

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA**



EFFECTO DE ENMIENDAS FOSFORADAS EN EL CRECIMIENTO DE *Chrysopogon zizanioides* (VETIVER) EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN TINGO MARÍA

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLE,

MENCIÓN: CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

RUTH ANGELICA PARRA SHAPIAMA

Tingo María – Perú

2023



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 002-2024-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 03 de agosto de 2023, a horas 9:30 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“EFECTO DE ENMIENDAS FOSFORADAS EN EL CRECIMIENTO DE
Chrysopogon zizanioides (VETIVER) EN CONDICIONES DE INVERNADERO
EN TINGO MARÍA”**

Presentado por la Bachiller: **RUTH ANGELICA PARRA SHAPIAMA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES; MENCIÓN: CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 10 de enero de 2024

Dr. ROBERTO OBREGON PEÑA
PRESIDENTE

Ing. JAIME TORRES GARCIA
MIEMBRO



Ing. M. Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
MIEMBRO

Dr. JOSE D. LEVANO CRISOSTOMO
ASESOR



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 092 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

Tesis

X

Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DE ENMIENDAS FOSFORADAS EN EL CRECIMIENTO DE Chrysopogon zizanioides (VETIVER) EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN TINGO MARÍA	RUTH ANGELICA PARRA SHAPIAMA	18 % Dieciocho

Tingo María, 07 de marzo de 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



EFFECTO DE ENMIENDAS FOSFORADAS EN EL CRECIMIENTO DE *Chrysopogon zizanioides* (VETIVER) EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN TINGO MARÍA

Autor : Parra Shapiama, Ruth Angelica

Asesor : M.Sc José D. Lévano Crisóstomo

Programa de Investigación : Ciencias Básicas

Línea (s) de Investigación : Física y química de suelos

Eje Temático de Investigación : Indicadores físicos y químicos del suelo

Lugar de Ejecución : Laboratorio de suelos de la EPICSA

Duración **Fecha de Inicio** : 01/12/2019

Término : 12/03/2020

Financiamiento : s/. 1 925,30

FEDU : NO

Propio : SI

Otros : NO

Tingo María - Perú

DEDICATORIA

Estoy profundamente agradecida con Dios, por brindarme la oportunidad de vivir para ser feliz ejerciendo mi carrera.

A mis padres, Alejandro Parra Moreno y Liliana Shapiama Cenepo, por su apoyo y su sacrificio, estar siempre a mi lado cuando las dificultades se presentaron y por sus sabios consejos.

A mis hermanos Daniel, Homer, Teodoberto, Gerbar, Lionel y José, por su comprensión y apoyo moral y fraternal.

A mi hijo Renato Leví, por ser el motivo más grande para superar los obstáculos y vivir a pleno.

A mis abuelitos, aunque no estén físicamente conmigo papá Pablo y mamá Jesús que estuvieron presentes en mi vida universitaria y a mis papitos Luis e Inés que un son parte de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables por ser mi alma mater y acogerme con sus enseñanzas.

Este logro se lo debo primeramente a mis padres, por ser el sostén dentro de mi vida como estudiante que me inculcaron a seguir adelante pese a las adversidades y hacer las cosas con amor.

A mi asesor Ing. MSc. José Dolores Lévano Crisóstomo; por su valiosa colaboración y supervisión de la tesis.

A los miembros del jurado de tesis, Dr. Roberto Obregón Peña, MSc. Juan Pablo Rengifo Trigozo, Ing. Jaime Torres García, y Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez por su colaboración en el presente trabajo.

A todos los docentes que me acompañaron a lo largo de este proceso, quienes me guiaron y forjaron como un profesional integro en mi área.

A mis compañeros, amigos y familiares que contribuyeron para el logro de mis objetivos.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. La bioingeniería.....	3
2.1.1.1. Utilidad del pasto vetiver en la bioingeniería del suelo.....	4
2.1.1.2. Fenómenos de degradación de suelos y erosión.....	4
2.1.2. La especie <i>C. zizanioides</i>	5
2.1.2.1. Descripción.....	5
2.1.2.2. Hábitat.....	5
2.1.2.3. Características ecológicas.....	6
2.1.2.4. Características especiales para propósitos de protección ambiental del suelo y agua.....	6
2.1.2.5. Mecanismos de acción del ácido giberélico (AG3).....	7
2.1.2.6. Efecto fisiológico del AG3.....	9
2.1.2.7. Ensayos agronómicos con giberelinas.....	9
2.1.3. El fósforo.....	10
2.1.3.1. Situación actual del fósforo.....	10
2.1.3.2. El fósforo en el suelo.....	11
2.1.3.3. Rol del fósforo en la planta.....	13
2.1.4. Los suelos degradados.....	14
2.1.5. Estado del arte.....	15

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Lugar de ejecución	17
3.2. Materiales y equipos.....	17
3.2.1. Material vegetativo	17
3.2.2. Insumos (abonos).....	17
3.2.3. Materiales y herramientas de campo	17
3.3. Metodología.....	18
3.3.1. Evaluar el comportamiento de la longitud de hoja, diámetro a la altura del cuello, longitud de la raíz y hojas en el crecimiento de vetiver	18
3.3.2. Factores en estudio	18
3.3.3. Tratamientos en estudio.....	18
3.3.4. Diseño experimental	19
3.3.5. Análisis de variancia.....	19
3.4. Variables a evaluar	20
3.4.1. Longitud de la hoja.....	20
3.4.2. Diámetro a la altura del cuello.....	20
3.4.3. Longitud de raíz.....	20
3.4.4. Peso seco de raíz y hojas	20
3.4.5. Determinar las propiedades físicas (textura) y químicas (materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible) de los tratamientos	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1. Efecto de diferentes niveles de fósforo en el crecimiento de <i>C. zizanioides</i>	22
4.1.1. Longitud de la hoja.....	22
4.1.2. Diámetro a la altura del cuello.....	28
4.1.3. Longitud de raíz.....	35
4.1.4. Peso seco de raíz y hojas	37
4.2. Propiedades físicas y químicas del suelo antes y después del ensayo experimental..	39
4.2.1. Las propiedades físicas.....	39

4.2.2. Las propiedades químicas.....	40
V. CONCLUSIONES	46
VI. PROPUESTAS A FUTURO	47
VII. REFERENCIAS.....	48
ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Coordenadas UTM (WGS 84) de la zona de estudio.	17
2. Los factores en estudio.	18
3. Tratamientos en investigación.	19
4. Modelo del análisis de variancia.	19
5. Parámetros y métodos de determinación.	21
6. Análisis de variancia para los valores de la variable longitud de hoja en <i>C. zizanioides</i> , bajo diferentes niveles de fósforo en la primera evaluación.	22
7. Comparaciones para los factores en la primera evaluación con respecto a los valores de la longitud de hoja (cm) en <i>C. zizanioides</i>	23
8. Análisis de variancia para los valores de la variable longitud de hoja en <i>C. zizanioides</i> , bajo diferentes niveles de fósforo en la segunda evaluación.	24
9. Comparaciones para los valores de la longitud de hoja (cm) en <i>C. zizanioides</i> en los niveles de fósforo y la interacción de los factores vs el testigo en la segunda evaluación.	25
10. Análisis de variancia para los valores de la variable longitud de hoja en <i>C. zizanioides</i> , bajo diferentes niveles de fósforo en la tercera evaluación.	26
11. Comparaciones para los valores de la longitud de hoja (cm) en <i>C. zizanioides</i> entre los factores versus el testigo en la tercera evaluación.	27
12. Análisis de variancia para los valores de la variable diámetro a la altura del cuello en <i>C. zizanioides</i> , bajo diferentes niveles de fósforo en la primera evaluación.	28
13. Comparaciones para los factores en la primera evaluación con respecto a los valores del diámetro a la altura del cuello (cm) en <i>C. zizanioides</i>	29
14. Análisis de variancia para los valores del diámetro a la altura del cuello en <i>C. zizanioides</i> , bajo diferentes niveles de fósforo en la segunda evaluación.	31
15. Comparaciones para los factores en la segunda evaluación con respecto a los valores del diámetro a la altura del cuello (cm) en <i>C. zizanioides</i>	32
16. Análisis de variancia para los valores del diámetro a la altura del cuello en <i>C. zizanioides</i> , bajo diferentes niveles de fósforo en la tercera evaluación.	33
17. Comparaciones para los factores en la tercera evaluación con respecto a los valores del diámetro a la altura del cuello (cm) en <i>C. zizanioides</i>	34
18. Análisis de variancia para los valores de la longitud de raíz (cm) <i>C. zizanioides</i> , bajo diferentes niveles de fósforo.	36

19. Comparaciones para los valores de la longitud de raíz (cm) en <i>C. zizanioides</i>	37
20. Comparaciones para los valores del peso seco de raíz y hojas (g) en <i>C. zizanioides</i>	38
21. Comparaciones para los valores del peso seco y raíz (g) en <i>C. zizanioides</i>	39
22. Textura de los suelos en la investigación.	40
23. Valores de las propiedades químicas en dos evaluaciones en la investigación.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Valores de la longitud de hoja de <i>C. zizanioides</i> en la primera evaluación.	24
2. Valores de la longitud de hoja de <i>C. zizanioides</i> en la segunda evaluación.....	26
3. Valores de la longitud de hoja de <i>C. zizanioides</i> en comparación con el testigo en la tercera evaluación.	28
4. Valores del diámetro a la altura del cuello de <i>C. zizanioides</i> en la primera evaluación.....	30
5. Valores del diámetro a la altura del cuello de <i>C. zizanioides</i> en la segunda evaluación.....	33
6. Valores del diámetro a la altura del cuello de <i>C. zizanioides</i> en la tercera evaluación.....	35
7. Valores de la longitud de raíz de <i>C. zizanioides</i> en la investigación.....	37
8. Valores para el peso seco de raíz y hojas de <i>C. zizanioides</i> en la investigación.	39
9. Valores para el pH de <i>C. zizanioides</i> en la investigación.....	42
10. Valores para la materia orgánica <i>C. zizanioides</i> en la investigación.....	42
11. Valores para el nitrógeno disponible (%) <i>C. zizanioides</i> en la investigación.....	43
12. Valores para el contenido de fósforo (ppm) en <i>C. zizanioides</i> en la investigación.....	44
13. Valores para el contenido de potasio (ppm) en <i>C. zizanioides</i> en la investigación.....	45

RESUMEN

Esta investigación se ejecutó en el laboratorio de conservación de suelos de la escuela profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua perteneciente a la Facultad de Recursos Naturales Renovables - Universidad Nacional Agraria de la Selva. Situado políticamente en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco. El suelo utilizado (suelo degradado) fue proveniente del sector Supte San Jorge, distrito Rupa Rupa, para su obtención se colectó muestras de suelo de 0 - 20 cm de profundidad con la finalidad de evaluar el efecto de enmiendas fosforadas en el crecimiento de *Chrysopogon zizanioides* (Vetiver) en condiciones de invernadero en Tingo María. Se aplicó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial de 2A x 3B x 2C, que corresponde a dos fuentes fosforadas (fosfato Di-Amónico (18-46-0) y Osmocote (15-9-12), bajo 3 niveles de aplicación con dos niveles de ácido giberélico más 1 testigo y tres repeticiones. Las características evaluadas fueron sometidas a la prueba de Rangos Múltiples de Tukey. Los resultados fueron en la variable longitud de hoja de *C. zizanioides* en muchos casos no fue significativo, resaltando al fosfato di amónico a una dosis de 200 g y con una aplicación de 0.1 mL los que presentaron los mayores valores promedios ocurriendo lo mismo para la variable diámetro a la altura del cuello, la longitud de raíz y el peso seco de la raíz y hojas, con respecto al tratamiento testigo esta fue menor que los factores contemplados en la investigación. Las propiedades físicas como la textura casi todos presentaron suelos francos arcillo limosos, el pH fue mayor en el fosfato di amónico al nivel de 100 g y en la planta que no se aplicó ácido giberélico, en la materia orgánica fue mayor en el fosfato di amónico al nivel de 300 g y en la planta que no se aplicó ácido giberélico, en el nitrógeno fue mayor el Osmocote al nivel de 300 g y en la planta que no se aplicó ácido giberélico, en el fósforo y el potasio fue mayor en el fosfato di amónico al nivel de 300 g y en la planta que no se aplicó ácido giberélico, así mismo el efecto de los abonos fosfatados con sus niveles y ácido giberélico es mejor que el testigo.

Palabras clave: propiedades, suelo, fósforo, ácido, giberélico.

ABSTRACT

The research was carried out in the greenhouse of the soil conservation laboratory of the professional school of Engineering in Soil and Water Conservation belonging to the Faculty of renewable Natural Resources - Universidad Nacional Agraria de la Selva, politically located in the Rupa Rupa district, Leoncio Prado province, Huánuco department. The soil used (degraded soil) came from the Supte San Jorge sector, Rupa Rupa district, to obtain it, soil samples of 0 - 20 cm depth were collected to evaluate the effect of different levels of phosphorus applied in fertilization. Background on the growth of *Chrysopogon zizanioides* under greenhouse conditions in Tingo María. The Completely Random Design (DCA) was applied with a 2Ax3Bx2C factorial arrangement, which corresponds to two phosphorous sources (Diammonium phosphate (18-46-0) and Osmocote (15-9-12), under 3 application levels with two levels of gibberellic acid plus 1 control and three repetitions. The evaluated characteristics were subjected to Tukey's Multiple Range test. The results were in the variable leaf length of *C. zizanioides* in many cases it was not significant, highlighting the diammonium phosphate at a dose of 200 g and with an application of 0.1 ml those that presented the highest average values, the same occurring for the variable diameter at the height of the neck, the length of the root and the dry weight of the root and leaves, with respect to the control treatment, this was lower than the factors considered in the investigation. Physical properties such as texture, almost all presented silty clay loam soils, the pH was higher in diammonium phosphate at the 100 g level and in the plant that did not apply gibberellic acid, in organic matter it was higher in diammonium phosphate at level of 300 g and in the plant that did not apply gibberellic acid, in nitrogen the Osmocote was higher at the level of 300 g and in the plant that did not apply gibberellic acid, in phosphorus and potassium it was higher in diammonium phosphate at level of 300 g and in the plant that gibberellic acid was not applied, likewise the effect of phosphate fertilizers with their levels and gibberellic acid is better than the control.

Keywords: properties, soil, phosphorus, acid, gibberellic.

I. INTRODUCCIÓN

La relación directa de las personas con la tierra es el resultado de la necesidad de utilizar estos recursos en sus actividades de supervivencia, como la agricultura, el pastoreo, la ganadería, la infraestructura, las vías de comunicación y el desarrollo de su país y sociedad. Estas y otras actividades provocan estrés y mala gestión, que a su vez contribuyen a la degradación, erosión y desertificación de millones de hectáreas en todo el mundo. El respeto por el medio ambiente hace que encontrar soluciones técnicas respetuosas con la naturaleza para la construcción normal y la prevención de desastres naturales sea una actividad importante del desarrollo sostenible.

La especie *Chrysopogon zizanioides* es una gramínea recomendada por el Banco Mundial para la estabilización, restauración de suelos y control de la erosión laminar. La especie *C. zizanioides* forma una barrera o empalizada gruesa y permanente que es económica y fácil de establecer con un mantenimiento mínimo; su sistema radicular es fuerte y fibroso. La resistencia a la tracción de las raíces de vetiver es de 75 MPa, que es 1/6 de la resistencia del acero dulce del mismo diámetro. A medida que se desarrolla el sistema de raíces, la resistencia al corte del suelo aumenta considerablemente.

El fósforo es un macronutriente importante para la floración y la formación de frutos. A pesar de su importancia, este elemento puede ser muy raro en suelos de hasta 1 kg de P_2O_5 /ha. Además, tiene propiedades no disponibles para las plantas, tales como: cambia de forma según el pH, puede ser adsorbido por arcillas, óxidos de hierro o aluminio, etc. La única fuente de producción de fertilizantes fosfatados es la roca fosfórica, un recurso limitado. Por estas razones, este nutriente debe utilizarse de forma racional.

El ácido giberélico (A.G.3) SL es un regulador de crecimiento que estimula y regula el crecimiento de las plantas. La respuesta fisiológica de las plantas tratadas depende de su estado de desarrollo. En este contexto, dado que el factor más importante para mejorar los niveles de rendimiento es inherentemente una nutrición mineral adecuada de la planta, el uso de hormonas vegetales puede inducir aumentos de rendimiento y mejorar el crecimiento y surge como una alternativa porque produce cosechas más uniformes.

De acuerdo con estos criterios, se debe determinar el nivel de aplicación de fertilizantes fosfatados para lograr rendimientos óptimos sin sobre fertilizar, especialmente para factores críticos y limitantes como el P. Para definir el nivel óptimo de fertilización, el presente experimento se propuso a distintos niveles de fertilización con fosfato utilizando la fuente más

común de P, el fosfato diamónico. Por esta razón, es importante evaluar los efectos de las concentraciones de fósforo y ácido giberélico en el crecimiento y rendimiento de *C. zizanioides*.

Por lo expuesto, en el presente estudio se tuvo las siguientes interrogantes: ¿Qué tratamiento elegimos?, ¿Qué componentes tienen?, ¿Da igual uno que otro? son preguntas que a lo largo de esta investigación se logró responder. Para lo cual para la presente investigación se propuso como hipótesis: Con la incorporación de distintos niveles de enmiendas fosforadas aplicados en el crecimiento de *C. zizanioides* en condiciones de invernadero se obtienen diferencias significativas. Concluyéndose que, las diferentes dosis de fertilizantes fosforados sumado a la aplicación de ácido giberélico presenta un efecto significativo en el crecimiento de vetiver en condiciones de invernadero.

1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de enmiendas fosforadas en el crecimiento de *C. zizanioides* (Vetiver) en condiciones de invernadero en Tingo María.

1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento de la longitud de hoja, diámetro a la altura del cuello, longitud de raíz, peso seco de raíz y hojas en el crecimiento de vetiver.
- Determinar las propiedades físicas (textura) y químicas (materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible) de los tratamientos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. La bioingeniería

Es una rama de la ingeniería que utiliza una variedad de técnicas donde los materiales vegetales vivos son elementos arquitectónicos que se utilizan solos o en combinación con materiales inertes como árboles, piedras, concreto, mallas, geotextiles, etc. para la restauración ambiental a largo plazo. El profesor Hugo Schichtl, quien es considerado el padre del campo, dio la siguiente definición: "La bioingeniería es una disciplina constructiva que busca lograr objetivos técnicos, ecológicos, estéticos y económicos, usando principalmente todos los materiales vivos como semillas, plantas, partes y flora." (Sangalli, 2008).

De acuerdo con la "Guía práctica de bioingeniería en la restauración ribereña", la bioingeniería se determinan simplemente como la combinación de elementos biológicos y mecánicos para aumentar la resistencia y la estructura del suelo. Estos métodos biotecnológicos son un claro ejemplo de cómo la ingeniería clásica combinada con la naturaleza puede conservar el suelo, reducir la erosión y proporcionar alimento y resistencia a lo largo del tiempo, que es la idea principal que queremos resaltar en este artículo. Además de la tarea de evitar derrumbes, también hace más agradable el entorno, embellece y en algunos casos vuelve productivos los terrenos baldíos. (Martínez et ál., 2013).

La principal tarea de la biotecnología es controlar la erosión del suelo y desarrollarla como tecnología a utilizar:

- Rehabilitación de infraestructuras lineales: carreteras, ferrocarriles, estabilización de taludes y control de la erosión.
- Renovación de vías fluviales, humedales y zonas costeras.
- Recuperar terrenos dañados por actividades mineras: graveras, canteras, minas entre otros:
- Restaurar espacios degradados: vertederos, escombreras, entornos dañados por el fuego.

La biotecnología logra 4 objetivos específicos:

- Finalidad Técnica: Principalmente protección contra la erosión, la estabilización de taludes o la estabilización de aceras.
- Finalidad ecológica: Restauración de los ecosistemas.
- Finalidad estética: Integración de obras y estructuras en el paisaje.

- Finalidad económica: Mejorar el tiempo de ejecución de las obras y ahorrar costes y energía en la ejecución.

2.1.1.1. Utilidad del pasto vetiver en la bioingeniería del suelo

El uso de estas técnicas biotecnológicas para aprovechar las cualidades del vetiver va de la mano con las recomendaciones tanto del Banco Mundial como de muchos organismos internacionales que han aplicado con éxito esta maleza a la erosión del suelo. Lo que hacen es demostrar la necesidad de seguir las tendencias por el bien del entorno natural.

Hasta la década de 1980, cuando Grimshaw comenzó a introducir el vetiver a través del Banco Mundial, había poco uso y conocimiento del vetiver, pero en lugares como Mauricio, la estabilización biológica de las pendientes de las carreteras ha sido una práctica durante más de medio siglo. , Caribe, Fiji, etc. (NRC, 1993).

Debido a que las técnicas tradicionales requieren evidencia clara de la resiliencia del vetiver para controlar las laderas erosionadas, autores como Hengchaovanich (1999), en sus quince años de biología técnica en trópicos húmedo, han detallado cómo se realizaron experimentos y pruebas que demuestran resistencia. La resistencia relativa de este árbol a otros árboles mantiene el suelo sin romperse a niveles de resistencia de 40 a 120 milipascales (MPa), comparable a la instalación de rejillas especializadas.

Gia Lam (2014) y muchos otros realizaron un análisis correspondiente sobre la fuerza de la raíz del vetiver y encontraron que la abundancia de racimos de vetiver, los capilares en los que crecen y el entretejido de estas raíces contribuyen al interior del vetiver y concluyeron que es posible crear un alto grado de cohesión en partículas del suelo. Las zonas más grandes son más efectivas para mantener y estabilizar pendientes y controlar el suelo. En comparación con los sistemas hechos por el hombre, como los cimientos, no sufren los mismos procesos de corrosión y se vuelven más fuertes con el tiempo.

2.1.1.2. Fenómenos de degradación de suelos y erosión

Suárez (1988) planteó que la erosión implica el desprendimiento, transporte y posterior depósito de material suelo o roca por fluidos en movimiento; podría crearse por el agua y el viento. En el caso de Rodríguez (2006), afirma que las fases de erosión que dañan la estabilidad de laderas se dividen en: 1-tipo, geología, geomorfología, geotécnica y factores internos de la vegetación. 2- Tipos de factores externos: clima, terremotos y antrópicos.

Poveda et al., (2006) mencionaron que los procesos de erosión a menudo ocurren como resultado de procesos geomorfológicos y físicos antropogénicos en las laderas de las montañas. Wischmeir et al. (1971), sin embargo, mencionó que la erosionabilidad de la tierra cambia como se indica a continuación:

- Es baja en gravas bien gradadas.
- Aumenta cuando el contenido de sodio (Na) incrementa en el suelo y disminuye con el intercambio iónico del agua.

Las fases geomórficas pueden ser causados por movimientos tectónicos, actividad volcánica, depuración de aguas, lavado de riberas de ríos, erosión subterránea (disolución, oleoductos), carga de sedimentos.

- Rico en limo y arena uniformemente fina.
- Disminuye al aumentar el porcentaje de arcilla y materiales orgánicos.
- Disminuye en suelos con baja porosidad y alta humedad.

2.1.2. La especie *C. zizanioides*

2.1.2.1. Descripción

La especie *Chrysopogon zizanioides* antes clasificada como *Vetiveria zizanioides*, es una planta herbácea, gramínea, estable, sin tallo aparente. Taxonómicamente el género *Crysopogon* pertenece a la familia Poaceae.

Sus hojas son largas y firmes, solitarias, de 0,3 -1 m de largo, 4 -10 mm de ancho, lisas, sin bordes, muy duraderas, con bordes rugosos. La altura de la planta llega a los 2 m. Las inflorescencias prácticamente estériles son 0,15 - 0,4 m de largo. El sistema de raíces tiene un fuerte crecimiento vertical, pero se expande sólo alrededor de 0,5 m alrededor de la planta. Son raíces muy fuertes, firmes, muy largas, verticales y de espesor uniforme a modo de filamentos que forman racimos esponjosos muy ramificados. Raíces de hasta 4 m de profundidad, a menudo se encuentran de 2 a 3 m. Los rizomas son muy cortos y no invasivos. No forma estolones. Caracterizada por la biosíntesis (a través de C4), lo que sugiere que se adapta a condiciones con mucho calor durante el día y altos niveles de radiación solar. (Wildschut, 2013).

2.1.2.2. Hábitat

El vetiver es originario de las marismas de la India. Como tal, es hidrófilo, pero una vez establecido funciona bien incluso en condiciones secas. Crece a partir de 300 mm, óptimamente a partir de 700 mm sin riego debido a la lluvia distribuida

uniformemente. Sus rangos conocidos son climas tropicales, subtropicales y mediterráneos. En los trópicos y subtrópicos, la temperatura limita la distribución tanto en latitud como en altitud, pero crece mejor en altitudes por debajo de los 2000 metros. El vetiver prefiere los suelos arenosos profundos, pero se adecua a toda forma de suelo, incluidos los suelos rocosos y poco profundos. Sus raíces crecen verticalmente y pueden penetrar hasta 4 m de profundidad o hasta el nivel freático. La planta es tolerante a la sequía debido a sus raíces profundas. (Wildschut, 2013).

2.1.2.3. Características ecológicas

El vetiver tolera las situaciones extremas del suelo y del clima, pero como pasto tropical, el vetiver es muy tolerante a la sombra e incluso puede matarlo. Por lo tanto, el crecimiento del pasto vetiver mejora en espacios abiertos libre de mala yerba y se debe controlar la maleza durante la etapa de establecimiento. En suelos propensos a la erosión y la inestabilidad, el vetiver primero proporciona humedad y nutrientes. Puede mejorar el microambiente y establecer otros cultivos y especies nativas. Por esta razón, el vetiver se considera un cultivo nutritivo en suelos degradados. (Truong et al., 2009)

2.1.2.4. Características especiales para propósitos de protección ambiental del suelo y agua

Ruong et al. (2009) sugirieron que las propiedades únicas del pasto vetiver en el suelo se pueden aplicar directamente al tratamiento de aguas residuales, incluidas las siguientes propiedades morfológicas y fisiológicas:

- Atributos morfológicos

Las plantas de vetiver no tienen pistas para correr ni rizomas. Su sistema radicular fino y compacto crece muy rápidamente y en algunas aplicaciones alcanzan profundidades de 3-4 m en el primer año. Sus raíces profundas aseguran la tolerancia a la sequía y permite una excelente penetración en el suelo, mientras que la penetración en capas estrechas (estufa) promueve un drenaje profundo.

La mayoría de las raíces del vasto sistema radicular son muy delgadas, con un diámetro promedio de 0,5 a 1,0 mm (Cheng et al., 2003, citado en Truong et al., 2009), lo que proporciona a la planta un enorme volumen de rizosfera. El desarrollo y reproducción de bacterias y hongos facilitan los procesos de absorción y descomposición de contaminantes, como la nitrificación. Se ha demostrado que estas raíces tienen una resistencia a la tracción promedio de aproximadamente 75 MPa, equivalente a 1/6 de la del acero suave, y un aumento del 39 % en la resistencia al corte a una profundidad de 0,5 m (1,5 pies).

El tallo de la planta erecta del vetiver puede alcanzar los 3 m de longitud. Al plantarse muy justas crean una barrera viva permeable, ralentizando el flujo de agua y actuando como un filtro biológico muy eficaz, atrapando sedimentos gruesos y finos e incluso rocas en el lecho del río.

- **Atributos fisiológicos**

Soporta cambios climáticos extremos como sequías prolongadas, inundaciones, sumersiones y temperaturas extremas de -1 °C a +55 °C. Tolera un amplio rango de pH de 3,3 a 12,5 sin modificar el suelo. Tolera tierras ácidas, salinas, alcalinas, ácidos y ricos en magnesio. - Muy buena resistencia al Al, Mn y metales pesados como As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se, Zn en tierra y agua. Es muy eficaz en la adsorción de N y P disueltos en aguas residuales. Tiene una alta tolerancia a los nutrientes N y P presentes en la tierra. Resistente a herbicidas e insecticidas. Descompone los elementos orgánicos unidos por herbicidas y otros biocidas regenerándose rápido después de sequías, heladas, incendios, sal y otras condiciones adversas cuando estas condiciones desaparecen. (Truong y Baker, 1998, como se cita Truong et al., 2009).

Las giberelinas son un grupo de elementos naturales con actividad en la regulación de la evolución y desarrollo de las plantas. Las giberelinas son elementos químicos que se producen en un tejido y se trasladan a otro, donde integran el crecimiento, el desarrollo y las actividades metabólicas de varios tejidos vegetales para producir uno o más efectivos altamente específicos. La actividad suele ser muy baja (Curtis & Barnes, 1993).

El ácido giberélico regula hormonalmente el desarrollo que incita y regula la evolución de las plantas. La aplicación adecuada puede promover el crecimiento temprano y uniforme de los brotes sin dañar gravemente el cultivo ni reducir el rendimiento. La respuesta fisiológica de las plantas tratadas depende de su estado de crecimiento. Por tanto, actúa como diluyente o como precursor del crecimiento. Las giberelinas están involucradas en procesos como la división y elongación celular, el inicio de la floración, el desarrollo de órganos florales, el desarrollo de cuerpos fructíferos y la producción de varias enzimas hidrolíticas. (Matsuoka, 2003).

2.1.2.5. Mecanismos de acción del ácido giberélico (AG3)

Los múltiples efectos de las giberelinas indican que cuentan con más de un lugar de acción principal. Hasta ahora, las investigaciones sobre los receptores hormonales no han demostrado ni descartado esta idea. Incluso un solo efecto, como facilitar el alargamiento del tallo en toda la planta, es el resultado de eventos contribuyentes. La división celular se estimula en el ápice del tallo, especialmente en las células meristemáticas más

basales, a partir de las cuales se forman grandes hileras de células corticales y células fundamentales. (Sachs, 1965).

Liu y Loi (1976) demostraron que el aumento del número de células condujo a un desarrollo más rápido del tallo. Las giberelinas pueden promover la hidrólisis del almidón, los fructanos y la sacarosa para producir moléculas de fructosa y glucosa, lo que promueve el crecimiento celular. Estas hexosas proporcionan energía a través de la respiración, ayudan en la formación de la pared celular y disminuyen temporalmente el potencial hídrico de la célula. A medida que reduce el contenido de agua, el agua penetra más rápido, las células se hinchan y el contenido de azúcar se diluye.

Aylor y Cosgrove (1989), las giberelinas frecuentemente mejoran la plasticidad de la pared celular. Cuando la sacarosa y las sales inorgánicas están presentes para proporcionar energía y evitar la dilución excesiva de los componentes celulares (es decir, para bloquear el aumento de la presión osmótica), la elongación inducida por AG3 se reduce significativamente en comparación con la fracción no tratada. Fue 15 veces mayor. Aumenta considerablemente la ductilidad de la pared.

Las giberelinas estimulan no solo la elongación del tallo sino también el desarrollo de toda la planta (Salisbury y Ross, 1992). Las giberelinas alteran el ARN emitido en el núcleo y, por lo tanto, pueden regular la división celular y otras actividades de evolución y crecimiento de las plantas. Otra hipótesis es que las giberelinas están involucradas en la síntesis de ARN dirigida por ADN en el núcleo. (Weaver, 1989).

Las giberelinas inducen la división celular al reducir la interfase del ciclo celular y permitir que las células en la fase G1 sinteticen ADN. También promueve el alargamiento celular aumentando la plasticidad de la pared celular, aumentando el contenido de glucosa y fructosa, disminuyendo el potencial hídrico, permitiendo que el agua ingrese a la célula e induciendo la deposición transversal microtúbulos y participa en el transporte de calcio. También actúan a nivel genético para ejercer algunos efectos fisiológicos.

Taiz & Zeiger (2006) afirman que las giberelinas pueden mejorar la formación y el desarrollo de algunos frutos, y también promueven el crecimiento celular porque aumentan la hidrólisis del almidón, los fructanos y la sacarosa, produciendo moléculas de fructosa y glucosa, que componen la creación de membranas celulares. Los datos sobre el proceso giberelinas de trituración de frutos no es coherente; algunos resultados muestran una reducción del agrietamiento. (Looney & Lidster, 1980).

2.1.2.6. Efecto fisiológico del AG3

Maneja el desarrollo y la elongación del tallo, alarga los tallos de las flores causados por el largo ciclo de luz del día de los asteriscos, estimula la floración de las plantas de día largo plantadas en el momento equivocado y afecta el acrecentamiento y desarrollo de las plantas. En muchas especies y cultivos, moviliza reservas para el desarrollo temprano de plántulas, estimula la formación de flores masculinas y, en algunas especies, reemplaza la necesidad de clima frío (primavera) para estimular la floración.

Pérez & Martínez (1994) informaron que las giberelinas funcionan como reguladores endógenos de la evolución y crecimiento de plantas superiores y que su función hormonal depende de dos hipótesis básicas:

- Son elementos orgánicos naturales de las plantas.
- Su aplicación exógena forma una amplia variedad de respuestas en el crecimiento.

Estimular el crecimiento del tallo es quizás el efecto fisiológico más impresionante de la giberelina. (Azcon-Bieto, & Talon, 1996).

Los cultivos que utilizan giberelinas incluyen: en alcachofas para aumentar y extender la forma de las flores, en perejil para promover el crecimiento (principalmente durante la estación fría), en cítricos para retrasar la senescencia de la fruta, en uvas Se utiliza en vides para extender los tallos de las flores y prevenir enfermedades fúngicas. y producir bayas más grandes sin semillas, en manzanas para incrementar el tamaño y la calidad de la fruta, en coníferas para aumentar la producción de semillas, provocando una floración más temprana, en caña de azúcar para incrementar la producción de sacarosa, y también Materiales utilizados para romper la latencia en los tubérculos y semillas de papa y para aumentar la hidrólisis de almidón de endospermo de cebada.

2.1.2.7. Ensayos agronómicos con giberelinas

Los acondicionadores de plantas son sustancias que rara vez se utilizan en el cultivo de pimentón o pimiento; sin embargo, el ácido giberélico a veces se utiliza para disminuir o evitar el retraso del desarrollo y el posterior endurecimiento de las plantas debido al frío invernal. Este producto se puede aplicar en dosis de 6 ppm a 25 ppm y puede penetrar en la vegetación 8 o 10 días después de la aplicación en condiciones ambientales adecuadas. (Núñez Gil & Costa, 2003).

El ácido giberélico debe aplicarse antes de la floración para mejorar el cuidado, la madurez temprana y la producción de las plantas; en nuestras condiciones 90 días después del trasplante y/o de cada poda. El momento de aplicación del ácido giberélico es muy

importante para conseguir buenos resultados. La dosis máxima recomendada por aplicación es de 50 ppm para evitar daños a las plantas. (Proexant, 2004).

El uso del ácido giberélico requiere más investigación. Los experimentos preliminares muestran que las plantas recibirán esta demanda externa en un plazo de 50 a 90 días. Las dosis cambian de 10 a 40 ppm y se pueden administrar hasta tres dosis (dosis más bajas) dos semanas después de la aplicación inicial. Este es un aspecto que debe ajustarse en cada área de producción, ya que factores como la edad de la planta, los niveles de luz, las condiciones del agua y los nutrientes al momento de la aplicación pueden afectar la respuesta. Sin embargo, es importante señalar que la aplicación externa de ácido giberélico promueve un progreso vigoroso, por lo que la planta debe recibir suficiente agua y nutrientes para satisfacer plenamente los requisitos de crecimiento.

Cuando se usa correctamente, el ácido giberélico (GA3) puede aumentar la madurez temprana y el desarrollo uniforme de los cogollos sin causar daños significativos a las plantas ni reducir la productividad. El tratamiento con ácido giberélico en producción anual permite cosechar hasta 8 semanas antes que las plantas no tratadas. La aplicación incorrecta de ácido giberélico puede reducir el vigor de la planta, aumentar la susceptibilidad al daño de la punta negra y los ácaros, y causar brotes tempranos ahusados y hojas más quebradizas de lo normal. Los efectos negativos pueden notarse si la aplicación se realiza demasiado pronto, a una velocidad muy alta o si se produce un sobrecalentamiento durante o inmediatamente después de la aplicación. El tratamiento debe iniciarse de 5 a 7 semanas después del trasplante, cuando la planta alcance una altura promedio de 45 a 63 cm. Los tratamientos aplicados diez o más semanas después de la polinización no promueven la madurez temprana ni la uniformidad en la producción comercial. (Schader & Mayberry, 2002).

2.1.3. El fósforo

2.1.3.1. Situación actual del fósforo

El uso efectivo de fertilizantes fosfatados es básico por las siguientes tres razones. En primer lugar, la roca fosfórica de la que se obtienen los fertilizantes fosfatados es un recurso limitado y no renovable que debe utilizarse de manera eficiente para maximizar su vida útil esperada. En segundo lugar, muchos suelos necesitan mantener y mejorar el fósforo para cultivar alimentos, fibras y bioenergía. Esto es especialmente básico en los países con menor desarrollo que requieren aumentar la producción de alimentos y mejorar los medios de vida rurales. En tercer lugar, el transporte de fósforo desde el suelo (de fertilizantes y MO) es la principal causa de eutrofización provocada por el fósforo en las aguas superficiales. (FAO, 2008).

El fósforo es el segundo fertilizante más utilizado después del nitrógeno. Los fertilizantes siempre contienen uno o ambos de estos elementos. En algunos entornos naturales, la cantidad de fósforo absorbido puede ser mayor que la cantidad de nitrógeno. Algunos microorganismos pueden proporcionar nitrógeno atmosférico a las plantas, pero el suministro principal de P debe provenir de las rocas. (Troeh & Thompson, 1993).

Está claro que el ciclo del P es más simple que el ciclo del N ya que no requiere intercambio con la atmósfera. Los iones de fosfato inorgánicos se absorben en sitios cargados positivamente en la arcilla y la MO del suelo. El P adsorbido y otras formas sólidas están en equilibrio con el P disuelto y, están en equilibrio entre sí. Se ha demostrado que algunos hongos y bacterias del suelo facilitan eficazmente la disolución de los compuestos de P. (Kucey, 1983 como se cita en Troeh & Thompson, 1993).

El fósforo es importante no sólo porque es un macronutriente importante para las plantas, sino también porque generalmente están en pequeñas proporciones en la tierra ya que tiende a reaccionar con los elementos del suelo, esto forma compuestos relativamente insolubles. (Havlin et al., 1999).

2.1.3.2. El fósforo en el suelo

El contenido total de P es bajo. En suelos minerales de regiones templadas, oscila entre el 0,02% y el 0,08%. Los suelos derivados de cenizas volcánicas tienen un mayor contenido de P que los suelos formados a partir de sedimentos que se han vuelto a depositar en los trópicos. El contenido total de P disminuyó al aumentar la profundidad del suelo por la reducción de la MO y los organofosforados. (Fassbender & Bornemisza, 1987).

El P natural en el suelo se produce principalmente a partir de la descomposición y descomposición del mineral $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F},\text{Cl},\text{OH})_2$ que contiene apatita. El P se encuentra en la tierra como fluorapatita, hidroxiapatita o clorapatita finamente dividida, como fosfato de hierro o aluminio, algunos de los siguientes compuestos, o parcialmente asociado con lodo o arcilla. También se une al humus y otras MO. (Tisdale & Nelson, 1970).

Se retiene más fósforo en la suspensión 1:1 que en la suspensión 2:1, debido a la existencia de hidróxidos de hierro y aluminio. Un suelo que contiene más limo puede fijar más fósforo que un suelo que contiene menos limo. Cuanto mayor es la superficie expuesta a una determinada arcilla, mayor es el grado de estabilización que se produce (Havlin et al., 1999). La adsorción de fosfato se produce mediante el desplazamiento de iones hidroxilo expuestos en los bordes u otras superficies de arcillas de silicato u minerales de óxido. (Troeh & Thompson, 1993).

Rotini y EI-Nennah (1971-1972) se citan en Troeh y Thompson (1993) quienes encontraron que el fosfato de hierro era más abundante que el fosfato de Al y Ca en 8 suelos italianos estudiados. El fosfato de aluminio es de 1 a 6 veces más eficaz que el fosfato de hierro, y el fosfato férrico es de 8 a 18 veces más eficaz que el fosfato de hierro de calcio. La mayoría de los fosfatos minerales provienen de sitios que contienen aluminio. Todas estas condiciones pueden depender del pH del suelo. La solubilidad inorgánica es un problema más serio para los nutrientes de fosfato que para cualquier otro macronutriente. El fosfato de calcio se vuelve insoluble en estado alcalino, y los fosfatos de Fe y Al se vuelven insolubles en estados ácidos. La disponibilidad de fósforo es más favorable a un pH cercano a la neutralidad o ligeramente ácido.

En suelos ácidos, los iones ortofosfato reaccionan con el Fe y el Al y probablemente con limos silíceos u oligoelementos, lo que hace que el fosfato permanezca en la fracción mineral. Los elementos resultantes pueden precipitar de la solución o adsorberse en superficies de óxido de hierro y aluminio o partículas de arcilla, donde su solubilidad disminuye con el tiempo. En los lodos, los fosfatos se unen directamente reemplazando los grupos hidroxilo de los átomos de Al o formando enlaces lodo-calcio-fosfato. (Havlin et al., 1999).

A valores de pH superiores a 7, la presencia de iones de Ca y Mg, así como de carbonato, provoca la precipitación del P añadido y se vuelve menos eficaz. En estas condiciones, la actividad del Ca y la formación de iones difosfato aumentan, lo que lleva a la precipitación de fosfato dicálcico relativamente insoluble y otros fosfatos de calcio alcalinos. Asimismo, los iones fosfato precipitan en contacto con la fase sólida de carbono cálcico en la superficie de estas partículas. Finalmente, los lodos saturados de calcio también pueden retener fosfatos, estos lodos son capaces de retener más P que los lodos saturados de Na y otros iones monovalentes. (Havun et al., 1999).

Ni el flujo másico ni la difusión transportan P a más de 5 o 10 mm a una velocidad suficiente para el crecimiento de las plantas, a menos que esté presente algún fertilizante de fósforo altamente soluble. A medida que el suelo se seca, las distancias de transporte y las velocidades de transporte efectivas disminuyen. Marais y Wiersma (1975), citados en Troeh y Thompson (1993), encontraron que la absorción de P de la soya se reducía a cero a medida que la tierra se acercaba al punto de marchitez. El P se encuentra fácilmente en material mineral en forma de partículas pequeñas y homogéneas.

La distancia desde la raíz de la planta hasta el gránulo más cercano suele ser larga. Además, la gran superficie asociada con las partículas pequeñas aumenta la velocidad a la que el fósforo se disuelve en soluciones no saturadas (Troeh & Thompson, 1993)

Como se menciona en la literatura, la presencia de carbonatos, arcillas y niveles altos de pH (mayores a 7) influyen fuertemente en la absorción de P del suelo. Muchas plantas han establecido relaciones simbióticas con hongos micorrízicos arbusculares. Las esporas, que se encuentran en muchos suelos, forman hifas que penetran la raíz, extraen carbohidratos de la raíz y crecen hacia afuera desde la raíz hacia el suelo alrededor de la raíz, expandiendo así la capacidad de la raíz que absorbe agua y nutrientes, especialmente P y micronutrientes (Tinker, 1984, como se cita en FAO, 2008).

2.1.3.3. Rol del fósforo en la planta

El P es un macronutriente necesario para las plantas y representa alrededor del 0,2 % de la materia seca. Es el bloque de construcción de moléculas necesarias como los ácidos nucleicos, los fosfolípidos y el ATP, por lo que sin una fuente confiable de este nutriente, las plantas no pueden crecer. El fósforo inorgánico (Pi) también participa en el control de reacciones enzimáticas y la regulación de secuencias metabólicas (Theodorou & Plaxton, 1993).

Las plantas absorben P en forma de fosfatos inorgánicos (aniones H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}). El pH del suelo regula la abundancia relativa de estas dos formas: un pH inferior a 7 favorece al H_2PO_4^- , pero por encima de ese valor favorece al HPO_4^{2-} . La asimilación es mayor cuando el valor del pH se mantiene entre 6 y 7. En suelos ácidos, el P no se disuelve en Al, Fe y Mn. Las plantas también liberan grupos fosfato de compuestos orgánicos a través de enzimas y luego los absorben. A diferencia del N y el S, este elemento no se reduce durante la asimilación en las plantas, sino que se incorpora a compuestos orgánicos en el mismo estado de oxidación. (Salisbury & Ross, 1994).

Una buena dieta fosfatada evita la fertilización nitrogenada excesiva, los tejidos son más resistentes a los ataques de plagas, se reducen los efectos de los nematodos, los tubérculos tienen un peso específico más alto, el rendimiento y la calidad mejoran (Villagarcía et al., 1990).

Suministro adecuado durante los primeros años de vida de los órganos reproductivos retrasados. El fósforo también está implicado en la maduración prematura de los cultivos, especialmente de los cereales, y su deficiencia es asociada con una disminución significativa de la evolución de las plantas. Es considerada esencial para la formación de semillas y están en grandes cantidades en semillas de frutas. El suministro adecuado de fósforo siempre está asociado con el desarrollo de las raíces. Sin embargo, el aumento de la absorción de P con la proliferación de raíces puede respaldar la opinión de que el fósforo promueve el desarrollo de las raíces. Algunos otros efectos cuantitativos sobre el

crecimiento de las plantas se deben a los fertilizantes fosfatados. Se dice que un suministro suficiente de fósforo promueve la madurez de la planta. (Tisdale & Nelson, 1970).

La ingesta adecuada de P es asociada con una alta resistencia de la paja del grano. Algunas frutas, forrajes, vegetales y granos no solo mejoran en calidad, sino que también son resistentes a las enfermedades cuando se les suministra adecuadamente este elemento (Tisdale y Nelson, 1970).

El P se moviliza rápido en las plantas y, cuando se produce una deficiencia, los elementos contenidos en los tejidos viejos migran a las regiones meristemáticas activas. Sin embargo, para el nitrógeno y el potasio, rara vez se observan síntomas pronunciados de inanición de las hojas, ya que la deficiencia de este elemento afecta en gran medida el retraso del crecimiento. (Tisdale & Nelson, 1970).

Los fertilizantes de fosfato no deben aplicarse a la superficie del suelo (5-10 cm) entre hileras de cultivos. Este suelo tiene pocas raíces ya que es perturbado por cada cultivo y se seca más rápido que la tierra de abajo. El P disponible debe estar en niveles más bajos o en el rango cercano a la semilla (Troeh y Thompson, 1993) Rodríguez (1982) afirmó que la cantidad de P que no está disponible para las plantas y retenido en el suelo depende de factores posteriores:

- pH del suelo (lo adecuado es entre 5.5 y 7).
- Tipos de arcilla (que generan las diferentes formas de fosfatos según su origen mineral).
- Temperatura (cuando es mayor aumenta la reacción y absorción por las plantas).
- Presencia de hidróxidos en el suelo (estos se combinan con los fosfatos).
- Materia orgánica (favorece la asimilación del P).

2.1.4. Los suelos degradados

Los terrenos agrícolas del Alto Huallaga se encuentran ubicados en laderas (cerros) con pendiente superior al 30% (terrenos aptos para silvicultura y conservación) y no se recomienda la selección de cultivos anuales. En esta parte del Alto Huallaga, gran parte del suelo ha sido erosionado por el cambio de agricultura, deforestación por el cultivo de *Erythroxylum coca* L. Var coca, "Maíz" *Zea mays* L, "papaya" *Carica papaya* L, en laderas sin cobertura vegetal y surcos hacia el suelo. Estos suelos ocupan más del 50% del suelo de Zavala et al. (1996) Como indica Huamaní (1998) forman suelos de muy baja fertilidad caracterizados por especies como *Pteridium aquilinum* conocida como "macorillas" o "shapumba" y

Andropogon Sp conocida como “cola de zorro”. Indica que es un suelo ácido con alta saturación de Al o y bajo contenido de P.

2.1.5. Estado del arte

Dezgo (1990) evaluó la eficacia de Activity! (ácido giberélico) sobre la germinación en tres cultivares de papa (Atzimba, Granola y Andinita) bajo dos condiciones climáticas. Se evaluó tres concentraciones de ácido giberélico (2.5 y 8 ppm) con dos inmersiones (5 min y 10 min). Los resultados indicaron que los tratamientos con 3 concentraciones de ácido giberélico germinaron después de 5 días, y los cultivares tratados con 2 ppm tuvieron mejores números de germinación por tubérculo y duración de la germinación. Esto ahorra hasta 2 meses y permite hasta 3 ciclos de cultivo por año.

Pahuara (2004) estudió la relación entre el fósforo y las poblaciones microbianas del suelo en los pastizales altoandinos del Perú. Al final de la evaluación, se encontró que la fertilización con 80 kg de P_2O_5 /ha aumentó el peso seco y la tasa de crecimiento de los pastizales rye grass/tréboles asociados. Los máximos de producción de materia seca de trébol y rye grass coincidieron con los máximos de población de *Rhizobium* y *Azotobacter*, respectivamente. Todas las poblaciones microbianas fueron más altas con el tratamiento con P y disminuyeron durante la estación fría y seca. Las bacterias evaluadas en este ensayo (*Rhizobium* y *Azotobacter*) caracterizadas ya que promueve el desarrollo de las plantas, siendo la primera una agente simbiótica fijadora de N y la otra dentro del grupo de las bacterias rizosféricas que promueven el desarrollo de las plantas también son consideradas fijadora de N de vida libre. Los fertilizantes de fosfato, por otro lado, fomentan el crecimiento de bacterias, lo que creo que promoverá el crecimiento de las plantas. Las bacterias pueden realizar otros metabolismos de los elementos químicos del suelo, como la mineralización, la fijación de minerales y la solubilización de fosfatos.

Zevallos (1992) probó la capacidad máxima de adsorción de P de dos suelos alcalinos en la Costa Central y dos suelos alcalinos en el Valle de Huánuco y determinó que la capacidad máxima de adsorción de P de los suelos probados osciló entre 0.196 y 0.763 mg P Adsorción/ gr de suelo (196 a 763 ppm); con el mayor contenido en suelo de Huaral (763 ppm) y el menor de Carhuayna (Huánuco) (196 ppm). Este suelo de Huaral presenta un perfil de profundidad moderada, textura de capa superior media (arcillosarenosa), reacción alcalina, alto contenido de arcilla (27,67%) y alto contenido de cal (25,46%). Con base en estas características, los autores, luego de revisar la literatura, indicaron que el suelo tendría problemas con la absorción de nutrientes porque, además de las propiedades anteriores, la historia del suelo mostró un alto contenido de P. Finalmente, en suelos alcalinos y calcáreos

donde la retención de P es un problema, se recomienda que la cantidad de fósforo añadido no supere el 20-25% de la capacidad máxima de adsorción, ya que un aporte excesivo de fósforo no es económico. Además, en suelos con alto contenido de P se puede añadir MO sola o en combinación con P.

Ramírez (1962) encontró que el P por sí solo no afectaba el rendimiento de la sandía Huaral; los niveles de fertilizante fueron 0,50 y 100 kg P_2O_5 /ha y niveles similares de N/ha. Se obtuvieron respuestas favorables para el incremento de los niveles de N, pero para las aplicaciones de P, además de no tener diferencias estadísticamente significativas, se obtuvo baja rentabilidad o rendimiento, indicando que la fórmula menos aplicable es 0-100-0, aunque es menor que 0-0-0 testigos. Tampoco halló significación estadística entre las interacciones de N y P. El autor considera paradójica la respuesta ineficaz de los cultivos a la aplicación de P, ya que estos suelos se consideraban deficientes en P y recomendaron más ensayos de fertilización.

Con respecto al punto anterior, podemos discutir los resultados porque ya hay evidencia de que no existe tal cosa como la capacidad de adsorción de P de los suelos calcáreos y arcillosos en la fecha de prueba anterior como lo indica el análisis del suelo. Según (Ramírez, 1962) en su trabajo, este suelo contiene 16% arcilla, pH 8.15, 0.2% calcio, 52.0 kg P_2O_5 /ha y bajos meq de bases intercambiables/100gr: Na (0.94), K (0.236), Mg (0,581) y un alto nivel de Ca de 8,0 meq/100gr. Estas condiciones son favorables para la adsorción de fósforo en el suelo, incluso similares a las condiciones de adsorción de Zevallos (1992).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La evaluación fue ejecutada en el invernadero del laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables - UNAS. Situado políticamente en el distrito Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento Huánuco. El suelo para utilizar (suelo degradado) fue proveniente del sector Supte San Jorge, distrito Rupa Rupa, para su obtención se colectó muestras de suelo de 0 - 20 cm de profundidad.

Holdrige (1993) citado por Mapa Ecológico del Perú - INRENA (1995), la zona de estudio corresponde a la zona de vida de transición: bosque muy húmedo - premontano Tropical (bmh-PT) a bosque muy húmedo - Subtropical (bmh-S).

En diciembre de 2018, en la estación meteorológica de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (estación Tulumayo), José Abelardo Quiñonez, la precipitación media anual fue de 2581,5 mm, variando en intensidad, duración y frecuencia; A plena luz del sol, la forma de las gotas de agua aparece con fuerza, de poca duración y en pleno sol.

El suelo del distrito de Supte San Jorge fue identificado como Distrochrept. Comúnmente encontrado en colinas poco degradadas con permeabilidad moderada, pendientes de 6% a 25% bien drenadas, textura arcillosa-arcillosa-arenosa, respuesta extrema a la acidificación, fósforo disponible bajo, saturación alta de aluminio.

Tabla 1. Coordenadas UTM (WGS 84) de la zona de estudio.

Este (m)	090677
Norte (m)	8970237
Altitud promedio (msnm)	669

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material vegetativo

La especie *C. zizanioides* (pasto Vetiver)

3.2.2. Insumos (abonos)

Fertilizante convencional: 18-46-0 (di-amonio fosfato $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$); fertilizante Osmocote 15-9-12 de lenta liberación.

3.2.3. Materiales y herramientas de campo

Vernier, libreta de campo, machete, balanza digital, capa impermeable, cámara fotográfica, rastrillo, palana, carretilla, macetas de plástico de 5 kg de capacidad.

3.3. Metodología

3.3.1. Evaluar el comportamiento de la longitud de hoja, diámetro a la altura del cuello, longitud de la raíz y hojas en el crecimiento de vetiver

3.3.1.1. Suelo degradado

Suelo degradado terreno con una pendiente aproximadamente de 6 a 25%, purma baja, llamado así por tener de 5 a 10 años de descanso, en el terreno se encontraron algunas plantas herbáceas, como *Pteridium aquilinum*, "macorilla" o "Shapumba" *Andropogon sp.* o "rabo de zorro" *Cecropia sp* "Cetico" y otros, los dos antes mencionados son indicadores de suelos ácidos y degradados.

3.3.1.2. Enmiendas

Fertilizantes fosforados: fosfato di-amónico (18-46-0) y Osmocote (15-9-12), en proporciones de 0.0 g, 100 g, 200 g y 300 g.

3.3.1.3. Hormona

Como fitohormona se utilizó RyzUp® 40SG en proporciones de 0.0, 0.1 mL/L, ingrediente activo ácido giberélico, regulador del crecimiento vegetativo.

3.3.2. Factores en estudio

Tabla 2. Los factores en estudio.

Factores	Descripción
Factor A	Tipos de abono
a ₁	Fosfato di-amonio (18-46-0)
a ₂	Osmocote (15-9-12)
Factor B	Niveles de abonamiento
b ₁	100 g aplicación
b ₂	200 g aplicación
b ₃	300 g aplicación
Factor C	Niveles de ácido giberélico
c ₁	Sin aplicación
c ₂	0.1 mL

3.3.3. Tratamientos en estudio

Los tratamientos considerados en la presente investigación se detallan a continuación.

Tabla 3. Tratamientos en investigación.

Tratamiento	Clave	Fuente
T ₀	--	testigo
T ₁	a ₁ b ₁ c ₂	fósforo di-amonio (18-46-0) con 100 g y 0,1 mL de ácido giberélico
T ₂	a ₁ b ₁ c ₁	fósforo di-amonio (18-46-0) con 100 g y 0 mL de ácido giberélico
T ₃	a ₁ b ₂ c ₂	fósforo di-amonio (18-46-0) con 200 g y 0,1 mL de ácido giberélico
T ₄	a ₁ b ₂ c ₁	fósforo di-amonio (18-46-0) con 200 g y 0 mL de ácido giberélico
T ₅	a ₁ b ₃ c ₂	fósforo di-amonio (18-46-0) con 300 g y 0,1 mL de ácido giberélico
T ₆	a ₁ b ₃ c ₁	fósforo di-amonio (18-46-0) con 300 g y 0 mL de ácido giberélico
T ₇	a ₂ b ₁ c ₂	Osmocote (15-9-12) con 100 g y 0,1 mL de ácido giberélico
T ₈	a ₂ b ₁ c ₁	Osmocote (15-9-12) con 100 g y 0 mL de ácido giberélico
T ₉	a ₂ b ₂ c ₂	Osmocote (15-9-12) con 200 g y 0,1 mL de ácido giberélico
T ₁₀	a ₂ b ₂ c ₁	Osmocote (15-9-12) con 200 g y 0 mL de ácido giberélico
T ₁₁	a ₂ b ₃ c ₂	Osmocote (15-9-12) con 300 g y 0,1 mL de ácido giberélico
T ₁₂	a ₂ b ₃ c ₁	Osmocote (15-9-12) con 300 g y 0 mL de ácido giberélico

3.3.4. Diseño experimental

En el estudio se usó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial de 2Ax3Bx2C correspondiendo a dos fuentes fosforadas (fosfato Di-Amonio (18-46-0) y Osmocote (15-9-12) y dosis de ácido giberélico, con 3 repeticiones más 1 testigo adicional. Las características estimadas de cada componente se sometieron a la prueba de rango múltiple de Tukey o denominada "diferencia significativa honestamente" para comparaciones múltiples de medias al nivel de confianza de probabilidad del 95%. Las características de la parcela de prueba son:

3.3.5. Análisis de variancia

El modelo del análisis de la variancia de la investigación fue:

Tabla 4. Modelo del análisis de variancia.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Factor A	a - 1
Factor B	b - 1
Factor C	c - 1
Interacción AB	(a - 1) (b - 1)

Interacción AC	$(a - 1)(c - 1)$
Interacción BC	$(b - 1)(c - 1)$
Interacción ABC	$(a - 1)(b - 1)(c - 1)$
AxBxC vs Adicional	$abc - 1$
Error	$abc(n - 1)$
Total	$abcn - 1$

A y B: factores y r: Repetición

3.4. Variables a evaluar

3.4.1. Longitud de la hoja

Esta variable se comenzó a medir cuando las plántulas tuvieron 20 días en el invernadero, la toma de datos se efectuó a todas las plantas a los 20, 40, 60 días hasta cumplir ocho semanas, utilizándose para ello un flexómetro. La medición se realizó desde la base del tallo hasta la punta de la hoja principal.

3.4.2. Diámetro a la altura del cuello

La toma de datos fue a todas las plantas a los 20, 40, 60 días hasta cumplir ocho semanas, utilizándose para ello un vernier. La medición del diámetro se realizó a la altura del cuello de la planta (a 5 cm desde la base del tallo).

3.4.3. Longitud de raíz

La estimación de la longitud de la raíz se realizó al finalizar la investigación, utilizándose para ello un flexómetro. La medición se realizó desde el cuello de la planta hasta el final de la raíz principal (cofia o pilorriza). La longitud se expresó en centímetros (cm).

3.4.4. Peso seco de raíz y hojas

Al finalizar la investigación (60 días del repique) se realizó la estimación del peso seco de la raíz y hojas, con la ayuda de una cuchilla se separó la raíz de las hojas, luego se etiquetó los tratamientos con su respectiva repetición en un sobre manila. Estos se dejaron reposar por un lapso de 48 horas, a temperatura ambiente. Finalmente, las muestras fueron llevadas a la estufa por un lapso de 48 horas a una temperatura de 70 °C.

3.4.5. Determinar las propiedades físicas (textura) y químicas (materia orgánica, Nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible) de los tratamientos

3.4.5.1. Análisis de suelos

Los análisis fisicoquímicos de suelos se realizaron antes de instalar las unidades experimentales y al finalizar la evaluación, a los 60 días del repique. Los

parámetros físicos y químicos evaluados y los métodos utilizados en laboratorio para su determinación se detallan en la tabla 5.

Tabla 5. Parámetros y métodos de determinación.

Indicadores	Métodos
Textura del suelo	Método del hidrómetro
Reacción del suelo (pH)	Método del potenciómetro 1:1
Nitrógeno total	% M.O. x 0.045
Fósforo disponible	Método del Olsen modificado.
Potasio disponible (CICe)	Método del ácido sulfúrico 6N Desplazamiento con KCl 1 N (Suelos con pH < 5.5)

3.4.5.2. Procesamiento de datos

A partir de los datos de evaluación recopilados durante el estudio, los organizamos y procesamos utilizando Microsoft Excel 2010 para obtener valores medios y gráficos. La varianza total de los resultados experimentales de un diseño completamente al azar (DCA) se analizó mediante análisis de varianza (ANOVA o ANVA) y se analizó a un nivel de significación o riesgo de 0.05 en el paquete estadístico INFOSTAT versión 2018.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de diferentes niveles de fósforo en el crecimiento de *C. zizanioides*

4.1.1. Longitud de la hoja

El ANVA en la primera evaluación para la variable longitud de hoja (tabla 6) realizado a un nivel de confianza del 95% detalla que no existe diferencias estadísticas significativas entre los abonos fosfatados, los niveles de fósforo y el ácido giberélico, también se observa que no existe diferencias estadísticas significativas en las interacciones de los factores, así mismo no existe diferencias estadísticas significativas con el tratamiento testigo asignado en la investigación. El coeficiente de variabilidad es de 20.45%.

Tabla 6. Análisis de variancia para los valores de la variable longitud de hoja en *C. zizanioides*, bajo diferentes niveles de fósforo en la primera evaluación.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	p-valor	Significación
Abonos fosfatados (A)	1	0,48	0,48	0,117	0,7356	NS
Niveles de fósforo (B)	2	9,9	4,95	1,201	0,31691	NS
Ácido giberélico (C)	1	0,97	0,97	0,235	0,631585	NS
Interacción AB	2	2,37	1,19	0,289	0,751508	NS
Interacción AC	1	1,91	1,91	0,464	0,501969	NS
Interacción BC	2	3,22	1,61	0,391	0,680438	NS
Interacción ABC	2	4,27	2,13	0,517	0,602315	NS
ABC vs Testigo	1	7,20	7,20	1,75	0,1977	NS
Error	26	107,10	4,12			
Total	38	137,40				
CV (%)		20,45				

GL: Grado de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F: Prueba de Fisher, CV: coeficiente de variación

Realizada la prueba de comparación de promedios de Tukey mostrado en la tabla 7 y figura 1, indica que el efecto de los niveles de fósforo mediante el fosfato diamónico (factor A) en la variable longitud de hoja de *C. zizanioides* mostró el mayor valor promedio teniendo un valor de 10,16 cm, para Wildschut (2013) *C. zizanioides* es una planta herbácea, gramínea, perenne, sin tallo aparente, de hojas largas, rígidas y sencillas, de 0,3 – 1,00 m de largo, Truong & Thai Danh (2015) manifiestan que puede cultivarse en una gran diversidad de condiciones climáticas y tipos de suelos, y si su siembra es correcta puede ser usado en cualquier lugar con clima tropical, tiene un conjunto de propiedades que son únicas en una sola especie, tiene una gran tolerancia a niveles altos e incluso tóxicos de salinidad, acidez, alcalinidad y un

amplio rango de metales pesados y agroquímicos y una capacidad excepcional para absorber y tolerar elevados niveles de nutrientes, al respecto de esta afirmación podemos decir que tiene una respuesta positiva con respecto a la adición de abonos fosfatados.

Truong & Thai Danh (2015) hacen referencia que la especie *C. zizanioides* tiene una capacidad superior para absorber fósforo en grandes cantidades con respecto a otros pastos, y de acuerdo con Li et al. (2013) purificar el agua a través de asimilación directa de nutrientes, incluidos N y P, que se eliminan del medio ambiente y se incorporan al tejido vegetal. Según todo lo expuesto esta especie responde positivamente a dosis de fósforo, Truong & Candia (s.d.) en lugares con condiciones extremas y alta concentración de metales pesados mostró crecimientos en longitud de hoja a los tres meses de establecido entre 50 a 70 cm de altura, en nuestro caso obtuvimos ese valor por ser la siembra inicial.

Tabla 7. Comparaciones para los factores en la primera evaluación con respecto a los valores de la longitud de hoja (cm) en *C. zizanioides*.

Tratamientos	Repeticiones	Promedios	p> 0.05
Abonos fosfatados (A)			
Fosfato dia-mónico (18-46-0)	3	10,16	a
Osmocote (15-9-12)	3	9,93	a
Niveles de fósforo (B)			
100 g aplicación	3	10,63	a
200 g aplicación	3	10,15	a
300 g aplicación	3	9,36	a
Ácido giberélico (C)			
0,1 mL	3	10,21	a
Sin aplicación	3	9,88	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$), según prueba de Tukey

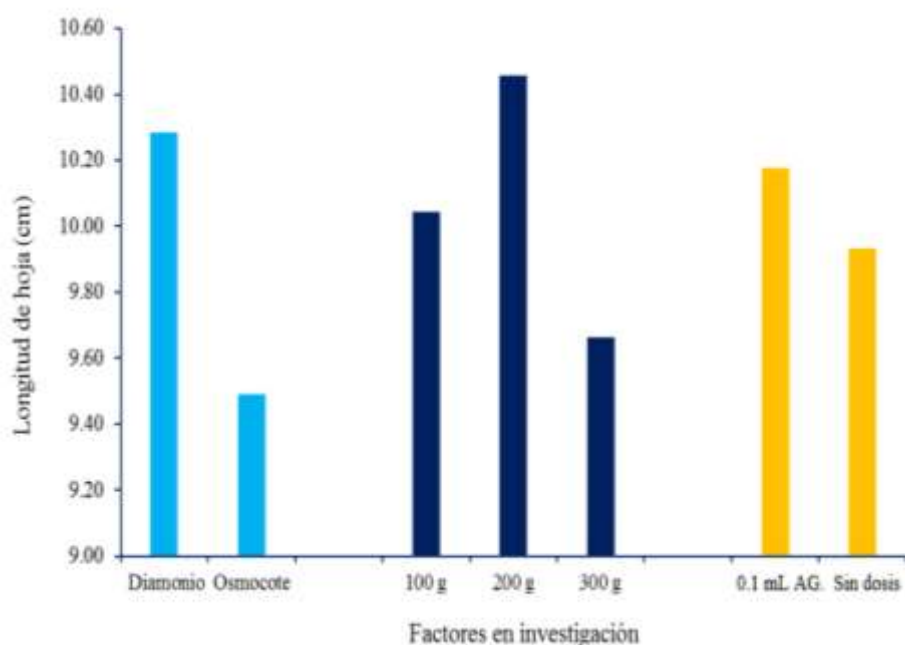


Figura 1. Valores de la longitud de hoja de *C. zizanioides* en la primera evaluación.

El análisis de varianza en la segunda evaluación para la variable longitud de hoja de *C. zizanioides* (tabla 8) realizado a un nivel de confianza del 95% detalla que en los factores en estudio solo existe diferencias estadísticas significativas entre los niveles de fósforo (factor B), observamos que no existe diferencias estadísticas significativas de las interacciones entre los factores, así mismo percibimos que existe diferencias estadísticas significativas entre los factores versus el tratamiento testigo. El coeficiente de variabilidad es de 7,02%.

Tabla 8. Análisis de variancia para los valores de la variable longitud de hoja en *C. zizanioides*, bajo diferentes niveles de fósforo en la segunda evaluación.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	p-valor	Significación
Abonos fosfatados (A)	1	8,88	8,88	3,469	0,073876	NS
Niveles de fósforo (B)	2	120,59	60,29	23,551	0,00000	*
Ácido giberélico (C)	1	0,33	0,33	0,129	0,722468	NS
Interacción AB	2	2,45	1,23	0,480	0,623877	NS
Interacción AC	1	0,92	0,92	0,359	0,554042	NS
Interacción BC	2	0,01	0,0022	0,001	0,999141	NS
Interacción ABC	2	0,08	0,04	0,016	0,984506	NS
ABC vs Testigo	1	157,5	157,5	61,65	0,0001	*
Error	26	66,43	2,56			
Total	38	357,2				

CV (%)	7,02
--------	------

GL: Grado de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F: Prueba de Fisher, CV: coeficiente de variación

Realizada la prueba de comparación de promedios de Tukey mostrado en la tabla 9 y figura 2, indica que existe efecto en los niveles de fósforo (factor B) en la variable longitud de hoja de *C. zizanioides* mostrando el mayor valor promedio en los 200 g de aplicación teniendo un valor de 25,94 cm, así mismo observamos que la interacción de los abonos fosfatados, niveles de fósforo y ácido giberélico es mejor que el tratamiento testigo con un valor promedio de 23,38 cm, demostrando que existe efectos significativos por la aplicación. Orihuela (2007) menciona que esta especie es adecuada para conservar la tierra y del agua, la humedad de los suelos, estabilización de taludes, control de erosión, fitorremediación, absorción de metales pesados, bioingeniería, forraje, agroforestería, medicina, artesanía, fuente de energía, entre otros. Observamos en el resultado la cantidad de fósforo adicionado en este caso 200 g tiene efectos en el crecimiento de las hojas, aunque no resultaría importante dado Srivastava et al. (2008) afirman que acumula metales tóxicos principalmente en las raíces y en menor cantidad en el tallo, la selectividad para la traslocación de los metales de la raíz al tallo puede ser uno de los mecanismos de tolerancia a los metales tóxicos.

Tabla 9. Comparaciones para los valores de la longitud de hoja (cm) en *C. zizanioides* en los niveles de fósforo y la interacción de los factores vs el testigo en la segunda evaluación.

Niveles de fósforo	Repeticiones	Promedios	p> 0.05
Niveles de fósforo (B)			
200 g aplicación	3	25,94	a
100 g aplicación	3	22,10	b
300 g aplicación	3	22,01	b
Factores vs Testigo			
ABC	3	23,38	a
Testigo	3	15,81	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05), según prueba de Tukey
 ABC: Interacción de los abonos fosfatados, niveles de fósforo y ácido giberélico.

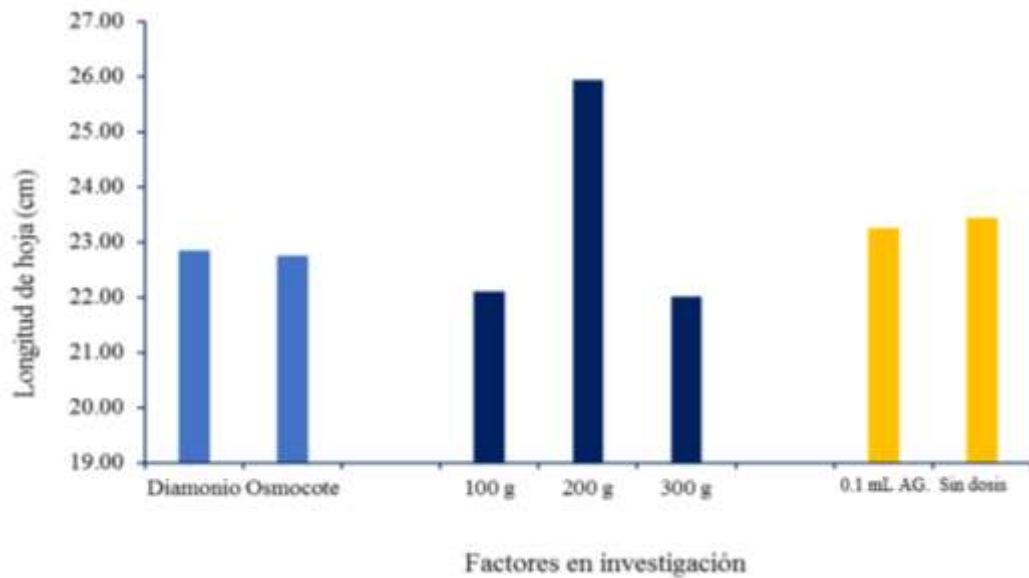


Figura 2. Valores de la longitud de hoja de *C. zizanioides* en la segunda evaluación.

El análisis de varianza en la tercera evaluación para la variable longitud de hoja de *C. zizanioides* (tabla 10 y figura 3) realizado a un nivel de confianza del 95% detalla que no existe diferencias estadísticas significativas de los abonos fosfatados (factor A), los niveles de fósforo (Factor B) y el ácido giberélico (factor C), también observamos que no existe diferencias estadísticas significativas entre las interacciones de los factores, es decir todos los factores tienen efectos similares en la especie, así mismo podemos observar diferencias estadísticas significativas entre los factores en estudio versus el tratamiento testigo asignado en la investigación. El coeficiente de variabilidad es de 12,76%.

Tabla 10. Análisis de variancia para los valores de la variable longitud de hoja en *C. zizanioides*, bajo diferentes niveles de fósforo en la tercera evaluación.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	p-valor	Significación
Abonos fosfatados (A)	1	0,02	0,02	0,001	0,976068	NS
Niveles de fósforo (B)	2	84,77	42,39	1,944	0,163308	NS
Ácido giberélico (C)	1	0,02	0,02	0,001	0,976068	NS
Interacción AB	2	3,97	1,98	0,091	0,913465	NS
Interacción AC	1	0,49	0,49	0,022	0,881982	NS
Interacción BC	2	2,71	1,35	0,062	0,94009	NS
Interacción ABC	2	4,19	2,1	0,096	0,908487	NS
ABC vs Testigo	1	549,68	549,7	25,22	0,0001	*
Error	26	566,67	21,8			
Total	38	1212,51				

CV (%)	12,76
--------	-------

GL: Grado de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F: Prueba de Fisher, CV: coeficiente de variación

Realizada la prueba de comparación de promedios de Tukey mostrado en la tabla 11 y figura 3, indica que existe efecto significativo la interacción de los abonos fosfatados, niveles de fósforo y ácido giberélico (ABC) es mejor que el tratamiento testigo con un valor promedio de 37,74 cm, en la variable longitud de hoja de *C. zizanioides*. Truong et al. (2009) manifiestan que debido a las propiedades morfológicas y fisiológicas, esta especie ha sido utilizado para rehabilitar desechos mineros, fitoremediar escombreras de minas, y suelos contaminados y tóxicos, también Luque et al. (2005) utilizó este pasto para recuperar las áreas de la mina de bauxita de Los Pijiguaos, en la que la vegetación fue removida para proceder a la escarificación y extracción de la bauxita, pudiendo constituir el vetiver en tierra carente de MO, con pocos nutrientes, fácilmente erosionable y de pH comprendido entre 4-5; con este estudio se logró controlar la erosión de los taludes, cárcavas, fallas de borde e interfaz suelo-concreto, con lo que fue posible disminuir el aporte de sedimentos a los cursos naturales de agua y propiciar el establecimiento de otras especies vegetales autóctonas de la zona. Por todas estas consideraciones se afirma que las dosis aplicadas tienen efectos en esta especie y esta con respecto al tratamiento testigo como podemos observar en el resultado.

Tabla 11. Comparaciones para los valores de la longitud de hoja (cm) en *C. zizanioides* entre los factores versus el testigo en la tercera evaluación.

Interacción vs Testigo	Repeticiones	Promedios	p> 0.05
ABC	3	37,74	a
Testigo	3	23,59	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05), según prueba de Tukey
 ABC: Interacción de los abonos fosfatados, niveles de fósforo y ácido giberélico.

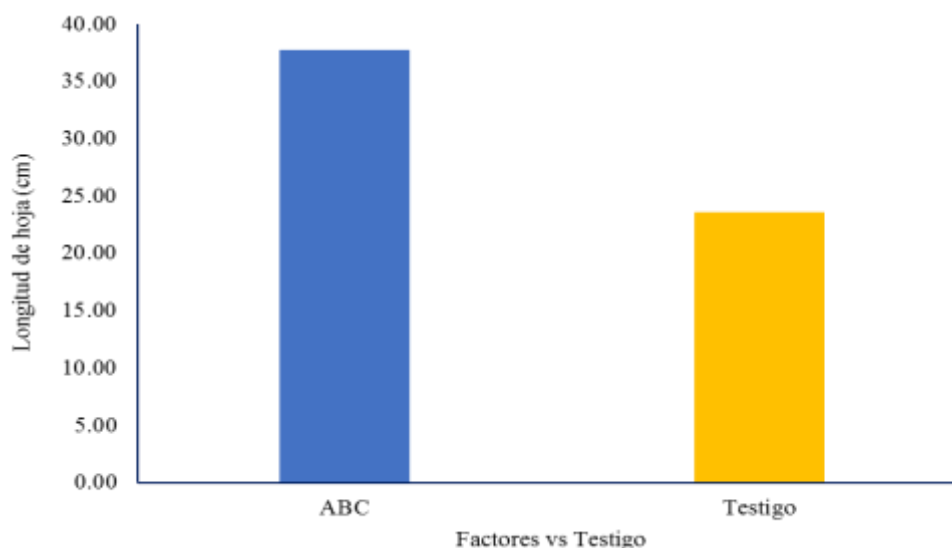


Figura 3. Valores de la longitud de hoja de *C. zizanioides* en comparación con el testigo en la tercera evaluación.

4.1.2. Diámetro a la altura del cuello

El análisis de varianza en la primera evaluación para el diámetro a la altura del cuello de *C. zizanioides* (tabla 12) realizado a un nivel de confianza del 95% detalla que existe diferencias estadísticas significativas de los abonos fosfatados (factor A), los niveles de fósforo (Factor B) y el ácido giberélico (factor C), también observamos que no existe diferencias estadísticas significativas entre las interacciones de los factores, así mismo observamos diferencias estadísticas significativas entre los factores versus el testigo. El coeficiente de variabilidad es de 3,62%.

Tabla 12. Análisis de variancia para los valores de la variable diámetro a la altura del cuello en *C. zizanioides*, bajo diferentes niveles de fósforo en la primera evaluación.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	p-valor	Significación
Abonos fosfatados (A)	1	0,31	0,31	96,875	0,00000	*
Niveles de fósforo (B)	2	0,04	0,02	6,250	0,00608	*
Ácido giberélico (C)	1	0,09	0,09	28,125	0,00002	*
Interacción AB	2	0,0014	0,0007	0,219	0,80499	NS
Interacción AC	1	0,00063	0,00063	0,197	0,66093	NS
Interacción BC	2	0,0029	0,00014	0,044	0,95726	NS
Interacción ABC	2	0,00087	0,00043	0,134	0,87487	NS
ABC vs Testigo	1	0,02	0,02	12,29	0,00170	*
Error	26	0,05	0,0032			

Total	38	0,52
-------	----	------

GL: Grado de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F: Prueba de Fisher, CV: coeficiente de variación. CV (%): 3.62

Realizada la prueba de comparación de promedios de Tukey mostrado en la tabla 13, indica que existe un efecto significativo de los abonos fosfatados, mostrando al fosfato di amónico con el mejor valor promedio de 1,33 cm, así mismo existe diferencias significativas en los niveles de fósforo mostrando al nivel de 100 g con el mejor valor promedio de 1.27 cm, también existe diferencias estadísticas significativas en el ácido giberélico (C), mostrando el mejor valor promedio 0.1 ml de aplicación con un valor de 1.28 cm, y por último los resultados demuestran que existe efectos positivos de aplicar abonos fosfatados a la especie *C. zizanioides* con respecto al tratamiento testigo mostrando un valor promedio de 1.23 cm, en la variable diámetro a la altura del cuello de *C. zizanioides*.

Tabla 13. Comparaciones para los factores en la primera evaluación con respecto a los valores del diámetro a la altura del cuello (cm) en *C. zizanioides*.

Tratamientos	Repeticiones	Promedios	p> 0.05
Abonos fosfatados (A)			
Fosfato diamónico (18-46-0)	3	1,33	a
Osmocote (15-9-12)	3	1,14	b
Niveles de fósforo (B)			
100 g aplicación	3	1,27	a
300 g aplicación	3	1,24	a b
200 g aplicación	3	1,19	b
Ácido giberélico (C)			
0,1 mL	3	1,28	a
Sin aplicación	3	1.18	b
Factores vs Testigo			
ABC	3	1,23	a
Testigo	3	1,14	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$), según prueba de Tukey
 ABC: Interacción de los abonos fosfatados, niveles de fósforo y ácido giberélico.

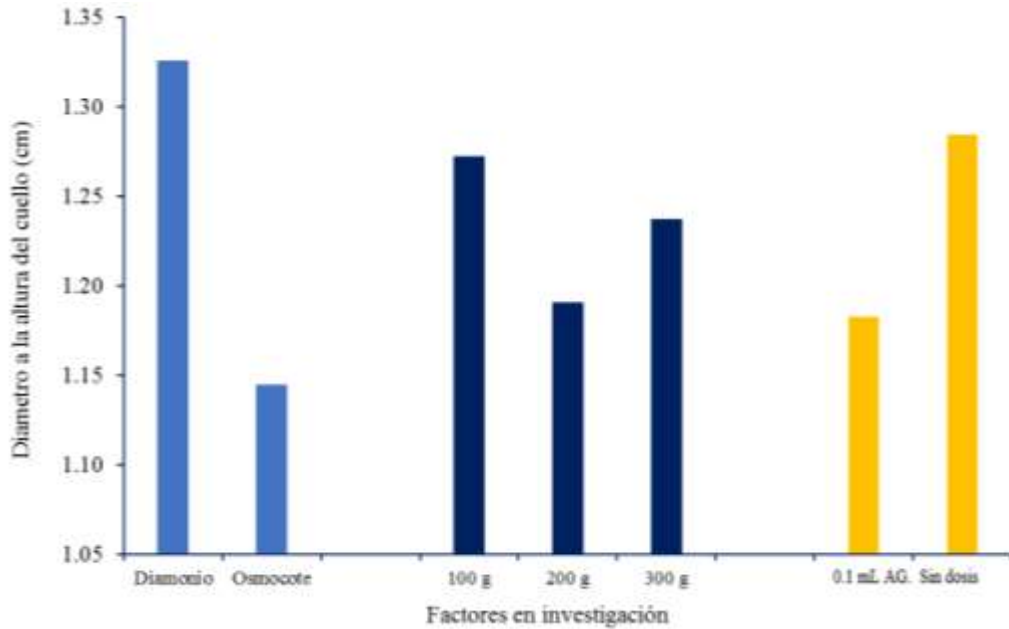


Figura 4. Valores del diámetro a la altura del cuello de *C. zizanioides* en la primera evaluación.

Según Alegre (2007) esta planta soporta sequías severas por el alto contenido de sales de savia en sus hojas, así como inundaciones de larga duración (se ha reportado que un campo queda inundado por hasta 45 días), crece en muchos tipos de suelo y tiene diferentes niveles de fertilidad. Teixiera et al. (2015) que con esta especie en el manejo de suelos influye en la eficiencia de la absorción de nutrientes y el desarrollo de estas, así mismo aplicando enmiendas como el encalado y fósforo aumentan significativamente el macollamiento y la acumulación de materia seca de esta especie. De acuerdo con nuestra investigación confirma la necesidad de usar estas prácticas para un rescate más rápido de los suelos en grave deterioro, además se debe añadir el rápido crecimiento y la tolerancia a situaciones adversas para otras especies de su género, permiten proponer soluciones para recuperar suelos tóxicos con exceso de metales pesados.

El análisis de varianza en la segunda evaluación para la variable diámetro a la altura del cuello de *C. zizanioides* (tabla 14) realizado a un nivel de confianza del 95% detalla que existe diferencias estadísticas significativas de los abonos fosfatados (factor A), los niveles de fósforo (Factor B) y el ácido giberélico (factor C), también observamos que no existe diferencias estadísticas significativas entre las interacciones de los factores, es decir tienen efectos similares, así mismo observamos que existe diferencias estadísticas significativas entre los factores versus el tratamiento testigo. El coeficiente de variabilidad es de 4,26%.

Tabla 14. Análisis de variancia para los valores del diámetro a la altura del cuello en *C. zizanioides*, bajo diferentes niveles de fósforo en la segunda evaluación.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	p-valor	Significación
Abonos fosfatados (A)	1	0,13	0,13	31,707	0,00001	*
Niveles de fósforo (B)	2	0,19	0,1	24,390	0,00000	*
Ácido giberélico (C)	1	0,04	0,04	9,756	0,00435	*
Interacción AB	2	0,01	0,005	1,220	0,31172	NS
Interacción AC	1	0,0013	0,0013	0,317	0,57820	NS
Interacción BC	2	0,01	0,0037	0,902	0,41791	NS
Interacción ABC	2	0,01	0,0037	0,902	0,41791	NS
ABC vs Testigo	1	0,15	0,15	37,49	0,0001	*
Error	26	0,11	0,0041			
Total	38	0,65				
CV (%)		4,26				

GL: Grado de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F: Prueba de Fisher, CV: coeficiente de variación

Realizada la prueba de comparación de promedios de Tukey mostrado en la tabla 15 y figura 5, indica que existe un efecto significativo de los abonos fosfatados, mostrando al fosfato di-amónico con el mejor valor promedio de 1,58 cm, así mismo existe diferencias significativas en los niveles de fósforo mostrando al nivel de 200 g con el mejor valor promedio de 1,62 cm, también existe diferencias estadísticas significativas en el ácido giberélico (C), mostrando el mejor valor promedio 0,1 mL de aplicación con un valor de 1,55 cm, y por último los resultados demuestran que existe efectos positivos de aplicar abonos fosfatados a la especie *C. zizanioides* con respecto al tratamiento testigo mostrando un valor promedio de 1,52 cm, en la variable diámetro a la altura del cuello de *C. zizanioides*.

Truong (2003) indica que esta especie de pasto tiene atributos muy apropiados para el tratamiento de aguas residuales contaminadas por procedimientos industriales, así como las descargas domésticas y las tierras contaminadas procedentes de las industrias y la minería, estas características hacen de esta especie un baluarte para labores remediación de suelos contaminados porque responde de manera positiva como podemos observar a la aplicación de nutrientes. Según Marín (2012), también se puede utilizar para reducir aguas residuales con alta carga orgánica, e incluso con altas cargas biodegradables, las aguas residuales pueden contener cantidades significativas de metales y otros compuestos inorgánicos.

En condiciones de invernadero o a nivel de laboratorio según Mudhiriza et al. (2015) Los niveles totales de sólidos disueltos N, Zn y Mg pueden reducirse al nivel correcto para la descarga directa a las fuentes de agua dentro de los 21 días mediante un procedimiento de tratamiento biológico de desechos en un ambiente hidropónico de acuerdo con los Estándares de descarga de aguas residuales de Zimbabue. En nuestro caso podríamos decir que a nivel de fosfatos es con el di amónico con se desarrolla normalmente. Además la dosis de ácido giberélico para inducir el crecimiento radicular que le resulta de mucho beneficio, Para Akhzari et al (2013) el sistema radical contribuye a que sea tolerante a diferentes tipos de agobio físico y químico y de esta manera cumplir las funciones antes mencionadas como las ventajosas características agronómicas, físicas, fisiológicas y ecológicas confiriéndole a esta hierba una gran superioridad para su utilización en planes y programas de recuperación y conservación de suelos, además de su amplio uso en las industrias cosmética y farmacéutica.

Tabla 15. Comparaciones para los factores en la segunda evaluación con respecto a los valores del diámetro a la altura del cuello (cm) en *C. zizanioides*.

Tratamientos	Repeticiones	Promedios	p> 0.05
Abonos fosfatados (A)			
Fosfato di-amónico (18-46-0)	3	1,58	a
Osmocote (15-9-12)	3	1,46	b
Niveles de fósforo (B)			
200 g aplicación	3	1,62	a
300 g aplicación	3	1,49	b
100 g aplicación	3	1,45	b
Ácido giberélico (C)			
0,1 mL	3	1,55	a
Sin aplicación	3	1,49	b
Factores vs Testigo			
ABC	3	1,52	a
Testigo	3	1,28	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05), según prueba de Tukey
 ABC: Interacción de los abonos fosfatados, niveles de fósforo y ácido giberélico.

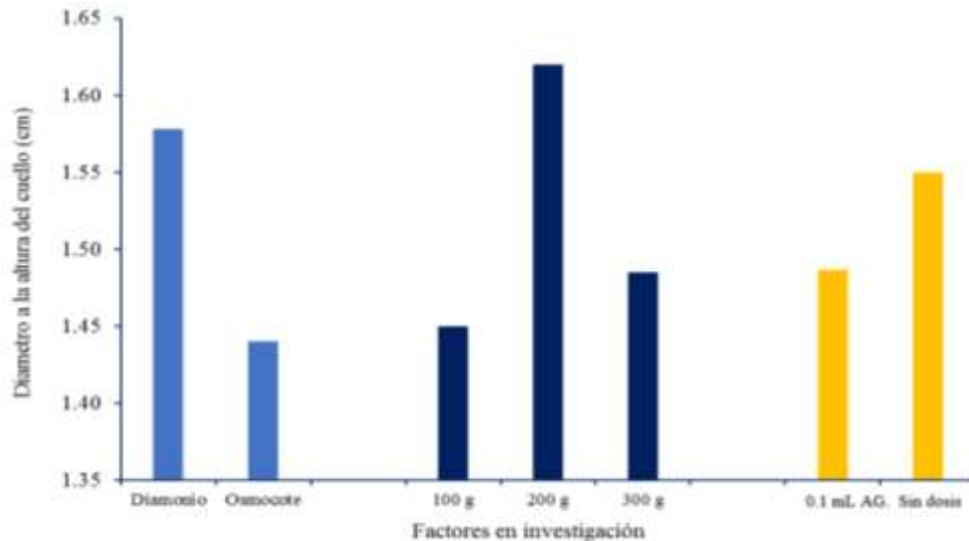


Figura 5. Valores del diámetro a la altura del cuello de *C. zizanioides* en la segunda evaluación.

El análisis de varianza en la tercera evaluación para la variable diámetro a la altura del cuello de *C. zizanioides* (tabla 16) realizado a un nivel de confianza del 95% detalla que existe diferencias estadísticas significativas de los abonos fosfatados (factor A), los niveles de fósforo (Factor B), también observamos que no existe diferencias estadísticas significativas entre las interacciones de los factores, es decir tienen efectos similares, así mismo observamos que existe diferencias estadísticas significativas entre los factores versus el tratamiento testigo. El valor obtenido para la influencia ambiental en la presente investigación tiene un valor mínimo de 8,07%.

Tabla 16. Análisis de variancia para los valores del diámetro a la altura del cuello en *C. zizanioides*, bajo diferentes niveles de fósforo en la tercera evaluación.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	p-valor	Significación
Abonos fosfatados (A)	1	0,13	0,13	6,500	0,01703	*
Niveles de fósforo (B)	2	0,19	0,09	4,500	0,02098	*
Ácido giberélico (C)	1	0,06	0,06	3,000	0,09511	NS
Interacción AB	2	0,02	0,01	0,500	0,61224	NS
Interacción AC	1	0,0012	0,0012	0,060	0,80842	NS
Interacción BC	2	0,03	0,015	0,750	0,48231	NS
Interacción ABC	2	0,01	0,005	0,250	0,78065	NS
ABC vs Testigo	1	0,11	0,11	4,85	0,0368	*
Error	26	0,61	0,02			
Total	38	1,16				
CV (%)		8,07				

GL: Grado de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F: Prueba de Fisher, CV: coeficiente de variación

Realizada la prueba de comparación de promedios de Tukey mostrado en la tabla 17 y figura 6, en la tercera evaluación, indica que existe un efecto significativo de los abonos fosfatados, mostrando al fosfato di-amónico con el mejor valor promedio de 1.98 cm, así mismo existe diferencias significativas en los niveles de fósforo mostrando al nivel de 200 g con el mejor valor promedio de 2,02 cm, y por ultimo los resultados demuestran que existe efectos positivos de aplicar abonos fosfatados a la especie *C. zizanioides* con respecto al tratamiento testigo mostrando un valor promedio de 1,93 cm, en la variable diámetro a la altura del cuello de *C. zizanioides*.

Tabla 17. Comparaciones para los factores en la tercera evaluación con respecto a los valores del diámetro a la altura del cuello (cm) en *C. zizanioides*.

Tratamientos	Repeticiones	Promedios	p> 0.05
Abonos fosfatados (A)			
Fosfato di-amónico (18-46-0)	3	1,98	a
Osmocote (15-9-12)	3	1,86	b
Niveles de fósforo (B)			
200 g aplicación	3	2,02	a
100 g aplicación	3	1,89	b
300 g aplicación	3	1,85	b
Factores vs Testigo			
ABC	3	1,93	a
Testigo	3	1,72	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05), según prueba de Tukey
 ABC: Interacción de los abonos fosfatados, niveles de fósforo y ácido giberélico.

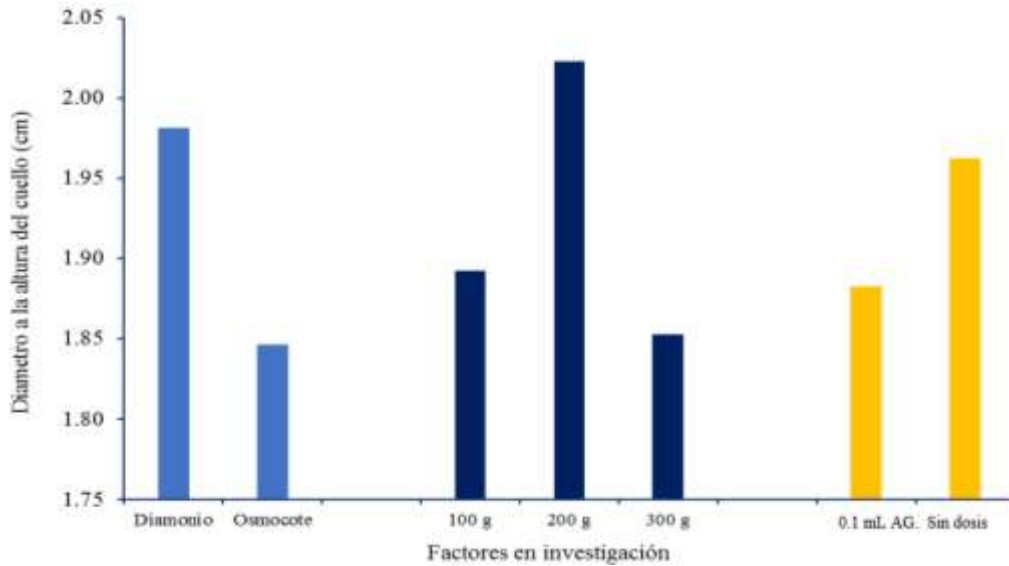


Figura 6. Valores del diámetro a la altura del cuello de *C. zizanioides* en la tercera evaluación.

En general podemos afirmar en esta tercera evaluación que existe un efecto positivo de aplicar abonos fosfatados a la especie *C. zizanioides*, y según los resultados obtenidos no necesariamente influye una alta o baja dosis de abonos fosfatados, en este caso fue media, así mismo no observamos influencia en la aplicación de ácido giberélico ni las interacciones de los abonos fosfatados y sus niveles consideramos que los valores obtenidos actúan de manera aislada no siendo importante combinarlas o en su defecto no tienen importancia en su acción conjunta. y se demuestra lo encontrado también por diversos investigadores que la especie *C. zizanioides* mientras que Mathew et al. (2016) tienen capacidad excepcional para soportar condiciones ambientales extremas tales como altas concentraciones de salinidad, ácido, álcali, sodios y varios metales pesados y nutrientes como el nitrógeno (N) y fósforo (P).

4.1.3. Longitud de raíz

El ANOVA para la variable longitud de raíz de la especie *Chrysopogon zizanioides* (tabla 18) realizado a un nivel de confianza del 95% muestra que no existe diferencias estadísticas significativas de los abonos fosfatados (factor A), los niveles de fósforo (Factor B), pero sí existe diferencias estadísticas significativas en el ácido giberélico (factor C), así mismo observamos que no existe diferencias estadísticas significativas entre las interacciones de los factores, es decir tienen efectos similares, también observamos que existe diferencias estadísticas significativas entre los factores versus el tratamiento testigo. El valor obtenido para la influencia ambiental en la presente investigación tiene un valor mínimo de 14,75%.

Tabla 18. Análisis de variancia para los valores de la longitud de raíz (cm) *C. zizanioides*, bajo diferentes niveles de fósforo.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	p-valor	Significación
Abonos fosfatados (A)	1	1,34	1,34	0,170	0,68364	NS
Niveles de fósforo (B)	2	16,2	8,1	1,027	0,37229	NS
Ácido giberélico (C)	1	177,69	177,69	22,521	0,0001	*
Interacción AB	2	4,32	2,16	0,274	0,76268	NS
Interacción AC	1	1,89	1,89	0,240	0,62864	NS
Interacción BC	2	7,12	3,56	0,451	0,64175	NS
Interacción ABC	2	1,1	0,55	0,070	0,93284	NS
ABC vs Testigo	1	229,66	229,66	29,11	0,0001	*
Error	26	205,11	7,89			
Total	38	644,41				
CV (%)		14,75				

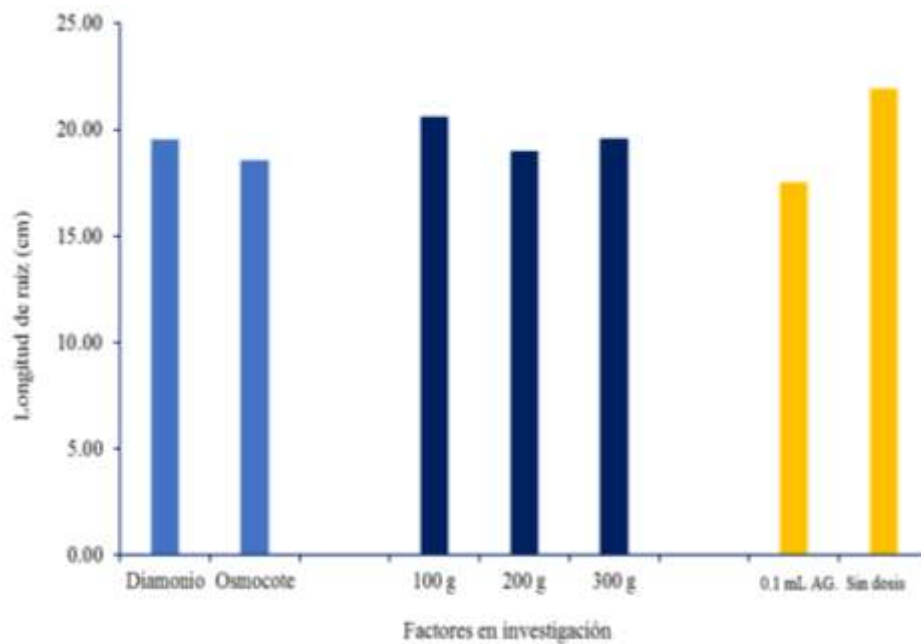
GL: Grado de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F: Prueba de Fisher, CV: coeficiente de variación

Realizada la prueba múltiple de comparación de promedios de Tukey mostrado en la tabla 19 y figura 7, indica que existe diferencias estadísticas significativas en el ácido giberélico (C), revelando el mejor valor promedio en la dosis 0,1 mL de aplicación con un valor de 21,96 cm, así mismo los resultados expresan que existe diferencias estadísticas significativas de la aplicación integrada de abonos fosfatados a dosis regulares más el efecto del enraizador en la especie *C. zizanioides* en comparación con el tratamiento testigo mostrando un valor promedio de 19,84 cm, en la variable longitud de raíz de *C. zizanioides*. Según Alegre (2007) menciona que, *C. zizanioides* tiene raíces muy fuertes, rígidas, muy largas, verticales y de grosor uniforme, similares a alambres que forman una masa esponjosa y muy ramificada, pueden alcanzar entre 2 -3 m, de acuerdo con lo manifestado por Alcántara et al. (2019) Todas las plantas, durante su crecimiento, necesitan reguladores hormonales, capaces de controlar todas las actividades metabólicas para asegurar el equilibrio dentro y fuera de las células, en nuestro caso podemos observar que el factor aplicación de ácido giberélico tuvo efectos positivos en la especie con respecto a las plantas no aplicadas, así mismo los resultados muestran que los factores si tienen efectos positivos frente al testigo donde no se aplicó ningún tratamiento.

Tabla 19. Comparaciones para los valores de la longitud de raíz (cm) en *C. zizanioides*.

Tratamientos	Repeticiones	Promedios	p> 0.05
Ácido giberélico (C)			
0,1 mL	3	21,96	a
Sin aplicación	3	17,52	b
Factores vs Testigo			
ABC	3	19,84	a
Testigo	3	10,63	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$), según prueba de Tukey
 ABC: Interacción de los abonos fosfatados, niveles de fósforo y ácido giberélico.

**Figura 7.** Valores de la longitud de raíz de *C. zizanioides* en la investigación.

4.1.4. Peso seco de raíz y hojas

El ANVA para la variable peso seco de raíz y hojas de la especie *C. zizanioides* (tabla 20) realizado a un nivel de confianza del 95% muestra que no existe diferencias estadísticas significativas de los abonos fosfatados (factor A), los niveles de fósforo (Factor B), pero si existe diferencias estadísticas significativas en el ácido giberélico (factor C), así mismo observamos que no existe diferencias estadísticas significativas entre las interacciones de los factores, es decir tienen efectos similares, también observamos que existe diferencias estadísticas significativas entre los factores versus el tratamiento testigo. El valor obtenido para la influencia ambiental en la presente investigación tiene 11,00%.

Tabla 20. Comparaciones para los valores del peso seco de raíz y hojas (g) en *C. zizanioides*.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	p-valor	Significación
Abonos fosforados (A)	1	0,02	0,02	0,065	0,80149	NS
Niveles de fósforo (B)	2	0,88	0,44	1,419	0,26	NS
Ácido giberélico (C)	1	12,46	12,46	40,194	0,0000	*
Interacción AB	2	0,12	0,06	0,194	0,82521	NS
Interacción AC	1	0,0049	0,0049	0,016	0,90092	NS
Interacción BC	2	1,2	0,6	1,935	0,16459	NS
Interacción ABC	2	0,4	0,2	0,645	0,53277	NS
ABC vs Testigo	1	3,83	3,83	12,20	0,0017	*
Error	26	8,16	0,31			
Total	38					
CV (%)	14,75					

GL: Grado de libertad, SC: Suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F: Prueba de Fisher, CV: coeficiente de variación

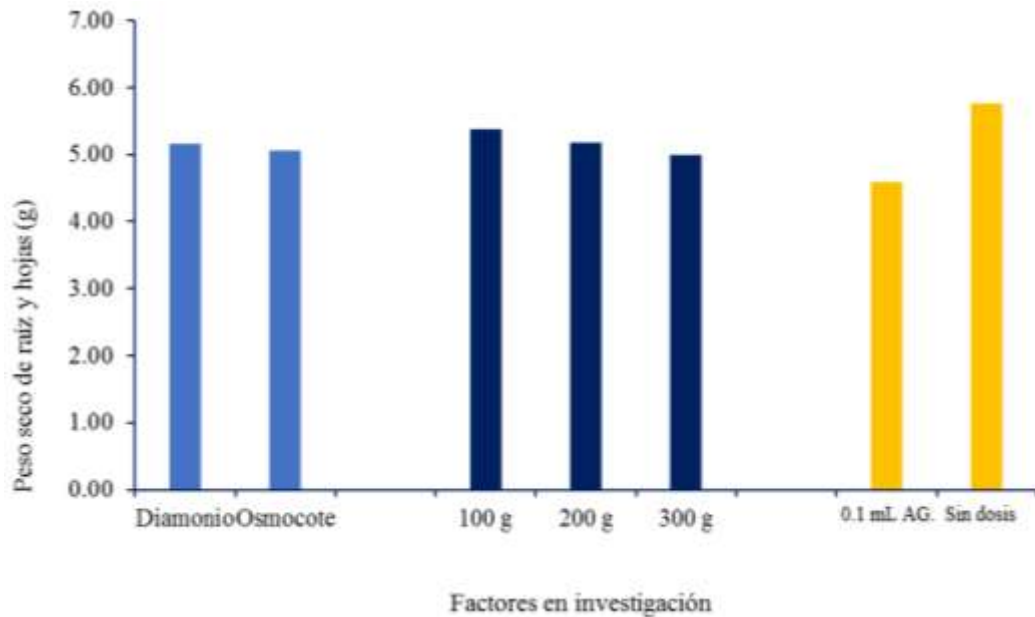
Realizada la prueba múltiple de comparación de promedios de Tukey mostrado en la tabla 21 y figura 8, indica que existe diferencias estadísticas significativas en el ácido giberélico (C), revelando el mejor valor promedio en la dosis 0,1 mL de aplicación con un valor de 5,77 g, así mismo los resultados expresan que existe diferencias estadísticas significativas de la aplicación integrada de abonos fosfatados a dosis regulares más el efecto del enraizador en la especie *C. zizanioides* en comparación con el tratamiento testigo mostrando un valor promedio de 5,21 g, en la variable longitud de raíz de *C. zizanioides*. Smyle (1999) informa que tiene un sistema radicular muy fuerte y resistente que crece verticalmente, formando una verdadera barrera y una enorme ancla en el suelo, alcanzando una profundidad de más de 5 metros.

De manera similar, Smyle (1999) agrega que las raíces son rígidas, muy largas, erectas, de espesor uniforme y con forma de hilo. Promueve la formación de terrazas naturales, incrementa la retención de agua en el suelo y no compite con los cultivos vecinos. De igual forma, Greenfield (2002) agrega que las raíces se adecuan a todo tipo de terreno e incluso pueden atravesar formaciones rocosas. Estas raíces absorben el exceso de nitratos y fosfatos, son tolerantes a altos niveles de elementos tóxicos como metales pesados como el mercurio, el aluminio, el níquel, el hierro y el manganeso, y están ampliamente contenidos en ellos.

Tabla 21. Comparaciones para los valores del peso seco y raíz (g) en *C. zizanioides*.

Tratamientos	Repeticiones	Promedios	p> 0.05
Ácido giberélico (C)			
0,1 mL	3	5,77	a
Sin aplicación	3	4,59	b
Factores vs Testigo			
ABC	3	5,21	a
Testigo	3	4,01	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$), según prueba de Tukey
 ABC: Interacción de los abonos fosfatados, niveles de fósforo y ácido giberélico.

**Figura 8.** Valores para el peso seco de raíz y hojas de *C. zizanioides* en la investigación.

4.2. Propiedades físicas y químicas del suelo antes y después del ensayo experimental

4.2.1. Las propiedades físicas

La textura del suelo estuvo dominada por la fracción limosa, casi todos los suelos preparados en invernadero tuvieron la categoría de textura arcilla limosa (Tabla 22). Donahue et al. (1999) indicaron que los suelos que tienen grandes cantidades de arena se denominan suelos arenosos; los de alto contenido de limo son arcillosos y los de alto contenido de residuos son limosos; Si el valor de medición total del símbolo de separación secundaria difiere, la categoría de textura también cambiará y el nombre refleja la coincidencia de la pieza.

Tabla 22. Textura de los suelos en la investigación.

Tratamientos	% de Partículas			Textura	
	Arena	Arcilla	Limo		
T ₀	--	33,68	15,04	51,28	Franco Limoso
T ₁	a ₁ b ₁ c ₁	43,00	8,00	49,00	Franco
T ₂	a ₁ b ₁ c ₂	25,68	21,04	53,28	Franco Limoso
T ₃	a ₁ b ₂ c ₁	18,24	35,76	46,00	Franco Arcillo Limoso
T ₄	a ₁ b ₂ c ₂	37,68	29,04	33,28	Franco Arenoso
T ₅	a ₁ b ₃ c ₁	17,68	35,04	47,28	Franco Arcillo Limoso
T ₆	a ₁ b ₃ c ₂	51,00	8,00	41,00	Franco
T ₇	a ₂ b ₁ c ₁	49,68	27,04	23,28	Franco Arcillo Limoso
T ₈	a ₂ b ₁ c ₂	23,68	27,04	49,28	Franco Arcillo Limoso
T ₉	a ₂ b ₂ c ₁	15,68	31,04	53,28	Franco Arcillo Limoso
T ₁₀	a ₂ b ₂ c ₂	45,00	8,00	47,00	Franco
T ₁₁	a ₂ b ₃ c ₁	8,96	35,76	55,28	Franco Arcillo Limoso
T ₁₂	a ₂ b ₃ c ₂	18,24	31,76	50,00	Franco Arcillo Limoso

abc: combinaciones, a: abonos fosfatados, b: niveles de fósforo y c: ácido giberélico.

4.2.2. Las propiedades químicas

De acuerdo con los resultados químicos de suelo (tabla 23), al iniciar el ensayo, el suelo degradado presentó un pH fuertemente ácido, con niveles bajo de MO, N total, P total y muy bajos en contenido de potasio en el suelo. Al finalizar el ensayo experimental, a los 60 días de evaluación, los indicadores de fertilidad del suelo muestran niveles medios a alto, respecto al tratamiento testigo. Asimismo, se observa que los tratamientos que recibieron aportes de 200 g y 300 g de fertilizante fosfatados presentan los mayores tenores de calidad de suelos, de acuerdo con Acevedo et al. (2005), la química del suelo implica medir la respuesta del suelo (pH) y los componentes químicos (nutrientes) del suelo. Su análisis es necesario para gestionar mejor la fertilización de los cultivos, seleccionando las plantas más adecuadas.

Tabla 23. Valores de las propiedades químicas en dos evaluaciones en la investigación.

Tratamientos		pH		MO (%)		N (%)		P (ppm)		K (ppm)	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
T0	--	4,50	4,57	1,9	1,98	0,08	0,09	9,30	9,50	257,13	260,19
T1	a ₁ b ₁ c ₁	6,21	6,3	1,60	1,65	0,11	0,12	10,50	27,60	337,8	463,77
T2	a ₁ b ₁ c ₂	5,10	5,1	1,51	1,59	0,13	0,12	15,60	26,90	302,20	280,91
T3	a ₁ b ₂ c ₁	5,38	5,38	1,90	1,88	0,17	0,18	18,70	40,50	300,20	326,45
T4	a ₁ b ₂ c ₂	5,12	5,98	1,93	1,92	0,21	0,20	15,50	42,90	306,00	466,42
T5	a ₁ b ₃ c ₁	5,20	5,21	1,97	1,94	0,17	0,16	38,30	43,60	317,20	406,12
T6	a ₁ b ₃ c ₂	6,4	6,4	1,83	1,90	0,15	0,16	34,00	22,60	477,20	699,63
T7	a ₂ b ₁ c ₁	5,58	5,57	1,78	1,96	0,18	0,17	21,10	24,90	317,90	429,32
T8	a ₂ b ₁ c ₂	5,59	5,56	1,89	1,90	0,21	0,19	38,30	23,70	314,30	323,31
T9	a ₂ b ₂ c ₁	5,4	5,42	1,92	1,99	0,18	0,16	24,10	30,60	315,10	402,82
T10	a ₂ b ₂ c ₂	5,27	5,27	1,84	1,93	0,12	0,14	10,80	27,70	339,00	324,64
T11	a ₂ b ₃ c ₁	5,52	5,54	1,93	1,97	0,11	0,15	30,30	31,50	355,90	379,37
T12	a ₂ b ₃ c ₂	5,07	5,44	1,90	1,94	0,13	0,18	27,00	35,10	357,90	402,73

abc: combinaciones, a: abonos fosfatados, b: niveles de fósforo y c: ácido giberélico. 1 y 2: Evaluaciones inicio y final.

Los valores obtenidos para el pH (figura 9) muestra para los tipos de abono fosfatados un mayor valor en el fosfato di-amónico con 5,73; en el nivel de fósforo en la aplicación de 100 g con 5,78, en la aplicación de ácido giberélico el testigo tiene el mayor valor con 5,56, comparando los efectos de los factores vs el testigo vemos también que esta tiene un mayor valor con 5,60. Todos los valores se encuentran dentro del rango “moderadamente ácido” según los valores asignados en el laboratorio de la UNAS, González y Olvera (2014) mencionan que el pH es un factor muy importante ya que influye activamente sobre la actividad microbiana, Fassbender y Bornemisza (1987) menciona que el pH óptimo para el crecimiento de las plantas esta dado entre los valores de pH de 6,5 y 7,5, pH mayores o menores a este rango traerán consigo problemas por toxicidad. Los valores obtenidos nos permiten deducir que la especie *C. zizanioides* no tiene problemas de toxicidad o excesiva acidez.

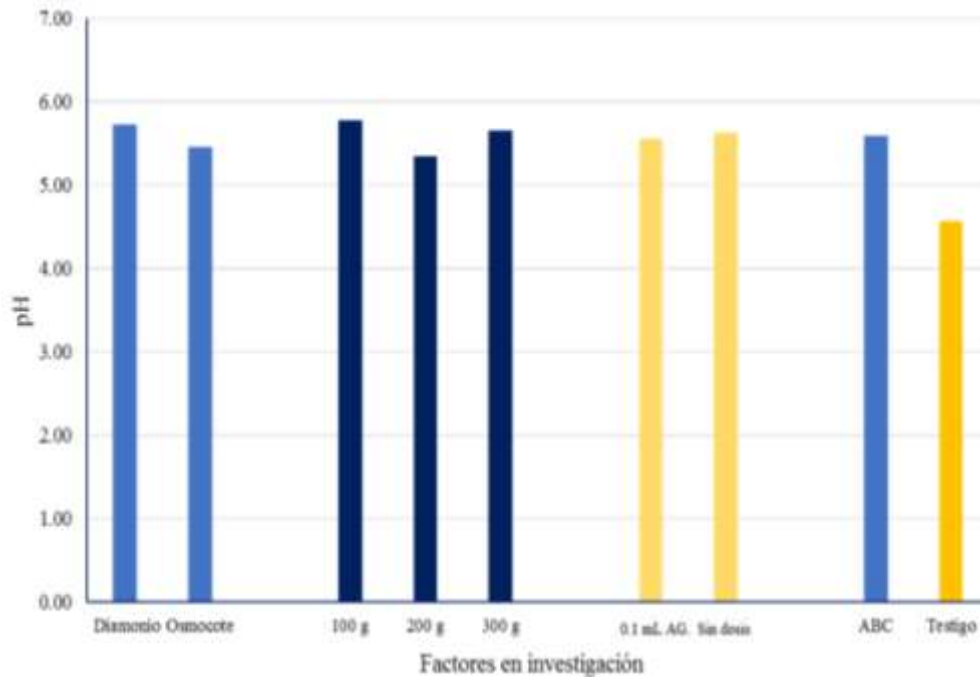


Figura 9. Valores para el pH de *C. zizanioides* en la investigación.

Los valores obtenidos para la materia orgánica (%) (figura 10) muestra para los tipos de abono fosfatados un mayor valor en el Osmocote con 1,95, en el nivel de fósforo en la aplicación de 300 g con 1,93, en la aplicación de ácido giberélico el testigo tiene el mayor valor con 1,93, comparando los efectos de los factores vs el testigo vemos también que esta tiene un mayor valor con 1,98.

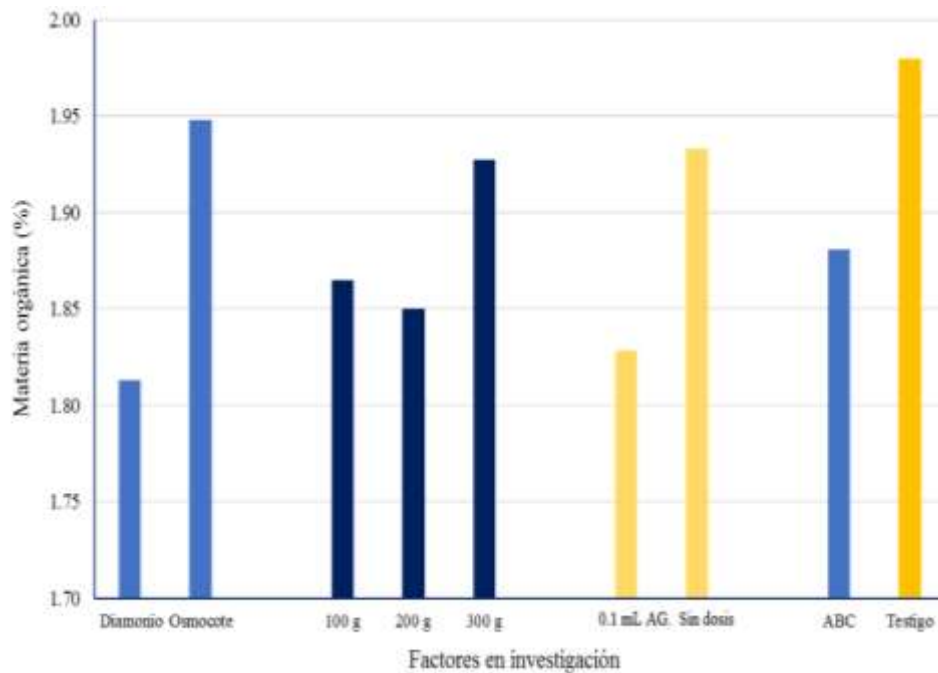


Figura 10. Valores para la materia orgánica *C. zizanioides* en la investigación.

La Soil Survey Staff (1993) define que los valores obtenidos en la presente investigación un nivel bajo de contenido de materia orgánica, hecho que pueda deberse a un

suelo usado como sustrato para el crecimiento de *C. zizanioides*, Según Navarro (2003), el contenido de MO varía mucho, y aunque el 2% es alto en los valles aluviales costeros, el mismo valor será bajo en las regiones montañosas y amazónicas bajas, y este promedio también lo será. Por lo tanto, los niveles bajos, medios y muy altos deben evaluarse regionalmente y según corresponda para cultivos específicos. Además, podemos decir que se puede aumentar el contenido de materia orgánica añadiéndola al sustrato, especialmente en invernaderos.

Los resultados obtenidos para la variable nitrógeno disponible (%) (Figura 11) detalla para los tipos de abono fosfatados un mayor valor en el Osmocote con 0,17, en el nivel de fósforo en la aplicación de 300 g con 0,17, en la aplicación de ácido giberélico el testigo tiene el mayor valor con 0,17, comparando los efectos de los factores vs el testigo vemos también que esta tiene un mayor valor con 0,16. Según Navarro (2003), la mayor parte del N de los suelos minerales están en la MO que se deposita en el suelo tras la muerte de los microorganismos y plantas que se benefician de ella. En comparación con otros elementos necesarios para el desarrollo de las plantas, la cantidad de nitrógeno en el suelo es más variable y también es absorbido por el suelo. Según Soil Investigators (1993), estos valores indican suelos o en este caso sustratos con contenido moderado de nitrógeno.

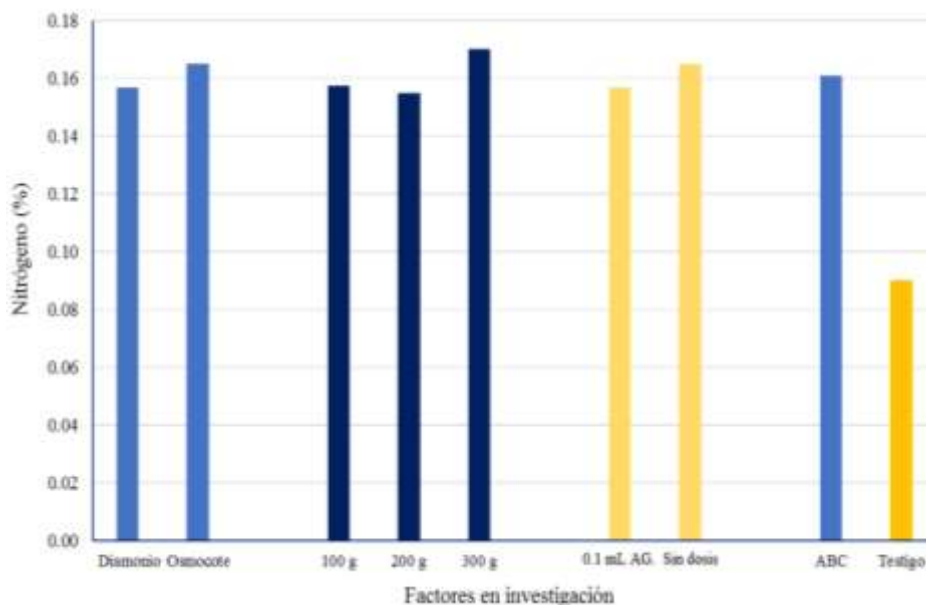


Figura 11. Valores para el nitrógeno disponible (%) *C. zizanioides* en la investigación.

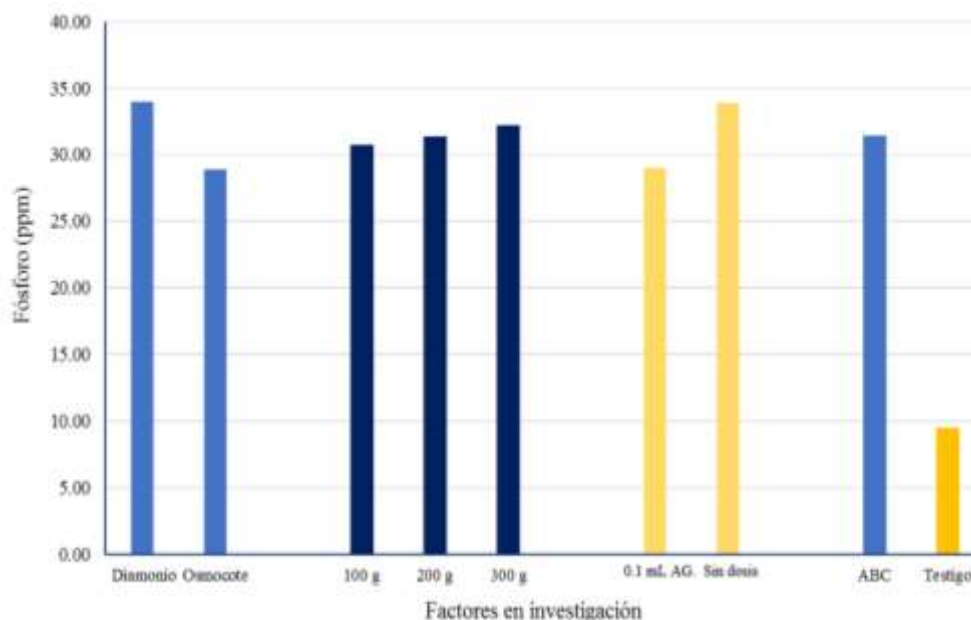


Figura 12. Valores para el contenido de fósforo (ppm) en *C. zizanioides* en la investigación.

Los valores obtenidos para el contenido de fósforo (ppm) observado en la figura 12, muestra para los tipos de abono fosfatados un mayor valor en el fosfato diamónico con 34,02 ppm, en el nivel de fósforo en la aplicación de 300 g con 32,22 ppm, en la aplicación de ácido giberélico el testigo tiene el mayor valor con 1,93 ppm, comparando los efectos de los factores vs el testigo vemos también que esta tiene un mayor valor con 33,90 ppm, según Navarro (2003), después del nitrógeno, el fósforo es el macronutriente más involucrado en muchos fases bioquímicas a nivel celular y es considerado un nutriente esencial para las plantas. Además, la única contribución al sistema proviene de la adición de fertilizantes fosfatados. El rendimiento se puede atribuir a la cosecha, la erosión, la escorrentía y el lavado (en menor medida) de los granos cosechados, pero en nuestra investigación, se observó la mayor contribución producida por el fosfato diamónico y se comprobó mediante la aplicación de 300 g donde se encontraron los valores más altos. Otro punto a destacar es que los controles tienen valores superiores a la dosis de ácido giberélico, la aplicación parece funcionar en la dirección opuesta.

Estos valores para la Soil Survey Staff (1993) pertenecen a un suelo o en este caso sustrato con contenido de fosforo a un nivel alto, según Fernández (2007) el P reduce al aumentar la profundidad del suelo debido a una reducción de la MO y el fosfato, en nuestro caso los resultados de un nivel alto responden a una aplicación de fosfatos.

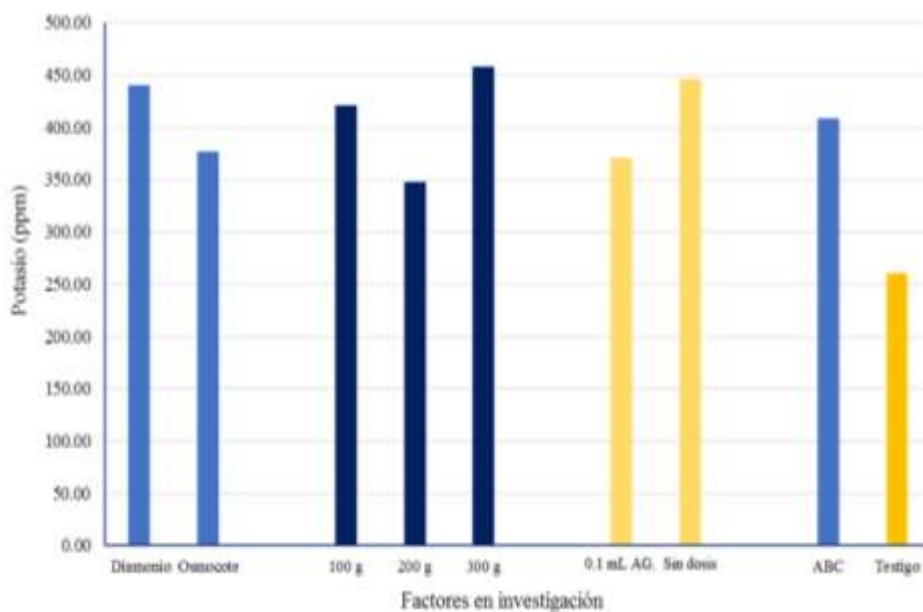


Figura 13. Valores para el contenido de potasio (ppm) en *C. zizanioides* en la investigación.

Los valores obtenidos para el contenido de potasio (ppm) mostrado en la figura 13, muestra para los tipos de abono fosfatados un mayor valor en el fosfato diamónico con 440,55 ppm, en el nivel de fósforo en la aplicación de 300 g con 457,91 ppm, en la aplicación de ácido giberélico el testigo tiene el mayor valor con 446,49 ppm, comparando los efectos de los factores vs el testigo vemos que la combinación de factores produce mayores efectos teniendo un mayor valor con 408,79 ppm, para Navarro (20003) las plantas tienen una gran necesidad de este nutriente, similar a su necesidad de proteína. Además, según Palm y Sánchez (1990), el potasio se pierde por lixiviación en mayor medida que el fósforo, el nitrógeno, el calcio y el magnesio. El potasio está involucrado en muchas funciones bioquímicas, aumentando el rendimiento (tamaño y número de racimos) así como facilitando el flujo de sustancias anabólicas desde las hojas a otros órganos de la planta. Es valor obtenido representa el contenido que presente el suelo más que por adición de este.

V. CONCLUSIONES

- La variable longitud de hoja de *C. zizanioides* no fue significativo, resaltando al fosfato di amónico a una dosis de 200 g y con una aplicación de 0,1 mL presentó mayores valores promedios en la variable diámetro a la altura del cuello, longitud de raíz y peso seco de la raíz y hojas, el testigo presentó menores valores respecto a los factores contemplados en la investigación.
- Las propiedades físicas como la textura casi todos presentaron suelos francos arcillo limosos, el pH fue mayor en el fosfato di-amónico al nivel de 100 g y en la planta que no se aplicó ácido giberélico, materia orgánica fue mayor en el fosfato di-amónico al nivel de 300 g y en la planta que no se aplicó ácido giberélico, el nitrógeno fue mayor el Osmocote al nivel de 300 g y en la planta que no se aplicó ácido giberélico, en el fósforo y el potasio fue mayor en el fosfato di-amónico al nivel de 300 g y en la planta que no se aplicó ácido giberélico, así mismo el efecto de los abonos fosfatados con sus niveles y ácido giberélico fue mejor que el testigo.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Se recomienda para la propagación de vetiver en invernadero, realizar la aplicación de 300 g de enmiendas fosforadas en concentraciones de (18-46-0) y (15-9-12).
- Para la recuperación de suelos degradados en estabilización de taludes, se recomienda el uso de vetiver por ser una especie que presenta raíces profundas y abundantes raíces finas, tolerante a condiciones ambientales extremas.
- Realizar la parte experimental en condiciones climáticas similares a las encontradas en su hábitat natural.
- Realizar ensayos experimentales con especies nativas con un periodo más prolongado de tiempo, de manera que se pueda obtener el máximo desarrollo de las especies, y evaluar así el máximo potencial de ellas para la estabilización de taludes.

VII. REFERENCIAS

- Acevedo, E., Carrasco, A., Leon, O., Silva, P., Castillo, G., Borie, G., Martínez, E., González, S., Ahumada, I. (2005). *Criterios de calidad del suelo agrícola*. USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/>).
- Alcántara Cortes, J., Acero Godoy, J., Alcántara Cortés, J., Sánchez Mora, R. (2019). *Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal*. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>.
- Alegre, J. (2007). *Manual sobre el uso y manejo del pasto vetiver (Chrysopogon zizanioides)*. https://www.vetiver.org/TVN_manualvetiver_spanish-o.pdf.
- Akhzari D, Alireza Ildoromi A and Dashti Marvili M. 2013. Effects of salinity on seedling growth and physiological traits of Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* Stapf.). *J. Rangeland Science*. 3(3):191-198.
- Azcon-Bieto, Y., Talón, P. (1996). *Caracterización de movimientos de ladera y propuestas de medidas de estabilización en los cantones. San Antonio Jocote Dulce y Boquearon del Municipio de Chinameca*. [Tesis de pregrado]. Universidad Del El Salvador. 473 P.
- Curtis, D., Barnes, O. (1993). *Efecto de diferentes estrategias de fertilización sobre el rendimiento de maíz y el balance de nutrientes en el noroeste de la Provincia de Buenos Aires*. INTA Pergamino, Investigación y Desarrollo, El Ceiba Cereales S.A. Argentina.
- Davelouis, J. (1991). *Fertilidad del suelo*. Lima. Perú. 5.
- Delgado de la flor, F., Toledo, J.; Casas, A.; Ugas, R.; Siura, S. (1987). *Cultivos hortícolas Datos Básicos*. Ediagraria. Universidad Nacional Agraria La Molina. Programa de Investigación en Hortalizas. Perú 105 pp. 6.
- Dezgo, S. (1990). *Watermelon Production in California*. *University of California Division of agriculture and Natural Resources*. [http:// anrcatalog. ed u/pdf/7213. pdf](http://anrcatalog.ed u/pdf/7213. pdf).
- Donahue, R., Miller, R. y Shickluna, J. (1999). *An Introduction to soils and plant growth*. New Jersey, NJ: Prentice-Hall.
- FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations). (2008). *Efficiency of Soil and Fertilizer phosphorus use*. <http://www.r ao.org/docrep/01O/a1595e/a1595eOO.htm> 45 p.
- Fassbender, Y., Bornemisza, P. (1987). Soil microbial populations and activities under conventional and organic management. *Journal Environmental Quality* 17: 585-590. 65 p.
- Fernandez, G. 2007. *Efeitos de herbicidas na microbiota do solo em sistema fechado*. [Tesis Doctorado]. Universidad de Estadual Paulista. Jaboticabal, Sao Paulo, Brasil. 60 p.

- Gia Lam, L. (2014). Root morphology and effects on soil reinforcement and slope stability of young vetiver (*Vetiveria zizanioides*) plants grown in semi-arid climate.
- González, S.B., Olvera, G.E. (2014). *Caracterización de la composta producida en la planta de bordo poniente*. Proyecto de Integración en Ingeniería Ambiental. Ciudad de México.
- Greenfield, J. C. (2002). *Vetiver Grass, An Essential Grass for the Conservation of Planet Earth*. Haverford, Pa. U.S.A. Infinity Publishing.
- Gros, A.; Domínguez, A. (1992). *Abonos: Guía práctica de la fertilización*. 8va edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Havlin, J., Beaton, J., Tisdale, S., Nelson, W. (1999). *Soil fertility and fertilizer. An introduction to nutrient management*. Prentice Hall. 6ta edición. New Jersey.
- Huamani, W. (1998). Plant Microclimate. In Coombs, J.; Hall, O.O.; Long, S.P.; Scurlock, J.M. (eds.). *Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis*. 2da ed. Pergamon Press, Oxford, G.B. 725 p.
- Li, L., Yang, Y., Tam, N., Yang, L., Mei, X.-Q., & Yang, F.-J. (2013). Growth characteristics of six plants and their influences on domestic wastewater treatment efficiency. *Ecological Engineering*, 382-392.
- Liu, W; Loi, K. (1976). *Fruits and Vegetables Technical Handbook*. Second Edition (Revised). M' InrS. fry of Agriculture and Livestock Production, Nairobi, Kenya.
- Looney, H; Lidster, P. (1980). *An outline class on of the Cucurbitaceae. In Biology and utilization of the Cucurbitaceae*, ed. D. M. Bates, R. W. Robinson, and C. Jeffrey, 449-63. Cornell University Press, Ithaca, N.Y.
- Luque, R., Lisena, M. y Luque, O. (2005). *Vetiver System for environmental protection of open cut bauxite mining en "Los Pijiguaos"-Venezuela*. Cuarta Conferencia Internacional Vetiver. Venezuela, octubre 2006.
- Marin, G. (2012). *Procesos fisicoquímicos en depuración de aguas. Teoría, practica y problemas resueltos*. España: Diaz de Santos.
- Martínez, W; Gueto; A; Gaytán, A; Santamaría, J. (2013). *Rendimiento y Extracción de Nitrógeno, Fósforo, y Potasio de maíz forrajero en surcos estrechos*. Agricultura Técnica en México, mayo-agosto, año/vol. 33, número 002. INIFAP, Texcoco, México pp.145-151.
- Mathew, M., Rosary, S. C., Sebastian, M., & Cherian, S. M. (2016). *Effectiveness of Vetiver System for the Treatment of Wastewater from an Institutional Kitchen*. Procedia Technology, 24, 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.05.028>

- Ma Tsuoka, Y. (2003). *Protección de taludes en la obra: alojamiento temporal para la zona rural del Cantón Portoviejo -Manabí, con barreras vivas de plantas vetiver (Vetiveria zizanioides)*. [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica De Manabí. Manabí, Ecuador. 89 p.
- Mudhiriza, T., Mapanda, F., Mvumi, B.M. Y Wuta, M. (2015). *Removal of nutrient and heavy metal loads from sewage effluent using vetiver grass, Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty*. Water SA, vol. 41, no. 4, pp. 457-463. ISSN 18167950. https://journals.co.za/docserver/fulltext/waters/41/4/waters_v41_n4_a4.pdf?expires=1603326658&id=id&accname=guest&checksum=2EC336F5B4AE24D84CD62171D11D1F0C.
- Navarro, G. (2003). *Química agrícola*. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal. 2 ed. Mundi Prensa, España.
- NRC. (1993). *Fuentes de nutrientes específicos: Fosfato diamónico*. [http://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/3D71CA0246BOEA8E85257BBA0059CD97/\\$FILE/NSS-ES-17.pdf](http://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/3D71CA0246BOEA8E85257BBA0059CD97/$FILE/NSS-ES-17.pdf).
- Núñez, T; Gil, P; Costa; P. (2003). *Cucurbits, Crop Production*. Science in Horticulture N°6. CAB International, 226 p.
- Orihuela, J.A. (2007). *Manual Sobre el Uso y Manejo del Pasto Vetiver (Chrysopogon zizanioides)*. Organización Panamericana de la Salud. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima-Perú. 37 p.
- Pahuara, Y. (2004). *Efecto del fósforo sobre la población microbiana con énfasis en Rhizobium en suelos con pasturas en zonas altoandinas del Perú*. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. Perú.
- Palm, C; Sánchez, P. (1990). *Cornposition and nutrient release patterns of the leaves of three tropicallegurnes*. Biotropica 222 p.
- Pérez, W; Martínez, P. (1994). *World Vegetables*, Internatónal Thomson Publishing, U.S.A., a43 p.
- Poveda, Villagarcía, S; Aguirre, G. (2006). *Manual de uso de fertilizantes*. Departamento Académico de Suelos. Facultad de Agronomía. UNALM. Lima. Perú.
- PROEXANT. 2004. *Producción de Hortalizas*. Editorial Limusa S.A. de C.V. IV Edición, México, 298 pp
- Ramírez, A. (1962). *Ensayo de abonamiento con Nitrógeno y fosfórico en el Cultivo de Sandía en la Zona de Huaral*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú.

- Rodríguez, E. (2006). Dry matter and fruit quality: Manipulation in the field and evaluation with NIR Spectroscopy.
- Rodríguez, S. (1982). *Fertilizantes. Nutrición mineral*. AGT Editor S.A. México.
- Sachs, L. 1965. *Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas*. volúmenes, tasas de crecimiento, cuotas de mercado, etc. Disponible en: <http://www.trademap.org/Index.aspx>.
- Salisbury, F., Ross, C. (1994). *Fisiología Vegetal*. Interamericana. México. P 759-784.
- Schweers, V.H.; Sims, W. L. (1976). *Watermelon Production*. University of California. Leaflet 2672, Div. Agric. Sci., Univ. Of California Berkeley
- Salisbury, W., Ross, L. (1992). *Nutrio-physiological studies on the tomato plant*. IV. Source sink relationship and structure of the source-sink. *Soil Sci. Plant Nutr.* 20:305-315.
- Sangalli, P. (2008). *Bioingeniería o Ingeniería Biológica - Introducción a la Bioingeniería Biológica o Ingeniería Biológica*. AEIP Asociación Española de Ingeniería del Paisaje. 185 p.
- Schader, W., Mayberry, K. (2002). *Producción de alcachofas en California*. University of California. División of Agricultura and natural Resources.
- Smyle, J. (1999). *Experiencia mundial con el uso del vetiver para infraestructura, cuenca y uso en la finca*. Recuperado de <http://belojardin.blogspot.com/2009/10/experiencia-mundial-con-el-uso-del.html>
- Srivastava, J., Kayastha, S., Jamil, S. y Srivastava, V. (2008). *Environmental perspectives of Vetiveria zizanioides (L.) Nash*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30: 413-417. DOI 10.1007/s11738-008-0137-7.
- Soil Survey Staff. (1993). *Soil survey manual*. United States Department of Agriculture. Hnbk no. 18 U.S. Gov. Printing Office, Washington, DC.
- Suárez, J. (1988). *Efecto de cinco densidades de siembra en la producción de cinco híbridos de pimiento dulce (Capsicum annuum L.) bajo riego localizado de alta frecuencia (microexudación)*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú.
- Taiz, L., Zeiger, Y. (2006). *Plant physiology*. 4a ed. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, MA.
- Taylor, K; Cosgrove, O. (1989). *Some growth regulator effects on fruit quality, mesocarp composition, and susceptibility to postharvest surface marking of sweet cherries*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(1), 130-134.

- Teixeira, P.C., De Mesquita, I. L., De Macedo, S. T., G. Teixeira, W. G., De Lima, W. A. (2015). *Manejo de Solo, Água e Planta* • Revista Brasileira Engenharia agrícola ambiental 19 (2). <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n2p99-105>.
- Theodorou M., Plaxton, W. (1993). *Metabolic adaptations of plant respiration to nutritional phosphate deprivation*. Plant physiology vol. 101. P. 339-344.
- Tisdale, S., Nelson, W. (1970). *Fertilidad de los suelos y Fertilizantes*. Traducción de Dr. Jorga Balasch y Lic. Carmen Piña. Editorial Montaner y Simón, S.A. Barcelona. España 47
- Troeh, F., Thompson, L. (1993). *Soils and Fertility*. College of Agriculture Iowa State University. Fifth edition. Oxford University Press. New York. USA.
- Truong, P., Thai Danh, L. (2015). *El sistema vetiver para mejorar la calidad del agua, prevención y tratamiento de aguas y suelos contaminados*. 2da ed. Red Colaborativa de Permacultura La Margarita. <https://vetiver.org/Water%20quality%20Spanish%20web%202.pdf>.
- Truong, P., Tan Van, T. y Pinners, E. (2009). *Vetiver System Applications*. Technical Reference Manual. Publicado por The Vetiver Network International. 126 p.
- Truong, P. and Smeal (2003). *Research, Development, and Implementation of Vetiver System for Wastewater Treatment: GELITA Australia*. Technical Bulletin No. 2003/3. Pacific Rim Vetiver Network. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand.
- Truong, P., Candia, J. (s.d.) *Uso De Vetiver Grass Para La Rehabilitación De Sitios Mineros en Chile: Resultados Preliminares*.
- Truong, P., Westermar, P., Potrsk, K. (2000). *Vetiver Grass System: Potential Applications for Soil and Water Conservation in Northern California*.
- Villagarcía, S.; Ramírez, F.; Aguirre, G.; Malagamba, P.; Medina, C.; Tomassini, L. (1990). *Resultados de ensayos de campo sobre fertilización y nutrición mineral en el cultivo de papa*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú.
- Weaver, R. (1989). *Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura*. VI reimpresión. Editorial Trillas. México. 622 p.
- Wildschut, P. (2013). *Horticultura herbácea especial*. 3ra Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-España. 566 pp.
- Wildschut, L. (2013). *Mercados potenciales de tecnologías de biorremediación con vetiver*. 1 ed. Madrid, España. Fundación EOI. 162 p.
- Wischmeir, L., Andrews, J., Wever, L. (1971). *Peppers, The domesticated capsicum*. University of Texas. 170 pp.

Zevallos, M. (1992). *Máxima capacidad de adsorción de fósforo en dos suelos alcalinos de la costa central y dos del valle de Huánuco*. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú.

ANEXOS

Anexo A. panel fotográfico



Figura 14. Corte y separación del *C. zizanioides* para determinar biomasa en la investigación.



Figura 15. Evaluando materia seca del *C. zizanioides* en la investigación.



Figura 16. Etiquetado de las bolsas con el *C. zizanioides* en la investigación.



Figura 17. Evaluación de altura del *C. zizanioides* al inicio de la investigación.



Figura 18. Evaluación intermedia del *C. zizanioides* en la investigación.



Figura 19. Medición de altura de la *C. zizanioides* en la investigación.



Figura 20. Evaluación al término de la investigación de *C. zizanioides*.



Figura 21. Tabulación de datos de la investigación.



Figura 22. Evaluando el sustrato para el sembrío de *C. zizanioides* en la investigación.