**, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniera Forestal y Ambiental.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda...aprobar... por unanimidad la tesis, calificándola con la nota de: dieciséis (16), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el correspondiente título profesional.

Colpa Matara, 22 de Octubre del 2025

  
.....  
Dr. Héctor Orlando Chávez Angulo  
Presidente

  
.....  
Dr. Marco Antonio Añaños Bedriñana  
Secretario

  
.....  
Dr. Pedro Mansilla Córdova  
Vocal

## **Dedicatoria**

A mis adorados padres Tito Manrique Bautista y Lorenza Ramos Rimarachín por su amor y apoyo incondicional, a mis hermanos y familiares que por cada uno de sus consejos me han dado los ánimos y la fuerza para perseguir y lograr mis sueños y objetivos como profesional. De igual manera, al M. Sc. Ismael Suárez Medina y al Ing. Fernando Montalvo Fernández por su constante apoyo, asesoramiento, paciencia y disponibilidad de tiempo, los cuales fueron primordiales para culminar la presente investigación.

## **Agradecimientos**

A Dios nuestro creador, que me dio la fortaleza y la valentía cuando más lo necesitaba, por darme la fuerza necesaria para vencer las dificultades en el camino, por concederme la sabiduría y la salud a lo largo de mi proceso de formación profesional.

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota en especial a la facultad de Ingeniería Forestal y Ambiental por haberme brindado los conocimientos y la oportunidad de desarrollarme y crecer profesionalmente.

A mis adorados padres Tito Manrique Bautista y Lorenza Ramos Rimarachín por apoyarme en cada proceso y que han sido mi fortaleza en cada etapa de mi educación.

A mis hermanos, familia y amigos por apoyarme incondicionalmente, que me dieron los ánimos para cumplir mis metas y objetivos.

Al M. Sc. Ismael Suárez Medina por su valioso tiempo, sus consejos y asesoramiento en la redacción, formulación y ejecución de la presente investigación.

Al Ing. Fernando Montalvo Fernández por su amistad, colaboración y apoyo en el desarrollo de la presente investigación.

A mis amigos y a todas las personas que me inculcaron a seguir esforzándome para cumplir mis metas y objetivos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Planteamiento del problema.....	3
1.2.	Formulación del problema.....	4
1.3.	Justificación.....	4
1.4.	Objetivos.....	6
CAPÍTULO II	MARCO TEÓRICO.....	7
2.1.	Antecedentes.....	7
2.2.	Bases teóricas – científicas.....	9
2.2.1.	<i>Generalidades de Chrysopogon zizanioides L.</i> .....	9
2.2.2.	<i>Características fenotípicas</i> .....	10
2.2.3.	<i>Métodos de propagación</i> .....	11
2.2.4.	<i>Usos de la especie Chrysopogon zizanioides L</i> .....	12
2.2.5.	<i>Propiedades del sustrato</i> .....	16
2.3.	Marco conceptual.....	17
2.3.1.	<i>Propagación vegetativa</i> .....	17
2.3.2.	<i>Vivero</i> .....	17
2.3.3.	<i>Sustrato</i> .....	17
2.3.4.	<i>Esqueje</i> .....	17
2.4.	Hipótesis.....	18
2.5.	Operacionalización de variables.....	18
2.5.1.	<i>Variable independiente</i> .....	18

2.5.2.	<i>Variable dependiente (consecuencias)</i> .....	18
2.5.3.	<i>Variables intervinientes</i> .....	19
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO .....		20
3.1.	Tipo y nivel de investigación .....	20
3.1.1.	<i>Tipo de investigación</i> .....	20
3.1.2.	<i>Nivel de investigación</i> .....	20
3.2.	Diseño de la investigación.....	20
3.3.	Métodos de investigación.....	23
3.3.1.	<i>Ubicación del lugar de estudio</i> .....	23
3.3.2.	<i>Equipos, materiales e insumos</i> .....	23
3.3.3.	<i>Actividades en campo</i> .....	25
3.4.	Población, muestra, muestreo.....	28
3.4.1.	<i>Población</i> .....	28
3.4.2.	<i>Muestra</i> .....	28
3.4.3.	<i>Muestreo</i> .....	29
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
3.5.1.	<i>Evaluación del crecimiento</i> .....	29
3.6.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	31
3.7.	Aspectos éticos.....	32
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		33
4.1.	Efecto de los cinco tipos de sustratos en el crecimiento de vetiver durante cuatro meses	33

4.1.1.	<i>Porcentaje de prendimiento</i> .....	33
4.1.2.	<i>Altura del tallo</i> .....	34
4.1.3.	<i>Número de hojas</i> .....	35
4.1.4.	<i>Número de tallos</i> .....	36
4.2.	Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas .....	36
4.3.	Efectos de los cinco tipos de sustratos en esquejes de vetiver a los cuatro meses ....	37
4.3.1.	<i>Porcentaje de prendimiento de plántulas <i>Chrysopogon zizanioides</i> L.</i> .....	37
4.3.2.	<i>Altura del tallo</i> .....	38
4.3.3.	<i>Número de hojas</i> .....	40
4.3.4.	<i>Número de tallos</i> .....	41
4.3.5.	<i>Longitud de la raíz</i> .....	42
4.3.6.	<i>Número de raíces</i> .....	43
4.3.7.	<i>Peso seco de raíces</i> .....	44
4.4.	Contrastación de hipótesis.....	46
4.5.	Discusión.....	46
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		56
5.1.	Conclusiones .....	56
5.2.	Recomendaciones.....	56
CAPÍTULO VI REFERENCIAS .....		58
CAPÍTULO VII ANEXOS.....		72
7.1.	Instrumento de recolección de datos .....	72

7.1.1.	Ficha de evaluación de características fenotípicas de <i>Chrysopogon zizanioides</i>	72
7.1.2.	Ficha de registro de evaluación de datos .....	73
7.2.	Panel fotográfico .....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Diferentes combinaciones de sustratos .....	18
<b>Tabla 2</b> Variables dependientes .....	18
<b>Tabla 3</b> Operacionalización de variables .....	19
<b>Tabla 4</b> Descripción de los tratamientos y repeticiones en el estudio .....	21
<b>Tabla 5</b> Normalidad y homogeneidad de varianzas mediante los métodos de Shapiro Wilk y Barlett.....	37
<b>Tabla 6</b> Análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento.....	37
<b>Tabla 7</b> Análisis de varianza para la altura del tallo .....	38
<b>Tabla 8</b> Prueba de Tukey para la altura del tallo.....	39
<b>Tabla 9</b> Análisis de varianza para el número de hojas .....	40
<b>Tabla 10</b> Análisis de varianza para el número de tallos.....	41
<b>Tabla 11</b> Análisis de varianza para la longitud de la raíz .....	42
<b>Tabla 12</b> Prueba de Tukey para la longitud de la raíz.....	42
<b>Tabla 13</b> Análisis de varianza para el número de raíces .....	43
<b>Tabla 14</b> Prueba de Tukey para el número de raíces .....	44
<b>Tabla 15</b> Análisis de varianza para el peso seco de raíces.....	45
<b>Tabla 16</b> Base de datos del crecimiento de <i>Chrysopogon zizanioides</i> .....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Esquema de la distribución de tratamientos y repeticiones en vivero.....	21
<b>Figura 2</b>	Croquis del experimento .....	22
<b>Figura 3</b>	Ubicación de la investigación.....	23
<b>Figura 4</b>	Porcentaje de prendimiento de esquejes durante el periodo de estudio .....	33
<b>Figura 5</b>	Altura del tallo durante el periodo de estudio .....	34
<b>Figura 6</b>	Número de hojas durante el periodo de estudio .....	35
<b>Figura 7</b>	Número de tallos durante el periodo de estudios .....	36
<b>Figura 8</b>	Efecto de los sustratos sobre el porcentaje de prendimiento.....	38
<b>Figura 9</b>	Efecto de los sustratos sobre la altura del tallo .....	39
<b>Figura 10</b>	Efecto de los sustratos sobre el número de hojas .....	40
<b>Figura 11</b>	Efecto de los sustratos sobre el número de tallos.....	41
<b>Figura 12</b>	Efecto de los sustratos sobre la longitud de la raíz.....	43
<b>Figura 13</b>	Efecto de los sustratos sobre el número de raíces .....	44
<b>Figura 14</b>	Efecto de los sustratos sobre el peso seco de raíces .....	45
<b>Figura 15</b>	Delimitación del área del vivero .....	74
<b>Figura 16</b>	Instalación del vivero .....	74
<b>Figura 17</b>	Limpieza y nivelación del área del vivero.....	75
<b>Figura 18</b>	Diseño de las parcelas experimentales (DCA).....	75
<b>Figura 19</b>	Protección del vivero con malla raschell.....	76
<b>Figura 20</b>	Obtención de arena para sustrato.....	76
<b>Figura 21</b>	Desinfección del sustrato (Tierra agrícola y arena de río) .....	77
<b>Figura 22</b>	Remoción del sustrato .....	77
<b>Figura 23</b>	Preparación de los sustratos desinfectados.....	78
<b>Figura 24</b>	Llenado de bolsas .....	78

<b>Figura 25</b> Enfilado de bolsas en cada parcela experimental .....	79
<b>Figura 26</b> Recolección del material vegetativo.....	79
<b>Figura 27</b> Colocación de los esquejes de <i>C. zizanioides</i> en agua durante 3 días.....	80
<b>Figura 28</b> Sembrado de esquejes de <i>C. zizanioides</i> .....	80
<b>Figura 29</b> Riego de los tratamientos después de la siembra de los esquejes de <i>C. zizanioides</i> .....	81
<b>Figura 30</b> Codificación de los tratamientos y repeticiones.....	81
<b>Figura 31</b> Retiro de malezas .....	82
<b>Figura 32</b> Riego de los tratamientos .....	82
<b>Figura 33</b> Medición de la altura del tallo a los 120 días .....	83
<b>Figura 34</b> Lavado del sistema radicular.....	83
<b>Figura 35</b> Plantas del T0.....	84
<b>Figura 36</b> Plantas del T1 .....	84
<b>Figura 37</b> Plantas del T2.....	85
<b>Figura 38</b> Plantas del T3.....	85
<b>Figura 39</b> Plantas del T4.....	86
<b>Figura 40</b> Peso de la biomasa del sistema radicular en la balanza analítica.....	86
<b>Figura 41</b> Biomasa del sistema radicular en la estufa.....	87
<b>Figura 42</b> Biomasa seca radicular.....	87

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de los cinco tipos de sustratos sobre la producción de vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.) en Cochabamba, Chota-Cajamarca. La investigación fue ejecutada en el vivero construido en Llanduma-Cochabamba, el experimento fue llevado mediante el diseño completamente al azar, conformado por cinco tratamientos T0 (tierra agrícola), T1 (tierra agrícola + arena de río 1:1), T2 (tierra agrícola + humus de lombriz 2:1), T3 (arena de río + humus de lombriz 2:1) y el T4 (tierra agrícola + arena de río + humus de lombriz 2:2:1) y tres repeticiones de 25 esquejes por repetición, siendo un total de 375 esquejes. Las características evaluadas fueron, porcentaje de prendimiento (PP), altura del tallo (HT), número de tallos (NT), número de hojas (NH), longitud de raíz (LR), número de raíces (NR) y materia seca de raíces (MSR). Los resultados indican que, no se determinaron diferencias estadísticas para el PP, NH, NT y MSR. Por otro lado, el T2 presentó significativamente valores más altos para la HT (7,6 cm) y NR (29,8) respectivamente. Así mismo, el T1 fue significativamente superior con respecto a los demás tratamientos en la LR (38,0 cm). Por lo tanto, se concluye que los diferentes sustratos empleados no causaron diferencias significativas en el PP, NH, NT y MSR, además, el sustrato tierra agrícola es adecuado para el porcentaje de prendimiento lo cual lo convierte en una opción viable que facilita su obtención. Sin embargo, se mostraron diferencias significativas para HT, NR y LR.

**Palabras clave:** Vetiver, vivero, esquejes, sustrato, propagación vegetativa.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of five substrate types on vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.) production in Cochabamba, Chota-Cajamarca. The research was conducted in the nursery built in Llanduma-Cochabamba. The experiment was carried out using a completely randomized design, consisting of five treatments T0 (agricultural land), T1 (agricultural land + river sand 1:1), T2 (agricultural land + earthworm humus 2:1), T3 (river sand + earthworm humus 2:1) and T4 (agricultural soil + river sand + earthworm humus 2:2:1) and three replications of 25 cuttings per replica, making a total of 375 cuttings. The characteristics evaluated were survival percentage (PP), stem height (HT), number of stems (NT), number of leaves (NH), root length (LR), number of roots (NR) and root dry matter (RSM). The results indicate that no statistical differences were determined for PP, NH, NT and RSM. On the other hand, T2 presented significantly higher values for HT (7.6 cm) and NR (29.8) respectively. Likewise, T1 was significantly higher than the other treatments in LR (38.0 cm). Therefore, it is concluded that the different substrates used did not cause significant differences in PP, NH, NT, and MSR. Furthermore, the agricultural soil substrate is suitable for the take-up percentage, making it a viable option that facilitates its production. However, significant differences were found for HT, NR, and LR.

**Key words:** Vetiver, nursery, cuttings, substrate, vegetative propagation.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) es una planta perenne perteneciente a la familia de las poáceas y crece de manera silvestre en zonas semiáridas y áridas. La península del Sur de la India es considerada como el centro de origen del vetiver, desde donde se ha extendido por todo el mundo (Holanda et al., 2021; Kumar & Nikhil, 2016; Teshome, 2016). El vetiver tiene un sistema radicular masivo y estructurado que puede crecer con gran rapidez, sus raíces pueden llegar a medir entre 3 a 4 metros el primer año; por la profundidad de su sistema radicular le permite que la planta sea resistente a la sequías y la capacidad de mantenerse firme cuando esta expuesto a fuertes corrientes de agua (Teshome, 2016), el profundo sistema radicular garantiza una mayor infiltración del agua, además aumenta la materia orgánica en el suelo mediante la degradación de las raíces muertas (García et al., 2024). Por otra parte, el vetiver también es muy resistente a las plagas y enfermedades e incendios (Silva et al., 2018).

Por sus características fisiológicas y morfológicas, el vetiver es aplicada en la conservación del suelo y del agua, lo cual resulta muy útil para la protección ambiental, sobre todo en la prevención y remediación de la contaminación de suelos y aguas. Por sus notables características, el vetiver es resistente a niveles elevados e incluso tóxicos de salinidad, acidez, alcalinidad, sodicidad y a diferentes metales pesados y agroquímicos, además son capaces de tolerar y absorber las altas concentraciones de nutrientes (Troung & Thai, 2015); por otro lado en un cultivo hidropónico en aguas residuales el vetiver elimina más del 90 % de nitrógeno y fósforo y reduce el crecimiento de algas y coliformes fecales (Keshewani et al., 2022). Por otra parte, esta especie es aplicada en la fitorremediación de suelos y aguas contaminadas ya que acumula el boro, además tiene la capacidad de absorber y acumular el plomo en su biomasa en suelos contaminados (Holanda et al., 2021). También, facilitan en la captura del carbono lo

cual es muy importante en el contexto del calentamiento global (Chomchalow, 2011; Shimi & Anilkumar, 2014). Hoy en día diferentes países utilizan el vetiver para la conservación del suelo, la estabilización de riberas y taludes inestables, la gestión de cuencas hidrográficas, la reparación de presas, minas, etc. (Dorafshan et al., 2023).

Ante los múltiples problemas ambientales, como la acelerada degradación antropológica del suelo que es causada por las diferentes actividades humanas lo cual provocan el aumento de los procesos erosivos, de esta manera causando la deterioración del suelo y de los recursos hídricos en cortos periodos de tiempo. El vetiver desempeña un papel muy importante por lo que son utilizados como barreras vivas principalmente por su alta rusticidad y adaptabilidad a diferentes condiciones edafoclimáticas, su acelerado crecimiento, y la profundidad de su masa radicular (García et al., 2024).

Así mismo, la mayor parte de estudios de *C. zizanioides* se enfocan en las funciones del suelo, la conservación del agua y usos farmacéuticos, etc. Para compensar tal necesidad se debería tener una mayor importancia para cultivar más el vetiver, sin embargo, existen pocos estudios sobre su producción (Jayashree et al., 2014).

La reproducción de vetiver se produce de manera sexual y asexual, aunque la más común es la propagación por plántulas, que consiste en tomar los hijuelos de la planta madre y llevados directamente a campo o son reproducidos en macetas para ser multiplicados (Holanda et al., 2012). Por otra parte, aunque el vetiver es resistente por naturaleza, durante la primera etapa de su crecimiento es muy débil cuando se propaga por esquejes, por lo tanto, para un mejor establecimiento y rendimiento de su cultivo se debe tomar una mayor importancia a métodos adecuados de plantación los cuales integren medidas apropiadas para la conservación de la humedad y bioinoculantes (Shimi & Anilkumar, 2014).

Así mismo, Kumar & Nikhil (2016) mencionan que dado a las diferentes aplicaciones importantes de vetiver se requieren de una gran cantidad de plantas, siendo fundamental que estas sean de alta calidad para alcanzar el éxito en la implementación del sistema. Por ello, es necesario considerar viveros que tengan la capacidad de producir grandes volúmenes de plantas de buena calidad y bajo coste.

### **1.1. Planteamiento del problema**

El suelo es un recurso fundamental para el ser humano y el ciclo vital para los ecosistemas (Siyar et al., 2020). Sin embargo, hoy en día el planeta se enfrenta a diversos desafíos ambientales, entre ellos son la contaminación de los componentes suelo, agua y aire. A escala mundial la actividad minera es considerada como una de las principales causas del deterioro de la calidad de los suelos debido a la generación de impactos negativos; representando los relaves mineros el problema más significativo, ya que se expanden por diferentes áreas, además estos lugares son abandonados sin haber realizado un adecuado proceso de remediación, de esta manera ocasionando la liberación y propagación de metales pesados hacia los entornos cercanos, lo que acrecienta la contaminación del suelo y la pérdida del paisaje (Martínez et al., 2017).

La utilización de plantas que se adaptan a suelos enriquecidos por metales puede ser una opción para reducir la presencia de contaminantes en el entorno, ya que estas especies tienen la habilidad de adaptarse, absorber y concentrar los metales pesados presentes en el suelo (Bech et al., 2016). En muchos países, el vetiver es utilizada para la preservación del suelo y el agua, estabilización de las infraestructuras, el control de la contaminación y sedimentos, y entre otras protecciones ambientales a través de los procesos de bioingeniería y fitorremediación (Kumar & Nikhil, 2016). Esta especie es capaz de tolerar los ambientes climáticos y edáficas adversas, así mismo gracias a su extenso, fasciculado y profundo sistema radicular contribuye con la estabilización de las condiciones físicas y químicas del suelo

(Meyer et al., 2016). Por otra parte, diferentes autores señalan que el vetiver es una especie de gran resistencia a las variaciones climáticas, ataques de plagas, incendios y también es tolerante a los distintos tipos de suelo y a elevadas concentraciones de microcontaminantes (Gnansounou et al., 2017). Sin embargo, a pesar de que el vetiver muestra una notable adaptación a diferentes tipos de suelos, existe una información limitada para el desarrollo de la especie en diferentes clases de textura de los suelos (Abraão et al., 2019).

Además, los medios de plantaciones utilizados para el cultivo de vetiver son inadecuados, lo que limita el crecimiento de sus raíces, es decir los suelos arcillosos llegan restringir el desarrollo radicular del vetiver (Naibaho et al., 2016). Por otro lado, Truong et al. (2011) mencionan que las plantas de vetiver requieren sustratos con buena aireación; por ello los suelos francos y arenosos facilitan el desarrollo de raíces largas y densas, de esta manera reduce los daños en la corona y de las raíces durante la extracción de la planta y se obtiene mejor rendimiento y calidad de plántulas de vetiver. Por esta razón, la presente investigación tuvo como propósito evaluar el efecto de cinco (05) tipos de sustratos (tierra agrícola, tierra agrícola + arena de río, tierra agrícola + humus de lombriz, arena de río + humus de lombriz y tierra agrícola + arena de río + humus de lombriz) sobre la producción de vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.) en Cochabamba, Chota-Cajamarca.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto de los cinco tipos de sustratos sobre la producción de vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.) en Cochabamba, Chota-Cajamarca?

## **1.3. Justificación**

A través de diversas investigaciones realizadas en países como China, Australia y Tailandia demuestran que el vetiver es tolerante a los altos niveles y muchas veces tóxicos a los medios salinos, ácidos y húmedos, además tiene la capacidad de adaptarse a los metales

pesados y descomponer los productos agroquímicos (Truong et al., 2009). Así mismo, Lara & Navarro (2017), mencionan que el vetiver mejora la calidad del suelo ya que impide la erosión y salinidad, también, mejora la estructura, estabiliza y conserva la humedad y nutrientes del suelo y crea un microambiente que beneficia el desarrollo de los microorganismos los cuales controlan a los agentes patógenos. Por esta razón, vetiver es considerada como una planta nodriza ya que protege a las plantas de su entorno proporcionándoles humedad y nutrientes es decir mantiene la supervivencia de estas en tierras degradadas (Truong et al., 2008).

Además, la implementación del sistema de vetiver para depurar las aguas contaminadas es una tecnología de uso potencial para la fitorremediación, así mismo ofrece una medida natural, ecológica y a costos favorables. Debido a su efectividad el sistema de vetiver es muy utilizado para el tratamiento de aguas residuales domésticas, industriales y municipales. Por otra parte, esta planta además de ser tolerante a los metales pesados también es muy eficiente para la absorción nutrientes (N y P) en aguas contaminadas, descompone los compuestos orgánicos como los herbicidas y otros biocidas (Truong et al., 2009).

Sin embargo, ante los múltiples beneficios que nos brinda la planta vetiver, los estudios realizados en nuestro ámbito sobre el efecto de sustratos para su propagación son limitados por no decirlo nulos, es por ello que la presente investigación se llevó a cabo, para evaluar el efecto de los sustratos en la producción de vetiver, en condiciones de vivero en Llanduma distrito de Cochabamba provincia de Chota, departamento de Cajamarca, ya que es un lugar de condiciones calurosas apropiadas para la adaptabilidad de la planta vetiver.

Por otra parte, Garate et al. (2021) mencionan que al utilizarse vetiver en proyectos de reforestación y en fitorremediación, es importante que se realicen estudios experimentales y de esta manera evaluar el crecimiento y supervivencia en suelos altamente degradados. Además,

la gestión de vivero y el cuidado adecuado son factores importantes para establecer y producir una plantación de buena calidad de vetiver (Ishrath et al., 2019).

Finalmente, la mencionada investigación servirá como fuente de información y consulta para futuras investigaciones, ya que no se han realizado estudios sobre la propagación de vetiver con diferentes tipos de sustratos a nivel de vivero en la provincia de Chota.

#### **1.4. Objetivos**

- Evaluar el efecto de los cinco tipos de sustratos sobre la producción de vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.) en Cochabamba, Chota-Cajamarca.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

Moula et al. (2020), evaluaron el efecto de NPK en la supervivencia, incremento de brotes, raíces y tallos de vetiver, se aplicó el diseño de bloques completos aleatorios con dos tratamientos T1 (sin NPK) y el T2 (con NPK) y tres repeticiones. Obteniendo como resultado en el porcentaje de supervivencia de  $96,354 \pm 0,354$  en el T1 y  $97,916 \pm 1,802$  en el T2 después de los 3 meses; en el incremento de brotes fue de  $2,677 \pm 0,252$  (T1) y  $5,877 \pm 0,434$  (T2); las longitudes de raíces y brotes fueron de  $22,022 \pm 0,601$  cm y  $76,755 \pm 9,1499$  cm en el T1 y  $22,722 \pm 3,548$  cm y  $65,66 \pm 14,611$  cm en el T2, por lo que se concluye que se debe utilizar el fertilizante NPK para la propagación de vetiver ya que mostró un incremento en la supervivencia, raíces y brotes.

Así mismo, Islam et al. (2016) estudiaron la morfología de la raíz de vetiver en suelos arenosos, a una temperatura de  $14^{\circ}\text{C}$  y  $34^{\circ}\text{C}$ , la plantación se realizó en un marco de madera de  $183\text{cm} \times 275\text{cm} \times 61\text{cm}$ , se colocaron 97 botellas (10 cm de diámetro y 25 cm de altura) con arena; obteniéndose como resultado que después de los 90 días las raíces crecieron hasta 97 cm de longitud en arena, lo que indica que el vetiver se adapta muy bien en suelos arenosos, por lo tanto se concluye que el sistema de vetiver puede ser muy eficiente para la protección de taludes que han sido construidos en suelos arenosos.

Por otra parte, Abraão et al. (2019)., evaluaron los atributos biométricos de vetiver en suelos arcillosos y limosos, para lo cual se aplicó el experimento de un esquema factorial doble con bloques aleatorizados, se cultivaron 120 unidades experimentales, donde el primer factor fueron las dos clases de textura de suelo franco-arcillosa: arcilla 38%, limo 26% y arena 36%, y la textura arcillosa: arcilla 59%, limo 15% y arena 25%; y el segundo factor fueron los seis

tiempos de evaluación, obteniéndose como resultados que la textura franco-arcillosa provocó un mejor desarrollo en la altura y número de macollos del vetiver a partir de los 120 días de evaluaciones.

De manera semejante, Rodrigues et al. (2022) evaluaron las características de las plantas vetiver y paspalum, con la finalidad de conocer la contribución en la estabilización del suelo; se emplearon 6 tubos PVC de 2 m de altura y 30 cm de diámetro con una capacidad de tierra de 141 kg en suelo entisol; las características evaluadas fueron: altura de la planta, número de macollos por planta; también longitud, diámetro, volumen y materia seca de la raíz; obteniéndose como resultado que ambas especies presentaron valores similares en la longitud y diámetro, por otra parte el número de macollos por planta fue mayor en paspalum; sin embargo la hierba vetiver presentó una mayor cantidad de raíces finas, las cuales aportan altas cantidades de carbono al contenido orgánico, de esta manera favoreciendo a las características fisicoquímicas del suelo, por lo tanto el suelo tendrá mayor fertilidad y estabilidad de los agregados.

Por otro lado, Révolo & Révolo (2019) evaluaron el desarrollo y crecimiento del bambú bajo el efecto de sustratos orgánicos, en condiciones de vivero, el método fue deductivo inductivo con un diseño completamente al azar (DCA), obteniéndose como resultado el T2 (tierra + compost) mostro una mayor supervivencia de esquejes con un 79%, el T3 (fibra de coco + tierra) 78,50% y los tratamientos que presentaron una menor supervivencia fueron el T5 (tierra negra + arena) y el T1 (aserrín + tierra) respectivamente, de la misma manera el T2 presentó un promedio de 8 brotes y 12,75 de hojas y un mayor diámetro del tallo de 3,38 cm, sin embargo el T4 presentó una mayor longitud del brote de 29,75 cm con respecto a los demás tratamientos, concluyendo que para la propagación asexual del bambú se requiere de sustratos orgánicos como el compost y microorganismos de montaña, ya que se obtuvo un mayor crecimiento y supervivencia de esquejes.

Garate et al. (2021) evaluaron el crecimiento y supervivencia de vetiver en suelos afectados por las actividades de la minería en Madre de Dios; se empleó el diseño de bloques completamente al azar, con cuatro tipos de sustratos: arena (minera), arena + guijarros (minera), suelo forestal y suelo enmendado; se utilizó el análisis de varianza para comprobar la significancia entre los tratamientos; obteniéndose como resultado, que los sustratos no presentaron diferencias significativas sobre la supervivencia y la biomasa total por planta fue menor que en los sustratos mineros que en la no mineros, además, la biomasa total en un suelo enmendado fue significativamente mayor que en los demás sustratos, con un rendimiento de biomasa entre 1,7 cm/kg y 3,6 cm/kg. Además, el tipo de sustrato influyó significativamente sobre las variables de supervivencia, número de brotes y biomasa de vetiver, concluyendo que vetiver es una excelente especie vegetal para la restauración de suelos auríferos y puede ser utilizado para la recuperación de áreas abandonadas por la minería, ya que estos suelos se caracterizan por su alta concentración de metales pesados y baja disponibilidad de nutrientes para las plantas.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. Generalidades de *Chrysopogon zizanioides* L**

#### **2.2.1.1. Clasificación taxonómica**

Según (Holanda et al., 2021; Lakshmi & Sekhar, 2020).

Reino: Plantae.

Superdivisión: Spermatophyta.

División: Magnoliophyta.

Clase: Liliopsida

Orden: Poales.

Familia: Poaceae.

Género: Vetiveria

Nombre científico (binomial): *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty.

Nombre común: Vetiver o pachulí

En la India conocida como khus-khus (Gnansounou et al., 2017; Lakshmanaperumalsamy et al., 2006).

También se le denomina como: grama de las indias, zacate violeta, capia, mura, pasto violeta y baúl de pobre (Siñani, 2012).

### **2.2.2. Características fenotípicas**

El vetiver es perenne y presenta inflorescencia, pero sus semillas son estériles; posee una masa radicular muy ramificada, del cual surgen nuevos macollos muy grandes, sus hojas son largas, angostas y rígidas llegando alcanzar hasta 75 cm de largo y aproximadamente 8 mm de ancho, mientras que sus tallos pueden llegar a una altura de 1.5 m (Orihuela, 2007). Además, su sistema radicular se desarrolla muy rápido y puede alcanzar una profundidad de 3 a 4 m en el primer año. Estas características conceden a la planta una alta tolerancia a las sequías y gran resistencia a las corrientes fuertes. Gracias a sus tallos firmes y erguidos, la planta es muy resistente a las plagas y enfermedades, así como también al fuego y heladas. Asimismo, por sus características fisiológicas resiste a las diferentes variaciones climáticas extremas como, largos periodos de sequías, inundaciones y temperaturas extremas entre  $-15^{\circ}\text{C}$  a  $55^{\circ}\text{C}$ , también, tiene la capacidad de rebrotar con rapidez tras periodos de estiajes, exposición a la salinidad o heladas; cuando está a condiciones climáticas adecuadas o se aplican mejoradores al suelo, esta planta crece a un rango de pH del suelo de 3,3 - 12,5; tolerante a los pesticidas y herbicidas, alta eficiencia en la absorción de los nutrientes como N y P en el agua, así como la captación de metales pesados en el suelo, entre ellos el As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se y Zn (Joseph et al., 2017; Truong et al., 2008); la mayoría de estos metales pesados son absorbidos por la raíz, por lo que el forraje puede ser utilizado (Truong & Chaves, 2010); a pesar de que el vetiver presenta una gran tolerancia a condiciones extremas del suelo y temperaturas previamente mencionadas es muy sensible a la sombra, la cual puede restringir su crecimiento e incluso

provocar su muerte si su exposición es prolongada, por ello, la planta se desarrolla mejor en zonas abiertas y libre de malezas (Mahmoudpour et al. 2021; Truong et al. 2008); por otro lado, su sistema radicular profundo permite la fijación de las partículas del suelo, estabilizar laderas y prevenir los procesos erosivos (Ishrath & Anilkumar, 2019). También, de prevenir la erosión y estabilizar los suelos inestables el vetiver contribuye a la conservación de nutrientes y agua, de esta manera favoreciendo el equilibrio y calidad de su microentorno (Abate & Simane, 2010).

### **2.2.3. Métodos de propagación**

#### **2.2.3.1. Propagación vegetativa**

Para la propagación de la planta vetiver se utilizan tres partes de una planta (brotes/vástago, corona y culmo, tallo o caña); el tallo de vetiver posee nudos sobresalientes con yemas laterales que al entrar en contacto con la humedad promueve el desarrollo de raíces y brotes en cada nudo. Por otra parte, el vetiver se propaga a raíz desnuda mediante la separación de brotes provenientes del macollo madre, los cuales deben incluir dos a tres brotes y una porción de la corona. Los esquejes de vetiver deben recortarse a una longitud de 20 cm, posteriormente deben someterse a varios tratamientos, incluyendo la aplicación de hormonas de enraizamiento en recipientes con agua. Para asegurar su adecuado desarrollo es importante mantenerlos húmedos, expuestos hacia la luz hasta el momento de ser plantados (Truong et al. 2008; Eshetu et al. 2017). Así mismo, la propagación puede llevarse a cabo a través de la multiplicación de yemas, teniendo en cuenta el siguiente proceso: promover la formación de nuevos brotes, estimular el desarrollo de yemas laterales, favorecer el enraizamiento de brotes y propiciar su crecimiento en invernaderos (Truong et al., 2008).

#### **2.2.3.2. Cultivo de tejidos**

Se propaga a través del cultivo del tejido, en este método se utilizan los tejidos de la planta tales como: la punta de la raíz, tejidos de yemas y flores jóvenes de la inflorescencia de

la planta (Truong et al., 2008). Además, el cultivo de tejidos se produce a corto plazo y a costos razonables, tienen la ventaja de los otros métodos de propagación, por ser de pequeño tamaño, fácil de transportar y las plántulas están libres de plagas (Vanoh, 2020).

#### **2.2.4. Usos de la especie *Chrysopogon zizanioides* L**

- **Preservación del agua y suelo**

Las plantaciones de vetiver se utilizan para la recuperación de barrancos, la estabilización de taludes de carreteras y drenajes, restauración de cuencas hidrográficas y la protección de riberas, entre otras (Adugna et al., 2019); esto se debe ya que la planta desarrolla un sistema radicular extenso y profundo, capaz de mantener unidas las partículas del suelo y absorber el agua subterránea de tal profundidad (Chomchalow, 2012). Por otra parte, el vetiver además de contribuir al control de la erosión y conservación del suelo, también muestra una gran resistencia a los terremotos e inundaciones, convirtiéndose como una alternativa prometedora para controlar la erosión del suelo y sus efectos perjudiciales (Gnansounou et al., 2017). Así mismo, los setos de vetiver son capaces de retener los sedimentos, ralentiza y dispersa el agua de escorrentía, de esta manera reduciendo la erosión y al mismo tiempo el agua tiene más tiempo para infiltrarse en el suelo, por lo tanto, un seto de vetiver reducirá la erosión del suelo, conservará la humedad y atrapará los sedimentos (Lakshmi & Sekhar, 2020; Truong, 2000).

- **Fitorremediación**

Esta técnica consiste en el empleo de plantas capaces de limpiar suelos, lodos, sedimentos, aguas subterráneas y superficiales. Además, las plantas pueden asimilar, acumular o incluso degradar distintos contaminantes como los metales pesados y residuos orgánicos. Se ha identificado al vetiver como una especie con un elevado potencial para el proceso de fitorremediación. Esta planta acumula los contaminantes

en las raíces y en los tallos (fitoextracción); así mismo, tiene la capacidad de reducir el transporte y la movilidad de los metales pesados, de esta manera evitando que se disperse hacia otros medios (fitoestabilización); por otra parte, a través del proceso metabólico el vetiver al capturar las moléculas contaminantes puede llegar a descomponerlas y hacerlas menos peligrosas para el medio ambiente (fitodegradación) (Gnansounou et al., 2017).

- **Tratamiento para aguas residuales**

Se ha determinado que el vetiver tiene la capacidad de reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), de esta manera favoreciendo en la eliminación de los nutrientes de N y P presentes en las aguas residuales (Mahmoudpour et al. 2021; Gnansounou et al. 2017). Por esta razón, el vetiver puede ser utilizado para el tratamiento de la eutrofización de las aguas, además, es eficiente para la eliminación de efluentes líquidos, metales pesados y otras sustancias tóxicas (Chomchalow, 2012). Keshtkar et al. (2016) mencionan que el vetiver también es muy eficiente para tratar las aguas residuales industriales y las aguas no convencionales.

- **Agricultura**

La planta vetiver es una herramienta interesante que mejora la calidad del suelo. Así mismo, es utilizada para mejorar directamente la agricultura. Es una hierba que puede combinarse con otras plantas con la finalidad de mejorar la estructura y estabilidad del suelo, lo cual contribuye a evitar la erosión del suelo y aumentar la permeabilidad del campo, estas características mejoran y aumentan el crecimiento y productividad de los cultivos (Gnansounou et al., 2017).

- **Mantillo y compost**

Las hojas de vetiver son un excelente mantillo de gran calidad gracias a su resistencia y durabilidad. En diferentes países tropicales, el uso de brotes de vetiver como

acolchado es una de las principales estrategias para proteger la planta en su fase inicial y para conservar la humedad del suelo. Asimismo, sus hojas del vetiver actúan como otros materiales de acolchado proporcionan sombra a la parcela, disminuyen la temperatura, además conservan la humedad del suelo y previenen el crecimiento de malezas (Pandey & Tiwari, 2023).

- **Forraje**

El vetiver puede ser utilizado como forraje durante sus primeras etapas de crecimiento, además, las hojas pueden servir como alimento de peces y animales, sin embargo las hojas maduras pierden su valor nutritivo debido a su aspereza y por su elevado contenido de sílice en comparación con otras gramíneas. Los brotes jóvenes de vetiver son ricos en nutrientes para la alimentación del ganado especialmente cuando se podan de manera regular de tres a cuatro meses (Pandey & Tiwari, 2023).

- **Control de termitas**

Las termitas representan una gran amenaza para los agricultores, provocando una gran pérdida en sus cultivos. Por ello, se han desarrollado métodos de control biológico como una alternativa para disminuir el uso de químicos, los cuales no solo contaminan el medio ambiente si no que generan resistencia en los insectos. Entre estos métodos, los aceites esenciales de las plantas se utilizan como insecticidas y se han vuelto de gran importancia. El aceite extraído de las raíces de vetiver ha demostrado ser altamente efectivo y duradero para el control de termitas. La acción insecticida del aceite de vetiver provoca un efecto tóxico que al ingresar al intestino de las termitas las conduce de manera gradual a la muerte (Gnansounou et al., 2017). Así mismo, Kumar & Nikhil (2016) indican, que el aceite de vetiver también puede ser utilizado como fungicida y acaricida.

- **Cortavientos**

Los setos altos y densos de vetiver sirven como cortavientos, reducen la velocidad de los vientos fuertes, protegiendo a los cultivos del polvo, el calor y el frío (Pandey & Tiwari, 2023).

- **Medicinal**

El aceite de vetiver contiene diferentes propiedades medicinales y puede actuar como cicatrizante, sedante, y tónico. Además, varias comunidades indígenas utilizan diferentes partes de la planta para tratar distintas enfermedades como: úlceras bucales, fiebre, forúnculos, epilepsia, quemaduras, mordeduras de serpientes, picaduras de escorpión, reumatismo, dolores de cabeza, entre otros (Pandey & Tiwari, 2023).

- **Otros usos de vetiver**

El cultivo de vetiver puede ser utilizado en las zonas rurales como cortafuegos. Las hojas verdes y suculentas incluso hasta en la estación seca, dificultan la propagación de incendios. Además, en los incendios de mayores proporciones, aunque la parte aérea se quemara, sus raíces permanecen intactas y tienden a regenerarse rápidamente. La biomasa de vetiver presenta una alta concentración de celulosa por lo que puede ser utilizado para la elaboración de papel (Gnansounou et al., 2017), y debido a su aceite esencial es utilizado para la perfumería y aromaterapia (Lavania, 2012; Pripdeevech et al., 2006). También, puede emplearse como paja para la construcción de tejados, mezclarse con barro para producir ladrillos destinados a viviendas, cordeles y ornamental (Kumar & Nikhil, 2016). Por otra parte, el vetiver es una de las mejores plantas en el mundo que favorece indirectamente en el secuestro de carbono, ya que tiene una gran capacidad para producir biomasa y su impresionante sistema radicular profundo le facilita a capturar más carbono que cualquier otra gramínea (Gnansounou et al. 2017; Pinnars, 2014).

### **2.2.5. *Propiedades del sustrato***

El sustrato es un medio adecuado para sostener la planta y retener el agua, oxígeno y nutrientes, así mismo, debe presentar un pH óptimo, estar libre de sustancias químicas tóxicas y tener una conductividad apropiada, además, al elegir un sustrato se debe tener en cuenta las propiedades fisicoquímicas (Abanto et al., 2016). Estas propiedades están formadas por partículas minerales, orgánicas y contienen poros los cuales pueden ser ocupados por el aire y el agua, por otra parte, la propiedad biológica es fundamental para la nutrición de las plantas, ya que se caracteriza por la presencia de microorganismos benéficos. Un sustrato apropiado debe presentar buenas características fisicoquímicas favorables que faciliten el crecimiento rápido de las plantas (Chagas et al., 2010).

Entre los sustratos se encuentran el humus de lombriz que presenta un alto contenido de nutrientes solubles y son considerados fertilizantes orgánicos populares (Roychowdhury et al., 2017). Según, Reyes et al. (2017) mencionan que el humus estimula el rendimiento de diferentes cultivos, además mejora la fertilidad de los suelos inclusive cuando estos presentan salinidad; para Conde et al. (2017), el humus al aplicarlo a las plantas actúa como fertilizante orgánico foliar y facilita la absorción de macronutrientes y micronutrientes.

Por otra parte, el suelo agrícola, debido a su de textura franca y la presencia de materia orgánica, se utilizan para la producción agrícola (Mondragon, 2016). La arena de río es utilizado con frecuencia, caracterizándose con un pH neutro y una baja capacidad de intercambio catiónico (Arce & Rivera, 2018); además, al incorporar la arena al sustrato mejora el drenaje, facilita la filtración del agua, previene que el sustrato se compacte y favorece un mejor desarrollo de las raíces (Herrera, 2019).

Se ha comprobado que el vetiver puede crecer en diferentes tipos de sustratos, incluyendo suelos arenosos, arcillosos, limosos, piedra caliza triturada, mezcla de toba y turba,

así como suelos arcillosos-arenosos (Dudai et al., 2006) y franco-arenosos (Pandey & Praveen, 2020). Por otra parte, Siñani (2012) sugiere que, para la propagación de vetiver, se debe buscar un suelo adecuado el cual le ofrezca una alta capacidad de retención de humedad. Por ello, los suelos que no sean demasiado arenosos ni muy arcillosos son los más adecuados para el uso en viveros. Además, el vetiver se adapta mejor en suelos de tipo franco, franco arcillosos-arcillosos y profundos.

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. *Propagación vegetativa***

La propagación vegetativa es una reproducción asexual que se realizan de las plantas donde se obtiene una planta nueva mediante un fragmento de una planta madre (Awotedu et al., 2021).

### **2.3.2. *Vivero***

Un vivero es un conjunto de instalaciones destinadas a producción de todo tipo de plántulas. En él se cultivan diferentes especies vegetales, mediante diversos métodos de propagación, con el propósito de lograr una buena producción de alta calidad (Reyes, 2015).

### **2.3.3. *Sustrato***

Según INTA (2013) citado en Herrera (2019) el sustrato consiste en una mezcla de materia orgánica (compost, estiércol de ganado vacuno, gallinaza, humus, etc.), tierra negra y arena; se utilizan para rellenar bolsas en viveros. Para Díaz et al. (2013), el sustrato es un medio donde las raíces se desarrolla por un periodo corto y su calidad es fundamental ya que de ello dependerá en la salud y vigor de las plantas.

### **2.3.4. *Esqueje***

Es un fragmento de tallo, rama o retoño de la planta, que se inserta en otra o se coloca en el suelo con el fin de propagar o multiplicar la planta (Pérez & Ríos, 2020).

## 2.4. Hipótesis

H0: Los diferentes tipos de sustratos no causaron efectos significativos sobre la producción de vetiver.

H1: Los diferentes tipos de sustratos causaron efectos significativos sobre la producción de vetiver.

## 2.5. Operacionalización de variables

### 2.5.1. Variable independiente

**Tabla 1**

*Diferentes combinaciones de sustratos*

Tratamientos	Sustratos
T0	Tierra agrícola
T1	Tierra agrícola + arena de río
T2	Tierra agrícola + humus de lombriz
T3	Arena de río + humus de lombriz
T4	Tierra agrícola + arena de río + humus de lombriz

### 2.5.2. Variable dependiente (consecuencias)

Características fenotípicas de vetiver

**Tabla 2**

*Variables dependientes*

N°	Variables	Símbolo
1	Porcentaje de prendimiento	PP
2	Altura del tallo	HT
3	Número de hojas	NH
4	Número de tallos	NT
5	Longitud de raíz	LR
6	Número de raíces	NR
7	Materia seca de raíces	MSR

### 2.5.3. Variables intervinientes

- Clima.
- Plagas.
- Enfermedades.

**Tabla 3**

#### Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala	Ítems
<b>Independiente:</b> Tipo de sustrato	El sustrato está compuesto por una mezcla de materia orgánica, tierra negra y arena (INTA, 2013 citado en Herrera, 2019).	Esta variable fue medida con bolsas de polietileno color negro, con una capacidad de cada bolsa de 6" x 9" x 2 mm.	Tierra agrícola (100%)	T0= 1	Nominal	3
			Tierra agrícola (50%) + arena de río (50%)	T1=1:1	Nominal	3
			Tierra agrícola (67%) + humus de lombriz (33%)	T2=2:1	Nominal	3
			Arena de río (67%) + Humus de lombriz (33%)	T3=2:1	Nominal	3
			Tierra agrícola (40%) + arena de río (40%) + humus de lombriz (20%)	T4=2:1	Nominal	3
<b>Dependiente:</b> Producción de vetiver	El rendimiento y desarrollo integral de la planta de vetiver, incluyendo su crecimiento vegetativo y radical, como respuesta a los diferentes sustratos (Jayashree et al., 2014).	Esta variable fue medida con una ficha de registro (ver anexos).	Prendimiento	Porcentaje	Ordinal	3
			Altura de tallo	Centímetros	Ordinal	3
			Tallos	Número	Ordinal	3
			Hojas	Número	Ordinal	3
			Raíces	Número	Ordinal	3
			Longitud de raíces	Centímetros	Ordinal	3
			Peso seco de raíces	Gramos	Ordinal	3

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

##### 3.1.1. *Tipo de investigación*

El estudio de investigación fue de tipo cuantitativa, ya que se recolectaron y analizaron datos numéricos, además se utilizó la estadística para comprobar el efecto entre los diferentes tratamientos en la propagación de *Chrysopogon zizanioides* L en vivero.

##### 3.1.2. *Nivel de investigación*

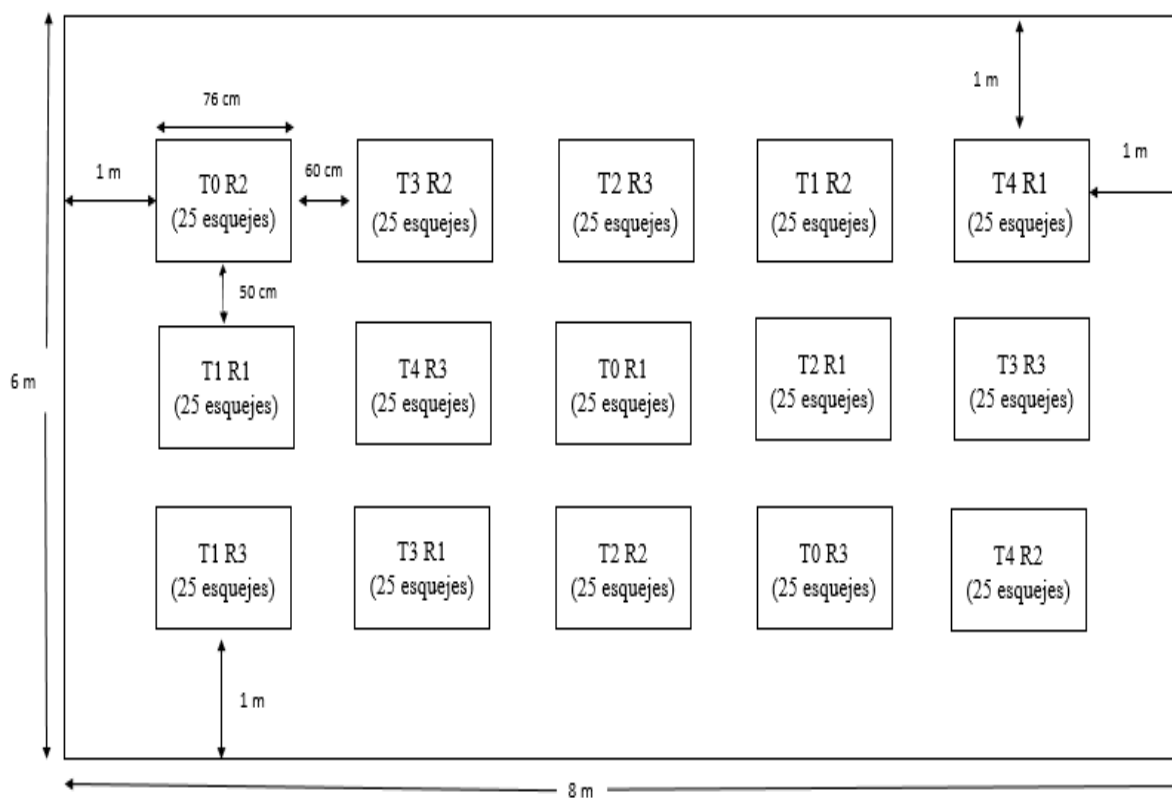
La investigación fue aplicada, ya que los resultados pueden emplearse directamente para la producción de vetiver.

#### 3.2. Diseño de la investigación

El diseño de investigación fue experimental, ya que se manejó la variable independiente (sustratos) y se evaluó el efecto sobre las variables dependientes (propagación de esquejes) (Herrera, 2019). Por lo que se empleó el diseño completamente al azar (DCA), constituido por 5 tratamientos y 3 repeticiones; cada unidad experimental (parcela) estuvo conformado por 25 esquejes, haciendo un total de 15 unidades experimentales; es decir todo el experimento estuvo integrado por 375 esquejes (ver tabla 4). Cabe mencionar que el área total de experimento fue de 7.81 metros de largo por 5.486 metros de ancho, incluyendo calles y pasadizos (48.85 m<sup>2</sup>) y cada unidad experimental tuvo 0.762 metros de ancho por 0.762 metros de ancho (ver figura 1 y 2).

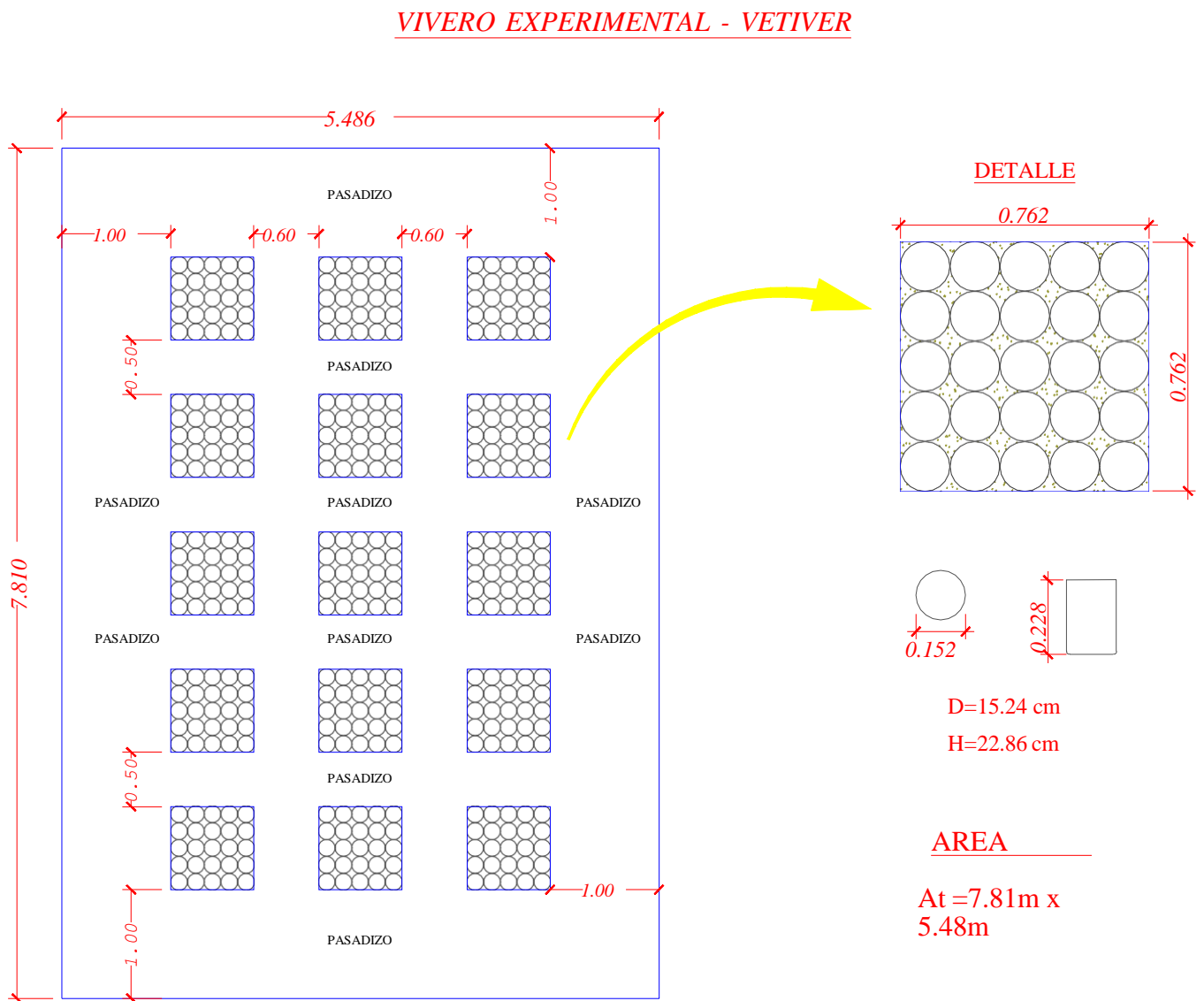
**Tabla 4***Descripción de los tratamientos y repeticiones en el estudio*

Tratamientos	Tipo de sustrato	Número de repetición	N° de esquejes/parcela experimental
<b>T0</b>	Tierra agrícola del lugar (Testigo) (1)	3	25
<b>T1</b>	Tierra agrícola + Arena de río (1:1)	3	25
<b>T2</b>	Tierra agrícola + Humus de lombriz (2:1)	3	25
<b>T3</b>	Arena de río + Humus de lombriz (2:1)	3	25
<b>T4</b>	Tierra Agrícola + Arena de río + Humus de lombriz (2:2:1)	3	25
<b>Total</b>			<b>375</b>

**Figura 1***Croquis distribución de tratamientos y repeticiones en vivero*

**Figura 2**

*Croquis del experimento*



### 3.3. Métodos de investigación

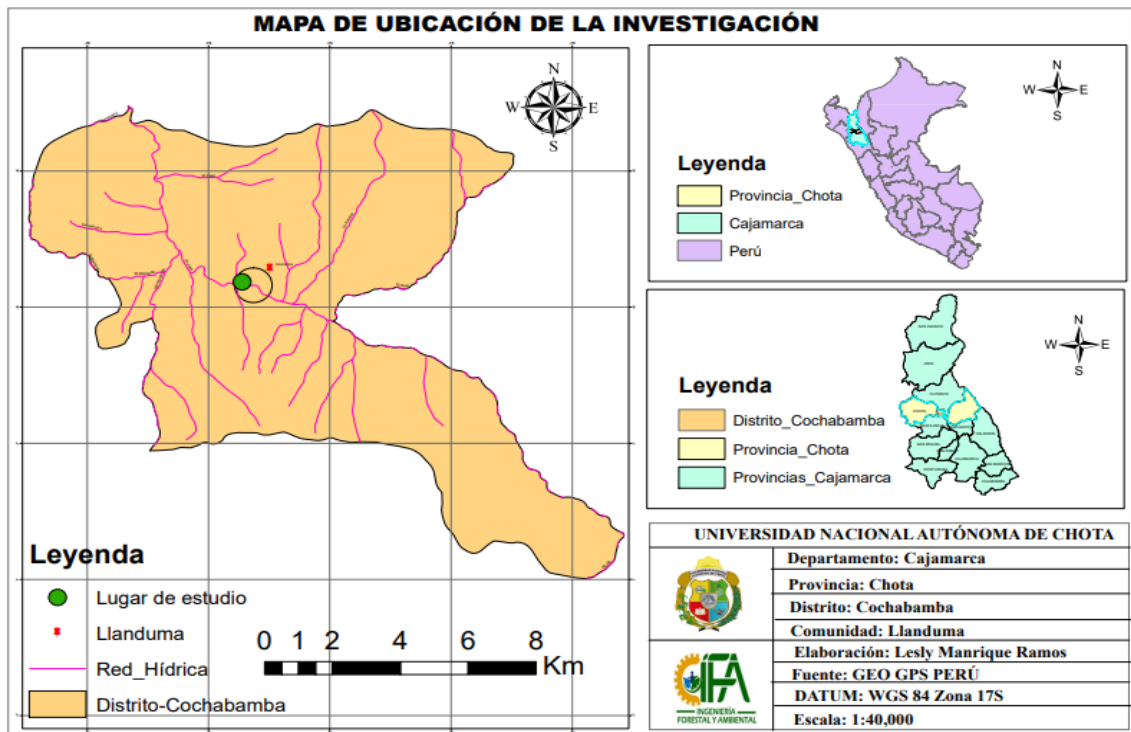
#### 3.3.1. Ubicación del lugar de estudio

La investigación se ejecutó en la Localidad de Llanduma Bajo, que pertenece al distrito de Cochabamba, provincia de Chota – Cajamarca, entre las Coordenadas UTM E 735804 N 9283472 y a una altitud de 1,704 m.s.n.m (Figura 3).

Según la estación meteorológica Cochabamba (código 106058), durante los meses de ejecución del proyecto marzo, abril, mayo, junio y julio del año 2024, la temperatura máxima y mínima osciló entre 27,98 °C y 11,90 °C, además se tuvo una humedad relativa promedio de 71,38 % y una precipitación de 1.88 mm/día (SENAMHI-Cochabamba).

**Figura 3**

*Ubicación de la investigación*



#### 3.3.2. Equipos, materiales e insumos

##### 3.3.2.1. Equipos

- Balanza analítica

- Estufa

### **3.3.2.2. Materiales**

#### **a. Materiales de campo**

- Postes de madera
- Tijeras de podar
- Alambre
- Clavos
- Malla raschell
- Malla alámbrica
- Clavos
- Paja rafia
- Baldes
- Martillo
- Alambre
- Regla milimétrica de 60 cm
- Carretilla
- Regadera
- Formol
- Regadera
- Tablas de triplay
- Bolsas de polietileno 6" x 9" x 2 mm
- Wincha de 50 m
- Pico
- Palana
- Barreta

- Serrucho
- Alicate

#### **b. Materiales de gabinete**

- Laptop
- Tablero
- Papel bond
- Fichas de registros de datos
- Lapicero de apuntes
- Cámara fotográfica

#### **3.3.2.3. Insumos**

- **Material vegetativo**  
Esquejes de vetiver
- **Material del sustrato**  
Tierra agrícola  
Arena de río  
Humus de lombriz

#### **3.3.3. Actividades en campo**

##### **A. Área experimental**

Para el estudio experimental se utilizó un área total de 42.845 m<sup>2</sup> donde fueron distribuidas 15 unidades experimentales (parcelas) en un área de 0.580 m<sup>2</sup>, cada unidad experimental estuvo conformada por 25 esquejes donde se evaluaron las características fenotípicas de las plantas. Cada parcela se realizó a una profundidad de 20 cm, posteriormente se colocaron las bolsas con sustrato, además se construyeron pasadizos de 0.60 m en forma vertical y 0.50 m en forma horizontal. El vivero fue construido con postes de madera de la

especie *Eucalyptus globulus* para luego ser cubierto con malla raschell de color verde al 60% de luminosidad para brindar las condiciones adecuadas para las plantas (Figura 2).

### **B. Obtención de esquejes de *Chrysopogon zizanioides* L.**

Los esquejes de vetiver fueron seleccionados de las mejores plantas madres en promedio de edad en uno a año y medio, se tuvo bastante cuidado en su extracción del suelo, luego se hizo la limpieza de la planta retirando las hojas secas, posteriormente con una tijera de podar desinfectada se podaron las hojas de la planta a un tamaño aproximadamente de 20 cm de longitud y las raíces a 5 cm del cuello de la planta, luego se lavaron las raíces con agua limpia y se amarraron en paquetes de 50 a 80 esquejes y de inmediato se colocaron en papel periódico previamente humedecido en depósitos cooler de plástico con el fin de evitar la deshidratación y posteriormente se transportaron al lugar donde se encuentra el vivero.

### **C. Adecuación del material vegetativo para la siembra**

Posteriormente de haber trasladado los esquejes hacia el vivero se colocaron en recipientes con agua por un lapso de tiempo de 72 horas bajo sombra con la finalidad de que los esquejes formen nuevas raíces y queden listos para la siembra.

### **D. Adquisición y preparación del sustrato**

La arena de río fue recolectada de la quebrada Llanduma que viene a ser un tributario del río Chotano, el suelo agrícola fue obtenido del lugar donde se estableció el vivero, el humus de lombriz fue adquirida en la ciudad de Chiclayo de la tienda comercial SODIMAC, la misma que ha sido adquirido de la Empresa Productora RENEMAR S.A. RUC: 20102182767 – Av. Cascanueces II MZA. L LT. 7 Santa Anita – Lima.

Antes de ser utilizados los elementos del sustrato (tierra agrícola y arena de río) se eliminaron todas las impurezas como piedras, trozos de ramas, hojas, etc. con la ayuda de la zaranda, esta actividad se realizó con el fin de que el sustrato no presente ningún tipo de

impurezas. Posteriormente, la tierra agrícola y la arena de río fueron desinfectadas con formol (formaldehído) al 40% a las dosis de 250 mililitros en 10 litros de agua, con el propósito de prevenir que patógenos, malezas e insectos puedan causar enfermedades durante el proceso del estudio.

Al finalizar la desinfección, el sustrato fue cubierto con plástico negro polietileno, con el fin de evitar la evaporación de los gases originados, permaneciendo cubierto por 48 horas, posteriormente se procedió a retirar el plástico y se removió el sustrato para dejarlo por 3 días para su aireación, posteriormente se llenaron las bolsas para distribuir el sustrato en cada tratamiento de las unidades experimentales.

#### **E. Embolsado**

Para la instalación del experimento fueron adquiridas bolsas de polietileno color negro, con una capacidad de cada bolsa de 6" x 9" x 2 mm. Las cuales fueron llenados con los sustratos correspondientes y enfilados en cada parcela experimental.

#### **F. Riego de siembra**

Fue la actividad previa a la ejecución de hoyación y siembra, a fin de humedecer la bolsa para facilitar esta actividad.

#### **G. Hoyación y siembra de esquejes**

Antes de proceder a la siembra se realizó la hoyación con un repicador en el centro de la bolsa con el sustrato húmedo, posteriormente se colocaron los esquejes.

#### **H. Riego de mantenimiento**

El riego se realizó interdiario en el primer mes por la tarde, posteriormente al segundo mes se realizó cada 4 días con una regadera de manera manual hasta finalizar el periodo de evaluación.

## **I. Codificación**

Se colocaron placas de triplay en cada uno de los tratamientos con su respectiva identificación, teniendo en cuenta el tipo de sustrato y la repetición por cada unidad experimental (figura 30).

## **J. Deshierbo**

El deshierbo se realizó constantemente de manera manual, con el fin de prevenir el crecimiento de malezas tanto dentro como fuera de las parcelas experimentales. Se eliminaron las plantas no pertenecientes al experimento con la finalidad de impedir la competencia por nutrientes, agua y luz.

### **3.4. Población, muestra, muestreo**

#### **3.4.1. Población**

La población en el estudio estuvo compuesta por las plantas de vetiver que se encuentran en el Eco Huerto “EL TIGRE” localidad Zaranda distrito de Pitipo provincia de Ferreñafe-Lambayeque. Las plantas de vetiver fueron obtenidas del Proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT) las cuales fueron sembradas en forma de hileras, su riego se realiza a través de un sistema de riego por goteo, el corte de su forraje se realiza cada 4 meses y se utiliza para generar abonos orgánicos.

#### **3.4.2. Muestra**

La muestra se conformó por 375 esquejes de *Chrysopogon zizanioides* L. las cuales se distribuyeron según el diseño experimental, ubicado en la localidad de Llanduma Bajo, distrito de Cochabamba – Chota. Se seleccionaron las plantas de la especie con las mejores características fenotípicas tallos erguidos y firmes de aproximadamente 1.70 m, con mayor presencia de yemas y nudos, de un promedio de edad de uno a año y medio, se podaron las hojas de la planta a un tamaño aproximadamente de 20 cm de longitud y las raíces a 5 cm del

cuello de la planta. Para la obtención de esquejes se eligieron de plantas saludables no presentaban ningún tipo de plaga.

### **3.4.3. Muestreo**

Cada unidad experimental contó con igual probabilidad de ser elegida mediante el método de muestreo aleatorio simple.

## **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.5.1. Evaluación del crecimiento**

La evaluación del crecimiento vegetativo de *C. zizanioides* fue realizado durante 120 días después de la siembra. Como instrumento de recolección de datos se utilizó una ficha de registros de datos.

Para la medición de la altura de cada planta, la longitud de las raíces se utilizó una regla milimétrica de 60 cm; el número de hojas, tallos y raíces fueron contados por conteo simple y para el peso seco de raíces se empleó la balanza analítica.

#### **3.5.1.1. Procesamiento de recolección de datos de las variables en estudio**

Las mediciones de las variables se realizaron cada 30 días a partir de la plantación durante cuatro meses, considerando los siguientes.

- Porcentaje de prendimiento
- Altura de tallo
- Número de hojas
- Número de tallos

Así mismo, al final de los 120 días se evaluó:

- Longitud de raíces
- Número de raíces

- Materia seca de raíces

Tal como lo realizaron (Ishrath & Anilkumar, 2019; Jayashree et al., 2014), donde evaluaron el número de raíces, peso de raíces y longitud de raíces a los 4 meses.

### **3.5.1.2. Metodología para la evaluación de las variables en el estudio**

#### **✓ Porcentaje de prendimiento**

El porcentaje de prendimiento se evaluó a los 25 esquejes de cada parcela experimental, es decir se seleccionaron todas las unidades experimentales (375 esquejes), cada 30 días después de haber sido plantado los esquejes, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula.

$$PP = \frac{NPP}{NPT} \times 100$$

Donde:

PP = Porcentaje de prendimiento.

NPP = Número de plantas prendidas.

NPT = Número de plantas totales.

#### **✓ Altura de tallo**

Se registró la altura del tallo más grande y pequeño de los 375 esquejes del experimento, cada tallo se midió desde la superficie del sustrato hasta la punta más alta del tallo principal cada 30 días, para luego obtener el promedio de altura del tallo.

#### **✓ Número de hojas**

El número de hojas se registró a través de un conteo simple en cada uno de los 375 esquejes, realizando esta evaluación cada 30 días hasta la finalización del experimento.

#### **✓ Número de tallos**

El número de tallos se registró mediante un conteo simple, en las 75 plantas de cada tratamiento (375 esquejes), cada 30 días después de establecido el experimento por un periodo de 4 meses.

#### ✓ **Longitud de raíces**

Se evaluó la medición de la longitud de raíces (cm) al concluir el experimento a los 120 días, se consideró la medida desde el cuello del tallo, hasta la parte terminal de la raíz más grande, utilizando un flexómetro metálico de 3 m y una regla metálica de 60 cm. La evaluación de la longitud de la raíz se realizó a todos los 375 esquejes.

#### ✓ **Número de raíces**

Después de haber transcurrido los 120 días se realizó el conteo simple de las raíces de los 375 esquejes del experimento.

#### ✓ **Materia seca de raíces**

Se seleccionaron aleatoriamente 5 plantas de cada unidad experimental, siendo un total de 75 muestras, luego se trasladaron las plantas al laboratorio para evaluar el peso radicular. Posteriormente con la ayuda de la tijera de podar se separó la parte aérea de la raíz, codificando y colocando en sobre manila cada muestra vegetal, seguidamente ser secado en la estufa al 70 °C durante 24 horas. Posteriormente, al transcurrir ese periodo las muestras se retiraron de la estufa y luego se realizó el peso seco de la raíz.

### **3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Los datos fueron procesados en el programa Microsoft Excel, posteriormente se comprobaron si cumplen con los supuestos del análisis de varianza, aplicando la prueba de normalidad mediante el método de Shapiro-Wilk y para la prueba de homogeneidad de varianzas mediante el método de Bartlett en el programa de Rstudio, una vez que los datos cumplieron con estos dos requisitos fueron sometidos al análisis de varianza al 1% y 5% de probabilidad según la prueba de F, así como, las medias de los tratamientos fueron comprobados mediante la prueba de Tukey al 1% y 5% en el programa Sisvar.

### **3.7. Aspectos éticos**

A partir del conocimiento de la ética de investigación, se precisa que la presente investigación es producto de un esfuerzo del autor, asumiendo que lo citado estará de acuerdo a las normas técnicas de redacción de trabajo de investigación, de detectarse algún plagio me someto a las normas que tiene para este fin la Universidad.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

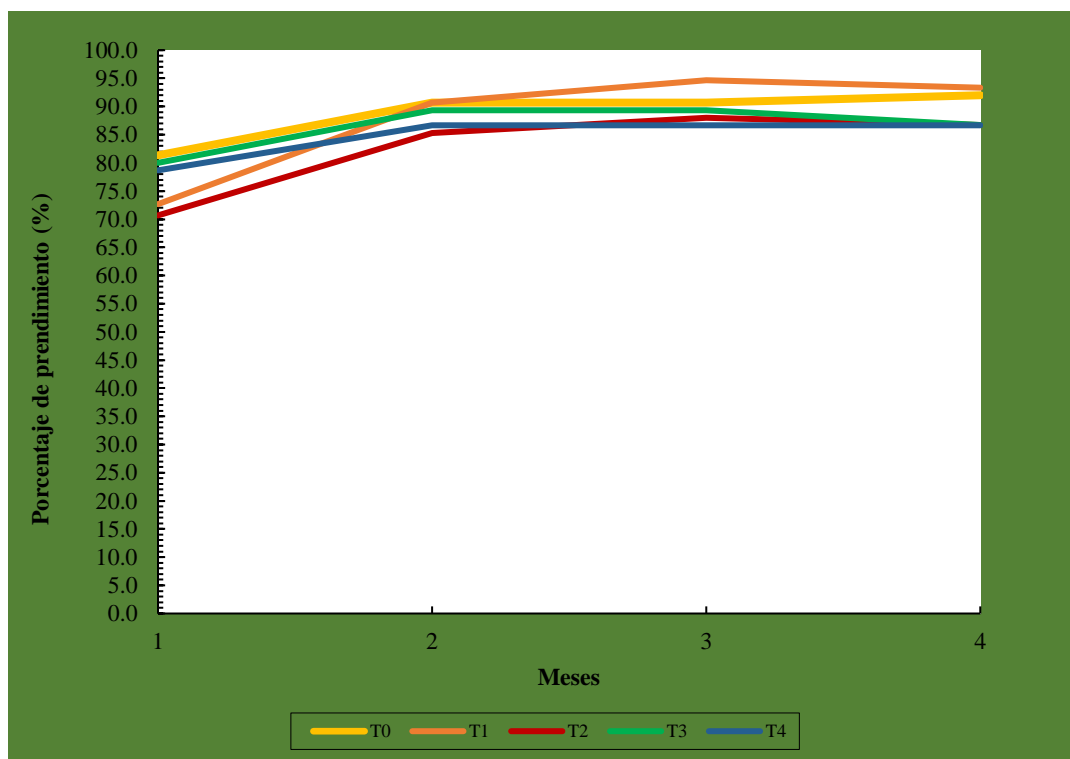
#### 4.1. Efecto de los cinco tipos de sustratos en el crecimiento de vetiver durante cuatro meses

##### 4.1.1. Porcentaje de prendimiento

En la figura 4 se refleja que a los tres meses, la mayoría de tratamientos presentan un mayor porcentaje de prendimiento; sin embargo, a los cuatro meses descendieron, a excepción del T0 (tierra agrícola 1) que presentó mayor porcentaje y el T4 (tierra agrícola + arena de río + humus de lombriz 2:2:1) presentó el mismo valor.

#### Figura 4

*Porcentaje de prendimiento de esquejes durante el periodo de estudio*



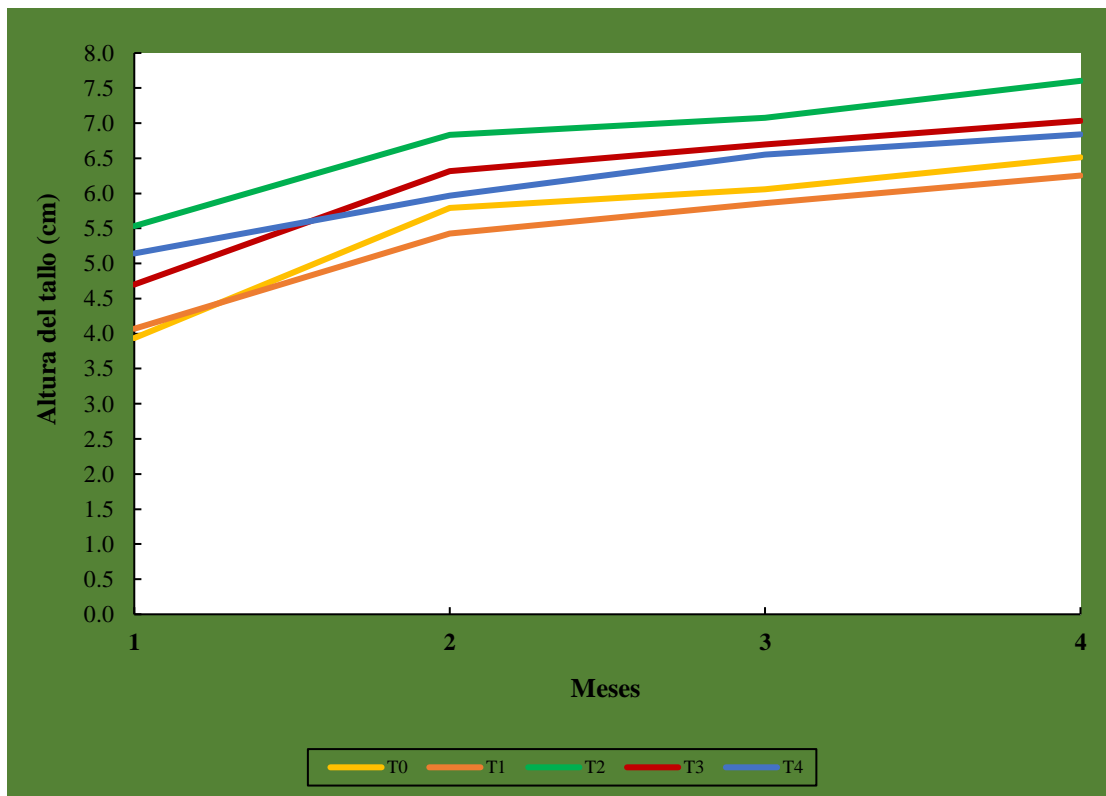
Nota: Los valores adquiridos durante la recolección de datos corresponden al primer mes, segundo mes, tercer mes y cuarto mes.

#### 4.1.2. *Altura del tallo*

En la figura 5 se aprecia que a los dos meses el T2 (tierra agrícola + humus de lombriz 2:1) presentó el mayor valor en la altura del tallo, el cual fue liderando hasta el cuarto mes; mientras tanto el T1 (tierra agrícola + arena de río 1:1) presentó los valores más bajos.

**Figura 5**

*Altura del tallo durante el periodo de estudio*



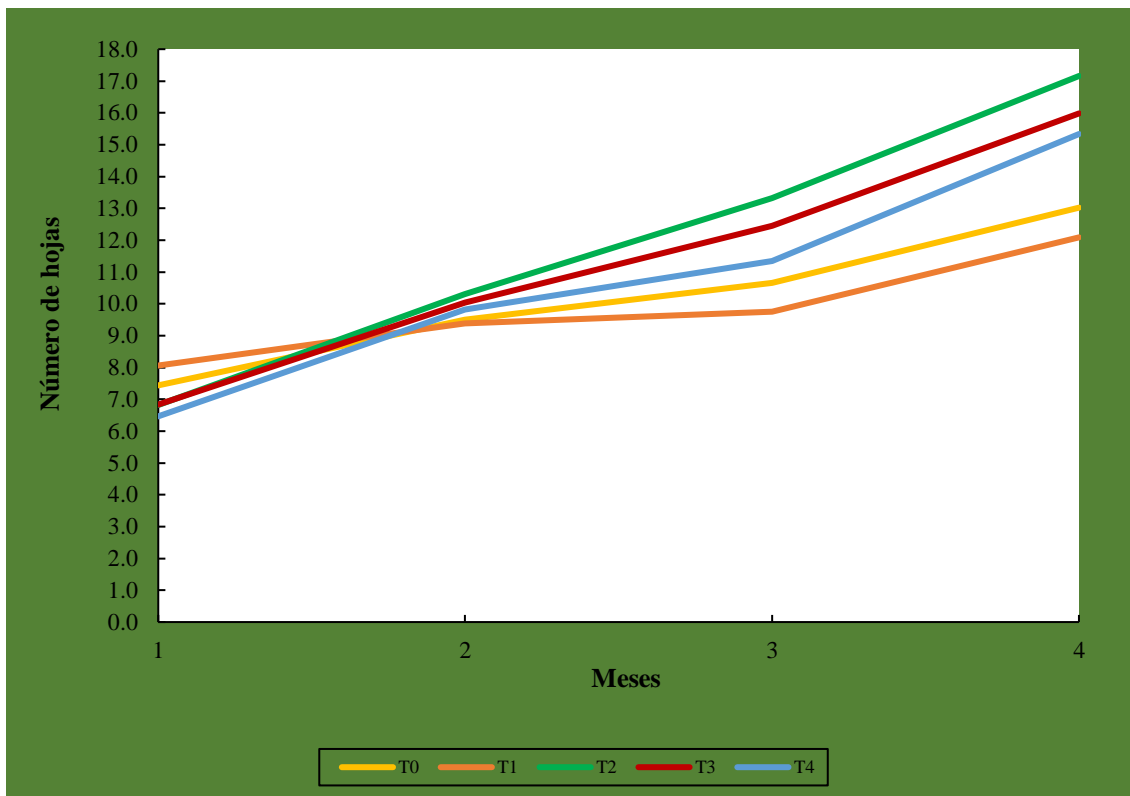
Nota: Los valores adquiridos durante la recolección de datos corresponden al primer mes, segundo mes, tercer mes y cuarto mes.

### 4.1.3. Número de hojas

En la figura 6 se aprecia que a los dos y cuatro meses el T2 (tierra agrícola + humus de lombriz 2:1) presentó el mayor promedio de número de hojas y el menor valor promedio el T1 (tierra agrícola + arena de río 1:1) durante los 120 días de evaluación.

**Figura 6**

*Número de hojas durante el periodo de estudio*



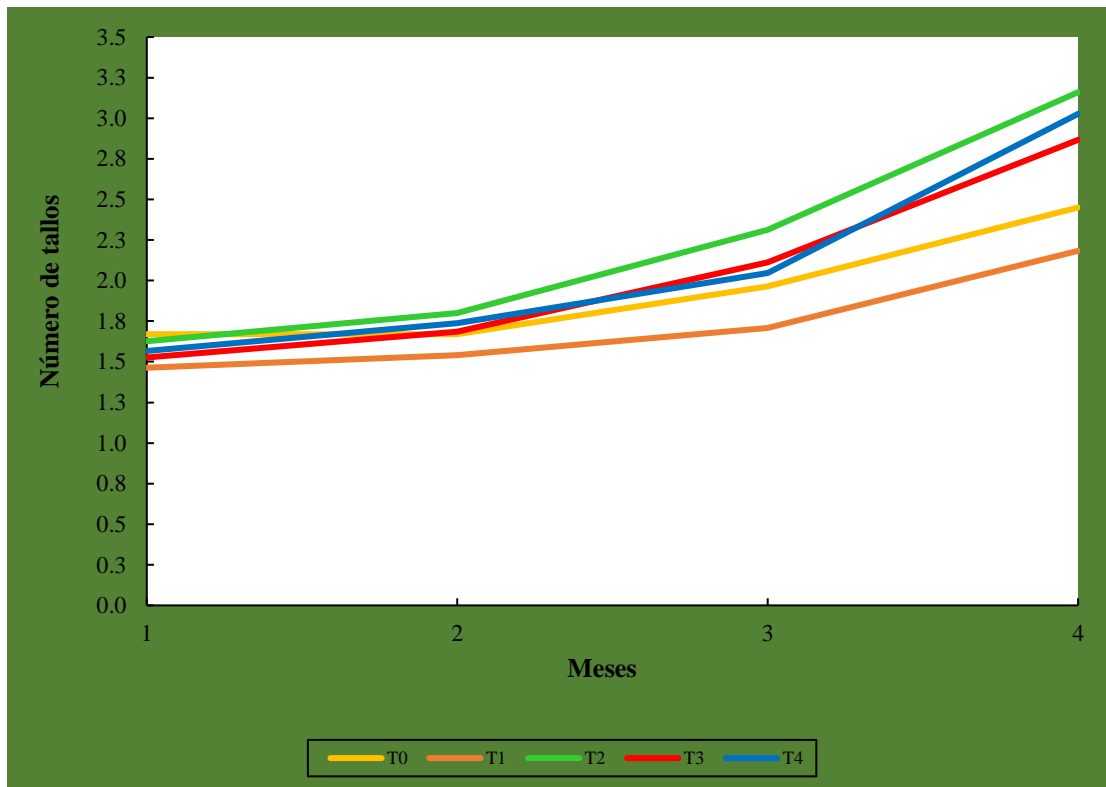
Nota: Los valores adquiridos durante la recolección de datos corresponden al primer mes, segundo mes, tercer mes y cuarto mes.

#### 4.1.4. Número de tallos

En la figura 7 se aprecia que, a los dos, tres y cuatro meses el T2 (tierra agrícola + humus de lombriz 2:1) registró el mayor número de tallos y el menor número de tallos el T1 (tierra agrícola + arena de río 1:1).

**Figura 7**

*Número de tallos durante el periodo de estudios*



Nota: Los valores adquiridos durante la recolección de datos corresponden al primer mes, segundo mes, tercer mes y cuarto mes.

#### 4.2. Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas

En la tabla 5 se muestra que los datos de las variables porcentaje de prendimiento, altura del tallo, número de hojas, número de tallos, longitud de la raíz, número de raíces y materia seca de raíces en los diferentes sustratos si presentan normalidad y homogeneidad de varianzas, dado que los valores derivados en el Rstudio son mayores a 0,05. Por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza.

**Tabla 5***Normalidad y homogeneidad de varianzas mediante los métodos de Shapiro Wilk y Barlett*

Variables	Normalidad de datos	Homogeneidad de varianza
Porcentaje de prendimiento	p-value=0,31	p-value=0,97
Altura de tallo	p-value=0,23	p-value=0,24
Número de hojas	p-value=0,91	p-value=0,62
Número de tallos	p-value=0,99	p-value=0,65
Longitud de la raíz	p-value=0,56	p-value=0,64
Número de raíces	p-value=0,80	p-value=0,60
Materia seca de raíces	p-value=0,31	p-value=0,10

Nota: p valor &gt; 0,05

**4.3.Efectos de los cinco tipos de sustratos en esquejes de vetiver a los cuatro meses****4.3.1. Porcentaje de prendimiento de plántulas *Chrysopogon zizanioides* L**

En la tabla 6 muestra que el P valor es mayor que 0,05; por lo tanto, no se determinaron diferencias estadísticas entre los sustratos sobre la variable porcentaje de prendimiento. Así mismo, se observa que el coeficiente de variación es de 7,05%, por lo tanto, indica que hubo una alta precisión en la recolección de datos, ya que se encuentra en el rango  $5 < CV \leq 10\%$ .

**Tabla 6***Análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento*

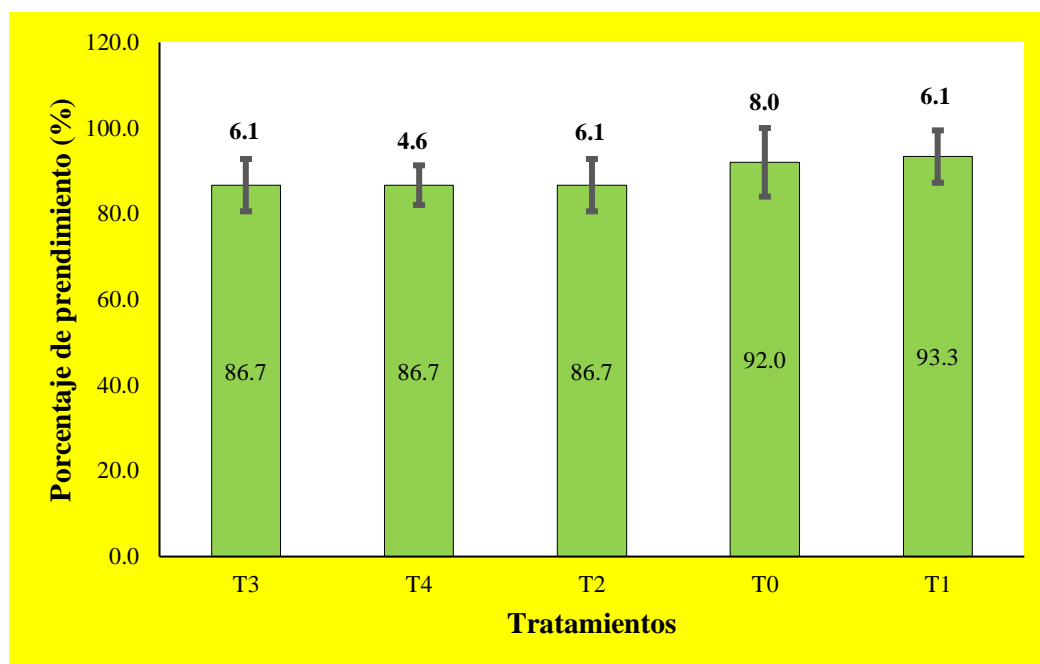
Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Sustratos	4	132,3	33,1	0,8	0,5
Error	10	394,7	39,5		
CV (%)			7,05		

Nota: No significativo según la prueba de F a 5% de probabilidad.

En la figura 8 se observa que existe una diferencia numérica entre los promedios del porcentaje de prendimiento por cada sustrato. Los cuales variaron desde 86,7% para el sustrato arena de río + humus de lombriz (2:1) hasta 93,3 % para el sustrato tierra agrícola + arena de río (1:1), sin embargo, no existen diferencias estadísticas significativas.

**Figura 8**

*Efecto de los sustratos sobre el porcentaje de prendimiento*



Nota: Las antenas que están encima de las barras del porcentaje de prendimiento corresponden a la desviación estándar.

#### **4.3.2. Altura del tallo**

En la tabla 7 se nota que el valor de P calculado es  $\leq 0,01$ , por esta razón, existen una alta significancia entre los sustratos sobre la variable altura del tallo. Además, se observa que el coeficiente de variación es de 4,52%, en consecuencia, indica que hubo una alta precisión en la recolección de datos, ya que se encuentra en el rango de  $5 < CV \leq 10\%$ .

**Tabla 7**

*Análisis de varianza para la altura del tallo*

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Sustratos	4	3,2	0,8	8,4	0,003
Error	10	1,0	0,1		
CV (%)			4,52		

Nota: Significativo a 1% de probabilidad según la prueba de F.

En la tabla 8 y figura 9 nos indica que la altura del tallo fue influenciado de manera significativa por los diferentes sustratos donde el mayor valor lo alcanzó el sustrato tierra agrícola + humus de lombriz (2:1) con 7,6 cm, y la menor altura los sustratos tierra agrícola + arena de río (1:1) y tierra agrícola (1) con valores de 6,3 y 6,5 cm respectivamente, mientras que los sustratos tierra agrícola + arena de río + humus de lombriz (2:2:1) y arena de río + humus de lombriz (2:1) lograron valores intermedios de 6,8 y 7,0 cm relativamente, estadísticamente iguales a los sustratos tierra agrícola + humus de lombriz (2:1), tierra agrícola (1) y tierra agrícola + arena de río (1:1) correspondientemente.

**Tabla 8**

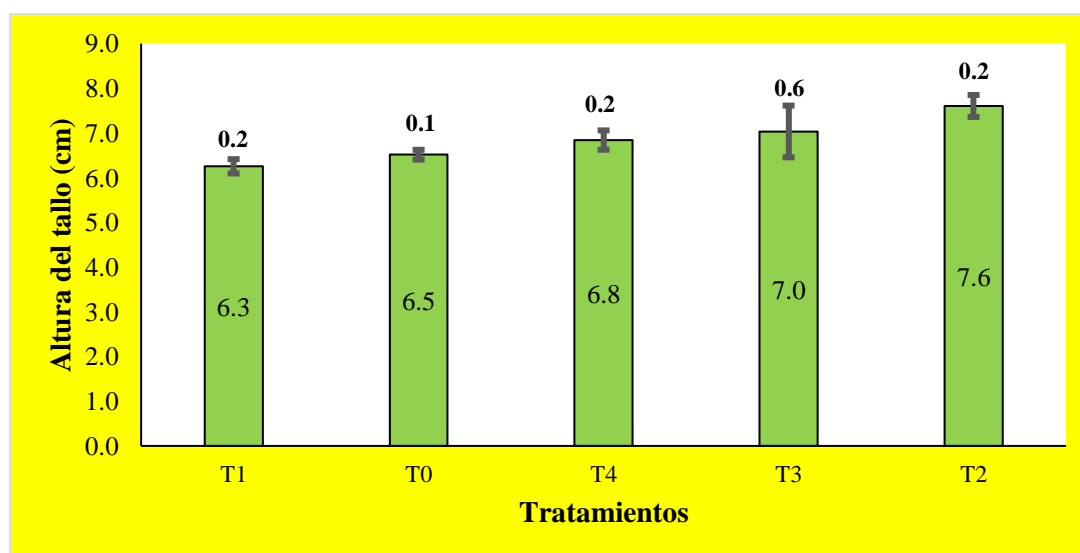
*Prueba de Tukey para la altura del tallo*

Sustratos	Media
Tierra agrícola + arena de río (1:1)	6,3 b
Tierra agrícola (1)	6,5 b
Tierra agrícola + arena de río + humus de lombriz (2:2:1)	6,8 ab
Arena de río + humus de lombriz (2:1)	7,0 ab
Tierra agrícola + humus de lombriz (2:1)	7,6 a
Promedio	6,8

Nota: Letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

**Figura 9**

*Efecto de los sustratos sobre la altura del tallo*



Nota: Las antenas que están encima de las barras de la altura del tallo corresponden a la desviación estándar.

### 4.3.3. Número de hojas

En la tabla 9 se observa que el número de hojas no reveló efectos significativos entre los sustratos, según la prueba de F ( $PV > 0,05$ ). Así mismo, se aprecia que el coeficiente de variación es de 15,8%, lo que sugiere que hubo una moderada precisión en la recolección de datos, ya que se encuentra en el rango de  $15 < CV \leq 20\%$ .

**Tabla 9**

*Análisis de varianza para el número de hojas*

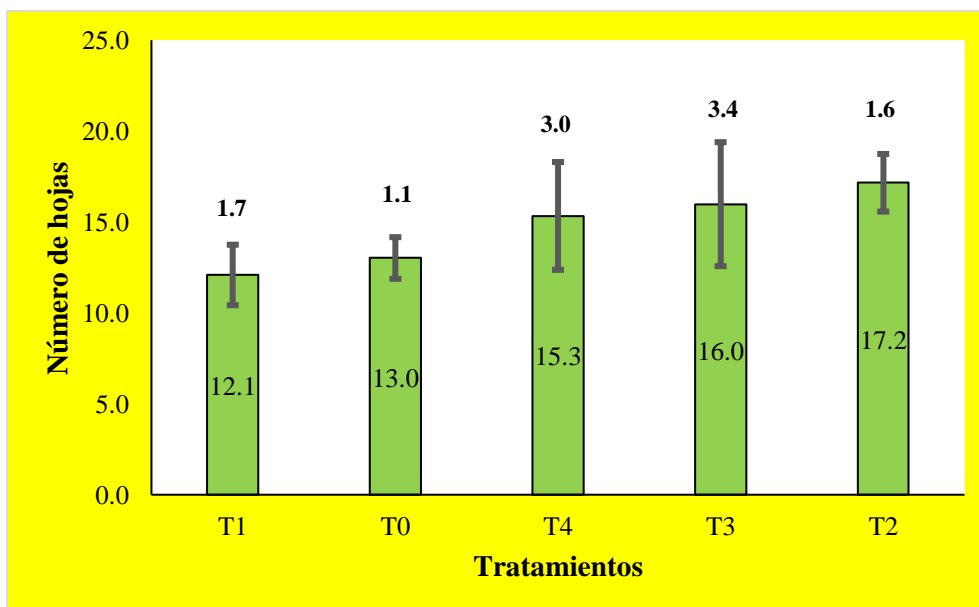
Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Sustratos	4	53,2	13,3	2,5	0,1
Error	10	54,0	5,4		
CV (%)			15,8		

Nota: No significativo según la prueba de F a 5% de probabilidad.

En la figura 10 se observa diferencias numéricas entre los sustratos sobre el número de hojas, sin embargo, no causaron diferencias estadísticas. El número de hojas varió desde 12,1 para el sustrato tierra agrícola + arena de río (1:1) hasta 17,2 para tierra agrícola + humus de lombriz (2:1).

**Figura 10**

*Efecto de los sustratos sobre el número de hojas*



Nota: Las antenas que están encima de las barras del número de hojas corresponden a la desviación estándar.

#### 4.3.4. Número de tallos

En la tabla 10 se puede apreciar que los distintos sustratos no provocaron diferencias significativas sobre la variable número de tallos, indicando que el P valor fue mayor que 0,05. Además, se constata que el coeficiente de variación es 19,2%, por lo tanto, indica que hubo una moderada precisión en la recolección de datos, ya que encuentra en el rango de  $15 < CV \leq 20\%$ .

**Tabla 10**

*Análisis de varianza para el número de tallos*

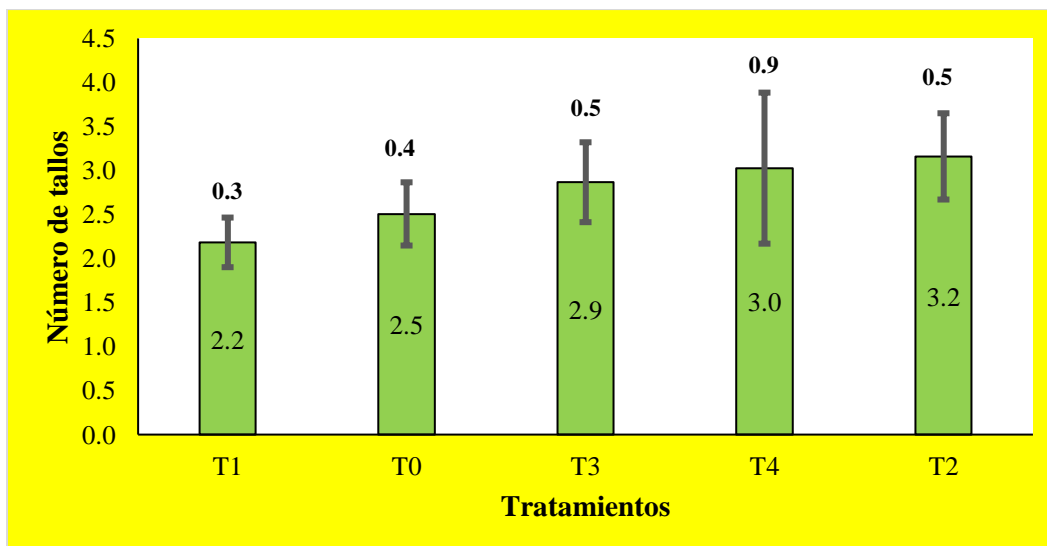
Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Sustratos	4	1,9	0,5	1,7	0,2
Error	10	2,8	0,3		
CV (%)			19,2		

Nota: No significativo según la prueba de F a 5% de probabilidad.

En la figura 11 se percibe que el mayor número de tallos se adquirió en el sustrato tierra agrícola + humus de lombriz con un valor de 3,2; seguido del sustrato tierra agrícola + arena de río + humus de lombriz (2:2:1); arena de río + humus de lombriz (2:1); tierra agrícola (1) y tierra agrícola + arena de río (1:1) con valores de 3,0; 2,9; 2,5 y 2,2 respectivamente.

**Figura 11**

*Efecto de los sustratos sobre el número de tallos*



Nota: Las antenas que están encima de las barras del número de tallos corresponden a la desviación estándar.

#### 4.3.5. Longitud de la raíz

En la tabla 11 se evidencia que los diferentes sustratos causaron diferencias altamente significativas ( $PV \leq 0,01$ ) sobre la longitud de la raíz. Asimismo, se percibe que el coeficiente de variación es de 5,5%, lo que se interpreta que hubo una alta precisión en la recolección de datos, ya que se encuentra en el rango de  $5 < CV \leq 10\%$ .

**Tabla 11**

*Análisis de varianza para la longitud de la raíz*

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Sustratos	4	81,3	20,3	5,5	0,01
Error	10	36,9	3,7		
CV (%) =			5,5		

Nota: Significativo a 1% de probabilidad según la prueba de F.

En la tabla 12 y figura 12 se muestra que el mejor sustrato es tierra agrícola + arena de río (1:1) con un valor de 38,0 cm, significativamente superior a los sustratos tierra agrícola + arena de río + humus de lombriz (2:2:1), tierra agrícola + humus de lombriz (2:1), arena de río + humus de lombriz (2:1) y tierra agrícola (1). Por otro lado, el sustrato tierra agrícola (1) registró la longitud más corta con 32,3 cm.

**Tabla 12**

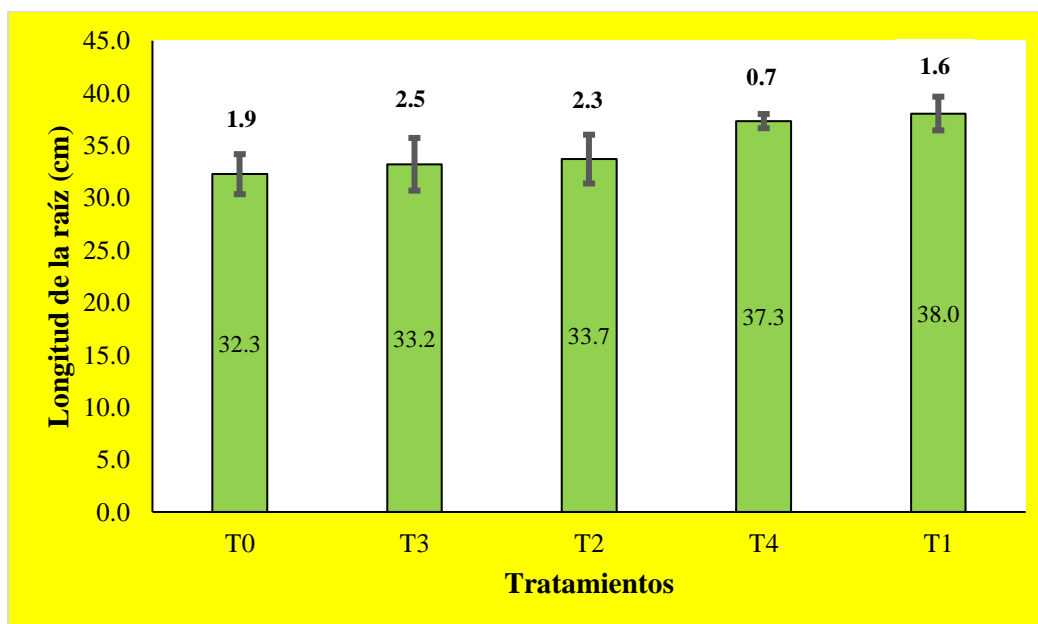
*Prueba de Tukey para la longitud de la raíz*

Sustratos	Medias
Tierra agrícola (1)	32,3 b
Arena de río + humus de lombriz (2:1)	33,2 ab
Tierra agrícola + humus de lombriz (2:1)	33,7 ab
Tierra agrícola + arena de río + humus de lombriz (2:2:1)	37,3 ab
Tierra agrícola + arena de río (1:1)	38,0 a
Promedio	34,9

Nota: Letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

**Figura 12**

*Efecto de los sustratos sobre la longitud de la raíz.*



Nota: Las antenas que están encima de las barras de la longitud de la raíz corresponden a la desviación estándar.

#### **4.3.6. Número de raíces**

En la tabla 13 se observa que los diferentes sustratos provocaron efectos significativos ( $PV \leq 0,05$ ) sobre la variable número de raíces. Así mismo, señala que el coeficiente de variación es de 11,6%, lo que sugiere que hubo una buena precisión en la recolección de datos, ya que se encuentra en el rango de  $10 < CV \leq 15\%$ .

**Tabla 13**

*Análisis de varianza para el número de raíces*

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Sustratos	4	181,1	45,3	4,9	0,02
Error	10	91,8	9,2		
CV (%) =			11,6		

Nota: Significativo a 5% de probabilidad según la prueba de F.

Por otro lado, en la tabla 14 y figura 13 se puede apreciar que el sustrato tierra agrícola + humus de lombriz (2:1) mostró un mayor resultado en el número de raíces con 29,8, significativamente superior a los sustratos arena de río + humus de lombriz (2:1), tierra agrícola

+ arena de río + humus de lombriz (2:2:1), tierra agrícola (1) y tierra agrícola + arena de río (1:1). Por otra parte, el sustrato tierra agrícola + arena de río presentó el valor más bajo en el número de raíces con 21,5.

**Tabla 14**

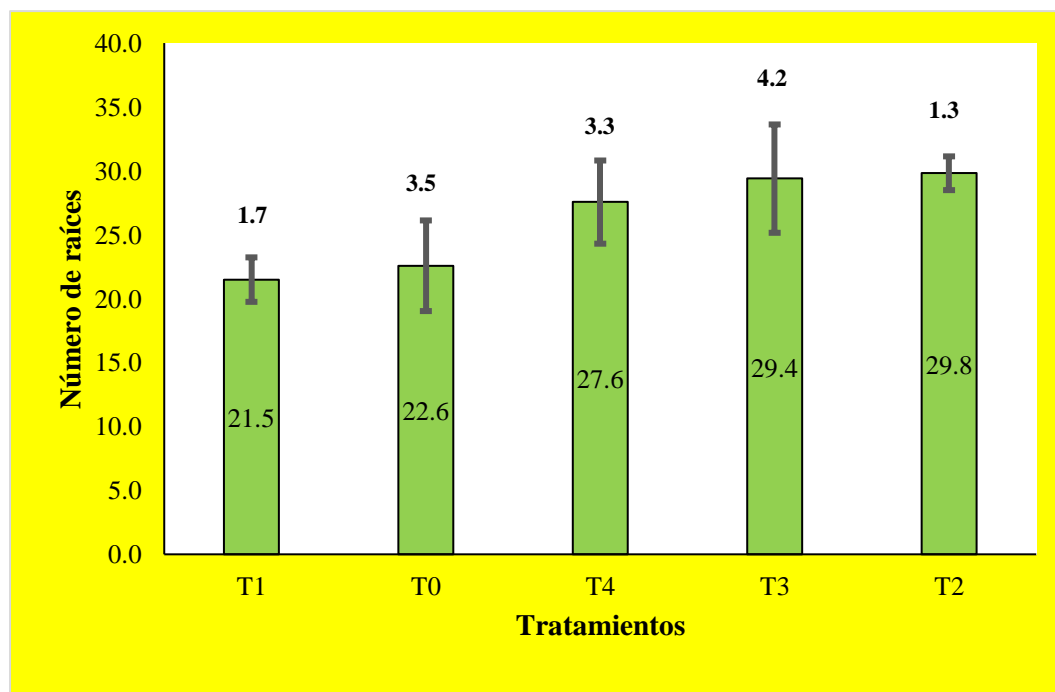
*Prueba de Tukey para el número de raíces*

Sustratos	Media
Tierra agrícola + arena de río (1:1)	21,5 b
Tierra agrícola (1)	22,6 ab
Tierra agrícola + arena de río + humus de lombriz (2:2:1)	27,6 ab
Arena de río + humus de lombriz (2:1)	29,4 ab
Tierra agrícola + humus de lombriz (2:1)	29,8 a
Promedio	26,2

Nota: Letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

**Figura 13**

*Efecto de los sustratos sobre el número de raíces*



Nota: Las antenas que están encima de las barras del número de raíces corresponden a la desviación estándar.

#### 4.3.7. *Peso seco de raíces*

En la tabla 15 muestra que los sustratos no causaron diferencias significativas en la característica peso seco de raíces, según la prueba de F ( $PV > 0,05$ ). Asimismo, se aprecia que

el coeficiente de variación es de 16,6%, por lo que hubo una moderada precisión en la recolección de datos puesto que se encuentra en el rango de  $15 < CV \leq 20\%$ .

**Tabla 15**

*Análisis de varianza para el peso seco de raíces*

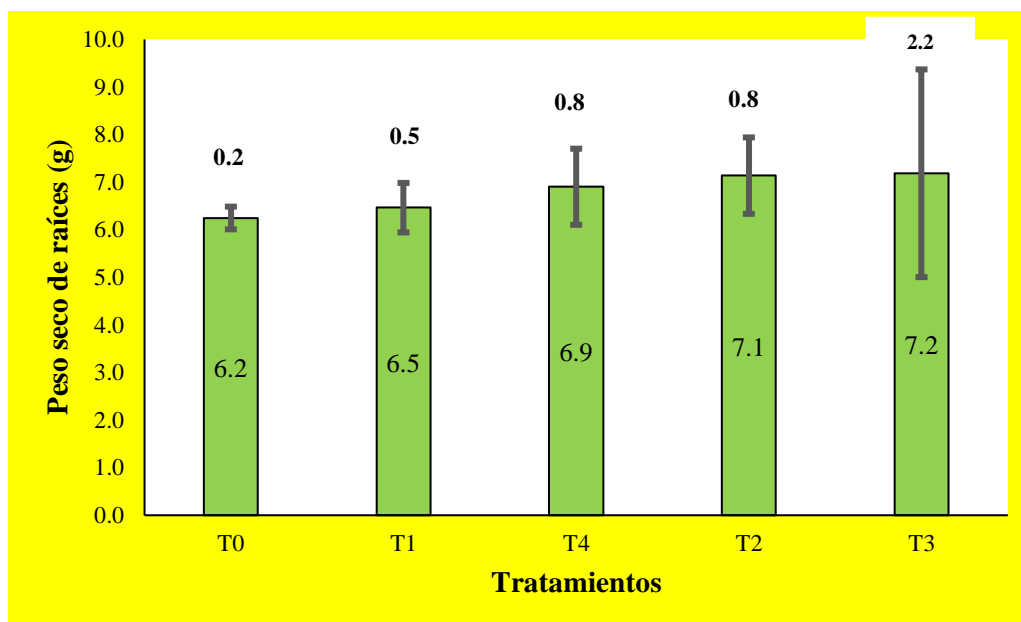
Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Sustratos	4	2,1	0,5	0,4	0,8
Error	10	12,8	1,3		
CV (%) =		16,6			

Nota: No significativo según la prueba de F a 5% de probabilidad.

En la figura 14 se observa que los sustratos arena de río + humus de lombriz (2:1) y tierra agrícola + humus de lombriz (2:1) presentaron los valores más altos con 7,2 g y 7,1 g; así mismo, los sustratos tierra agrícola + arena de río + humus de lombriz (2:2:1), tierra agrícola + arena de río (1:1) y tierra agrícola (1) presentaron valores más bajos con 6,9, 6,5 y 6,2 g.

**Figura 14**

*Efecto de los sustratos sobre el peso seco de raíces*



Nota: Las antenas que están encima de las barras del peso seco de raíces corresponden a la desviación estándar.

#### **4.4. Contrastación de hipótesis**

La investigación rechaza la Hipótesis Nula (H0: No existen diferencias significativas) y acepta la Hipótesis Alternativa (H1: Existen diferencias significativas en el crecimiento de las características fenotípicas de vetiver produciendo en diferentes tipos de sustratos). Esta decisión se fundamenta en que los sustratos provocaron efectos altamente significativos en la altura del tallo, la longitud de la raíz y el número de raíces, confirmando que el medio de propagación es un factor determinante en la productividad. No obstante, la aceptación de H1 presenta un matiz: el efecto no fue universal, ya que variables como el porcentaje de prendimiento, número de hojas, número de tallos y peso seco de raíces no mostraron diferencias significativas, lo que indica que el sustrato influye en la morfología y no en la supervivencia inicial de la planta.

#### **4.5. Discusión**

El análisis del porcentaje de prendimiento de *C. zizanioides* (Tabla 6) no reveló diferencias estadísticas significativas entre los sustratos evaluados, indicando una alta robustez en la fase de establecimiento. Numéricamente, los promedios más altos se registraron en Tierra Agrícola + Arena de Río (1:1) (93,3%) y Tierra Agrícola (1) (92,0%), mientras que las tres mezclas que contenían humus de lombriz (Tierra Agrícola + Humus de Lombriz, Tierra Agrícola + Arena de Río + Humus de Lombriz, y Arena de Río + Humus de Lombriz) obtuvieron los valores más bajos (86,7%). El desempeño superior de la mezcla Tierra Agrícola + Arena de Río (1:1) se atribuye a un óptimo equilibrio entre drenaje, aireación y retención de humedad, factores cruciales para el enraizamiento inicial. La ligera disminución en el prendimiento de los sustratos con humus podría deberse a que una mayor proporción de materia orgánica afecta marginalmente la aireación o el drenaje durante la propagación, aunque sin un impacto estadísticamente limitante (Murga, 2025).

Estos resultados están en línea con la adaptabilidad conocida del vetiver a diversos suelos, como lo respalda Siñani (2012), quien indica un mejor crecimiento en suelos franco y franco-arcillosos, y Moula & Rahman (2008), que obtuvieron un prendimiento similar (96,8%) utilizando sustrato franco arenoso. Otros estudios también reportan altas tasas de supervivencia (97,92%), incluso con el uso de fertilizantes NPK Moula et al. (2020). Nuestros hallazgos, al mostrar resultados positivos sin roca fosfórica, difieren de la evaluación de otras gramíneas como la realizada por Rodríguez (2016) en *Dendrocalamus asper Schult* o los resultados inferiores (79,0%) reportados por Révolo & Révolo (2019) en *Guadua angustifolia Kunth* con tierra y compost, diferencias que podrían ser influenciadas por las condiciones climáticas específicas. Se postula que el menor porcentaje de prendimiento en los sustratos con humus de lombriz se debe a la capacidad intrínseca de esta enmienda orgánica para retener humedad (Gaspar et al., 2007). Esta retención excesiva pudo haber reducido la concentración de oxígeno en el medio, creando condiciones desfavorables o ligeramente inhibitorias para el desarrollo inicial de las plántulas (Murga, 2025).

Por lo tanto, en el contexto de Chota-Cajamarca, el sustrato Tierra Agrícola (1) se considera adecuado y recomendable para la propagación inicial debido a su fácil disponibilidad y bajo costo, lo que facilita el establecimiento de plantaciones por parte de los productores. No obstante, la selección del sustrato final debe enfocarse en variables de producción como la biomasa y el desarrollo de raíces, las cuales son indicadores más relevantes para la aplicación práctica de la planta (fitoestabilización o cosecha) que el prendimiento inicial.

El sustrato Tierra Agrícola + Humus de Lombriz (2:1) alcanzó el promedio más alto en la altura del tallo con 7,6 cm, superando al sustrato Tierra Agrícola + Arena de Río (1:1), que registró el promedio menor con 6,3 cm (Tabla 7). La superioridad en la altura del tallo obtenida en el T2 se atribuye a la mayor disponibilidad de NPK que proporciona el humus de lombriz. Este mecanismo es consistente con lo reportado por Hussain et al. (2015) y Cardoza et al.

(2024), quienes vinculan directamente el aumento de la altura del tallo con la disponibilidad de nutrientes en el medio. Adicionalmente, el humus de lombriz actúa como un bioabono al contener sustancias que mejoran el crecimiento de las plantas en vivero, aportando nutrientes cruciales (Aguirre, 2019). Esta acción fue demostrada por Carhuatocto (2022), quien determinó un crecimiento superior en *Guadua angustifolia Kunth* (22,86 cm) utilizando tierra agrícola y humus de lombriz, y por Cárdenas (2023), que evidenció resultados más altos (2,59 m) en gramíneas tras la aplicación de esta enmienda. Por otro lado, estudios como el de Abraão et al. (2019) reportaron resultados diferentes (17,8 cm) en suelo franco arcilloso a los 180 días.

Esto indica que, para el vetiver en Cochabamba, el sustrato es un factor crítico para la productividad (altura/crecimiento), pero no para la supervivencia inicial. La alta robustez de *C. zizanioides* garantiza un prendimiento exitoso en todos los medios probados, mientras que la capacidad de crecimiento está fuertemente limitada o promovida por las características del sustrato. El contraste entre los promedios numéricos revela que los factores estructurales (drenaje, aireación) dominan en el prendimiento, mientras que los factores nutricionales dominan en la altura. Puesto que, los sustratos con arena o tierra agrícola pura (buen drenaje) tuvieron mejor rendimiento, mientras que las mezclas con humus (alta retención de humedad) tuvieron los valores numéricos más bajos. Esto sugiere que, para que el esqueje sobreviva, el drenaje y la aireación son prioritarios; sin embargo, la superioridad del sustrato con humus de lombriz es clara (7,6 cm), lo cual es directamente atribuible al aporte nutricional (NPK) y a las sustancias estimulantes que promueven la elongación celular (Cardoza et al., 2024; Hussain et al., 2015). Una vez que la plántula está establecida, la fertilidad se convierte en el motor del crecimiento. En consecuencia, el productor en Cochabamba puede utilizar el sustrato más económico y disponible (Tierra Agrícola 1) para la fase de propagación inicial, ya que garantiza una alta tasa de prendimiento; sin embargo, si el objetivo es maximizar la biomasa aérea, el sustrato debe ser enmendado con Humus de Lombriz (Tierra Agrícola + Humus 2:1). Entonces,

se demuestra que el vetiver es una planta tolerante al medio en la supervivencia, pero exigente en nutrientes para el crecimiento, lo que obliga al productor a decidir si prioriza la facilidad de la propagación o el máximo rendimiento vegetativo final.

Es importante aclarar que no se realizó ninguna medición de altura ni de otros parámetros fenotípicos en el momento del trasplante. Las plántulas fueron uniformizadas cortando el tallo a 20 cm de longitud y la raíz a 5 cm antes de ser adquiridas, transportadas al vivero y trasplantadas. Esta metodología de iniciar las evaluaciones *después* del trasplante es común en estudios de propagación. Investigaciones similares en vetiver y especies relacionadas también optaron por no registrar datos al momento del establecimiento, sino que iniciaron sus evaluaciones a intervalos posteriores: Holanda et al. (2021) realizaron mediciones cada 30 días durante tres meses; Garate et al. (2021) evaluaron la supervivencia y la producción de brotes quincenalmente por 60 días; y Lakshmanaperumalsamy et al. (2006) evaluaron los parámetros morfológicos a los 120 días, sin incluir mediciones basales. Sin embargo, otros autores como Abdullah et al. (2024), en su investigación con especies forestales, sí optaron por registrar mediciones iniciales como el diámetro del cuello de la raíz y la altura del brote. La justificación de no tomar la altura basal en nuestro estudio radica en que la uniformidad inicial (20 cm de tallo) sirvió como punto de partida implícito para calcular el crecimiento incremental posterior.

Aunque el análisis estadístico no reveló diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el número de hojas entre los tratamientos, se observó una tendencia numérica consistente con el patrón de crecimiento aéreo. El sustrato Tierra Agrícola + Humus de Lombriz (2:1) registró el promedio más alto (17,2 hojas), mientras que la mezcla Tierra Agrícola + Arena de Río (1:1) presentó el valor más bajo (12,1 hojas). La falta de significancia sugiere que los sustratos tuvieron un efecto similar sobre la capacidad de la planta para generar nuevo follaje. Sin embargo, la ventaja numérica del T2, junto con otros tratamientos que contienen humus (T3 y T4), confirma que la fertilidad orgánica promueve un mayor desarrollo vegetativo. Este

hallazgo es respaldado por Prisa (2023), quien destaca el impacto positivo de la concentración de nutrientes en el humus sobre el área foliar y el sistema radicular, además de mejorar las propiedades biológicas del suelo.

La literatura confirma esta influencia nutricional en gramíneas: Cardoza et al. (2024) observaron un número de hojas superior (5,28) al combinar cáscara de arroz con humus de lombriz, frente a un rendimiento inferior en arena pura (3,33). De igual manera, Révolo & Révolo (2019) reportaron resultados similares (12,3 hojas) al emplear tierra y compost. Resultados como los de Rodríguez (2016) quién registró 10,0 hojas en una mezcla de tierra agrícola, arena y roca fosfórica, también evidencian que el número de hojas se optimiza con la adición de enmiendas. En términos de viabilidad práctica para el productor de Cochabamba, dado que no existen diferencias estadísticas, el sustrato Tierra Agrícola (T0) se perfila como la opción más apropiada para esta variable por su disponibilidad y bajo costo. No obstante, la tendencia numérica observada es importante, ya que un mayor número de hojas es un precursor directo de una mayor biomasa aérea final.

En cuanto al análisis del número de tallos o macollamiento, aunque no arrojó diferencias estadísticamente significativas entre los sustratos ( $P > 0.05$ , Tabla 10), sí mostró una clara tendencia numérica de respuesta a la fertilidad. El promedio más alto se registró en el sustrato Tierra Agrícola + Humus de Lombriz (2:1) con 3,2 tallos, mientras que el más bajo fue para la mezcla Tierra Agrícola + Arena de Río (1:1) con 2,2 tallos. La ventaja numérica del T2 es atribuible a la mayor disponibilidad de nutrientes y la capacidad del humus para retener humedad de manera adecuada, lo cual favorece la división celular y la formación de brotes laterales. Esta observación es consistente con estudios en otras gramíneas, como el de Révolo & Révolo (2019), quienes alcanzaron un mayor número de brotes (*Guadua angustifolia Kunth*) al emplear tierra y compost. El efecto positivo del humus de lombriz en la propagación y macollamiento es corroborado por Quispe (2009) en *Dendrocalamus asper*, y por Aguirre

(2019) en *Guadua angustifolia Kunth*, quien reportó un valor superior (4,79 brotes) al combinar arena y humus (1:1) a los 150 días. El estudio de Maldonado (2019) también determinó un aumento de brotes en *Dracaena Braunii Engl* con la adición de materia orgánica. A pesar de que el valor 5,9 tallos reportado por Moula et al. (2020) con fertilizante NPK supera nuestros resultados, la tendencia observada en este estudio refuerza que la nutrición orgánica es el principal motor para el macollamiento en el vetiver. No obstante, al no existir diferencias significativas, y considerando la disponibilidad y el factor económico, el sustrato Tierra Agrícola (1) sigue siendo una opción viable para los productores. Es fundamental reconocer que estos resultados también pudieron estar influenciados por las características morfológicas intrínsecas del material de propagación utilizado. Factores como el diámetro y el número de nudos del esqueje, el tipo de propágulo y la distribución de la caña madre son variables que, según Maldonado (2019), pueden modular la respuesta del crecimiento independientemente del sustrato.

La producción de tallos se relaciona directamente con las condiciones del medio de plantación. Naibaho et al. (2016) señalan que la porosidad y el tipo de sustrato son cruciales, ya que facilitan los procesos fisiológicos radiculares, como la división celular, que a su vez estimulan el macollamiento. En este proceso, los nutrientes son suministrados por el medio, absorbidos por las raíces y canalizados para sostener la actividad fisiológica de toda la planta. No obstante, este proceso puede verse limitado por factores ambientales; por ejemplo, el exceso de sombra o al autosombreado influye en la disminución en el número de tallos en gramíneas (L'huillier, 1987). En sistemas de alta densidad o con gran crecimiento aéreo (como el que se busca maximizar con el humus), la altura excesiva de la parte aérea puede reducir la luz disponible en la base de la planta, inhibiendo la iniciación y el desarrollo de nuevos macollos (Murga, 2025).

La longitud de la raíz fue maximizada por el sustrato Tierra Agrícola + Arena de Río (1:1), el cual alcanzó un promedio de 38,0 cm, demostrando ser significativamente superior a los demás tratamientos. Este hallazgo subraya que el factor estructural es determinante para la elongación radical del vetiver. La inclusión de arena en el sustrato favoreció la longitud de la raíz al crear un medio con alta porosidad y excelente aireación. Esta estructura reduce la resistencia física a la penetración radical, facilitando la exploración profunda. Mesen (1998), citado por Rodríguez (2016), confirma que la arena es un componente ideal para el enraizamiento, ya que proporciona una aireación y retención de humedad adecuadas. Este resultado concuerda con lo reportado por Islam et al. (2016), quienes también observaron una mayor longitud radicular (97 cm en tres meses) al emplear suelo arenoso, aunque la diferencia en el valor absoluto respecto a nuestro estudio (38, 0 cm) podría deberse a variaciones metodológicas, como la frecuencia de riego. Si bien la fertilidad es crucial, el desempeño superior del sustrato areno-estructural, combinado con la contribución de materia orgánica de la tierra agrícola, confirma su eficacia para esta variable. No obstante, existen reportes de longitudes superiores utilizando mezclas ricas en materia orgánica compleja; por ejemplo, (Jayashree et al. (2014) obtuvieron 65 cm con un sustrato a base de vermicompost, estiércol de vaca, fibra de coco y tierra, y Ishrath & Anilkumar (2019) también lograron una mayor longitud al adicionar estiércol de vaca. En consecuencia, el sustrato Tierra Agrícola + Arena de Río (1:1) es el más apropiado para maximizar la longitud de la raíz. Este crecimiento radical profundo es de vital importancia, ya que Islam et al. (2016) señalan que las raíces del vetiver aumentan la resistencia en suelos arenosos. Por lo tanto, este sustrato promueve un sistema radicular eficiente para el anclaje y la protección contra la erosión en taludes construidos sobre suelos arenosos (Campojo, 2025).

La eficacia de las gramíneas en la estabilización del suelo se correlaciona directamente con su morfología radicular. Chen et al. (2015) demostraron que las especies con mayores

longitudes y densidades radiculares exhiben una resistencia superior a la erosión. Este anclaje físico se complementa con los beneficios químicos y biológicos de la materia orgánica. Bulgari et al. (2019) destacan que el humus mejora las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo al aportar una cantidad significativa de carbono, así como una alta concentración de ácidos fúlvicos, húmicos y huminas, lo que potencia la actividad microbiana. Además, el sistema radical contribuye activamente a la calidad edáfica (Hudek et al., 2017) señalan que las raíces más finas aportan mayores cantidades de carbono al suelo orgánico, favoreciendo la fertilidad, las características físico-químicas y la estabilidad de los agregados del suelo (Chávez, 2022).

Los resultados del número de raíces (Tabla 13) mostraron diferencias altamente significativas, revelando la marcada influencia de la composición del sustrato en la densidad radicular del vetiver. El sustrato Tierra Agrícola + Humus de Lombriz (2:1) alcanzó el valor máximo con 29,8 raíces, contrastando con el valor mínimo de 21,5 observado en la mezcla Tierra Agrícola + Arena de Río (1:1). La superioridad del sustrato enriquecido se debe al aporte nutricional adecuado del humus de lombriz, el cual favorece la ramificación y el desarrollo. Este abono orgánico no solo mejora la estructura del suelo, optimizando la retención de agua y la aireación para un mejor desarrollo radical, sino que también ejerce un efecto bioestimulante. Joshi et al. (2015) sostienen que el humus de lombriz es el mejor abono orgánico, influyendo positivamente en múltiples parámetros morfológicos (altura, longitud, número de raíces, número de hojas y área foliar) gracias a la presencia de ácidos húmicos. La importancia de estos ácidos es corroborada por Colla et al. (2017), quienes afirman que están directamente relacionados con la regulación genética del transporte de nitrógeno, un nutriente esencial para la división celular que impulsa la formación de nuevas raíces.

La superioridad del humus de lombriz en la densidad radical es consistente con la literatura que destaca sus beneficios. Lakshmanaperumalsamy et al. (2006) observaron que la

aplicación de vermicompost es un sustrato excelente para maximizar la producción de raíces de *C. zizanioides*. Esto se debe a que un sistema radicular más desarrollado facilita una mayor absorción de agua y nutrientes, lo que, a su vez, impulsa el crecimiento general de la planta. En esta línea, Holanda et al. (2012) indican que un mayor número de raíces incrementa la superficie de contacto con los constituyentes de la fracción sólida del suelo, optimizando la exploración y la captación de recursos. Este mecanismo es potenciado por los abonos orgánicos, pues Tripathi & Bhardwaj (2004) señalan que su aplicación eleva significativamente el contenido de NPK en el suelo. Por lo tanto, el éxito del sustrato Tierra Agrícola + Humus de Lombriz (2:1) sugiere que proporcionó cantidades adecuadas de macronutrientes y micronutrientes, creando un ambiente óptimo para la ramificación radical.

El análisis del peso seco de la raíz no reveló diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) entre los sustratos. No obstante, se observó una tendencia numérica donde los sustratos enriquecidos con humus de lombriz arrojaron los valores más altos: Arena de Río + Humus de Lombriz (2:1) con 7,2 g y Tierra Agrícola (1) con el valor mínimo de 6,2 g. La falta de significancia estadística en la biomasa total de la raíz, a pesar de las diferencias en longitud y número de raíces (discutidas previamente), sugiere que el vetiver aplicó un mecanismo de compensación biológica. Esto implica que el mayor peso por profundidad (en sustratos arenosos) fue equilibrado por la mayor densidad y ramificación (en sustratos orgánicos), resultando en una biomasa radical final equivalente. Este rendimiento está intrínsecamente ligado al suministro de recursos, pues Hussain et al. (2020) argumentan que el crecimiento y el rendimiento de la planta están directamente relacionados con la disponibilidad de nutrientes y agua en el sistema radicular. La evaluación se realizó durante un tiempo limitado (generalmente un período de vivero). Esto solo refleja la etapa inicial de crecimiento. Las plantas crecieron en macetas o bolsas con un volumen de sustrato definido. En condiciones de campo, las raíces de vetiver crecen libremente a grandes profundidades (2 a 4 metros), lo que

podría alterar la relación estructural-nutricional observada. La temperatura, humedad y luz fueron probablemente más uniformes que en el campo. Esto no considera los efectos de estrés (sequía, inundación) que el vetiver debe soportar en aplicaciones reales de fitoestabilización. No fue medido el peso seco de raíces, no se incluyó el peso fresco de la parte aérea (biomasa foliar). Además, variables como el diámetro del tallo o el área foliar, cruciales para estimar la biomasa total, no fueron evaluadas. No se tienen datos directos de la caracterización fisicoquímica del suelo base (Tierra Agrícola) ni de las mezclas finales. Tampoco se analizó el contenido de nutrientes (NPK) o el carbono orgánico en el sustrato remanente al final del ciclo para determinar la eficiencia de absorción o la tasa de agotamiento por parte del vetiver. Por lo que, es importante evaluar el Coeficiente de Biomasa Raíz/Tallo (R/T) para determinar qué sustrato optimiza el anclaje frente al follaje. Además, se podría evaluar la concentración de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (NPK) en la biomasa foliar y radical. También incluir la variable diámetro del tallo, mejorar la predicción de la biomasa aérea y entender si los sustratos favorecen tallos más gruesos o simplemente más altos. Realizar un análisis económico detallado de la producción de plantones en los sustratos más promisorios (TA, TA+AR y TA+HL), considerando los costos de adquisición y mezcla de materiales en Chota-Cajamarca.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- La fertilidad orgánica del humus de lombriz maximizó el crecimiento aéreo (altura) y la densidad radical (número de raíces), demostrando ser el motor del desarrollo vegetativo. En contraste, la estructura física y aireación de la mezcla con arena favoreció significativamente la elongación y profundidad de la raíz, factor clave para el anclaje.
- El sustrato Tierra Agrícola + Humus de Lombriz (2:1) es el más recomendado para maximizar la biomasa aérea y la capacidad de captación de nutrientes. Por otro lado, la mezcla Tierra Agrícola + Arena de Río (1:1) es la opción óptima para aplicaciones de control de erosión que requieren una máxima penetración y anclaje radical.
- A pesar de las diferencias significativas en la morfología radical (número vs. longitud), el vetiver logró compensar esta variabilidad. Esto resultó en una ausencia de diferencias estadísticas en el peso seco total de la raíz y una alta supervivencia en todos los tratamientos, lo que confirma la robustez y plasticidad de la especie frente a las distintas condiciones de los sustratos.

#### 5.2.Recomendaciones

- Ejecutar una investigación adicionando un factor más que tenga como objetivo promover el desarrollo radicular, como por ejemplo auxinas, giberelinas, ácido indolacético, etc.
- Se recomienda emplear el sustrato tierra agrícola para la propagación de *C. zizanioides*, debido a su fácil disponibilidad y bajo costo lo que facilita a los productores locales interesados en reproducir esta especie.

- Se recomienda llevar a cabo investigaciones en suelos degradados, ya que esta especie tiene un gran potencial de evitar los procesos erosivos. Determinar su efectividad en la restauración y no solo brindará información sobre su resistencia en el suelo, si no que esto guiara como iniciativa a las futuras reforestaciones.
- Se recomienda a las futuras investigaciones realizar un análisis de sustrato para conocer la influencia de sus propiedades fisicoquímicas en el crecimiento fenológico de *C. zizanioides*.
- Si los esquejes son trasladados a lugares muy lejanos y que hayan sido almacenados en agua durante 10 a 15 días se recomienda realizar nuevas mediciones de los esquejes al momento del trasplante.
- Para obtener una mayor longitud de la raíz de vetiver, se recomienda utilizar el sustrato tierra agrícola + arena de río en una proporción 1:1.
- Se recomienda dar mayor importancia en la producción de plántulas de *C. zizanioides* en vivero con diferentes sustratos favorables para mejorar la calidad de las plantas. Ya que se ha demostrado las diferentes bondades que tiene el vetiver y que puede ser empleado para mitigar los diferentes problemas ambientales que se presentan hoy en día.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS

- Abanto, C., García, D., Guerra, W., Murga, H., Saldaña, G., Vázquez, D., & Tadashi, R. (2016). Organic substrates in *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) plants production. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 341–347. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.23>
- Abate, H., & Simane, B. (2010). Multiple benefits of the vetiver system and its environmental application in Ethiopia. *Sustainable Land Use Forum*, 1–26. <https://vetiver.org/ETHVET.pdf>
- Abraão, N., Andrade, L., Motta, M., Silva, F., & Silva, M. (2019). Biometry of Vetiver Grass cultivated in soils of different texture classes. *Brazilian Journal of Agriculture - Revista de Agricultura*, 94(1), 10. <https://doi.org/10.37856/bja.v94i1.782>
- Adugna, O., Dereje, A., & Melkkamu, T. (2019). Evaluation of vetiver grass (*Vetiver zizanioides*) potential to soil erosion control at Assosa, Benishangul Gumuz, Ethiopia. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 16(1), 1–6. <https://doi.org/10.19080/ijesnr.2019.16.555930>
- Aguirre, L. R. (2019). *Efecto de dos enraizadores y tres mezclas de sustratos en la propagación vegetativa del bambú (Guadua Angustifolia Kunth.) mediante brotes de rizoma en vivero - Aucayacu* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva Facultad de Agronomía]. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/e70f42bc-f5a2-435b-a3f7-5ebb8fe90dd9>
- Arce, S., & Rivera, D. (2018). New media components and fertilization to accelerate the growth of citrus rootstocks grown in a greenhouse. *Horticulturae*, 4(2), 2–11. <https://doi.org/10.3390/horticulturae4020010>
- Awotedu, B., Omolola, T., Akala, A., Awotedu, O., & Olaoti, S. (2021). Vegetative

propagation: a unique technique of improving plants growth. *World News of Natural Sciences*, 35(January), 83–101.

[https://r.search.yahoo.com/\\_ylt=AwrJ.GhmAmpoFAQKID57egx.;\\_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1752987494/RO=10/RU=https%3a%2f%2fbibliotekanauki.pl%2farticles%2f1031476.pdf/RK=2/RS=8sSz42hO\\_BqE0BESCQq3X\\_wQykk-](https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrJ.GhmAmpoFAQKID57egx.;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1752987494/RO=10/RU=https%3a%2f%2fbibliotekanauki.pl%2farticles%2f1031476.pdf/RK=2/RS=8sSz42hO_BqE0BESCQq3X_wQykk-)

Bech, J., Roca, N., Tume, P., Ramos-Miras, J., Gil, C., & Boluda, R. (2016). Screening for new accumulator plants in potential hazards elements polluted soil surrounding Peruvian mine tailings. *Catena*, 136, 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.07.009>

Bulgari, R., Franzoni, G., & Ferrante, A. (2019). Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy9060306>

Campojo, J. (2025). *Análisis de la influencia del pasto vetiver en la estabilidad del talud bajo cargas estáticas del camino vecinal Puente Chico-Quiulacocha, Conchamarca, sector Km. 14+500.00 - Km. 14+680.00* [Tesis de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/a89d8e7a-48a8-49e3-a96e-c4f75dfa8f45>

Cárdenas, B. (2023). *Efecto de los abonos orgánicos en el cultivo de Zea Mays L. variedad marginal en Pichanaqui* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/10847/T010\\_45271134\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/10847/T010_45271134_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Cardoza, A., Arévalo, D., Javier, J., Peña, R., Chanduví, R., Quiroz, M., Álvarez, L., Galecio, M., Calero, M., & Morales, A. (2024). Alternative Organic Substrates in the Germination and Initial Growth of Corn (*Zea mays* L.) Seedlings Under Nursery Conditions. *Terra*

*Latinoamericana*, 42, 1–11. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1867>

Carhuatocto, E. (2022). *Propagación de Chusquines de bambú (Guadua angustifolia Kunth), utilizando sustratos mejorados, en el distrito de Calzada - Moyobamba – San Martín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5457/TESIS\\_FINAL - Sheyla Areli Terrones Carrera.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5457/TESIS_FINAL_-_Sheyla_Areli_Terrones_Carrera.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Chagas, F., Oliveira, T. De, Lessa, L., Oliveira, T., & Almeida, S. (2010). Produção de mudas de *Cupuaçuzeiro* em diferentes substratos e tubetes. *Magistra*, 22(3,4), 185–190. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/879707/1/23829.pdf>

Chavez, G. C. (2022). *Utilización de pasto vetiver (chryzopogon zizanioides) como alternativa para la estabilización de taludes* [tesis de pregrado, Universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo]. [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5645/8/TIB\\_ChavezGuevaraGian.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5645/8/TIB_ChavezGuevaraGian.pdf)

Chen, F., Zhang, J., Zhang, M., & Wang, J. (2015). Effect of *Cynodon dactylon* community on the conservation and reinforcement of riparian shallow soil in the three gorges reservoir area. *Ecological Processes*, 4(1), 2–8. <https://doi.org/10.1186/s13717-014-0029-2>

Chomchalow, N. (2011). Vetiver research, development and applications in Thailand\*. *AU Journal of Technology*, 14(4), 268–274. <https://docest.com/doc/554146/vetiver-research-development-and-applications-in-thailand>

Chomchalow, N. (2012). Vetiver: An Amazing Plant for the Green City\*. *AU Journal of Technology*, 15(3), 159–165. <https://assumptionjournal.au.edu/index.php/aujournaltechnology/article/view/1390/1223>

Colla, G., Hoagland, L., Ruzzi, M., Cardarelli, M., Bonini, P., Canaguier, R., & Roupheal, Y.

- (2017). Biostimulant action of protein hydrolysates: Unraveling their effects on plant physiology and microbiome. *Frontiers in Plant Science*, 8(December), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02202>
- Conde, K., Huaycho, H., & Cruz, D. (2017). Aplicación de solución de humus de lombriz en dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en la estación experimental de Patacamaya-La Paz. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 4(1), 74–81. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2409-16182017000100010](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182017000100010)
- Díaz, P., Torres, D., Sánchez, Z., & Arévalo, L. (2013). Comportamiento morfológico de cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en respuesta al tipo de sustrato en vivero. *Folia Amazonica*, 22(1–2), 25. <https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foliaamazonica/article/view/45/86>
- Dorafshan, M., Abedi, J., Eslamian, S., & Amiri, M. J. (2023). Vetiver Grass (*Chrysopogon zizanioides* L.): A Hyper-Accumulator Crop for Bioremediation of Unconventional Water. *Sustainability (Switzerland)*, 15(4), 2–16. <https://doi.org/10.3390/su15043529>
- Dudai, N., Putievsky, E., Chaimovitch, D., & Ben-Hur, M. (2006). Growth management of vetiver (*Vetiveria zizanioides*) under Mediterranean conditions. *Journal of Environmental Management*, 81(1), 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.10.014>
- Eshetu, M., Bedaso, N., & Soboka, S. (2017). Multiplication and Distribution of Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides*) for Soil and Water Conservation Measures in the Highland of Bale Zone, Southeastern Ethiopia Major Microvascular Complications and Associated Risk Factors among Diabetic Outpatients. 17(6), 514–518. [https://www.researchgate.net/publication/338209207\\_Multiplication\\_and\\_Distribution\\_](https://www.researchgate.net/publication/338209207_Multiplication_and_Distribution_)

of\_Vetiver\_Grass\_Vetiveria\_zizanioides\_for\_Soil\_and\_Water\_Conservation\_Measures  
\_in\_the\_Highland\_of\_Bale\_Zone\_Southeastern\_Ethiopia

Garate, J., Herrera, M., Julian, E., & Nieto, C. (2021). Growth and survivorship of *Vetiveria zizanioides* in degraded soil by gold-mining in the Peruvian Amazon. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 9(1), 3219–3225.  
<https://doi.org/10.15243/JDMLM.2021.091.3219>

García, M., Mahler, C., Oliveira, M., Macedo, J., Silva, A., Ottoni, G., & Coura, R. (2024). Comparison *Between Vetiver and Brachiaria Grass* in Erosion Control in Tropical Climate. *Universal Wisser*, 5(2), 481–495.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/f119/ff0f1de8d23932118292f419d51616ce9937.pdf>

Gaspar, C. M., Chalita, C., Nakagawa, J., & Aquino, C. (2007). Manutenção da umidade do substrato durante o teste de germinação de *Brachiaria brizantha*. *Revista Brasileira de Sementes*, 29(3), 52–60. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000300007>

Gnansounou, E., Alves, C. M., & Raman, J. K. (2017). Multiple applications of vetiver grass – a review. *International Journal of Environmental Science*, 2, 125–141.  
[https://www.ias.org/ias/filedownloads/ijes/2017/008-0023\(2017\).pdf](https://www.ias.org/ias/filedownloads/ijes/2017/008-0023(2017).pdf)

Herrera, B. A. (2019). *Efecto de los sustratos en la propagacion por esquejes del sauco (sambucus peruviana) en condiciones de vivero en la localidad de Huacrachuco-Marañon-2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco].  
<https://repositorio.unheval.edu.pe/item/b97b7f1c-45e8-421e-a688-ad75e277ddb6>

Holanda, F., Araújo, N., Lima, J., & Rocha, I. (2012). Comparison of different containers in the production of seedlings of vetiver grass for erosion control. *Revista Brasileira de Ciências Agrarias*, 7(3), 440–445.  
[https://www.researchgate.net/publication/286956797\\_Comparison\\_of\\_different\\_contain](https://www.researchgate.net/publication/286956797_Comparison_of_different_contain)

ers\_in\_the\_production\_of\_seedlings\_of\_vetiver\_grass\_for\_erosion\_control

- Holanda, F., Dias, K., Santos, L., Brito, C., De Melo, R., & Santos, S. (2021). Development and morphometric characteristics of vetiver grass under different doses of organic fertilizer. *Revista Caatinga*, 34(1), 20–30. <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n103rc>
- Hudek, C., Sturrock, C., Atkinson, B., Stanchi, S., & Freppaz, M. (2017). Root morphology and biomechanical characteristics of high altitude alpine plant species and their potential application in soil stabilization. *Ecological Engineering*, 109, 228–239. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.05.048>
- Hussain, A., Arshad, M., Zahir, Z., & Asghar, M. (2015). Prospects of zinc solubilizing bacteria for enhancing growth of maize. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 52(4), 915–922. [https://www.researchgate.net/publication/287958534\\_Prospects\\_of\\_zinc\\_solubilizing\\_bacteria\\_for\\_enhancing\\_growth\\_of\\_maize](https://www.researchgate.net/publication/287958534_Prospects_of_zinc_solubilizing_bacteria_for_enhancing_growth_of_maize)
- Hussain, A., Zahir, Z., Ditta, A., Tahir, M., Ahmad, M., Mumtaz, M., Hayat, K., & Hussain, S. (2020). Production and implication of bio-activated organic fertilizer enriched with zinc-solubilizing bacteria to boost up maize (*Zea mays* L.) production and biofortification under two cropping seasons. *Agronomy*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/agronomy10010039>
- Ishrath, P., Anil, A., & Nibin, P. (2019). Agrotechniques for quality planting material production in vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Nash.). *Journal of Medicinal Plants Studies*, 7(2), 211–213. <https://www.plantsjournal.com/archives/2019/vol7issue2/PartC/7-2-31-150.pdf>
- Islam, M. S., Badhon, F. F., Arif, U. A., Mallick, S., & Islam, T. (2016). Investigation of Vetiver root growth in sandy soil. *BUET-ANWAR ISPAT 1st Bangladesh Civil*

[https://www.researchgate.net/publication/313659903\\_Investigation\\_of\\_Vetiver\\_Root\\_Growth\\_in\\_Sandy\\_Soil](https://www.researchgate.net/publication/313659903_Investigation_of_Vetiver_Root_Growth_in_Sandy_Soil)

Jayashree, S., Rathinamala, J., Turan, M., & Lakshmanaperumalsamy, P. (2014). Influence of Rooting Media on *Chrysopogon Zizanioides* (L.) Roberty. *Journal of Plant Nutrition*, 37(7), 965–978. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.890218>

Joseph, J., Haridasan, A., Akhildev, K., & Kumar, P. (2017). Applications of vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*) in eco system based disaster risk reduction - Studies from Kerala State of India. *Journal of Geography & Natural Disasters*, 07(01), 1–4. <https://www.longdom.org/open-access/applications-of-vetiver-grass-chrysopogon-zizanioides-in-eco-system-based-disaster-risk-reduction-studies-from-kerala-st-36309.html>

Joshi, R., Singh, J., & Vig, A. (2015). Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 14(1), 137–159. <https://doi.org/10.1007/s11157-014-9347-1>

Kesharwani, B., Ravichandran, S., & Mazeed, A. (2022). Removal of nitrate loads pollution from drinking water by using different aromatic grasses: Green Technology. *International Journal of Environment and Climate Change*, 12(11), 806–816. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i1131043>

Keshtkar, A., Ahmadi, M., Naseri, H., Atashi, H., Hamidifar, H., Razavi, S., Yazdanpanah, A., Karimpour, M., & Moazami, N. (2016). Application of a vetiver system for unconventional water treatment. *Desalination and Water Treatment*, 57(53), 25474–25483. <https://doi.org/10.1080/19443994.2016.1157043>

Kumar, D., & Nikhil, K. (2016). Vetiver grass for manifold uses: a critical review.

*International Journal of Engineering & Technical Research (IJETR)*, 4(2), 146–1152.

[https://www.erppublication.org/published\\_paper/IJETR041291.pdf](https://www.erppublication.org/published_paper/IJETR041291.pdf)

L’huillier, P. J. (1987). Tiller appearance and death of lolium perenne in mixed swards grazed by dairy cattle at two stocking rates. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 30(1), 15–22. <https://doi.org/10.1080/00288233.1987.10430472>

Lakshmanaperumalsamy, P., Jayashree, S., & Rathinamala, J. (2006). Biomass production of vetiver (*Vetiveria zizanioides*). 1–16. *Department of Environmental Sciences*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=3bc45207c7212260356b3716c5ef159fdb92dc7>

Lakshmi, C., & Sekhar, C. (2020). Role of *Vetiveria zizanioides* in soil protection and carbon sequestration. *The Pharma Innovation Journal*, 9(9), 492–494. [https://vetiver.org/IND\\_SOC.pdf](https://vetiver.org/IND_SOC.pdf)

Lara, S., & Navarro, R. (2017). *Sistema Vetiver para descontaminación de agua*. <https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/146393/133Vetiver.pdf?sequence=1>

Lavana, U. C. (2012). Vetiver in india: historical perspective and prospective for development of specific genotypes for environmental or industrial application. *Proc. Ist Indian Vetiver Workshop–Vetiver System for Environment Protection and National Disaster Management, Cochin, India. Truong, P.(Ed.)*, 40–47. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=e05c6ea5534011ed3a8128100718dab3c8aaa025>

Mahmoudpour, M., Gholami, S., Ehteshami, M., & Salari, M. (2021). Evaluación del potencial de fitorremediación del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) para el tratamiento de aguas residuales. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2021,

12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2021/3059983>

Maldonado, M. (2019). *Propagación de Dendrocalamus asper (Schult. & Schult. F.) Backer ex K. Heyne f. (Bambú) a través de esquejes en tres tipos de abonos orgánicos*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/57873311-3bcc-48a2-bfba-b8e29cf0339a/content>

Martínez, Z., González, M., Paternina, J., & Cantero, M. (2017). Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados, zona minera El Alacrán, Córdoba-Colombia. *Revista de Temas Agrarios*, 22:(2)Juli, 13. <https://biblat.unam.mx/hevila/Temasagrarios/2017/vol22/no2/2.pdf>

Meyer, E., Marcela, D., Londoño, M., & Armas, R. D. (2016). Arbuscular mycorrhizal fungi in the growth and extraction of trace elements by *Chrysopogon zizanioides* (vetiver) in a substrate containing coalmine wastes. *International Journal of Phytoremediation ISSN:*, 6514(August), 1–26. <https://doi.org/10.1080/15226514.2016.1207596>

Mondragon, G. (2016). *Evaluación del crecimiento de plántulas de caesalpinia spinosa, sapindus saponaria y tecoma stans en diferentes sustratos durante su propagación en vivero - Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Agraria la Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8bc1e399-0b9a-4059-a597-5f71ff11400b/content>

Moula, M. G., Dey, T., Mian, M. A. Q., & Bachar, B. K. (2020). Effect of NPK fertilizer on root, shoot and tiller increment of vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash). *Asian Journal of Crop, Soil Science and Plant Nutrition*, 3(1), 80–86. [https://www.researchgate.net/publication/343023242\\_Effect\\_of\\_NPK\\_fertilizer\\_on\\_root\\_shoot\\_and\\_tiller\\_increment\\_of\\_vetiver\\_Vetiveria\\_zizanioides\\_L\\_Nash](https://www.researchgate.net/publication/343023242_Effect_of_NPK_fertilizer_on_root_shoot_and_tiller_increment_of_vetiver_Vetiveria_zizanioides_L_Nash)

- Moula, M. G., & Rahman, M. S. (2008). Tiller Effects of Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash). [*Bangladesh Forest Research Institute*], 11(3), 191–194. [https://www.researchgate.net/publication/261360508\\_Tiller\\_Effects\\_of\\_Vetiver\\_Grass\\_Vetiveria\\_zizanioides\\_L\\_Nash](https://www.researchgate.net/publication/261360508_Tiller_Effects_of_Vetiver_Grass_Vetiveria_zizanioides_L_Nash)
- Murga, G. G. (2025). *Crecimiento de Chrysopogon Zizanioides (Vetiver) en tres suelos con diferentes clases texturales con insumos nutricionales en el distrito Hermilio Valdizán* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/60191422-e186-4cd3-9464-442dc4c27855>
- Naibaho, G., Purba, E., & Ginting, J. (2016). Pengaruh Media Tanam dan Panjang Slip Bahan Tanaman terhadap Pertumbuhan Tanaman Vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash). *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 3(4), 1–23. <https://media.neliti.com/media/publications/106044-ID-pengaruh-media-tanam-dan-panjang-slip-ba.pdf>
- Orihuela, J. (2007). Manual sobre el uso y manejo del pasto vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*). *Organizacion Panamericana de la salud*, 37. [http://www.vetiver.org/TVN\\_manualvetiver\\_spanish-o.pdf](http://www.vetiver.org/TVN_manualvetiver_spanish-o.pdf)
- Pandey, A., & Tiwari, S. (2023). Diversity and distribution of vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) and its manifold uses: A review. *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 32(1), 01–13. <https://doi.org/10.25081/josac.2023.v32.i1.8204>
- Pandey, V., & Praveen, A. (2020). *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash – more than a promising crop in phytoremediation. *Phytoremediation Potential of Perennial Grasses*, 31–62. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817732-7.00002-X>
- Pérez, D., & Ríos, P. (2020). *Influencia del diámetro de esquejes para la propagación vegetativa de bambú guadua (Guadua angustifolia Kunth) a nivel de vivero en*

- Chanchamayo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].  
[http://45.177.23.200/bitstream/undac/1917/1/T026\\_43247136\\_T.pdf](http://45.177.23.200/bitstream/undac/1917/1/T026_43247136_T.pdf)
- Pinners, E. (2014). Vetiver system: reversing degradation on and off farm to keep soil carbon in place, build up root biomass, and turn degraded areas into biofuel sources. *Geotherapy: Innovative Methods of Soil Fertility Restoration, Carbon Sequestration, and Reversing CO<sub>2</sub>*, 1, 301–324. <https://www.taylorfrancis.com/reader/download/d2f51484-1fad-434a-87c4-6f500ee23431/chapter/pdf?context=ubx>
- Pripdeevech, P., Wongpornchai, S., & Promsiri, A. (2006). Highly volatile constituents of *Vetiveria zizanioides* roots grown under different cultivation conditions. *Molecules*, 11(10), 817–826. <https://doi.org/10.3390/11100817>
- Prisa, D. (2023). Application of biohumus at different substrate replacement rates in the germination and cultivation of *Zea mays*. *GSC Advanced Research and Reviews*, 15(3), 193–200. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2023.15.3.0237>
- Quispe, D. (2009). *Propagación de tres especies de Bambú a través de esquejes con diferentes dosis de Humus de lombriz, en la Zona de Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].  
<https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bfe9b50c-568e-4cfa-ab7c-ca27998b8949/content>
- Reyes, J. (2015). Manual diseño y organización de viveros. *Consejo Nacional de Competitividad*, 2–44. <https://studylib.es/doc/7396100/manual-dise%C3%B1o-y-organizaci%C3%B3n-de-viveros>
- Révolo, M., & Révolo, L. (2019). *Efecto de los sustratos orgánicos en el desarrollo y crecimiento de bambu guadua(guadua angustifolia kunth) a nivel del vivero en chanchamayo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].

[http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2062/1/T026\\_70326932\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2062/1/T026_70326932_T.pdf)

Reyes, J., Luna, R., Reyes, M., Zambrano, D., & Vazquez, V. (2017). Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento (*Capsicum annuum* L.) y su impacto en el rendimiento y sus componentes. *Centro Agrícola*, 44(4), 88–94.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852017000400013](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000400013)

Rodrigues, F., Vidal, L., Santos, V., Bertulino, P., & Ribeiro, J. (2022). Evaluation of the biotechnical characteristics of vetiver and paspalum grasses for use in soil reinforcement techniques under erosion threat. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 52, 1–8.  
<https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5271617>

Rodríguez, J. L. (2016). *Efecto de diferentes sustratos en el prendimiento de esquejes de bambú guayaquil (Dendrocalamus Asper Schult. & Schult. F. Backer Ex K. Heyne) en Tingo María*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].  
<https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/65c3a67b-291b-4d56-95db-3ce70514bf7e/content>

Roychowdhury, D., Mondal, S., & Banerjee, S. (2017). The Effect of biofertilizers and the effect of vermicompost on the cultivation and productivity of Maize - A Review. *Advances in Crop Science and Technology*, 05(01), 2–4. <https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000261>

Shimi, G., & Anilkumar, A. (2014). Planting methods, subsurface drip fertigation and bioinoculants on growth and productivity of vetiver [*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash]. *Journal of Spices & Aromatic Crops*, 23(2), 276–279.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/236024238.pdf>

Silva, J., Souza, J., De Oliveira, L., De Jesus, J., Rodrigues, F., & Marino, R. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytic fungi on the biomass development of

- vetiver grass. *Revista Caatinga*, 31(3), 602–611. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n308rc>
- Siñani, A. (2012). *Efecto de la altura de corte y el número de cepas sobre la producción del vetiver (chrysopogon zizanioides l.), en los yungas de la paz*. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/7949/T-1670.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Siyar, R., Doulati, F., Farahbakhsh, M., Norouzi, P., Yavarzadeh, M., & Maghsoudy, S. (2020). Potential of Vetiver grass for the phytoremediation of a real multi-contaminated soil, assisted by electrokinetic. *Chemosphere*, 246, 1–30. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125802>
- Teshome, J. Y. (2016). The status of vetiver grass as a technique for soil and water conservation in Lay Armachiho woreda. *Global Science Research Journals*, 4(1), 162–170. [https://vetiver.org/ETH\\_farmer-survey.pdf](https://vetiver.org/ETH_farmer-survey.pdf)
- Tripathi, G., & Bhardwaj, P. (2004). Comparative studies on biomass production, life cycles and composting efficiency of *Eisenia fetida* (Savigny) and *Lampito mauritii* (Kinberg). *Bioresource Technology*, 92(3), 275–283. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.09.005>
- Truong, P., & Thai, L. (2015). Prevention and treatment of contaminated water and land. *Vetiver Netw, segunda ed(p-)*, 110. [https://vetiver.org/TVN\\_waterQ\\_o.pdf](https://vetiver.org/TVN_waterQ_o.pdf)
- Truong, P. (2000). Vetiver grass system: potential applications for soil and water conservation in Northern California. 21, 562–571. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=e529023af03c07925009dd6aad957d4af5c23c5>

- Truong, P., & Chaves, C. Y. (2010). Saneamiento Ambiental X Congreso Recursos Hidricos Y Saneamiento Ambiental , X Corehisa. *The Vetiver Network International*, 1–11.  
[https://www.vetiver.org/COR-s\\_Art.%20Completo\\_SV\\_V.Fito.pdf](https://www.vetiver.org/COR-s_Art.%20Completo_SV_V.Fito.pdf)
- Truong, P., Van, T., & Pinners, E. (2008). Vetiver system applications technical reference manual. *The Vetiver Network International, 2008* (2nd Edition 2008), 1–98.  
[https://www.vetiver.org/vetiver\\_files/TVN\\_manual\\_english\\_o.pdf](https://www.vetiver.org/vetiver_files/TVN_manual_english_o.pdf)
- Truong, P., Van, T., & Pinners, E. (2009). Aplicaciones del sistema vetiver manual técnico de referencia. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 6(August), 128.  
<https://fcds.org.co/wp-content/uploads/2021/01/vetiver-system-technical-manual-spanish.pdf>
- Truong, P., Van, T., & Pinners, E. (2011). *Sistem vetiver solusi yang telah terbukti dan ramah lingkungan. 2008*. [https://www.vetiver.org/vetiver\\_files/TVN\\_Manual\\_Indonesian\\_o.pdf](https://www.vetiver.org/vetiver_files/TVN_Manual_Indonesian_o.pdf)
- Vanoh, R. (2020). The Vetiver System. *The Vetiver Network International*, 7–118.  
<https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/FJI/Vetiver%20System%20Training%20Manual%20for%20Fiji%202020.pdf>

## CAPÍTULO VII

### ANEXOS

#### 7.1. Instrumento de recolección de datos

##### 7.1.1. Ficha de evaluación de características fenotípicas de *Chrysopogon zizanioides*

**Tabla 16**

*Base de datos del crecimiento de Chrysopogon zizanioides*

Tratamientos	Repetición	Prendimiento (%)	Altura Tallo (cm)	(N) Hojas	(N) Tallos	Longitud Raíz (cm)	(N) Raíces	Masa seca raíces (g)
T0	1	100.00	6.60	14.00	2.64	32.99	22.64	6.32
T0	2	84.00	6.39	11.76	2.10	33.68	19.00	5.98
T0	3	92.00	6.55	13.30	2.78	30.08	26.09	6.44
T1	1	88.00	6.26	13.68	2.50	36.42	23.45	6.99
T1	2	92.00	6.41	12.22	2.09	38.06	20.91	6.45
T1	3	100.00	6.09	10.36	1.96	39.64	20.12	5.95
T2	1	88.00	7.75	18.32	3.32	34.53	31.00	6.75
T2	2	80.00	7.74	17.80	3.55	35.48	30.05	8.06
T2	3	92.00	7.32	15.35	2.61	31.06	28.39	6.60
T3	1	88.00	6.39	12.36	2.45	30.85	24.55	6.46
T3	2	80.00	7.51	16.45	2.80	32.88	31.20	5.46
T3	3	92.00	7.20	19.13	3.35	35.85	32.43	9.64
T4	1	84.00	7.02	12.86	2.38	38.07	26.57	6.10
T4	2	84.00	6.60	18.62	4.00	37.13	31.19	7.70
T4	3	92.00	6.90	14.52	2.70	36.75	24.91	6.91

7.1.2. Ficha de registro de evaluación de datos

TESIS-FICHA DE EVALUACIÓN																													
FECHA		15/07/2024																											
TRATAMIENTO (1) REPETICIÓN I: T1R1																													
ALTURA DE TALLO (cm)	N°PLANTAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	SUMA	PROMEDIO	PPA1A2
	A1	1.5	2.1	0	2.5	3.8	0	1.5	7.6	0	0	4.5	5.1	0	0	2.6	3.2	0	1.6	9.2	4.1	0	3.6	5.2	7.5	0	65.6	4.10	6.26
A2	7.6	12.6	6.8	13.2	4.3	4.2	9.6	9.2	7.5	0	10.6	9.6	9.3	7.2	10.3	7.3	0	10.2	9.5	9.4	0	6.7	8.4	7.7	4.2	185.4	8.43		
PRENDIMIENTO %		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	X(%)	
																											22	88	
N° HOJAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	Promedio	
		11	27	6	31	10	7	15	22	5	0	21	12	7	6	10	9	0	28	14	17	0	17	9	13	4	301	13.68	
N° TALLOS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	Promedio	
		2	5	1	5	2	1	3	3	1	0	4	2	1	1	2	2	0	7	2	3	0	3	2	2	1	55	2.50	
LONGITUD DE LA RAÍZ (CM)	N°PLANTAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	SUMA	PROMEDIO	PPA1A2
	A1	12.7	15.9	16.2	13.5	13.2	14.7	15.3	12.9	17.2	0	20.2	21.2	15.8	15.7	12.3	14.7	0	18.1	18.5	22.1	0	13.8	22.6	20.5	12.4	359.5	16.34	36.42
A2	74.2	48.5	49.5	56.4	54.1	54.2	64.5	42.5	53.2	0	70.5	57.6	65.7	48.9	69.4	47.3	0	57.3	60.3	61.1	0	61.5	56.7	51.3	38.1	1242.8	56.49		
N° DE RAICES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	Promedio	
		17	30	17	35	16	20	20	32	15	0	28	26	23	18	33	18	0	29	27	26	0	34	24	22	6	516	23.45	
MASA SECA RADICULAR		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	SUMA	PROMEDIO	
			8.76		7.78				7.69							4.38							6.33				34.94	6.99	
TRATAMIENTO (1) REPETICIÓN II: T1R2																													
ALTURA DE TALLO (cm)	N°PLANTAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	SUMA	PROMEDIO	PPA1A2
	A1	0	0	6.1	6.2	0	0	5.1	2.1	0	0	2.1	0	0	0	4.8	0	2.7	0	0	3.7	4.1	2.4	6.1	5.2	5.3	55.9	4.30	6.41
A2	0	11.2	6.7	6.5	3.1	0	12.2	11.5	2.8	7.4	8.2	9.7	8.2	7.8	8.6	9.4	10.6	9.2	8.5	9.2	7.2	6.5	10.1	9.1	12.2	195.9	8.52		
PRENDIMIENTO %		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	X(%)	
																											23	92	
N° HOJAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	Promedio	
		0	8	14	18	5	0	24	11	5	7	8	7	7	9	24	7	16	6	6	18	9	15	31	11	15	281	12.22	
N° TALLOS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	Promedio	
		0	1	2	2	1	0	4	2	1	1	2	1	1	1	5	1	3	1	1	3	2	3	5	2	3	48	2.09	
LONGITUD DE LA RAÍZ (CM)	N°PLANTAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	SUMA	PROMEDIO	PPA1A2
	A1	0	18.1	20.3	17.3	18.3	0	14.4	17.5	17.2	15.4	17.2	19.4	14.4	20.2	15.2	24.1	16.4	15.7	16.2	13.2	16.3	14.1	13.7	20.7	14.5	389.8	16.95	38.06
A2	0	67.2	69.2	63.1	20.4	0	79.7	50.8	24.3	56.2	67.9	63.1	52.4	60.3	57.6	68.2	77.2	42.6	41.3	35.6	95.6	63.8	62.3	67.4	74.8	1361	59.17		
N° DE RAICES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	Promedio	
		0	27	24	30	5	0	28	27	4	25	31	17	13	18	25	16	24	22	17	30	12	20	31	15	20	481	20.91	
MASA SECA RADICULAR		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	SUMA	PROMEDIO	
							7.29									5.79					3.11			10.42		5.62	32.23	6.45	
TRATAMIENTO (1) REPETICIÓN III: T1R3																													
ALTURA DE TALLO (cm)	N°PLANTAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	SUMA	PROMEDIO	PPA1A2
	A1	0	2.1	0	0	1.5	4.3	5.1	0	2.4	0	0	2.1	0	3.1	0	4.5	0	5.6	0	0	0	2.1	4.5	3.1	3.1	43.5	3.35	5.57
A2	8.2	8.2	7.1	4.4	6.5	11.2	5.2	3.8	8.8	7.2	10.7	9.8	7.6	7.8	11.5	8.3	9.3	9.3	5.6	7.4	4.7	10.2	6.1	7.6	8.2	194.7	7.79		
PRENDIMIENTO %		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	X(%)	
																											25	100	
N° HOJAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	Promedio	
		5	22	6	6	9	21	10	4	13	7	7	13	3	16	5	8	5	15	5	4	6	18	18	17	16	259	10.36	
N° TALLOS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	Promedio	
		1	4	1	1	2	4	2	1	2	1	1	3	1	3	1	2	1	2	1	1	1	4	3	3	3	49	1.96	
LONGITUD DE LA RAÍZ (CM)	N°PLANTAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	SUMA	PROMEDIO	PPA1A2
	A1	14.7	12.8	32.1	20.2	19.3	11.3	16.8	12.3	19.4	20.5	16.5	15.6	17.2	16.4	22.5	13.4	18.1	11.8	17.5	19.2	15.6	26.1	18.3	19.9	15.5	443	17.72	39.64
A2	68.5	83.5	78.2	51.2	74.4	51.8	73.4	26.8	118.5	74.3	71.2	26.8	54.4	47.2	57.1	60.1	37.8	48.6	62.3	105.8	43.5	60.5	55.4	57.2	50.3	1538.8	61.55		
N° DE RAICES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total	Promedio	
		13	28	8	11	18	31	17	11	24	18	22	24	13	29	19	18	13	23	19	11	23	22	26	30	32	503	20.12	
MASA SECA RADICULAR		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	SUMA	PROMEDIO	
			7.68				6.85					3.98							5.38				5.85				29.74	5.95	

## 7.2. Panel fotográfico

**Figura 15**

*Delimitación del área del vivero*



**Figura 16**

*Instalación del vivero*



**Figura 17**

*Limpieza y nivelación del área del vivero*



**Figura 18**

*Diseño de las parcelas experimentales (DCA)*



**Figura 19**

*Protección del vivero con malla raschell*



**Figura 20**

*Obtención de arena para sustrato*



**Figura 21**

*Desinfección del sustrato (Tierra agrícola y arena de río)*



**Figura 22**

*Remoción del sustrato*



**Figura 23**

*Preparación de los sustratos desinfectados*



**Figura 24**

*Llenado de bolsas*



**Figura 25**

*Enfilado de bolsas en cada parcela experimental*



**Figura 26**

*Recolección del material vegetativo*



**Figura 27**

*Colocación de los esquejes de C. zizanioides en agua*



**Figura 28**

*Sembrado de esquejes de C. zizanioides*



**Figura 29**

*Riego de los tratamientos después de la siembra de los esquejes de C. zizanioides*



**Figura 30**

*Codificación de los tratamientos y repeticiones*



**Figura 31**

*Retiro de malezas*



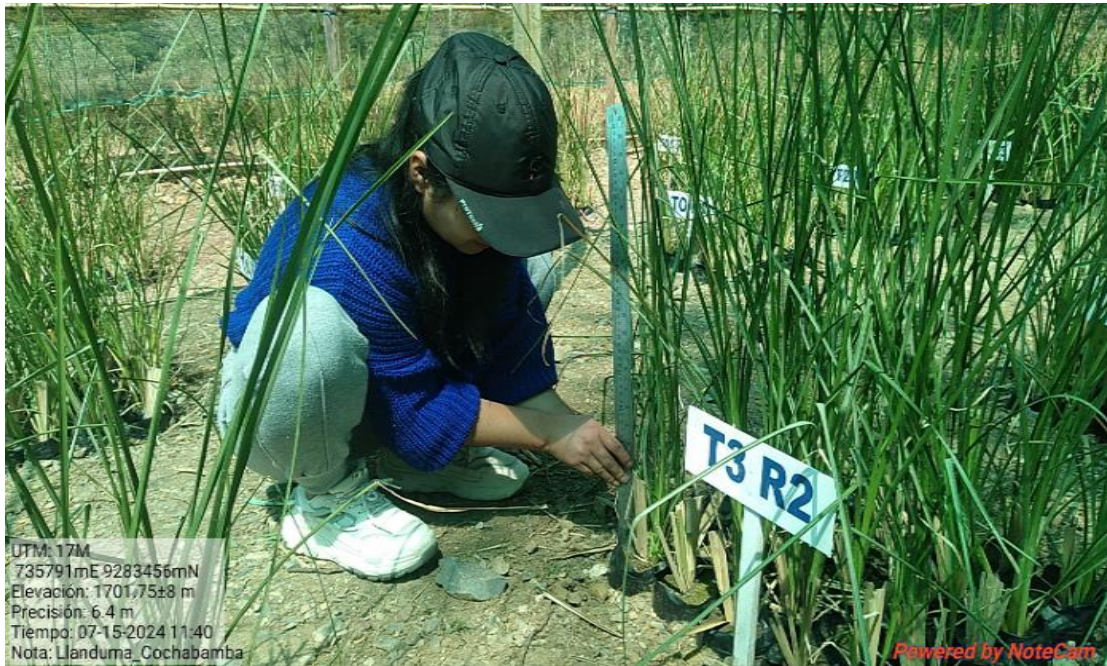
**Figura 32**

*Riego de los tratamientos*



**Figura 33**

*Medición de la altura del tallo a los 120 días*



**Figura 34**

*Lavado del sistema radicular*



**Figura 35**

*Plantas del T0*



**Figura 36**

*Plantas del T1*



**Figura 37**

*Plantas del T2*



**Figura 38**

*Plantas del T3*



**Figura 39**

*Plantas del T4*



**Figura 40**

*Peso de la biomasa del sistema radicular en la balanza analítica*



## Figura 41

*Biomasa del sistema radicular en la estufa*



## Figura 42

*Biomasa seca radicular*

