



“Determinación de la dosis óptima de Rootex para la producción de raíces en el cultivo de piña.”

Palma Zamora, Jorge Alejandro

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención de título de Ingeniería Agropecuaria

Dr. Ulloa Cortázar, Santiago Miguel, PhD

23-febrero-2023



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de integración curricular: "DETERMINACIÓN DE LA DÓISIS ÓPTIMA DE ROOTEX PARA LA PRODUCCIÓN DE RAÍCES EN EL CULTIVO DE PIÑA." fue realizado por el señor **Palma Zamora Jorge Alejandro**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 23 de febrero del 2023



.....
Ulloa Cortázar Santiago Miguel Ph.D.

C.C. 1710450584



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Palma Zamora Jorge Alejandro**, con cédula de ciudadanía n°0804261048 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“DETERMINACIÓN DE LA DOSIS OPTIMA DE ROOTEX PARA LA PRODUCCIÓN DE RAÍCES EN EL CULTIVO DE PIÑA.”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 23 de febrero del 2023

.....
Palma Zamora Jorge Alejandro.

C.C. 0804261048



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Palma Zamora Jorge Alejandro** con cédulas de ciudadanía n°0804261048, autorizó a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“DETERMINACIÓN DE LA DOSIS OPTIMA DE ROOTEX PARA LA PRODUCCIÓN DE RAÍCES EN EL CULTIVO DE PIÑA.”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 23 de febrero del 2023

.....
Palma Zamora Jorge Alejandro.

C.C. 0804261048

Dedicatoria

Le dedico este trabajo a mi mamá Edita María Zamora que ha sido nuestra luz de guía en el hogar y especialmente a lo largo de toda mi carrera profesional, inculcándome buenos valores que me ayudaron a mi formación personal, demostrándome también el esfuerzo que como madre consiguió realizar para entregarme la mejor educación y que me ha apoyado de manera incondicional en cada una de mis dediciones. Te amo mamá.

A mi hermano Robert Palma Zamora por ser un excelente compañero de trabajo en toda nuestra carrera.

A mi hermana Dayana Palma Zamora por ser un ejemplo de superación y constancia en mi vida profesional.

A mis queridas mascotas que han permanecido conmigo y me han entregado muchas sonrisas.

A toda mi familia en general que de una u otra forma me prestaron su ayuda cuando más los necesitaba.

Agradecimientos

Agradezco antes de todo a Dios por brindarme salud, fuerzas y todo el esmero necesario para culminar mi carrera universitaria y mantener a mi familia unida.

Agradezco a mi madre y hermanos por el apoyo tanto económico como emocional que me ofrecieron día a día

A la Empresa Bioamecsa, al Ingeniero Randy Reynoso y al Ingeniero Andrés Tello por facilitarnos el material de trabajo, así como también del apoyo profesional para la realización del trabajo.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe – Sede Santo Domingo, por educarme profesionalmente y enseñarme buenos valores como el respeto, compañerismo, puntualidad y dedicación

A cada docente que impartió sus materias a lo largo de la carrera y que contribuyeron a mi formación profesional con sus vastos conocimientos y experiencia, enseñando con dedicación y esmero cada practica que hoy en día me sirven para mi futura vida laboral.

Al Ingeniero Patricio Vaca por ser un excelente docente ya que gracias a él he aprendido lo que hoy con tanto orgullo sé sobre manejo de cultivos.

Al Doctor Santiago Ulloa por ser un notable tutor de tesis y estar siempre presto a ayudarme en el desarrollo de mi trabajo.

A todos mis amigos y personas cercanas por el buen compañerismo y dedicación que demostraron en cada trabajo realizado además del apoyo ofrecido.

Índice de Contenido

Caratula.....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificado del director.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos.....	7
Índice de Contenido.....	8
Índice de Tablas.....	12
Índice de Figuras.....	14
Resumen.....	16
Abstract.....	17
Capítulo I.....	18
Introducción.....	18
Capitulo II.....	19
Marco teórico.....	19
El cultivo de piña.....	19
<i>Requerimientos edafoclimáticos</i>	19
<i>Morfología</i>	20

<i>Requerimientos nutricionales</i>	21
Bioestimulantes.....	21
<i>Enraizadores en piña</i>	22
Producto empleado, Rootex	22
<i>Características generales</i>	23
<i>Recomendaciones del fabricante</i>	24
<i>Importancia de la dosis óptima</i>	24
Capítulo III.....	25
Metodología	25
Ubicación del área experimental	25
<i>Ubicación política</i>	25
<i>Ubicación geográfica</i>	25
<i>Ubicación ecológica</i>	26
Materiales.....	26
<i>Fase de campo</i>	26
<i>Fase de laboratorio</i>	27
Métodos.....	27
<i>Diseño Experimental</i>	27
Tipo de diseño.....	28
Características de las unidades experimentales.....	28
Croquis de diseño	29

	10
<i>Análisis estadístico</i>	29
<i>Métodos específicos del manejo</i>	31
Capitulo IV.....	33
Resultados y Discusión	33
Biomasa fresca de las plantas de Piña	33
<i>Análisis de varianza</i>	33
<i>Cálculo de la dosis óptima de Rootex para el 90% del aumento en biomasa fresca de piña</i>	34
Biomasa seca de las plantas de Piña.....	36
<i>Análisis de varianza</i>	36
<i>Cálculo de la dosis óptima de Rootex para el 90% del aumento en biomasa seca de piña</i>	38
Aumento de la masa radicular de las plantas de piña	40
<i>Análisis de varianza</i>	40
<i>Cálculo de la dosis óptima de Rootex para el 90% del aumento en masa radicular fresca de piña</i>	42
<i>Aumento de la masa radicular seca de las plantas de piña</i>	43
<i>Análisis de varianza</i>	43
<i>Cálculo de la dosis óptima de Rootex para el 90% del aumento en masa radicular seca de piña</i>	45
Aumento del grosor de la corona de las plantas de piña	47
<i>Análisis de varianza</i>	47

<i>Cálculo de la dosis óptima de Rootex para el 90% del aumento del grosor de la corona de piña</i>	49
<i>Evaluación del aumento de biomasa fresca, masa radicular y grosor de corona durante 45 días</i>	51
<i>Evolución del aumento de biomasa fresca en plantas de piña</i>	51
<i>Evolución del aumento de masa radicular en plantas de piña</i>	52
<i>Evolución del aumento de grosor de corona en plantas de piña</i>	54
Análisis bromatológico	55
Análisis Costo-beneficio.....	58
Capítulo V	60
Conclusiones.....	60
Recomendaciones	61
Bibliografía	62

Índice de Tablas

Tabla 1	Características técnicas de Rootex.....	23
Tabla 2	Recursos necesarios para la instalación del ensayo.....	26
Tabla 3	Insumos utilizados para la recolección de muestras de las plantas de piña	27
Tabla 4	Materiales usados para el pesaje de las muestras recolectadas de piña.....	27
Tabla 5	Descripción de los tratamientos a comparar.....	28
Tabla 6	Esquema del análisis de varianza.....	29
Tabla 7	Análisis de varianza de la biomasa fresca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de Rootex.....	33
Tabla 8	Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros de la biomasa fresca (g) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex a los 45 días.....	34
Tabla 9	Dosis de Rootex (kg/ha) para obtener 85 y 90% de biomasa fresca (g) en plantas de piña.....	35
Tabla 10	Análisis de varianza de la biomasa seca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de Rootex.....	36
Tabla 11	Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros de la biomasa seca (g) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex a los 45 días.....	38
Tabla 12	Dosis de Rootex (kg/ha) para obtener 85 y 90% de biomasa seca (g) en plantas de piña.....	38
Tabla 13	Análisis de varianza de la masa radicular fresca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de Rootex.....	40
Tabla 14	Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros de la masa radicular fresca (g) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex a los 45 días.....	42
Tabla 15	Dosis de Rootex (kg/ha) para obtener 85 y 90% del aumento en de masa radicular fresca (g) en plantas de piña.....	42

Tabla 16	Análisis de varianza de la masa radicular seca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de Rootex.....	43
Tabla 17	Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros de la masa radicular seca (g) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex a los 45 días	45
Tabla 18	Dosis de Rootex (kg/ha) para obtener 85 y 90% del aumento en masa radicular seca (g) en plantas de piña	45
Tabla 19	Análisis de varianza del grosor de la corona (cm) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de Rootex.....	47
Tabla 20	Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros del grosor de la corona (cm) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex a los 45 días	49
Tabla 21	Dosis de Rootex (kg/ha) para obtener 85 y 90% de aumento en el grosor de la corona (cm) en plantas de piña	49
Tabla 22	Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros de la biomasa fresca (g) obtenida de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex cada 15 días durante 45 días	51
Tabla 23	Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros de la masa radicular (g) obtenida de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex cada 15 días durante 45 días	52
Tabla 24	Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros del grosor de corona (cm) obtenida de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex cada 15 días durante 45 días	54
Tabla 25	Costos de aplicación según los tratamientos	59

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación del sitio de la investigación	25
Figura 2 Distribución de las unidades experimentales dentro de la plantación de piña	29
Figura 3 Prueba de Duncan al 5% de la biomasa fresca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de cinco dosis de Rootex.....	34
Figura 4 Dosis óptima de Rootex en base al aumento de biomasa fresca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días	36
Figura 5 Prueba de Duncan al 5% de la biomasa seca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de cinco dosis de Rootex.....	37
Figura 6 Dosis óptima de Rootex en base al aumento de biomasa seca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días	39
Figura 7 Prueba de Duncan al 5% de la masa radicular fresca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de cinco dosis de Rootex.....	41
Figura 8 Dosis óptima de Rootex en base al aumento de masa radicular fresca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días	43
Figura 9 Prueba de Duncan al 5% de la masa radicular seca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de cinco dosis de Rootex.....	44
Figura 10 Dosis óptima de Rootex en base al aumento de masa radicular seca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días	46
Figura 11 Prueba de Duncan al 5% del grosor de la corona (cm) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de cinco dosis de Rootex.....	48
Figura 12 Dosis óptima de Rootex en base al grosor de la corona (cm) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días.....	50
Figura 13 Evolución del aumento en biomasa fresca (g) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex durante 45 días	52

Figura 14 Evolución del aumento en masa radicular (g) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex durante 45 días	53
Figura 15 Evolución del aumento en el grosor de la corona (cm) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex durante 45 días	55
Figura 16 Composición bromatológica de las plantas de piña, en estado húmedo a los 45 días, bajo cinco dosis de Rootex.....	55
Figura 17 Composición bromatológica de las plantas de piña, en estado seco a los 45 días, bajo cinco dosis de Rootex.....	56

Resumen

El cultivo de la piña ha representado un rubro muy importante por su alta rentabilidad especialmente para la zona de La Concordia y la Independencia debido a las condiciones climáticas favorables para el desarrollo del cultivo. El uso de bioestimulantes para el desarrollo de raíces es una técnica imprescindible en la etapa inicial de los cultivos que ha obtenido resultados deseables mejorando la fisiología de las plantas, el rendimiento y calidad de las cosechas así como el vigor y resistencia de las mismas, debido a ello se pretende investigar en la aplicación y evaluación del Enraizador en polvo "Rootex" de la empresa Cosmocel, en 5 dosis distintas para esta manera determinar la dosis optima en el cultivo de piña (*Ananas comosus*). Para la evaluación se usó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 5 dosis de 4 repeticiones, además se aplicarán las dosis del enraizador Rootex tomando como punto de partida la dosis recomendada por el fabricante, siendo la dosis que sea aplicó 0 kg/ha (testigo), 1Kg/ha, 2Kg/ha, 3Kg/ha y 4Kg/ha. Los factores de respuesta y variables que se midieron fueron cada 15 días hasta el día 45, biomasa fresca a los 45 días, biomasa seca (utilizando una muestra de biomasa fresca previamente cosechada) y grosor de corona. Además, se procedió a hacer un análisis bromatológico por cada tratamiento. Con los datos obtenidos se realizó el análisis estadístico, análisis de varianza y se separó las medias usando el método de Duncan. La dosis optima determinada de Rootex fue de 4kg/ha que arrojó un 90% de rendimiento a los 45 días en base a los resultados obtenidos en campo, donde el costo de inversión fue de 128\$ por hectárea, en cuanto a las aplicaciones de 15 y 30 días no tuvieron efectos considerables por lo que se aconseja aplicar en mínimo 3 ocasiones. La mano de obra utilizada, así como también los insumos fueron las mismos para cada tratamiento.

Palabras clave: Rootex, bioestimulantes, raíces.

Abstract

Pineapple cultivation has represented a very important item due to its high profitability, especially for the area of La Concordia and La Independencia due to favorable climatic conditions for the development of the crop. The use of biostimulants for root development is an essential technique in the initial stage of crops that has obtained desired results, improving the physiology of the plants, the yield and quality of the crops, as well as their vigor and resistance, due to To this end, it is intended to investigate the application and evaluation of the rooting powder "Rootex" from the company Cosmocel, in 5 different doses in order to determine the optimal dose in the cultivation of pineapple (*Ananas comosus*). For the evaluation, a completely randomized block design (DBCA) was used with 5 doses of 4 repetitions, in addition the Rootex rooting doses will be used, taking as a starting point the dose recommended by the manufacturer, the dose that was applied being 0 kg. /ha (control), 1Kg/ha, 2Kg/ha, 3Kg/ha and 4Kg/ha. The response factors and variables that were measured were every 15 days until day 45, fresh at 45 days, dry biomass (using a previously harvested sample of fresh biomass) and crown thickness. In addition, a bromatological analysis was carried out for each treatment. With the data obtained, the statistical analysis, analysis of variance, and the means were separated using the Duncan method. The determined optimal dose of Rootex was 4kg/ha, which yielded 90% yield at 45 days based on the results obtained in the field, where the investment cost was \$128 per hectare, in terms of applications of 15 and 30 days did not have considerable effects, so it is advisable to apply at least 3 times. The labor used, as well as the inputs, were the same for each treatment.

Keywords: Rootex, biostimulants, roots.

Capítulo I

Introducción

El cultivo de la piña “se cultiva sobre suelos sedimentarios y metamórficos, así como sobre suelos volcánicos. Sin embargo, el aumento de la superficie de cultivo en los últimos años se ha dado principalmente en los suelos ácidos volcánicos de la costa central y norte del Ecuador. El crecimiento de la superficie sembrada se basa en la disponibilidad de material nuevo de piña, un híbrido MD2 especialmente productivo, de excelente sabor y buena aceptación en el mercado internacional” (Agrocalidad, 2016)

Actualmente es una importante actividad económica para muchos agricultores de la provincia Tsáchila. En esta zona se cultiva el fruto de la piña, que se caracteriza por adaptarse a las condiciones agroecológicas del sector. “La piña es un cultivo altamente absorbente de nutrientes, siendo el potasio y el nitrógeno los elementos más utilizados” (Condemaita, 2019); por lo tanto, es necesario un cuidadoso programa de fertilización para restaurar los nutrientes obtenidos en el suelo y mantener su fertilidad. Sin embargo, este sistema de producción requiere del uso de bioestimulantes de raíces que favorezcan el crecimiento de las plantas y su posterior producción.

Un alto rendimiento en la producción de piña se logra mediante el uso adecuado de fertilizantes, y una vez diagnosticado el problema, podemos decir que es importante y necesario desarrollar alternativas a los bioestimulantes de raíces que ayudan a aumentar la productividad del cultivo. El objetivo es ayudar a analizar la problemática que enfrentan actualmente los productores de piña en Santo Domingo de los Tsáchila y servir como elemento de definición alternativa y toma de decisiones.

El propósito de esta investigación es resaltar la importancia y el papel del bioestimulante Rootex el cual permite obtener producciones rentables y de alta calidad a bajo costo en piña MD2. El estudio actual proporciona a los productores y agricultores profesionales nuevos métodos prácticos para aumentar el rendimiento.

Capítulo II

Marco teórico

El cultivo de piña

Ortíz, (2013) menciona que la piña es una planta herbácea perenne monocotiledónea, que mide entre 100 a 130 cm de altura, y es una planta apetecida principalmente por su fruta, la cual para el Ecuador, es un rubro importante de exportación no tradicional. Esta planta cuenta con algunas variedades, entre las cuales destacan la cayena lisa, champaka, y la MD2 o Golden Sweet, el cual es el híbrido de exportación por excelencia, según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca MAGAP, (2020) se registró una producción de 104059 toneladas de piña de la variedad MD2 en gran parte a escala nacional.

Chica, (2018) menciona que, al ser una planta, perenne, alógama, autoincompatible y que cuenta con reproducción principalmente asexual, no es recomendable comercialmente explotar su potencial perenne, debido a la disminución del rendimiento y de la calidad del fruto a medida que se incrementa el número de cosechas.

Requerimientos edafoclimáticos

La piña es una planta tropical, la cual se adapta a temperaturas anuales promedio de 21 a 25°C, para obtener una buena calidad del fruto, en casos extremos, tolera hasta los 20 a 35 °C. Esta planta se adecua a una altitud de los 600 a 1000 msnm, para buenos rendimientos se siembra en alturas que no excedan los 500 msnm (Agrocalidad, 2016). Uno de los parámetros más importantes para el desarrollo y producción es la precipitación, Lucero, (2014) afirma que las características morfológicas de la piña favorecen un mejor aprovechamiento del agua, gracias a la forma acanalada y la distribución de sus hojas que le permite recolectar de mejor manera el agua, para luego llevarla a su sistema radicular. Las precipitaciones que necesita esta planta van de los 1200 a 2000 mm bien distribuidos a lo largo del año. En cuanto a la luminosidad, la piña requiere de unas 1200 horas a lo largo de su ciclo, ya que una alta

luminosidad interviene de mejor manera en los procesos de la fotosíntesis, beneficiando el rendimiento del cultivo, produciendo frutos de mayor calidad, logrando aprovechar al máximo el rendimiento del cultivo (Pinto, 2012).

Las condiciones edáficas para el cultivo de piña son que los suelos tengan muy buen drenaje y profundidad de más de 1 metro, de textura franco arenosa y con un pH de 4,5 a 5,5, los valores mayores de pH provocan la pudrición de las raíces, además es un cultivo que no tolera problemas de salinidad o sodicidad, tolera ligeramente la presencia de aluminio en la solución del suelo y los suelos con una ligera humedad, poca fertilidad y medio contenido en hierro resultan ser los más apropiados (Lucero, 2014).

Morfología

El sistema radicular de la piña está compuesto principalmente por raíces secundarias, ya que su siembra es por brotes o hijuelos, no cuenta con una raíz principal pivotante como tal. Las raíces secundarias por lo general se localizan entre la corona de la planta y entre las hojas basales, al levantar dichas hojas se logra apreciar las puntas de las raíces secundarias. Estas raíces son superficiales por lo general y son relativamente cortas, llegando a tener hasta 30 cm en condiciones óptimas de suelo, son muy sensibles y quebradizas, no toleran altos índices de humedad (Chica, 2018).

Las hojas de la piña son largas, llegando a medir hasta 150 cm de largo, de color verde oscuro, algunas llegan a tener espinas dispuestas a manera de serrucho. Las hojas están empinadas, dando la forma de una roseta a la planta, son estrechas ligadas al tallo, hasta los 6 meses estas plantas presentan 70 a 80 hojas, como referencia a que alcanzó su madurez fisiológica (Ortíz, 2013).

Los tallos de la piña llegan a medir hasta 30 cm de altura, son cortos, gruesos de una solidez herbácea con entrenudos muy juntos, que le dan forma de un macollo, es de color blanquecino y está rodeado por la parte inicial de las hojas. En el ápice del tallo se localiza el

tejido meristemático donde se diferencian las hojas durante la etapa de desarrollo y donde se formarán los brotes florales o la inflorescencia, dando paso al ciclo reproductivo (MAG, 2017).

Sus flores están distribuidas en una especie de espiga, que llega a albergar de 150 a 200 flores dispuestas alrededor del eje central de la planta, y el conjunto de estas flores da lugar al fruto, el cual es una sorosis, es decir un conjunto de frutos dispuestos en uno solo (Pinto, 2012).

Requerimientos nutricionales

Los requerimientos nutricionales de la piña se basan en suplir 2 etapas, la etapa de desarrollo como etapa crítica y la etapa de producción, donde Lucero, (2014) indica que la fertilización en la etapa de desarrollo debe comenzar 1 mes después del trasplante, y se fracciona de 1 a 3 veces dependiendo de la cantidad de nutrientes del suelo. Agrocalidad (2016) argumenta que en la piña se puede hacer fertilizaciones foliares, gracias a la forma de la hoja, si el producto no logra ingresar por la hoja, puede llegar a las raíces secundarias por la forma de la hoja, así no se pierde el producto en el suelo. esta fertilización foliar se debe realizar a partir del primer mes después de la inducción floral y durante el periodo de obtención de hijuelos, es decir después de la cosecha. Según un promedio obtenido de Agrocalidad, (2016), Basantes & Chasipanta, (2012) y Moreno, (2008); en una hectarea de piña se requiere aproximadamente 300 kg de nitrógeno, 80 kg de fósforo, 450 kg de potasio, 80 kg de magnesio, 130 kg de calcio y 120 kg de azufre.

Bioestimulantes

Según Samudio, (2020), los bioestimuladores son sustancias específicas que al ser aplicadas a las plantas, mejoran la eficacia de estas en la absorción y asimilación de nutrientes, aumenta la tolerancia a estrés biótico o abiótico y mejora en gran medida las características metabólicas, estimulando la síntesis de hormonas naturales, logrando en gran medida

aumentar su actividad, contribuir en el aumento de la productividad y mejoramiento de la calidad del fruto, mejorando la adsorción de nutrientes a partir del suelo, elevando la tasa de crecimiento ya sea foliar o radicular, aumentan la resistencia de plantas a condiciones desfavorables, tales como la sequía, la contaminación del ambiente con metales pesados, tolerar altos niveles de salinidad, entre otros. Esto también puede ser atribuido a la alteración en la actividad enzimática de la síntesis de antioxidantes.

Enraizadores en piña

El enraizamiento consiste en una secuencia de eventos fisiológicos, divididos en dos fases; la formación del meristemo radical y la etapa de crecimiento y elongación, fase durante el cual el ápice radicular avanza hacia afuera a través de la corteza del tallo y finalmente emerge al exterior. Esto se da gracias al estímulo directo en los puntos de crecimiento en las etapas de desarrollo de todas las plantas, aunque su velocidad y proporción de ocurrencia aumenta si es que se le añade algún producto específico para enraizar, además de un programa de fertilización adecuado (Basantes & Chasipanta, 2012).

Según Rios, (2011), la planta de piña responde muy bien a la aplicación de enraizantes durante el primer mes de la siembra, mediante la aplicación de enraizantes foliares como complemento a las aplicaciones de fertilizantes del suelo. La mayoría de estos enraizantes suelen traer una cierta cantidad de fitohormonas que aumentan el enraizamiento en semillas asexuales, como además son ricas en fósforo y en nutrientes orgánicos.

Producto empleado, Rootex

El enraizante Rootex, es un polvo mojable, cuya composición es la combinación de extractos orgánicos, fósforo y potasio con alta capacidad de asimilación. Esta composición, además de lograr el estímulo sobre la plántula, permite lograr su efecto sobre cualquier otra etapa de desarrollo de la planta, cuando la emisión de raíces sea insuficiente por efecto de

temperatura, humedad, estado nutricional, enfermedad, concentración salina, etc., (COSMOCEL Ibérica, s.f.).

Características generales

Este enraizante induce la formación de pelos radiculares absorbentes, gracias al efecto de los ácidos húmicos presentes en el producto. Además de promover el fortalecimiento radicular, gracias a la participación del fósforo y el potasio. Los ácidos húmicos en sinergia con el fósforo forman humatos y fulvatos con los cationes del suelo, evitando la retrogradación. Son capaces de fijar nutrientes que son aplicados como fertilizante, logrando la disminución de pérdidas por inmovilización o lixiviación, también son activadores de la flora microbiana del suelo y la retención de humedad, lo más importante es que actúa directamente en el desarrollo de las raíces ya que trasloca los minerales en los puntos de crecimiento radicular con mayor rapidez, aumentando la permeabilidad de la membrana celular, facilitando aún más la absorción de nutrientes, según (Rios, 2011).

La casa comercial de Rootex, COSMOCEL, menciona la siguiente composición química:

Tabla 1

Características técnicas de Rootex

Nitrógeno nítrico	8,0% P/P
Peróxido de fósforo	45,0% P/P
Oxido de potasio	6,7 % P/P
Extracto húmico total	14% P/P
pH (1%)	5-6

Fuente: (COSMOCEL Ibérica, s.f.)

Recomendaciones del fabricante

Este producto se puede aplicar en cultivos recién trasplantados o sembrados con el objetivo de favorecer un mejor establecimiento y con ello una rápida recuperación tras el estrés. Para cultivos perennes como la piña, se recomienda aplicarlo en cuanto inicie el flujo de raíces o bien un mes antes de la fructificación. En piña se recomienda la dosis de 4 a 5 kg/ha vía foliar, las aplicaciones serán de 1 a 2 semanas después de la siembra, y se repite el tratamiento durante el inicio de la floración y en la fructificación temprana. Para un mejor resultado se recomienda repetir el tratamiento dos o tres veces.

Importancia de la dosis óptima

La importancia de obtener una dosis óptima o dosis efectiva de un producto agrícola según Bertsch, (2005) se basa en la eficiencia exacta del producto en condiciones de campo, sin llegar al exceso del mismo. Ciertos productos tienen una dosis estándar recomendada por los fabricantes, dicha dosis se la evalúa a partir de experimentos bajo condiciones controladas para obtener una recomendación técnica del producto, además de recomendar los análisis foliares y de suelo para un mejor uso. Para calcular esta dosis existen herramientas o modelos matemáticos establecidos para ensayos en condiciones de campo que permiten analizar y determinar una dosis óptima gracias a la respuesta de dosis bajas y altas en relación a la dosis recomendada por el fabricante, esto se genera gracias al análisis en regresiones no lineales (Santillan, 2022).

Capítulo III

Metodología

Ubicación del área experimental

Ubicación política

- País: Ecuador
- Provincia: Esmeraldas
- Cantón: Quinindé
- Parroquia: La Unión
- Dirección: Km 45 vía Santo Domingo - Quinindé

Ubicación geográfica

La propiedad se llama La Williams, ubicada cerca de la Unión, Quinindé.

Figura 1

Ubicación del sitio de la investigación



Fuente: (MAGAP, 2010), obtenido de: (GAD Parroquial, La Unión de Quinindé, 2019)

Ubicación ecológica

- Clima: Bosque Húmedo Tropical
- Temperatura: 24 - 28 °C
- Humedad: 87%
- Pluviosidad: 2980 mm anuales
- Altitud: 240 m.s.n.m
- Heliofania: 1000 horas luz/año

Materiales**Fase de campo****Instalación del ensayo.****Tabla 2**

Recursos necesarios para la instalación del ensayo

Materiales/insumos	Reactivos
Bomba estacionaria	Rootex
Flexómetro	Coadyuvante
Canecas de agua	
Estacas de 100 cm	
Pirola plástica	
Cinta de color naranja	

Recolección de muestras.

Tabla 3

Insumos utilizados para la recolección de muestras de las plantas de piña

Materiales/insumos	Muestras
Fundas de papel	Muestras botánicas de piña
Cinta métrica	
Cuchillo	
Machete	
Tijera de podar	
Grapadora	
Grapas	
Marcador permanente negro	

Fase de laboratorio

Pesaje y secado de muestras botánicas.

Tabla 4

Materiales usados para el pesaje de las muestras recolectadas de piña

Materiales/insumos	Equipos	Muestras
Libreta	Estufa	Muestras botánicas de piña
Esferográficos	Balanza analítica	

Métodos

Diseño Experimental

Factores a Probar.

D: Dosis Rootex.

Tratamientos a probar.

Tabla 5*Descripción de los tratamientos a comparar*

Tratamientos	Descripción
D1	Testigo 0 kg/ha
D2	Rootex 1 kg/ha
D3	Rootex 2 kg/ha
D4	Rootex 3 kg/ha
D5	Rootex 4 kg/ha

Tipo de diseño.

En esta investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA).

Repeticiones.

Esta investigación contará de cuatro repeticiones por tratamiento.

Características de las unidades experimentales.

- Número de tratamientos: 5
- Número de repeticiones: 4
- Número de unidades experimentales: 20
- Forma de la unidad experimental: Rectangular
- Ancho de la unidad experimental: 19 m
- Largo de la unidad experimental: 22 m
- Área de la unidad experimental: 418 m²
- Área neta del ensayo: 10032 m²
- Área total del ensayo: 10234 m²

Croquis de diseño

Figura 2

Distribución de las unidades experimentales dentro de la plantación de piña

D5R1	D5R2	D1R3	D1R4
D2R1	D4R2	D2R3	D4R4
D3R1	D2R2	D5R3	D5R4
D1R1	D3R2	D3R3	D2R4
D4R1	D1R2	D4R3	D3R4

Análisis estadístico

Esquema del análisis de varianza

Tabla 6

Esquema del análisis de varianza.

Fuentes de variación	Fórmula	Grados de libertad
Bloque	b-1	3
Dosis	d-1	4
Error Experimental	(d-1) * (b-1)	12
Total	n-1	19

Análisis funcional.

Se realizaron pruebas de significancia de rangos múltiples de Duncan al 5%, determinando si existió diferencia de las medias de cada variable evaluada. Se emplearon regresiones no lineales aplicando la ecuación de Weibull tipo 2 con cuatro parámetros empleando el siguiente modelo matemático:

$$f(x) = c + (d - c) \exp(-\exp(\exp(b(\log \log(x) - \log \log(e))))))$$

De las regresiones no lineales obtenidas, se determinó la dosis óptima o efectiva del enraizador aplicado mediante el ED85 y ED90, los cuales son parámetros estándar usados con frecuencia para describir la respuesta del rendimiento de un cultivo en campo, obteniendo el 85 y 90% del valor máximo que alcanza la curva de la regresión (Knezevic et al., 2007).

Análisis costo beneficio.

Los costos totales se calcularon mediante la suma de los costos fijos y los costos variables, empleando la siguiente fórmula:

$$CT = CF + CV$$

Donde:

- CT= Costos total
- CF= Costos fijo
- CV= Costo variable

Variables evaluadas.

Biomasa obtenida cada 15 días durante 45 días. Se tomaron 4 plantas al azar dentro de cada unidad experimental en los tres muestreos, con ayuda de una balanza analítica se pesaron las plantas de piña sin la parte radicular.

Biomasa fresca a los 45 días. Se tomaron 4 plantas al azar al finalizar el ensayo, luego se cortó a la altura de la corona de la planta para obtener la parte aérea o foliar de la planta, se pesó con ayuda de una balanza analítica y se registró el promedio de los pesos obtenidos.

Biomasa seca a los 45 días. De la parte aérea pesada para biomasa fresca, se repicaron las hojas y se colocaron en bolsas de papel para introducirlas a la estufa a una

temperatura de 50°C durante 3 días, luego se registró el promedio de los pesos obtenidos de cada tratamiento.

Masa radicular cada 15 días hasta los 45 días. De las 4 plantas tomadas por muestreo, se limpió la parte radicular con agua, se cortó a la altura de la corona de la planta y se registró el peso radicular con la ayuda de una balanza analítica.

Masa radicular fresca a los 45 días. Para esta variable, se repitió el proceso anterior.

Masa radicular seca a los 45 días. Se repicaron las raíces y la corona, se colocaron en fundas de papel y se dejó secando en una estufa a 50°C durante 3 días, luego se registró los pesos con ayuda de una balanza analítica.

Grosor de la corona cada 15 días hasta los 45 días. De las plantas utilizadas por muestreo, se separó la corona de la parte foliar, y se midió el grosor con ayuda de un calibrador digital.

Grosor de la corona a los 45 días. De las 4 plantas empleadas a los 45 días por tratamiento, se midió el grosor de la corona de cada una de ellas con ayuda de un calibrador digital.

Contenido bromatológico de las plantas a los 45 días en estado fresco y seco. Se tomaron muestras adicionales de la parte foliar de las plantas para generar una sola muestra homogénea por tratamiento, se empacó en bolsas herméticas y se mandó a un laboratorio de bromatología, solicitando los resultados tanto en muestra fresca como en muestra seca.

Métodos específicos del manejo

Fase de campo.

Descripción del lugar del ensayo. La finca Williams cuenta con cuatro hectáreas de piña sembradas, con una densidad poblacional de 66000 plantas/hectárea, cuenta con un manejo tecnificado lo cual facilita las labores culturales durante la etapa de desarrollo, la piña establecida de la variedad MD2 fue sembrada el día 4 de septiembre del 2022.

Delimitación de unidades experimentales. Se delimitó el área experimental teniendo en cuenta la densidad de siembra de la piña de 66000 plantas/ha, sembradas en camas dobles y distribuidas por bloques, se cerró el perímetro con cinta tomatera, luego se dividió en cuatro bloques y se señaló cada tratamiento con estacas previamente pintadas y etiquetadas.

Aplicaciones de Rootex. Para la aplicación foliar y radicular de Rootex, se tomó en cuenta el valor de referencia de consumo de agua para piña de 3000 litros por hectárea, para la unidad experimental de 418 m² se obtuvo un consumo de 125,4 litros por tratamiento en una repetición, lo cual se requirió de una bomba estacionaria para abarcar rápidamente toda el área experimental. Cada tratamiento se diluyó dentro del reservorio de agua de la bomba conforme a la demanda de agua del tratamiento.

Se hicieron 3 aplicaciones, la primera se la realizó el 17 de septiembre del 2022, cuando la piña tenía 13 días desde la siembra, la segunda el 1 de octubre y la tercera el 15 de octubre del 2022.

Muestreo. Para el muestreo se emplearon machetes, para retirar la planta del suelo sin dañar la raíz, se quitaron las hojas con la ayuda de un cuchillo y de tijeras de podar, los muestreos se realizaron a partir del 1 de octubre, 15 de octubre y 29 de octubre del 2022.

Capítulo IV

Resultados y Discusión

Biomasa fresca de las plantas de Piña

Análisis de varianza

Tabla 7

Análisis de varianza de la biomasa fresca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de Rootex

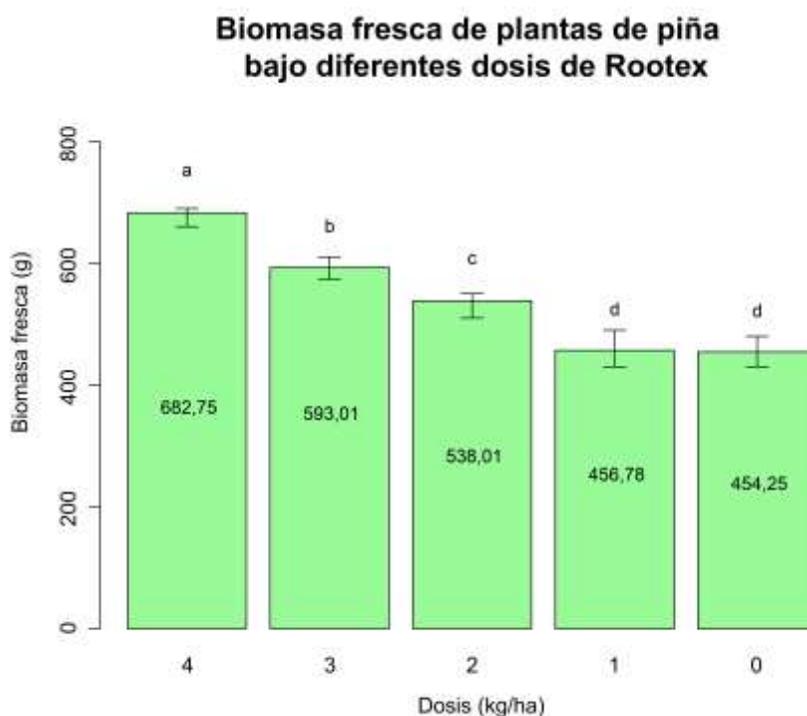
Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	p-valor
Bloque	3	647	216	1,003	0,425
Dosis	4	149407	37352	173,776	1,65e-10 ***
Total	12	2579	215		

Códigos de significancia: '***' 0,1%, '**' 1%, '*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

Se muestra en la tabla 7 el ADEVA de la variable biomasa fresca de las plantas de piña que se obtuvieron a los 45 días posterior a la aplicación de Rootex en la que se observa que solo el factor Dosis obtuvo diferencia significativa lo que a su vez se refiere que la dosis de 0, 1, 2, 3 y 4 kilogramos por hectárea presentaron significancia en la investigación con relación a los promedios obtenidos de biomasa fresca.

Figura 3

Prueba de Duncan al 5% de la biomasa fresca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de cinco dosis de Rootex



En la figura 3 se detalla los promedios sobre la biomasa fresca de las plantas de piña obtenidos a los 45 días posterior a la aplicación de las cinco dosis de Rootex, siendo el mayor promedio 682,75 g con la dosis de 4 kg/ha y el menor promedio de 454,25 g con la dosis del testigo de 0 kg/ha, por otro lado, la dosis de 1 kg/ha obtuvo un efecto similar estadísticamente al testigo.

Cálculo de la dosis óptima de Rootex para el 90% del aumento en biomasa fresca de piña

Tabla 8

Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros de la biomasa fresca (g) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex a los 45 días

Parámetro	Estimado	Error estándar	t-valor	p-valor
Pendiente (b)	1,9853	1,0805	1,8374	0,31731
Límite inferior (c)	448,8323	18,5085	24,2501	0,02624 *

Parámetro	Estimado	Error estándar	t-valor	p-valor
Límite superior (d)	885,6860	758,0935	1,1683	0,45068
Punto de inflexión (e)	4,6019	6,1862	0,7439	0,59283
Error estándar residual	20,68932			

Códigos de significancia: '***' 0,1%, '**' 1%, '*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

En la tabla 8 se detallan los resultados obtenidos acerca de la biomasa fresca a los 45 días posterior a la aplicación de Rootex usando el modelo matemático de Weibull

Modelo matemático de Weibull tipo 2 con 4 parámetros:

$$f(x) = c + (c - d)(1 - \exp(-\exp(b(\log(x) - \log(e))))$$

Tabla 9

Dosis de Rootex (kg/ha) para obtener 85 y 90% de biomasa fresca (g) en plantas de piña

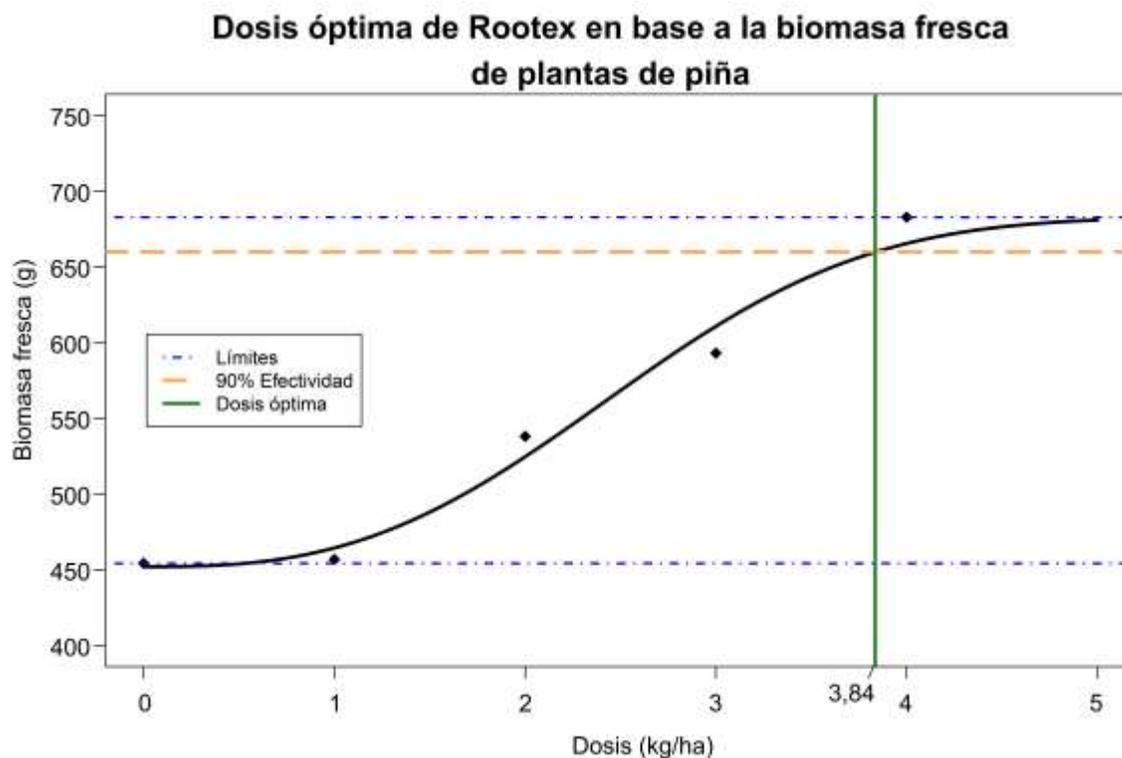
Pendiente (b)	Error estándar	ED ₈₅ (± SE)	ED ₉₀ (± SE)
1,9853	1,0805	3,58 (± 0,29)	3,84 (± 0,36)

Detalles: "ED" Effective Dose, "SE" Standard Error

En la tabla 9 se detalla que desde la dosis de 3,58 (± 0,29) l/ha las plantas de piña adquieren un 85% de masa fresca y por otra parte, a partir de la dosis de 3,84 (± 0,36) l/ha se logra un 90% de biomasa fresca a los 45 días posteriores a la aplicación.

Figura 4

Dosis óptima de Rootex en base al aumento de biomasa fresca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días



En la figura 4 se puede observar una gráfica descriptiva de la dosis óptima del Rootex, en donde la dosis de 3,84 kg/ha logra el 90 % de efectividad en base a los resultados obtenidos de la biomasa fresca de las plantas de piña después de los 45 días de la aplicación

Biomasa seca de las plantas de Piña

Análisis de varianza

Tabla 10

Análisis de varianza de la biomasa seca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de Rootex

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	p-valor
Bloque	3	167	56	0,708	0,566
Dosis	4	21915	5479	69,586	3,37e-08 ***

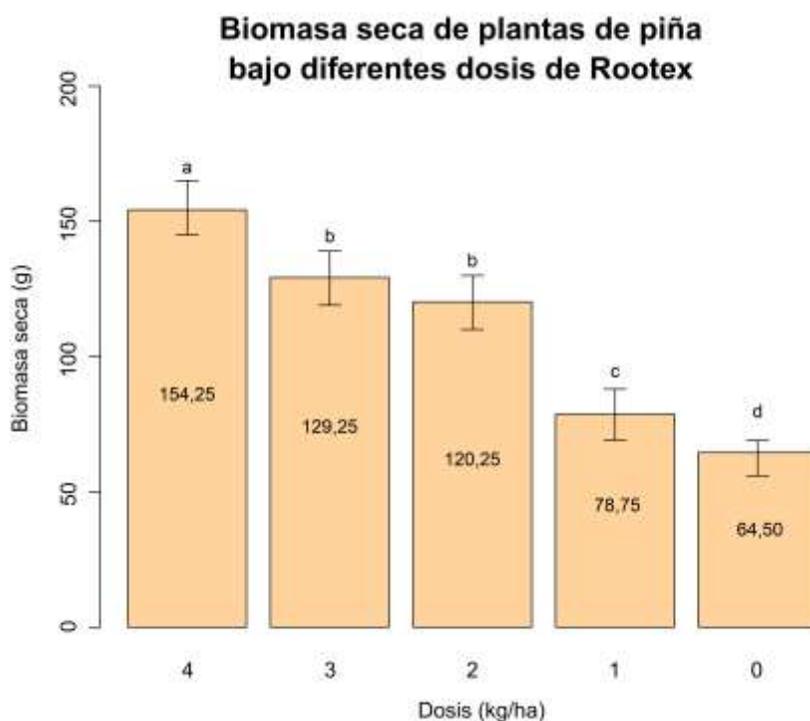
Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	p-valor
Total	12	945	79		

Códigos de significancia: '***' 0,1%, '**' 1%, '*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

Se muestra en la tabla 10 el ADEVA de la variable biomasa seca de las plantas de piña que se obtuvieron a los 45 días posterior a la aplicación de Rootex en la que se observa que solo el factor Dosis obtuvo diferencia significativa lo que a su vez se refiere que la dosis de 0, 1, 2, 3 y 4 kilogramos por hectárea presentaron significancia en la investigación con relación a los promedios obtenidos de biomasa seca.

Figura 5

Prueba de Duncan al 5% de la biomasa seca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de cinco dosis de Rootex



En la figura 5 se detalla los promedios sobre la biomasa seca de las plantas de piña obtenidos a los 45 días posterior a la aplicación de las cinco dosis de Rootex, siendo el mayor promedio de 154,25 g con la dosis de 4 kg/ha y el menor promedio de 64,50 g con la dosis del

testigo de 0 kg/ha, por otro lado, la dosis de 3 kg/ha y 2 kg/ha alcanzaron un promedio bastante similar.

Cálculo de la dosis óptima de Rootex para el 90% del aumento en biomasa seca de piña

Tabla 11

Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros de la biomasa seca (g) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex a los 45 días

Parámetro	Estimado	Error estándar	t-valor	p-valor
Pendiente (b)	1,5973	1,0550	1,5141	0,3716
Límite inferior (c)	63,2241	11,3381	5,5762	0,1130
Límite superior (d)	155,6028	62,6309	2,6441	0,2302
Punto de inflexión (e)	2,6012	2,0453	1,2718	0,4242
Error estándar residual	11,82496			

Códigos de significancia: '****' 0,1%, '**' 1%, '*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

En la tabla 11 se detallan los resultados obtenidos acerca de la biomasa seca a los 45 días posterior a la aplicación de Rootex usando el modelo matemático de Weibull

Tabla 12

Dosis de Rootex (kg/ha) para obtener 85 y 90% de biomasa seca (g) en plantas de piña

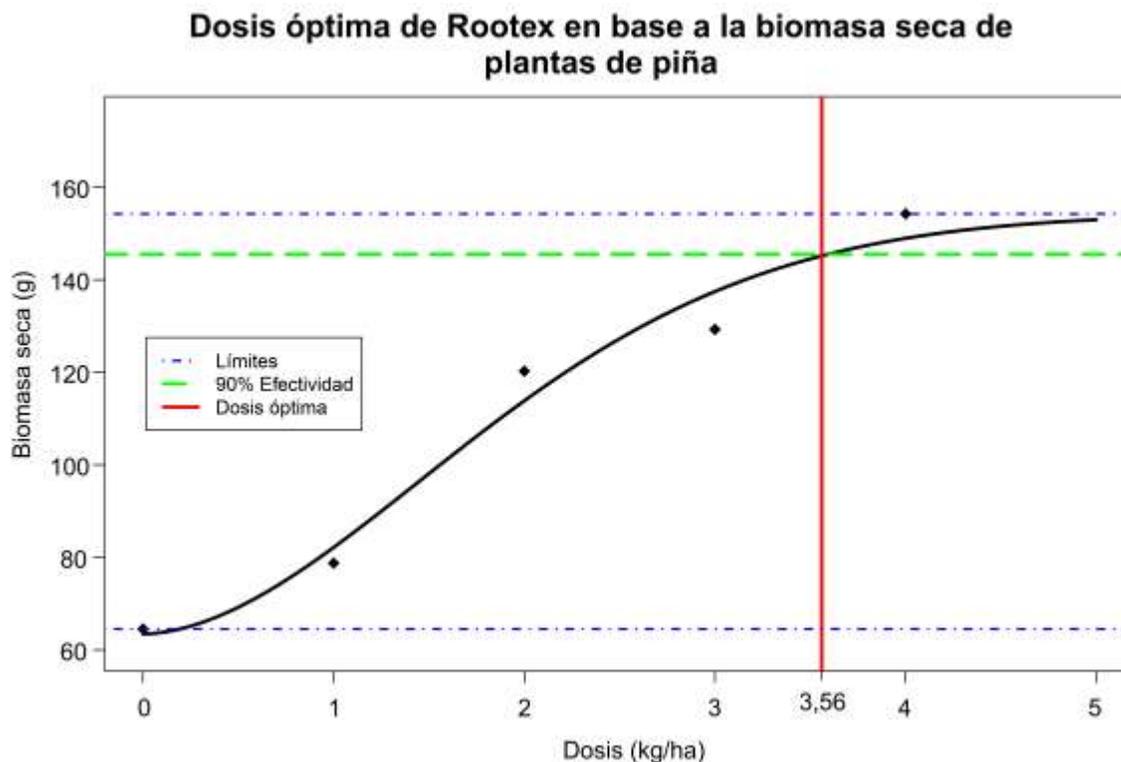
Pendiente (b)	Error estándar	ED ₈₅ (± SE)	ED ₉₀ (± SE)
1,5973	1,0550	3,19 (± 0,42)	3,56 (± 0,52)

Detalles: "ED" Effective Dose, "SE" Standard Error

En la tabla 12 se detalla que desde la dosis de 3,19 (± 0,42) l/ha las plantas de piña adquieren un 85% de masa seca y por otra parte, a partir de la dosis de 3,56 (± 0,52) l/ha se logra un 90% de biomasa seca a los 45 días posteriores a la aplicación.

Figura 6

Dosis óptima de Rootex en base al aumento de biomasa seca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días



En la figura 6 se puede observar una gráfica descriptiva de la dosis óptima del Rootex, en donde la dosis de 3,56 kg/ha logra el 90 % de efectividad en base a los resultados obtenidos de la biomasa seca de las plantas de piña después de los 45 días de la aplicación.

Tanto en la figura 4 como a su vez en la figura 6 se observa que la dosis óptima de 3,84 kg/ha y 3,56 kg/ha de Rootex respectivamente, supera a la recomendada por el fabricante, esto puede deberse a que como lo menciona (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2010) sí existe una combinación de altas temperaturas con baja humedad relativa pudo tener una fuerte influencia directa sobre la evaporación de las gotas pulverizadas por lo que fueron necesarias dosis más altas para tener efectos marcados y beneficiosos en el cultivo.

Aumento de la masa radicular de las plantas de piña

Análisis de varianza

Tabla 13

Análisis de varianza de la masa radicular fresca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de Rootex

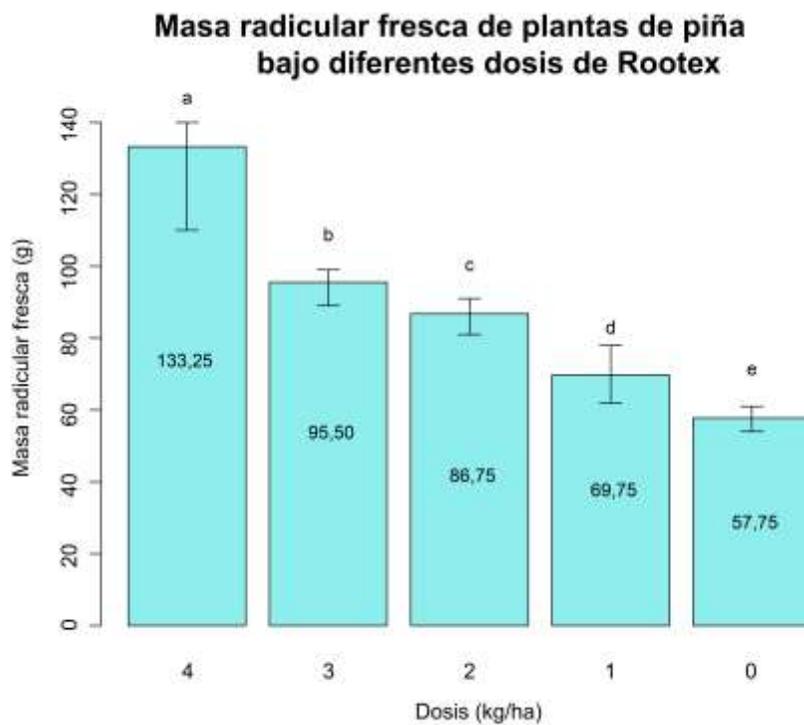
Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	p-valor
Bloque	3	240	80	3,884	0,0376 *
Dosis	4	13407	3352	162,441	2,45e-10 ***
Total	12	248	21		

Códigos de significancia: '***' 0,1%, '**' 1%, '*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

Se muestra en la tabla 13 el ADEVA de la variable masa radicular fresca de las plantas de piña que se obtuvieron a los 45 días posterior a la aplicación de Rootex en la que se observa que el factor Dosis y el factor Bloque obtuvo diferencia significativa lo que a su vez se refiere que la dosis de 0, 1, 2, 3 y 4 kilogramos por hectárea y los tratamientos presentaron significancia en la investigación con relación a los promedios obtenidos de la masa radicular fresca.

Figura 7

Prueba de Duncan al 5% de la masa radicular fresca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de cinco dosis de Rootex



En la figura 7 se detalla los promedios sobre la masa radicular fresca de las plantas de piña obtenidos a los 45 días posterior a la aplicación de las cinco dosis de Rootex, siendo el mayor promedio de 133,25 g con la dosis de 4 kg/ha y el menor promedio de 57,75 g con la dosis del testigo de 0 kg/ha.

Cálculo de la dosis óptima de Rootex para el 90% del aumento en masa radicular fresca de piña

Tabla 14

Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros de la masa radicular fresca (g) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex a los 45 días

Parámetro	Estimado	Error estándar	t-valor	p-valor
Pendiente (b)	2,71663	1,92299	1,4127	0,29327
Límite inferior (c)	62,50704	11,26084	5,5508	0,03096 *
Límite superior (d)	-	-	-	-
Punto de inflexión (e)	3,06587	0,44481	6,8925	0,02041 *
Error estándar residual	11,19417			

Códigos de significancia: '***' 0,1%, '**' 1%, '*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

En la tabla 14 se detallan los resultados obtenidos acerca de la masa radicular fresca a los 45 días posterior a la aplicación de Rootex usando el modelo matemático de Weibull.

Tabla 15

Dosis de Rootex (kg/ha) para obtener 85 y 90% del aumento en de masa radicular fresca (g) en plantas de piña

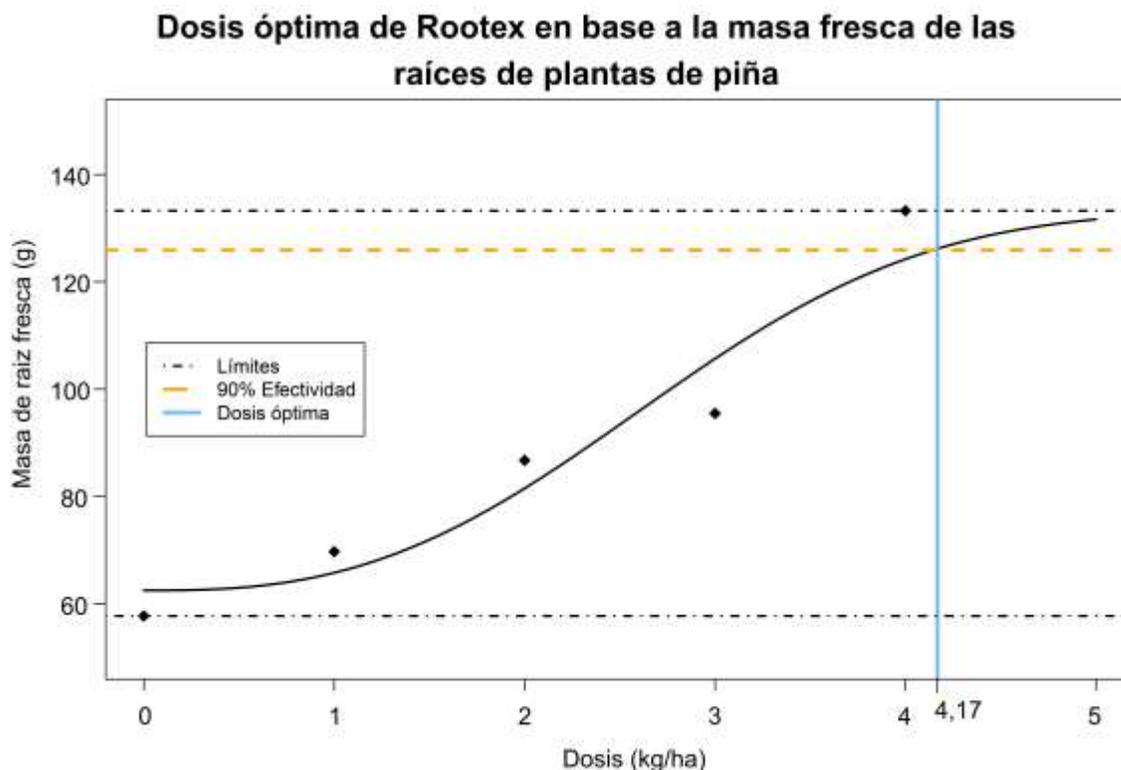
Pendiente (b)	Error estándar	ED ₈₅ (± SE)	ED ₉₀ (± SE)
2,71663	1,92299	3,88 (± 0,59)	4,17 (± 0,78)

Detalles: "ED" Effective Dose, "SE" Standard Error

En la tabla 15 se detalla que desde la dosis de Rootex de 3,88 (± 0,59) l/ha las plantas de piña adquieren un 85% de masa radicular fresca y por otra parte, a partir de la dosis de 4,17 (± 0,78) l/ha se logra un 90% de masa radicular fresca a los 45 días posteriores a la aplicación.

Figura 8

Dosis óptima de Rootex en base al aumento de masa radicular fresca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días



En la figura 8 se puede observar una gráfica descriptiva de la dosis óptima del Rootex, en donde la dosis de 4,17 kg/ha logra el 90 % de efectividad en base a los resultados obtenidos de la masa radicular fresca de las plantas de piña después de los 45 días de la aplicación.

Aumento de la masa radicular seca de las plantas de piña

Análisis de varianza

Tabla 16

Análisis de varianza de la masa radicular seca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de Rootex

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	p-valor
Bloque	3	0.603	22.1	7.4	0.642

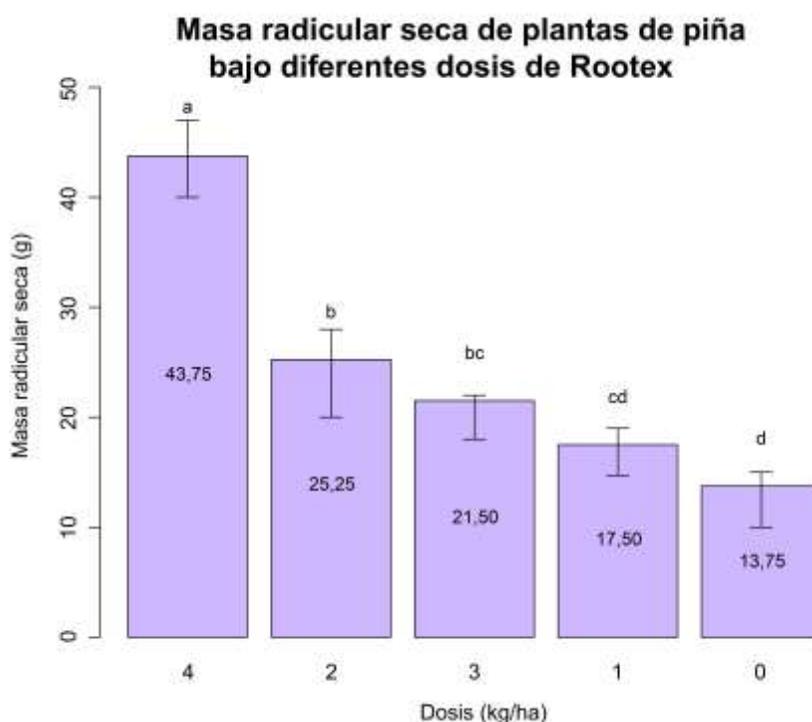
Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	p-valor
Dosis	4	2178.3	544.6	47.320	2.98e-07 ***
Total	12	138.1	11.5		

Códigos de significancia: '***' 0,1%, '**' 1%, '*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

Se muestra en la tabla 16 el ADEVA de la variable masa radicular seca de las plantas de piña que se obtuvieron a los 45 días posterior a la aplicación de Rootex en la que se observa que solo el factor Dosis obtuvo diferencia significativa lo que a su vez se refiere que la dosis de 0, 1, 2, 3 y 4 kilogramos por hectárea presentaron significancia en la investigación con relación a los promedios obtenidos de la masa radicular seca

Figura 9

Prueba de Duncan al 5% de la masa radicular seca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de cinco dosis de Rootex



En la figura 9 se detalla los promedios sobre la masa radicular seca de las plantas de piña obtenidos a los 45 días posterior a la aplicación de las cinco dosis de Rootex, siendo el mayor promedio de 43,75 g con la dosis de 4 kg/ha y el menor promedio de 13,75 g con la dosis del

testigo de 0 kg/ha. En cambio, la dosis de 3 kg/ha no presentó diferencia significativa y obtuvo un efecto similar a la dosis de 2 kg/ha, lo mismo sucedió con la dosis de 1 kg/ha y el testigo de 0 kg/ha.

Cálculo de la dosis óptima de Rootex para el 90% del aumento en masa radicular seca de piña

Tabla 17

Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros de la masa radicular seca (g) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex a los 45 días

Parámetro	Estimado	Error estándar	t-valor	p-valor
Pendiente (b)	13,02203	23,33401	0,5581	0,63293
Límite inferior (c)	18,80110	3,43270	5,4771	0,03176 *
Límite superior (d)	-	-	-	-
Punto de inflexión (e)	3,53392	0,90362	3,9108	0,05960 .
Error estándar residual	5,858156			

Códigos de significancia: '****' 0,1%, '**' 1%, '*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

En la tabla 17 se detallan los resultados obtenidos acerca de la masa radicular seca a los 45 días posterior a la aplicación de Rootex usando el modelo matemático de Weibull

Tabla 18

Dosis de Rootex (kg/ha) para obtener 85 y 90% del aumento en masa radicular seca (g) en plantas de piña

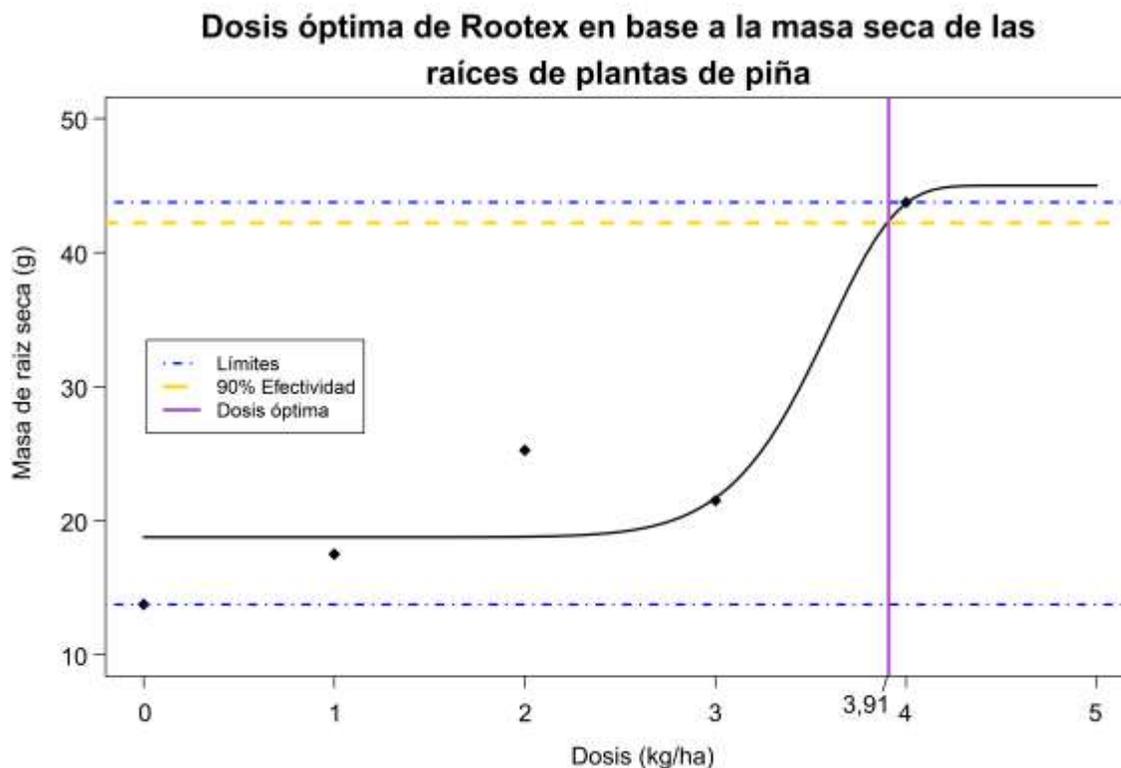
Pendiente (b)	Error estándar	ED ₈₅ (± SE)	ED ₉₀ (± SE)
13,02203	23,33401	3,84 (± 0,44)	3,91 (± 0,47)

Detalles: "ED" Effective Dose, "SE" Standard Error

En la tabla 18 se detalla que desde la dosis de 3,84 (± 0,44) l/ha las plantas de piña adquieren un 85% de masa radicular fresca y por otra parte, a partir de la dosis de 3,91 (± 0,47) l/ha se logra un 90% de masa radicular fresca a los 45 días posteriores a la aplicación.

Figura 10

Dosis óptima de Rootex en base al aumento de masa radicular seca (g) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días



En la figura 10 se puede observar una gráfica descriptiva de la dosis óptima del Rootex, en donde la dosis de 3,91 kg/ha logra el 90 % de efectividad en base a los resultados obtenidos de la masa radicular seca de las plantas de piña después de los 45 días de la aplicación.

El considerable aumento de la masa radicular en las plantas de piña se debió posiblemente a la excelente composición química que posee Rootex, que como la casa comercial menciona (COSMOCEL Ibérica, s.f.) además de brindar una combinación de extractos orgánicos, contiene una alta concentración de Fósforo asimilable, lo que contribuyó al buen desarrollo de las raíces.

Aumento del grosor de la corona de las plantas de piña

Análisis de varianza

Tabla 19

Análisis de varianza del grosor de la corona (cm) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de Rootex

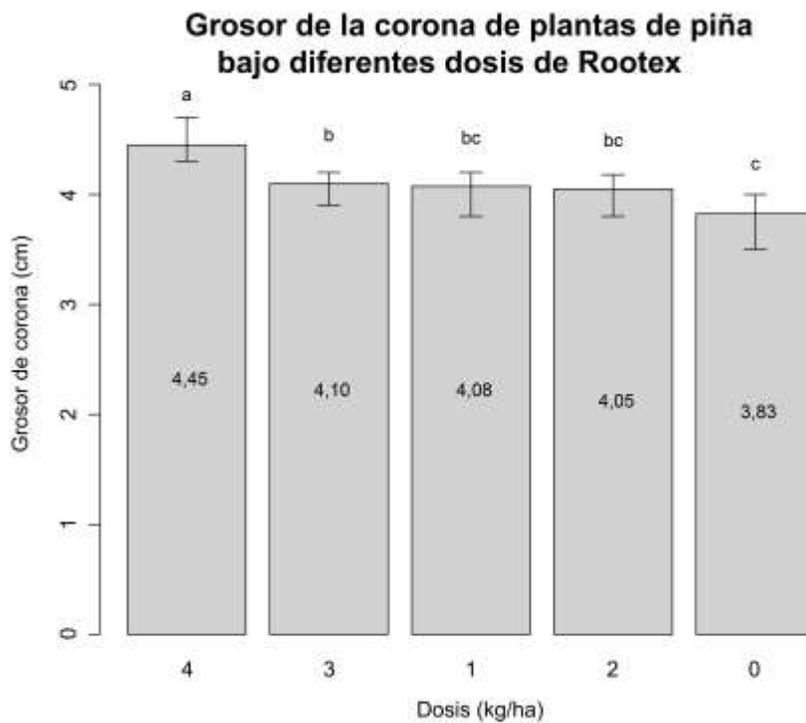
Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	p-valor
Bloque	3	0,024	0,00800	0,309	0,8187
Dosis	4	0,805	0,20125	7,765	0,0025 **
Total	12	0,311	0,02592		

Códigos de significancia: '***' 0,1%, '**' 1%, '*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

Se muestra en la tabla 19 el ADEVA del grosor de corona de las plantas de piña que se obtuvieron a los 45 días posterior a la aplicación de Rootex en la que se observa que solo el factor Dosis obtuvo diferencia significativa lo que a su vez se refiere que la dosis de 0, 1, 2, 3 y 4 kilogramos por hectárea presentaron significancia en la investigación con relación a los promedios obtenidos del grosor de corona.

Figura 11

Prueba de Duncan al 5% del grosor de la corona (cm) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días de la aplicación de cinco dosis de Rootex



En la figura 11 se detalla los promedios del grosor de corona de las plantas de piña obtenidos a los 45 días posterior a la aplicación de las cinco dosis de Rootex, siendo el mayor promedio de 43,75 g con la dosis de 4 kg/ha y el menor promedio de 13,75 g con la dosis del testigo de 0 kg/ha. Por otro lado las dosis de 3kg/ha, 2 kg/ha y 1 kg/ha y el testigo de 0 kg/ha no obtuvieron diferencia significativa en el aumento de grosor de corona.

Cálculo de la dosis óptima de Rootex para el 90% del aumento del grosor de la corona de piña

Tabla 20

Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros del grosor de la corona (cm) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex a los 45 días

Parámetro	Estimado	Error estándar	t-valor	p-valor
Pendiente (b)	3,30303	6,73208	0,4906	0,70962
Límite inferior (c)	3,95402	0,17424	22,6935	0,02803 *
Límite superior (d)	14,42688	188,96002	0,0763	0,95149
Punto de inflexión (e)	10,07033	63,02800	0,1598	0,89914
Error estándar residual	0,1850745			

Códigos de significancia: '***' 0,1%, '**' 1%, '*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

En la tabla 20 se detallan los resultados obtenidos acerca del grosor de corona a los 45 días posterior a la aplicación de Rootex usando el modelo matemático de Weibull

Tabla 21

Dosis de Rootex (kg/ha) para obtener 85 y 90% de aumento en el grosor de la corona (cm) en plantas de piña

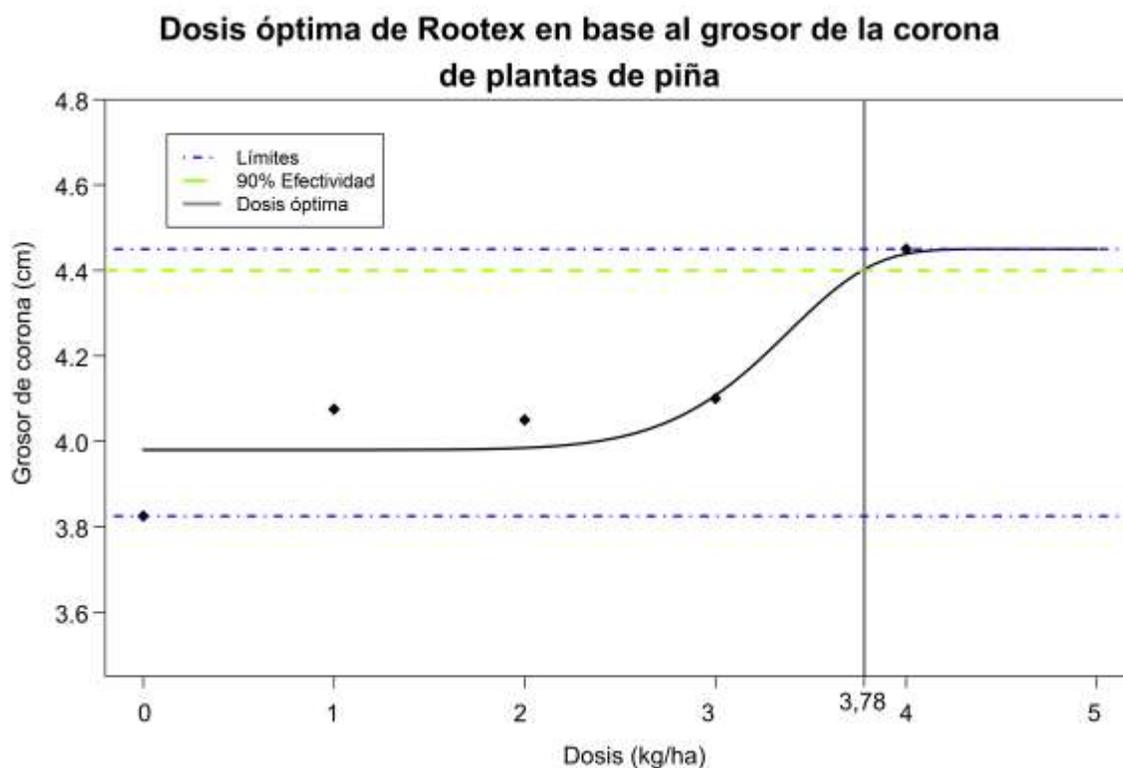
Pendiente (b)	Error estándar	ED ₈₅ (± SE)	ED ₉₀ (± SE)
3,30303	6,73208	3,70 (± 0,85)	3,78 (± 0,97)

Detalles: "ED" Effective Dose, "SE" Standard Error

En la tabla 21 se detalla que desde la dosis de Rootex de 3,70 (± 0,85) l/ha las plantas de piña adquieren un 85% de grosor de corona y por otra parte, a partir de la dosis de 3,78 (± 0,97) l/ha se logra un 90% de grosor de corona a los 45 días posteriores a la aplicación.

Figura 12

Dosis óptima de Rootex en base al grosor de la corona (cm) de las plantas de piña, obtenida a los 45 días



En la figura 12 se puede observar una gráfica descriptiva de la dosis óptima del Rootex, en donde la dosis de 3,78 kg/ha logra el 90 % de efectividad en base a los resultados obtenidos de grosor de corona de las plantas de piña después de los 45 días de la aplicación.

Según (Chica, 2018) el aumento en el grosor de corona de las plantas de piña permite que se logren desarrollar una mayor cantidad de raíces adventicias, lo que contribuye a que la

planta pueda soportar frutos de gran tamaño y peso convirtiéndose en una característica deseada para un mayor rendimiento del cultivo.

Haciendo una comparación de los datos obtenidos acerca de la dosis óptima al 90% de efectividad en las variables de rendimiento en la biomasa fresca y seca, grosor de corona e incremento de la masa radicular fresca y seca de las plantas de piña, se determina que la dosis efectiva es de 4kg/ha de Rootex, la cual ayudó a incrementar la calidad de las plantas, contribuyendo así a un mejor desarrollo del cultivo.

Evaluación del aumento de biomasa fresca, masa radicular y grosor de corona durante 45 días

Evolución del aumento de biomasa fresca en plantas de piña

Tabla 22

Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros de la biomasa fresca (g) obtenida de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex cada 15 días durante 45 días

Días	Parámetro	Estimado	Error estándar	t-valor	p-valor
15	Pendiente (b)	1,80384	1,85641	0,9717	0,4337039
	Límite inferior (c)	416,27246	5,64904	73,6890	0,0001841 ***
	Límite superior (d)	-	-	-	-
	Punto de inflexión (e)	2,98221	0,81692	3,6506	0,0675260
	Error estándar residual	4,72664			
30	Pendiente (b)	7,687225	2,016057	3,813	0,0624108
	Límite inferior (c)	438,091901	5,089140	86,084	0,0001349 ***
	Límite superior (d)	-	-	-	-
	Punto de inflexión (e)	3,340608	0,091178	36,638	0,0007441 ***
	Error estándar residual	8,198521			
45	Pendiente (b)	1,9853	1,0805	1,8374	0,31731
	Límite inferior (c)	448,8323	18,5085	24,2501	0,02624 *
	Límite superior (d)	885,6860	758,0935	1,1683	0,45068
	Punto de inflexión (e)	4,6019	6,1862	0,7439	0,59283
	Error estándar residual	20,68932			

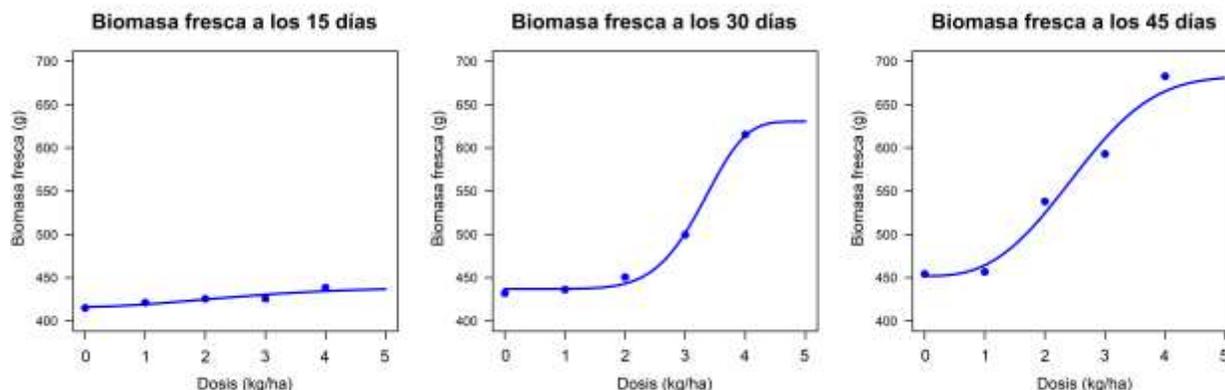
Códigos de significancia: '***' 0,1%, '**' 1%, '*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

En la tabla 22 se observan los resultados de la biomasa fresca alcanzada por las plantas de piñas bajo cinco dosis de Rootex cada 15 días durante los 45 días de la

investigación utilizando el modelo matemático de Weibull, en la que presentaron resultados significativos.

Figura 13

Evolución del aumento en biomasa fresca (g) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex durante 45 días



En la figura 13 se detalla y se observa el aumento de la biomasa fresca de las plantas de piña con respecto a las cinco dosis de Rootex, cada 15 días durante 45 días, donde a partir de los 30 días ya existe un incremento considerable de la biomasa fresca, especialmente con la dosis mas alta de 4 kg/ha, mientras que a los 45 días obtuvo la mejor respuesta.

Evolución del aumento de masa radicular en plantas de piña

Tabla 23

Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros de la masa radicular (g) obtenida de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex cada 15 días durante 45 días

Días	Parámetro	Estimado	Error estándar	t-valor	p-valor
15	Pendiente (b)	20,5995	342,1108	0,0602	0,96171
	Límite inferior (c)	34,8332	4,1854	8,3225	0,07613
	Límite superior (d)	48,5000	7,2489	6,6906	0,09445
	Punto de inflexión (e)	3,1871	3,2349	0,9852	0,50474
	Error estándar residual	7,248925			
30	Pendiente (b)	2,59058	0,87426	2,9632	0,097516
	Límite inferior (c)	37,56631	1,46001	25,7301	0,001507 **
	Límite superior (d)	-	-	-	-
	Punto de inflexión (e)	2,80385	0,23472	11,9457	0,006935 **
	Error estándar residual	1,541558			

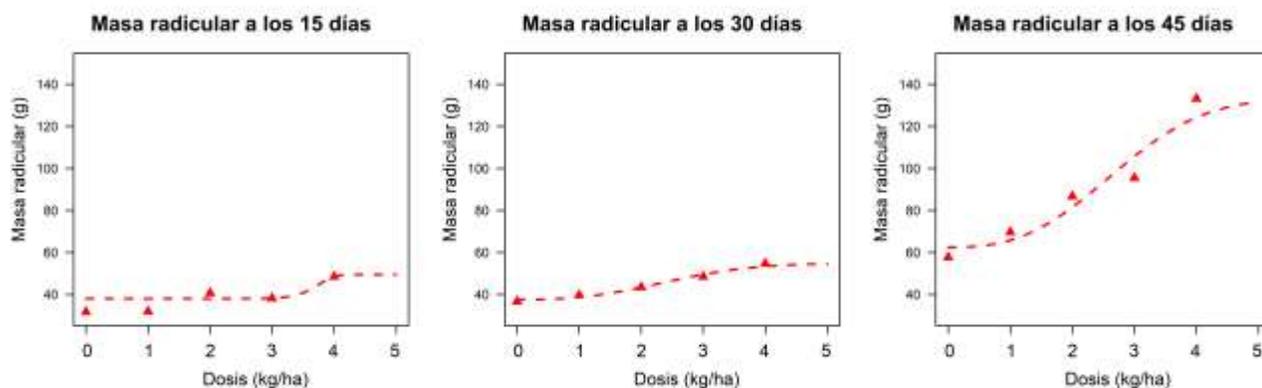
Días	Parámetro	Estimado	Error estándar	t-valor	p-valor
45	Pendiente (b)	2,71663	1,92299	1,4127	0,29327
	Límite inferior (c)	62,50704	11,26084	5,5508	0,03096 *
	Límite superior (d)	-	-	-	-
	Punto de inflexión (e)	3,06587	0,44481	6,8925	0,02041 *
	Error estándar residual		11,19417		

Códigos de significancia: '****' 0,1%, '**' 1%, '*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

En la tabla 23 se detallan los resultados obtenidos de la masa radicular de las plantas de piña con respecto a las cinco dosis de Rootex, cada 15 días durante 45 días usando el modelo matemático de Weibull, en la que se evidenciaron resultados significativos.

Figura 14

Evolución del aumento en masa radicular (g) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex durante 45 días



En la figura 14 se muestra el incremento de la masa radicular en las plantas de piña con respecto a las 5 dosis de Rootex, cada 15 días durante 45 días, en donde se aprecia que a los 45 días existe un aumento considerable en la producción de masa radicular, especialmente en las dosis más altas (4kg/ha), mientras que a los 15 y 30 días no existe un aumento considerable. El gran desarrollo de las raíces se debe al gran aporte nutricional que contiene el producto Rootex que como según (COSMOCEL Ibérica, s.f.) lleva en su composición Fosforo y Potasio de alta asimilación lo que beneficia el fortalecimiento radicular de las plantas.

Evolución del aumento de grosor de corona en plantas de piña

Tabla 24

Parámetros del modelo de Weibull tipo 2 de cuatro parámetros del grosor de corona (cm)

obtenida de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex cada 15 días durante 45 días

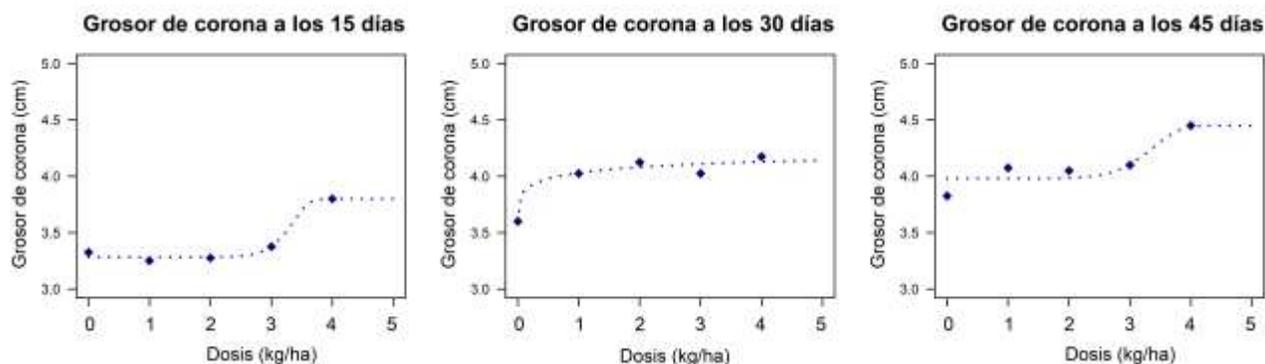
Días	Parámetro	Estimado	Error estándar	t-valor	p-valor
15	Pendiente (b)	13,758910	72,186924	0,1906	0,880098
	Límite inferior (c)	3,283222	0,031441	104,4257	0,006096 **
	Límite superior (d)	3,800021	0,054236	70,0650	0,009086 **
	Punto de inflexión (e)	3,377975	2,107962	1,6025	0,355172
	Error estándar residual	0,05406592			
30	Pendiente (b)	0,30543	0,88810	0,3439	0,78912
	Límite inferior (c)	3,59978	0,10599	33,9626	0,01874 *
	Límite superior (d)	4,25856	1,06509	3,9983	0,15602
	Punto de inflexión (e)	0,81992	7,41347	0,1106	0,92988
	Error estándar residual	0,1060309			
45	Pendiente (b)	3,30303	6,73208	0,4906	0,70962
	Límite inferior (c)	3,95402	0,17424	22,6935	0,02803 *
	Límite superior (d)	14,42688	188,96002	0,0763	0,95149
	Punto de inflexión (e)	10,07033	63,02800	0,1598	0,89914
	Error estándar residual	0,1850745			

Códigos de significancia: '****' 0,1%, '**' 1%, '*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

En la tabla 24 se detallan los resultados obtenidos del grosor de corona de las plantas de piña con respecto a las cinco dosis de Rootex, cada 15 días durante 45 días usando el modelo matemático de Weibull, en la que se evidenciaron resultados significativos.

Figura 15

Evolución del aumento en el grosor de la corona (cm) de las plantas de piña bajo cinco dosis de Rootex durante 45 días



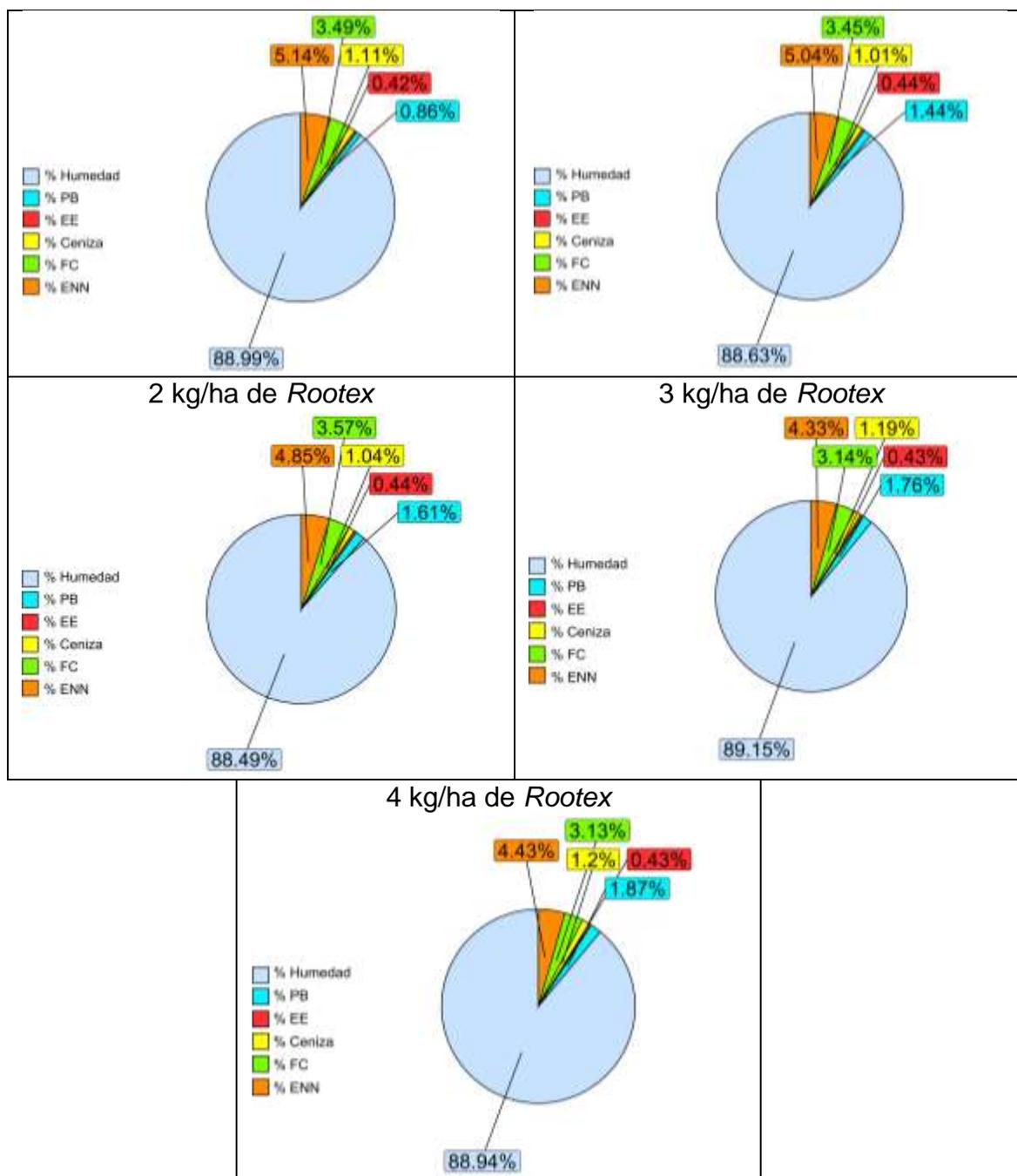
En la figura 15 se detallan el incremento del grosor de corona de las plantas de piña con respecto a las 5 dosis de Rootex, cada 15 días durante 45 días, en donde se observa que en las 3 frecuencias de aplicación no existió un considerable aumento en relación al grosor de corona, esto según menciona (Basantes & Chasipanta, 2012) se debe a que la corona de la planta de piña es un tejido de crecimiento lento por lo que su crecimiento va desde 3,5 a 6,5cm de ancho en toda su etapa de vida.

Análisis bromatológico

Figura 16

Composición bromatológica de las plantas de piña, en estado húmedo a los 45 días, bajo cinco dosis de Rootex

0 kg/ha de Rootex (testigo)	1 kg/ha de Rootex
-----------------------------	-------------------

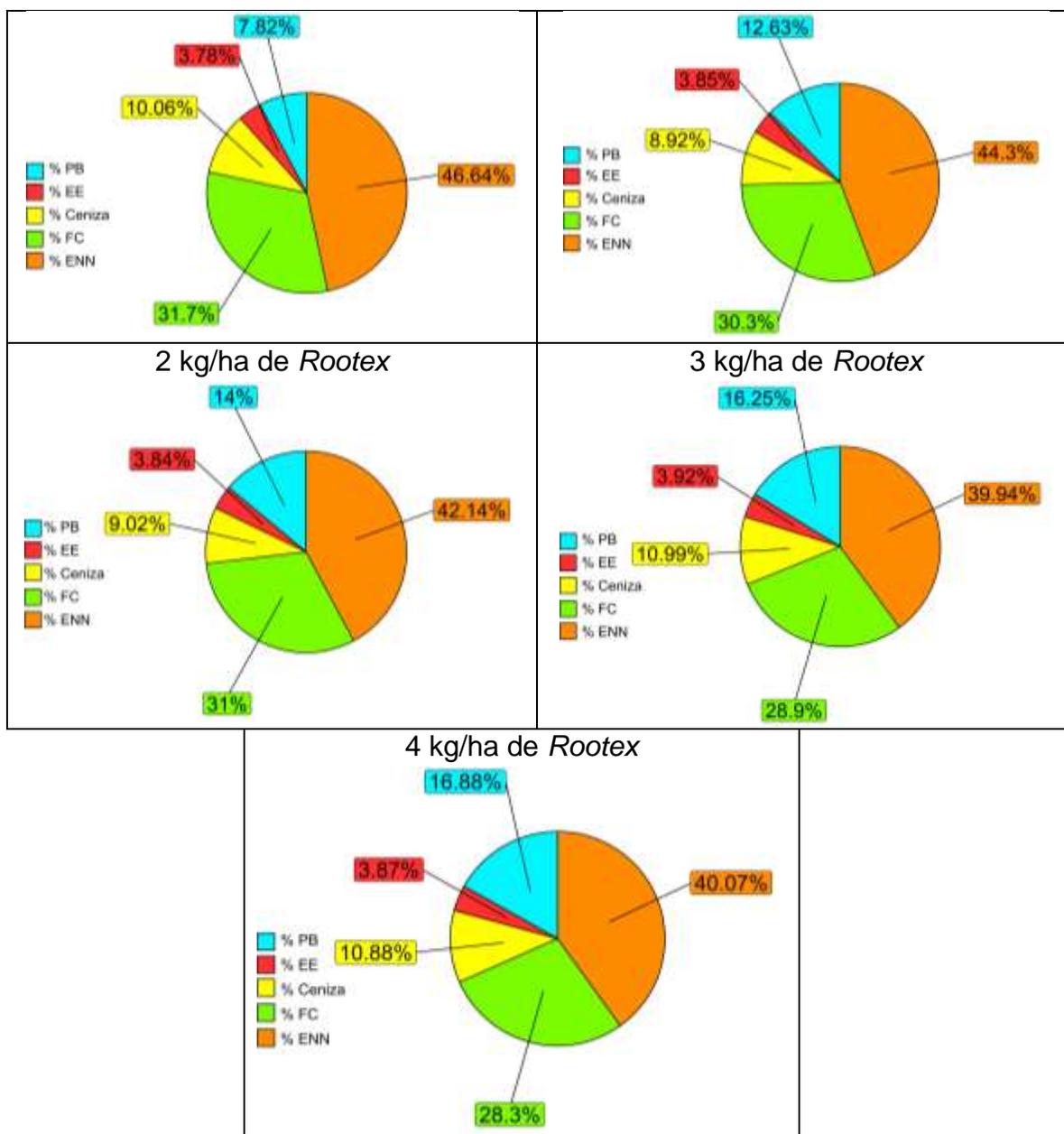


Detalles: "PB" Proteína cruda, "EE" Extracto etéreo (Lípidos), "FC" Fibra cruda, "ENN" Extracto no nitrogenado

Figura 17

Composición bromatológica de las plantas de piña, en estado seco a los 45 días, bajo cinco dosis de Rootex

0 kg/ha de Rootex (testigo)	1 kg/ha de Rootex
-----------------------------	-------------------



Detalles: "PB" Proteína cruda, "EE" Extracto etéreo (Lípidos), "FC" Fibra cruda, "ENN" Extracto no nitrogenado

En la figura 16 se detalla en el análisis bromatológico, la humedad, proteína, ceniza, extracto etéreo, fibra y ENN que está contenida en las plantas de piña por tratamientos, en los que se evidencia el aumento de proteína a medida que aumenta la dosis de Rootex.

Por otro lado, en la figura 17 se observa el análisis bromatológico en las plantas de piña secas en diferentes dosis de Rootex a los 45 días, se detalla que los contenidos de extracto etéreo y de fibra tienden a bajar cuando la dosis va en aumento.

Análisis Costo-beneficio

En el análisis costo-beneficio se consideró los costos de aplicación de acuerdo con los tratamientos y la frecuencia de las aplicaciones, en la que se detalla los valores materiales e insumos empleados de acuerdo con la dosis a evaluar.

El T4, cuyo costo fue de (\$322,00), fue el tratamiento que obtuvo un mayor rendimiento en las variables evaluadas por lo cual justifica su diferencia económica con los demás tratamientos evaluados, en la tabla 25 se puede observar una comparación de costos entre tratamientos.

Tabla 25*Costos de aplicación según los tratamientos*

Descripción	Cantidad	Costo	T0	T1	T2	T3	T4
0 kg/ha de Rootex	0l	0,00	0,00	--	--	--	--
1 kg/ha de Rootex	1 kg	22,00	--	22,00	--	--	--
2 kg/ha de Rootex	2 kg	44,00	--	--	44,00	--	--
3 kg/ha de Rootex	3 kg	66,00	--	--	--	66,00	--
4 kg/ha de Rootex	4 kg	88,00	--	--	--	--	88,00
Otros materiales		13,00	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25
Jornal	1	15,00	0,00	3,75	3,75	3,75	3,75
Bomba estacionaria	1h	25,00	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
COSTO POR TRATAMIENTO PARA 3 APLICACIONES (\$)			47,25	124,5	190,5	256,5	322,0
COSTO POR APLICACIÓN (\$)			15,75	41,50	63,50	85,50	107,50

Capítulo V

Conclusiones

En conclusión, en base a los resultados obtenidos referentes a la calidad de planta en biomasa fresca y seca como también para calidad de las raíces, en masa radicular fresca y seca y grosor de corona, la dosis optima de Rootex para tener un 90% de rendimiento fue de 4 kg/ha.

Se concluye que las aplicaciones en frecuencia de 15, 30 y 45 días obtuvieron resultados deseados y una mayor respuesta positiva al crecimiento de todas las variables estudiadas.

De acuerdo con los análisis bromatológicos, las dosis más altas arrojaron mayor cantidad de proteína en las plantas por lo que el contenido de nutrientes esenciales como los aminoácidos será mayor contribuyendo a un mejor desarrollo de la planta y por ende del fruto.

Recomendaciones

Se recomienda aplicar un correcto manejo integrado de malezas ya que estas pueden ser perjudiciales para el cultivo y traer consigo plagas y enfermedades.

Se recomienda replicar el ensayo en época lluviosa con las mismas dosis, ya que por el efecto del estrés hídrico del suelo y de las plantas fue necesaria una dosis mayor para tener una respuesta deseada.

Se recomienda aplicar un coadyuvante y regulador de pH para mejorar la asimilación y absorción del producto.

Bibliografía

- Agrocalidad. (2016). *Manual de aplicación de buenas prácticas agrícolas de producción de piña*. Quito: Agrocalidad.
- Basantes, S., & Chasipanta, J. (2012). *DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL FÓSFORO SOBRE LA INDUCCIÓN FLORAL EN EL CULTIVO DE PIÑA*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA I.
- Bertsch, F. (2005). Estudios de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. *Informaciones Agronómicas* 57(3), 10-16.
- Chica, D. (2018). *Manejo agronómico del cultivo de piña (Ananas comosus), variedad MD2 en el Ecuador*. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo.
- Condemaita, J. (2019). *Evaluación de tres enraizantes en dos frecuencias de aplicación para el cultivo de piña Ananas comosus*. Santo Domingo: Carrera de Ingeniería Agropecuaria.
- COSMOCEL Ibérica. (s.f.). *Ficha técnica de ROOTEX*. Obtenido de AGROZAR S.L.:
<https://www.agrozar.com/files/personalizacion/agrozar/190021/190021-ficha-tecnica.pdf>
- GAD Parroquial, La Unión de Quinindé. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL, PARROQUIA LA UNIÓN*. Quinindé: GAD PARROQUIAL LA UNIÓN.
 Obtenido de https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0860038720001_PDOT_Parroquial_La_Union_2015_30-10-2015_20-21-28.pdf
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2010). *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_tecnologia-de-aplicacion-de-agroquimicos.pdf
- Lucero, A. (2014). *Periodos fenológicos del cultivo de piña, cv. MD2, con nutrición mineral, zona Machala*. Machala: Universidad de Técnica de Machala.

- MAG. (2017). *El cultivo de la Piña*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658pina.pdf>
- MAGAP. (2010). *Boletín situacional de la provincia de Esmeraldas*. Quito: Coordinación General del Sistema de Información Nacional.
- MAGAP. (2014). *Boletín situacional de la piña 2014*. Quito: Coordinación General del Sistema de Información Nacional.
- Moreno, C. (2008). *Estudio de factibilidad para el establecimiento de una plantación de piña (Ananas comosus Var. MD-2) para exportación en Puerto Limón, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Ortiz, M. (2013). *MEJORA DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN UNA FINCA CULTIVADORA DE PIÑA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS*. Quito: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA.
- Pinto, M. (2012). *EL CULTIVO DE LA PIÑA Y EL CLIMA EN EL ECUADOR*. Quito: Estudios e Investigaciones Meteorológicas INAMHI - Ecuador.
- Rios, M. (2011). *EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE CUATRO ENRAIZADORES Y TRES TIPOS DE ESTACA EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE GUAYUSA (Ilex guayusa) A NIVEL DE VIVERO EN EL CANTÓN ARCHIDONA, PROVINCIA DE NAPO*. Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Samudio, G. (2020). *INFLUENCIA DE BIOESTIMULANTES SOBRE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA SOJA (Glycine max (L.) Merril)*. Paraguay: Universidad Nacional de Asunción.
- Santillan, Y. (2022). *Determinación de dosis óptimas de ácido acético para el control de malezas en plátano, en época lluviosa*. Santo Domingo: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.