



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTAL
CARRERA DE AGRONOMÍA

Proyecto de Investigación previo a
la obtención del título de Ingeniero
Agrónomo.

Título del Proyecto de Investigación:

EFECTO DE LOS REGULADORES DE CRECIMIENTO ÁCIDO NAFTALENACÉTICO
Y ÁCIDO INDOLBUTÍRICO PARA EL ENRAIZAMIENTO DE TRES ESPECIES DE
CRASSULACEAE

Autora:

Allison Makevi Abarca Zamora

Director del Proyecto de Investigación:

Pablo Cesar Ramos Corrales, PhD.

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2022

Declaración de Autoría y Cesión de Derechos

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

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

Atentamente;

Abarca Zamora Allison Makevi

Autora

Certificación de Culminación del Proyecto de Investigación

El suscrito, **Pablo Cesar Ramos Corrales. PhD**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Abarca Zamora Allison Makevi**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Efecto de los reguladores de crecimiento ácido naftalenacético y ácido indolbutírico para el enraizamiento de tres especies de Crassulaceae**” previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente;

Pablo Cesar Ramos Corrales, PhD.

Director del Proyecto de Investigación

**Certificado del Reporte de la Herramienta de Prevención de Coincidencia y/o
Plagio Académico**

El suscrito, **Pablo Cesar Ramos Corrales. PhD**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado "**Efecto de los reguladores de crecimiento ácido naftalenacético y ácido indolbutírico para el enraizamiento de tres especies de Crassulaceae**", perteneciente a la estudiante **Abarca Zamora Allison Makevi**, certifica: el cumplimiento de los parámetros establecidos por SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 6 %.

URKUND	
Documento	PROY. INV. Allison Abarca - P.RAMOS 12.11.22 - URKUND.docx (D149483887)
Presentado	2022-11-12 20:54 (-05:00)
Presentado por	rgaibor@uteq.edu.ec
Recibido	rgaibor.uteq@analysis.urkund.com
Mensaje	PROY. INV. Allison Abarca - P.RAMOS 12.11.22 - URKUND Mostrar el mensaje completo 6% de estas 27 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

Pablo Cesar Ramos Corrales, PhD.

Director del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

"Efecto de los reguladores de crecimiento ácido naftalenacético y ácido indolbutírico para el enraizamiento de tres especies de Crassulaceae"

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma

Aprobado por:

Dra. Silvia Gicela Saucedo Aguiar
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Erick Alberto Eguez Enriquez, MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Moisés Arturo Menace Almea
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2022

Agradecimiento

Le agradezco a DIOS todo poderoso por proveer fortaleza de seguir luchando día a día en el lapso de este camino, gracias a Él estoy culminando esta etapa importante en mi vida en convertirme en una profesional.

A mis padres quienes son mis pilares fundamentales, María Zamora y Pablo Abarca quienes siempre han estado en cada paso que doy y han sido mi guía y mi inspiración para seguir luchando, siendo mi apoyo incondicional en aquellos momentos difíciles.

Gracias a mis hermanos y familia por sus eternas palabras de aliento ya que ellos estuvieron siempre a mi lado de una u otra manera dando ánimos y consejos para seguir adelante y culminar esta gran etapa de mi vida.

A Yurami Zamora, quien siempre ha estado en los momentos más importantes de mi vida, siempre dándome sus consejos y palabras de aliento, a mis amigos más cercano por siempre desear lo mejor para mí. Gracias a Alejandro Alzate por ser un apoyo incondicional ahora en mi vida. Infinitas gracias a la Sr. Susanne Espinoza y el Sr. Oswaldo Ortiz, quienes me apoyaron a lo largo de este camino.

A mis amigos que de una u otra manera estuvieron apoyándome en esta etapa de la investigación por sus consejos y ayuda desinteresada que me brindaron a lo largo de mi vida universitaria, muchas gracias amigos por su amistad, especialmente a mi grupo de trabajo les agradezco especialmente a Nicole, Diana, Dayana y Juan Pablo

A la Universidad Técnica Estatal De Quevedo y a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestal, especialmente a la carrera de Ingeniería Agronómica. Agradecimiento especial a mi director y amigo Dr. Pablo Ramos Corrales, quien, con sus conocimientos y su experiencia, paciencia ha logrado que pueda finalizar mi trabajo de investigación con éxito, gracias por creer en mí y estar siempre ahí.

Abarca Zamora Allison Makevi

Dedicatoria

A DIOS por ayudarme a seguir adelante y culminar esta etapa de mi vida, gracias por haberme dado las fuerzas necesarias y el valor para seguirme superando y poner en mi vida a personas muy especiales. A mi madre, María Zamora y mi padre Pablo Abarca, quienes ha sido el pilar fundamental para que yo alcance cada una de mis metas y llegar hasta donde estoy, quienes me han apoyado desde el inicio de mi vida, por su amor, por sus sacrificios para sacarme adelante por sus buenos ejemplos y consejos.

A mis hermanos y mi familia quienes son el apoyo y siempre estar en los momentos difíciles que se me presentan. A mis amigos más cercanos por ser un gran apoyo cuando necesite un consejo y su cariño.

Abarca Zamora Allison Makevi

Resumen

La presente investigación se llevó a cabo en el campus “La María”, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el Km 7.5 Vía Quevedo – El Empalme. El objetivo de investigación fue evaluar el efecto de dos reguladores de crecimiento ácido naftalenacético y ácido indolbutírico para el enraizamiento de tres especies de Crassulaceae, se trabajó con dos reguladores de crecimiento y se experimentaron en varias concentraciones, las Crassulaceae son plantas herbáceas con mecanismo CAM. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo de 3x2x4 con 3 repeticiones, se realizó un análisis de varianza para determinar la significancia estadística y la prueba de Duncan al 95% de probabilidad. Se recolectaron 192 hojas de cada especie, las hojas que se utilizaron fueron las hojas bajas de cada planta, se escogieron 8 hojas por repeticiones, luego se procedió aplicar las reguladoras de crecimiento ANA y AIB en concentraciones de 0, 500,1000,1500 ppm a partir de ahí se los coloco en las bandejas, a los 31 días se procedió a la toma de datos y se evaluaron las variables como número de raíz, área de raíz, volumen de raíz, longitud de raíz ,diámetro de raíz ,porcentaje de enraizamiento, área de brote, volumen de brote, cantidad de brote, diámetro de brote, porcentaje de mortalidad ,los resultados obtenidos demostraron que ANA se desarrolló mejor en todas las variables y se adaptó a cada una de las especies a comparación de AIB , en las concentración 1000 ppm se adecuo y presento mejores resultados.

Palabras Claves: Mecanismo CAM, Reguladores de crecimiento.

Abstract

This research was carried out on the "La María" campus, Quevedo State Technical University, located at Km 7.5 Vía Quevedo - El Empalme. The purpose of this research is to evaluate the effect of two growth regulators naphthaleneacetic acid and indolebutyric acid for the rooting of three species of Crassulaceae, we worked with two growth regulators and experimented in various concentrations, Crassulaceae are herbaceous plants with CAM mechanism. A completely randomized design was used with a 3x2x4 arrangement with 3 repetitions, an analysis of variance was performed to determine statistical significance and Duncan's test at 95% probability. 192 leaves of each species were collected, the leaves that were used were the lower leaves of each plant, 8 leaves were chosen for repetitions, then the growth regulators ANA and AIB were applied in concentrations of 0, 500, 1000, 1500 ppm. from there they were placed in the trays, at 31 days the data was collected and the variables such as root number, root area, root volume, root length, root diameter, percentage of root were evaluated. rooting, shoot area, shoot volume, shoot quantity, shoot diameter, mortality percentage, we conclude that between ANA and AIB the ANA growth regulators showed that they developed better in all variables, in the concentrations that had better result was 1000 ppm.

Keywords: CAM mechanism, Growth regulators.

Tabla de Contenido

Portada.....	i
Declaración de Autoría y Cesión de Derechos	ii
Certificación de Culminación del Proyecto de Investigación	iii
Certificado del Reporte de la Herramienta de Prevención de Coincidencia y/o	iv
Plagio Académico.....	iv
Certificación de Aprobación por Tribunal de Sustentación.....	v
Agradecimiento	vi
Dedicatoria.....	viii
Resumen	ix
Abstract.....	x
Tabla de Contenido.....	xi
Código Dublín	xviii
Introducción.....	1
CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Planteamiento del Problema	4
Diagnóstico.....	4
Formulación del Problema.....	4
Sistematización del Problema.....	5
1.2. Justificación	6
1.3.Objetivos.....	7
1.3.1. Objetivo General	7
1.3.2. Objetivos Específicos.....	7

Capítulo II. Marco Teórico

2.1. Marco Conceptual.....	9
2.1.1. Mecanismo CAM	9
2.1.2. Reguladores de Crecimiento Vegetal	9
2.2. Marco Referencial	10
2.2.1. Morfología Morfología de la Familia de Crassulaceae	10
2.2.1.1. Planta	10
2.2.1.2. Hojas	10
2.2.1.3. Flores	11
2.2.1.4. Frutos	11
2.2.2. Fotosíntesis de las Crassulaceae	11
2.2.3. Hábitat	13
2.2.4. Especies de Crassulaceae.....	13
2.2.4.1. Sedum	13
2.2.4.1.1. Características Generales.....	14
2.2.4.1.2. Sedum Robrotinctum.....	15
2.2.4.1.3. Sedum Hintionii.....	16
2.2.4.1.4. Sedum Pachyphyllum	18
2.2.4.2. Pachyveria	19
2.2.4.2.1. Pachyveria ‘Blue mist’	21
2.2.4.2.2. Pachyveria ‘Little Jewel’	21
2.2.4.2.3. Pachyveria ‘Scheideckeri’	22
2.2.4.3. Echeveria	22
2.2.4.3.1. Echeveria Lilacina	24

2.2.4.3.2. Echeveria Black Prince.....	24
2.2.4.3.3. Echeveria Elegans Albicans	25
2.2.5. Ácido Indolbutirico (AIB)	26
2.2.6. Ácido Naftalenacético	26
2.2.6. Métodos de Propagación	27
2.2.6.1. Propagación Sexual	27
2.2.6.2. Propagación Vegetativa.....	28

Capítulo III. Metodología de la Investigación

3.1. Localización.....	31
3.2. Tipo de Investigación	31
3.3. Método de Investigación.....	32
3.4. Fuentes de Recopilación de la Información.....	32
3.5. Diseño Estadístico	32
3.5.1. Factores de Estudio	32
3.5.2. Tratamientos	33
3.5.3. Diseño Estadístico	34
3.5.4. Esquema el Análisis de Varianza	34
3.6. Instrumentos de Investigación	35
3.6.1. Manejo del Ensayo	35
3.6.1.2. Preparación de los Reguladores de Crecimiento Vegetal	35
3.6.1.4. Empleo de los Reguladores de Crecimiento Vegetal.....	36
3.6.1.5. Plagas y Enfermedades.....	36
3.6.1.6. Riego	36
3.6.2. Variables Evaluadas.....	36

3.6.2.1. Porcentaje de Mortalidad (%).....	36
3.6.2.1. Numero de Raíces	37
3.6.2.2. Volumen de Raíces (mm ³)	37
3.6.2.3. Longitud de Raíces(mm).....	37
3.6.2.4. Diámetro de Raíces(mm).....	37
3.6.2.5. Área de Raíces(mm ²).....	38
3.6.2.6. Diámetro de Brotes(mm).....	38
3.6.2.7. Cantidad de Brotes	38
3.6.2.8. Área de Brotes (mm ²).....	38
3.6.2.9. Volumen de Brotes(mm ²).....	38
3.6.2.10. Porcentaje de Enraizamiento (%).....	39
3.7. Tratamientos de los Datos	39
3.8. Recursos Humanos y Materiales	39
3.8.1. <i>Recursos Humanos</i>	39
3.8.2. <i>Recursos Materiales y Equipos</i>	39
3.8.3. <i>Material Vegetativo</i>	40
3.8.4. <i>Reguladores de Crecimiento</i>	40

Capítulo IV. Resultado y Discusión

4.1.1. Porcentaje de Mortalidad.....	42
4.1.2. Número de Raíces	45
4.1.3. Volumen de Raíz	46
4.1.4. Longitud de raíz.....	47
4.1.5. Diámetro de Raíces	47

4.1.6.	Área de Raíces.....	48
4.1.7.	Diámetro de Brotes.....	49
4.1.8.	Cantidad de Brote.....	51
4.1.9.	Área de Brote.....	52
4.1.9.	Volumen de Brote	54
4.1.10.	Porcentaje de Enraizamiento	55
4.2.	Discusión	57

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1.	Conclusiones.....	61
5.2.	Recomendaciones	62

Capítulo VI. Bibliografía

6.1	Bibliografía.....	64
-----	-------------------	----

Capítulo VII. Anexo

7.1	Anexos	70
-----	--------------	----

Índice de Tablas

Tabla 1. Taxonomía de la especie de Sedum.....	14
Tabla 2. Taxonomía de la especie de Pachyveria.....	20
Tabla 3. Taxonomía de la especie de Echeveria.....	24
Tabla 4. Características Agro-Climatológicas del Lugar Experimental.....	31
Tabla 5. Tratamientos en el presente ensayo.....	33
Tabla 6. Esquema del análisis de la varianza.....	34
Tabla 7. Descripción de la investigación.....	37
Tabla 8. Valores porcentuales de mortalidad de los efectos principales.....	43
Tabla 9. Valores porcentuales de mortalidad de los efectos principales.....	44
Tabla 10. Valores de numero de raíz.....	45
Tabla 11. Valores de volumen de raíz.....	46
Tabla 12. Valores de longitud de raíz.....	47
Tabla 13. Valores de diámetro de raíz.....	48
Tabla 14. Valores de área de raíz.....	49
Tabla 15. Valores de área de raíz.....	49
Tabla 16. Valores de cantidad de brote.....	51
Tabla 17. Valores de area de brote.....	52
Tabla 18. Valores de volumen de brote.....	54
Tabla 19. Valores de porcentaje de enraizamiento.....	55

Índice de Anexo

Anexo A. Preparación de los reguladores de crecimiento y selección de planta madre	70
Anexo B. Preparación del sustrato y aplicación de los reguladores de crecimiento	70
Anexo C. Colocación de las hojas con la aplicación de los reguladores	71
Anexo D. Corte de las raíces y aplicación de azul violeta para subir al Safira	71
Anexo E. Se ingresaron las imágenes a Safira para obtener los datos	72
Anexo F. Análisis de varianza de diámetro de raíz.....	72
Anexo G. Análisis de varianza de diámetro de brote.....	73
Anexo H. Análisis de varianza de numero de raíz	73
Anexo I. Análisis de varianza de área de raíz	74
Anexo J. Análisis de varianza de volumen de raíz	74
Anexo K. Análisis de varianza de longitud de raíz.....	75
Anexo L. Análisis de varianza de área de brote.....	75
Anexo M. Análisis de varianza de cantidad de brote.....	76
Anexo N. Análisis de varianza de volumen de brote	76

Código Dublín

Título:	“Efecto de los reguladores de crecimiento ácido naftalenacético y ácido indolbutírico para el enraizamiento de tres especies de Crassulaceae”
Autor:	Abarca Zamora Allison Makevi
Palabras clave:	Mecanismo CAM,Reguladores de crecimiento.
Fecha de publicación:	
Editorial:	
Resumen:	<p>Resumen. - La presente investigación se llevó a cabo en el campus “La María”, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el Km 7.5 Vía Quevedo – El Empalme. El objetivo de investigación fue evaluar el efecto de dos reguladores de crecimiento ácido naftalenacético y ácido indolbutírico para el enraizamiento de tres especies de Crassulaceae, se trabajó con dos reguladores de crecimiento y se experimentaron en varias concentraciones, las Crassulaceae son plantas herbáceas con mecanismo CAM. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo de 3x2x4 con 3 repeticiones, se realizó un análisis de varianza para determinar la significancia estadística y la prueba de Duncan al 95% de probabilidad.</p> <p>Abstract. - This research was carried out on the "La María" campus, Quevedo State Technical University, located at Km 7.5 Vía Quevedo - El Empalme. The research objective was to evaluate the effect of two growth regulators naphthaleneacetic acid and indolebutyric acid for the rooting of three species of Crassulaceae, working with two growth regulators and experimenting in various concentrations, Crassulaceae are herbaceous plants with CAM mechanism. A completely randomized design was used with a 3x2x4 arrangement with 3 repetitions, an analysis of variance was performed to determine statistical significance and Duncan's test at 95% probability.</p>
Descripción:	99 Hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162
URL:	

Introducción

La gran diversidad de la flora ecuatoriana ha sido reconocida y estudiada desde hace mucho tiempo, pero no fue sino hace ocho años, con la publicación del monumental Catálogo de las Plantas Vasculares del Ecuador, se documentó la presencia de más de 16 000 especies de plantas. Este número en los últimos años se ha incrementado en un 6%, por lo que en la actualidad el número de especies vasculares sobrepasa las 17 000.

Crassulaceae es una familia de aproximadamente 35 géneros que ha sido dividida en seis subfamilias basándose en una variedad de caracteres morfológicos. Incluye aproximadamente 1500 especies de herbáceas de tallo y hojas suculentas y pequeños arbustos. Tradicionalmente ha sido considerada un grupo natural, y recientes análisis moleculares filogenéticos indican que la familia es monofilética. De acuerdo a estudios moleculares filogenéticos recientes, existe solamente dos linajes mayores, uno es el “linaje Crassula”, que incluye géneros de tres de las subfamilias tradicionales, Crassuloideae, Cotyledonoideae, y Kalanchoideae, que se encuentran predominantemente en el sur de África (1).

En la actualidad la falta de información en cuanto al enraizamiento con ANA y AIB (ácido naftalenacético e indolbutírico) estas especies hace necesario realizar esta investigación, al ser plantas ornamentales con hojas suculentas que soportan periodos largos de sequía. De acuerdo al mercado se necesita muchas plantas por unidades de superficie, por lo tanto, se necesita obtener mayor número de plantas y en corto tiempo.

La propagación de este tipo de plantas se suele efectuar por dos vías diferentes: reproducción sexual mediante semillas y la propagación vegetativa mediante yemas, esquejes, vástagos, hojas e injertos; pero esta propagación al ser plantas introducidas en la zona cálida, pasan por un proceso de adaptación con mayor tiempo de respuesta en crecimiento y desarrollo.

La finalidad de esta investigación es evaluar el efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento (ácido naftalenacético y ácido indolbutírico) en el enraizamiento de tres especies de Crassulaceae, la utilización de técnicas como los enraizadores en este proceso nos permitirá cumplir protocolos óptimos de reproducción (3).

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

La falta de estudios extensos y profundos de la biología de algunas especies ha desmedido el conocimiento determinado, en consecuencia, ha retrasado el proceso de domesticación de un sin número de especies nativas, que hoy en día presentan un origen de recursos económicos en diferentes países.

En la localidad de Ecuador no se han realizado estudios de propagación de estas especies, las Crassulaceae son plantas CAM poseen dos tipos de fotosíntesis, estas se adaptan a climas áridos y semi áridos, la temperaturas en esta localidad, climatología y su humedad relativa no es tan alta son un problema para estas especies, las suculentas son plantas con gran valor financiero y comercial debido a la hermosura de su morfología, la cual las hace especies ornamentales dignas de ser coleccionadas.

Diagnóstico

Las crasuláceas en estas zonas son plantas que han sido introducidas de otras localidades, la adaptación es fundamental en el método de multiplicación de estas especies ornamentales, por problemas de la climatología y de temperatura. La humedad relativa no es tan alta para el enraizamiento de algunas especies por ende se utilizará este método del uso controlado de hormonas reguladoras de crecimiento aumente el porcentaje de enraizamiento y adaptación.

Formulación del Problema

¿Cómo influye la aplicación de hormonas reguladoras de crecimiento en el enraizamiento y brotación de hojas en Crasuláceas?

Sistematización del Problema

¿Cuál es el comportamiento agronómico de las crasuláceas con el uso de reguladores de crecimiento?

¿Qué efecto presentan los reguladores (ANA-AIB) en las Crasuláceas?

1.2 Justificación

Las Crasuláceas son importantes especies de plantas ornamentales que necesitan de estudios para mejorar la propagación y que se puedan obtener mayor número de plantas en menor tiempo posible, estas planta son especies introducidas y deben pasar por un proceso de adaptación, unos de los problemas es las temperaturas y la humedad relativa, son plantas que se están utilizando ornamentalmente y están realizando mucho huertos de esta especies de plantas ,se pretende usar hormonas reguladoras de crecimiento en viveros como el ácido naftalenacético que se emplea para el enraizamiento de esquejes de plantas, y el ácido indolbutírico que es un promotor para el crecimiento de las raíces laterales de las plantas, la dosis y época de aplicación son críticas para estimular el enraizamiento.

Por falta de conocimiento e investigación del método más eficaz y acelerado de la propagación de la familia de Crassulaceae, es por eso que los viveristas propagan la reproducción sin la aplicación de reguladores de crecimiento que ayudan al aumento del enraizamiento de una manera muy rápida. En esta investigación se evaluó la aplicación de reguladores de crecimiento en tres especies de Crassulaceae con las fitohormonas ANA-AIB (ácido naftalenacético y ácido indolbutírico) en las cuales probando diferentes dosis en diferentes concentraciones se logró encontrar la dosis y regulador de crecimiento más adecuada para el propósito, contribuyendo así a su conservación, multiplicación.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de los reguladores de crecimiento ácido naftalenacético y ácido indolbutírico para el enraizamiento de tres especies de *Crassulaceae*

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar tasa de enraizamiento de las hojas de tres especies de *Crassulaceae*
- Evaluar el efecto de diferentes dosis y reguladores de crecimiento sobre los niveles de enraizamiento de las hojas de *Crassulaceae*

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Mecanismo CAM

En vez de separar las reacciones dependientes de la luz y el uso de CO₂ en el ciclo de Calvin en el espacio, las plantas CAM separan estos procesos en el tiempo. Por la noche, abren sus estomas para que el CO₂ se difunda en las hojas. Este CO₂ se fija en el oxaloacetato mediante la PEP carboxilasa (el mismo paso que usan las plantas C₄), que luego se convierte en malato o un ácido orgánico de otro tipo (1).

El ácido orgánico se almacena dentro de vacuolas hasta el día siguiente. Durante el día, las plantas CAM no abren sus estomas, pero todavía pueden llevar a cabo la fotosíntesis. Eso se debe a que los ácidos orgánicos se transportan fuera de las vacuolas y se descomponen para liberar CO₂ que entra en el ciclo de Calvin. Esta liberación controlada mantiene una alta concentración de CO₂ alrededor de la rubisco (1).

2.1.2. Reguladores de Crecimiento Vegetal

Son muchas las plantas que se pueden reproducir asexualmente, es decir, que al cortar una rama y ponerla en una maceta o en el suelo, ésta echará raíces. Sin embargo, para ayudar a este nuevo ejemplar para que pueda empezar a crecer normalmente, podemos impregnar la base del esqueje con reguladores de crecimiento (31).

Los reguladores de crecimiento aumentan las posibilidades de éxito del enraizamiento de plantas y esquejes, ayudando a producir raíces de mayor calidad y tamaño. El uso de este tipo de hormona podría ser ideal para la jardinería vertical, ya que minimiza el tiempo que tardan las plantas en crecer correctamente y también puede garantizar que las raíces de las plantas se mantienen fuertes y sanas (31).

Con plantas superiores la regulación y la coordinación del metabolismo, el crecimiento y la morfogénesis suele depender de señales que van de una parte a otra de la planta, mismas

que producen moléculas de señalización (llamadas hormonas) que tienen funciones importantes en el desarrollo a concentraciones tremendamente bajas. Hasta hace muy poco se creía que el desarrollo vegetal estaba únicamente regulado por cinco hormonas: Auxinas, Giberelinas, Citoquininas, ácido abscísico y etileno(32).

Es necesario aplicar sustancias hormonales que provoquen la formación de raíces. Las auxinas son hormonas reguladoras de crecimiento vegetal y, en dosis muy pequeñas regulan los procesos fisiológicos de las plantas. Las hay de origen natural como el ácido indolacético (AIA), y sintéticas, como el ácido indolbutírico (AIB) y el ácido naftalacético (ANA). Todos estimulan la formación y el desarrollo de las plantas (32).

2.2. Marco Referencial

2.2.1. *Morfología de la Familia de Crassulaceae*

2.2.1.1. Planta

Las suculentas pueden presentar variedad en su morfología. Comúnmente, son rosetas pequeñas sésiles o con un pequeño pedúnculo, con porte herbáceo o subarborescente. Tienen tallos cortos o largos, creciendo muchos a ras del suelo (12).

2.2.1.2. Hojas

Las hojas de las crasuláceas pueden ser enteras o pinnadas, peculiarmente carnosas y se agrupan en una roseta basal o en el extremo de las ramas. Pueden estar distribuidas a lo largo del tallo con filotaxis opuesta, alterna o verticilada. El color de las hojas es variable de verde a grisáceo; el borde de las hojas puede ser cartilaginoso, peloso. Las hojas son gruesas, pequeñas y de color verde-grisáceo, y con la particularidad de almacenar mucha agua (13).

2.2.1.3. Flores

Las plantas suculentas tienen flores hermafroditas, con simetría radial, pentámeras y en algunos casos tetrámeras. Los colores de las flores pueden ser muy llamativos desde amarillo, anaranjado, rojo, rosado, blanco o presentar combinaciones de ellos. Además, las flores presentan de a 1 o 2 verticilos que producen estambres. Por su parte, las suculentas tienen gineceo súpero, con carpelos libres y con igual número de pétalos y sépalos. El receptáculo muestra una escama nectarífera en cada carpelo (14).

2.2.1.4. Frutos

Los frutos de las crasuláceas tienen forma de folículos libres y pueden tener una o muchas semillas (7)

2.2.2. *Fotosíntesis de las Crassulaceae*

Tienen un metabolismo particular, por lo que a veces se les llama plantas CAM, que consiste en que la fotosíntesis se realiza en dos fases separadas, una fotótrofa (lumínica) durante el día y la sintética (oscura) durante la noche. El nombre de fotosíntesis CAM (por las siglas en inglés de Metabolismo ácido de las crasuláceas) se dio tras descubrir por primera vez este tipo de fotosíntesis en ellas (8).

Las crasuláceas son las plantas que dieron origen a uno de los tres tipos de fotosíntesis: el metabolismo ácido de las crasuláceas, en inglés CAM. Este tipo de fotosíntesis se realiza en plantas vasculares para la asimilación de dióxido de carbono de la atmósfera, y está adjunto a la fotosíntesis C3 (5).

Este tipo de fotosíntesis es uno de los tres encontrados en los tejidos de las plantas vasculares para la asimilación de CO₂ de la atmósfera. La fotosíntesis C₃ (ciclo C₃ o de Calvin-Benson) se realiza en los cloroplastos de todas las plantas con el uso de la enzima ribulosa 1, 5-difosfato carboxilasa (rubisco) como catalizador de la reacción del CO₂ con la ribulosa 1, 5-difosfato, y se llama así porque se producen dos moléculas de tres carbonos. La fotosíntesis C₄ se presenta en plantas con una anatomía foliar llamada 'Kranz', caracterizada por tener células del mesófilo que rodean a las células que envuelven al haz vascular, en un arreglo en forma de corona (15). La fotosíntesis CAM consiste en los siguientes pasos metabólicos que indica Winter y Smith (16):

➤ **Por la noche:**

- Formación del aceptor primario del CO₂, fosfoenol-piruvato (PEP) a partir de carbohidratos no estructurales en las células fotosintéticas;
- Fijación del CO₂ por la enzima PEP carboxilasa (PEPC) en el citosol y síntesis del ácido málico;
- Almacenaje del ácido málico (como ión malato) en la vacuola central de las células fotosintéticas(16).

➤ **Durante el día:**

- Liberación del malato de la vacuola hacia el citosol;
- Descarboxilación del malato en el citosol, liberación de CO₂ y formación de compuestos de tres carbonos (piruvato o PEP);

- Asimilación del CO₂ liberado en los cloroplastos por la enzima rubisco, seguida por el ciclo de Calvin-Benson y la regeneración de carbohidratos de almacén o gluconeogénesis(16).

2.2.3. Hábitat

La familia *Crassulaceae* se encuentra distribuida por todo el mundo, a excepción de Australia y Polinesia. No obstante, hay algunas regiones donde se encuentra una mayor diversidad de las especies suculentas como lo son la zona centro-sur de Asia, Sudáfrica y México. En cuanto a las condiciones de altura sobre el nivel del mar, la familia de las crasuláceas puede encontrarse entre los 150 y 3500 m. Las comunidades de suculentas prefieren ambientes secos, matorrales xerófilos, bosque tropical perennifolio. Por ende, en el hábito subacuático, esta familia tiene muy poca presencia(7).

2.2.4. Especies de Crassulaceae

2.2.4.1. Sedum

Esta planta considerada suculenta nativa de México, Europa meridional y África central. Es perenne, resistente a la sequía, pero debe protegerse de las bajas temperaturas. Su color depende de la intensidad de la luz solar, en interiores toma una tonalidad amarillo-verdosa y expuesta al sol va adquiriendo un tono dorado a rojo cobrizo en la totalidad de la hoja. Es una especie tolerante a la sequía, pues presenta un sistema radicular profundo, su formación es en roseta con hojas alargadas de forma lanceolada, gruesas y carnosas, con ápice agudo y borde liso. Esta planta se puede considerar rastrera porque va formando nuevas rosetas que se van expandiendo por el suelo. Su método de propagación es por hojas y por esquejes, presenta un ritmo de brotación lento cuando se reproduce por hojas, tiene mayor porcentaje de éxito si se hace por esquejes (7):

- **Usos:** Ornamental
- **Recomendaciones:** Requiere de un sustrato suelto que facilite el drenaje en el momento del riego; en suelos muy húmedos su raíz se pudre y se genera pérdida total de la planta; tolera condiciones de poca sombra, pero es importante saber que su mejor color lo obtiene bajo el sol, puesto que cuando está mucho tiempo en la sombra su tallo sufre del proceso de etiolación, para remediar esto, puede cortarse y volverse a plantar, ella enraizará rápido y el tallo puede dejarse sembrado pues de él nacerán nuevos rebrotes. Hay que garantizar un sustrato suelto compuesto por tierra turba o vermicompost en proporciones iguales con perlita o cascarilla de arroz. (13).

Tabla 1.

Taxonomía de la especie de Sedum.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Saxifragales
Familia	<i>Crassulaceae</i>
Subfamilia	Sempervivoideae
Genero	<i>Sedum</i>

2.2.4.1.1. Características Generales

En las plantas del genero *Sedum* casi todas son perennes y de características rústicas, con tamaño de rastreras, por su atractivo estético so muy consideradas para decoración de interiores y exteriores, tanto los tallos como las hojas son carnosas y tienen la habilidad de

almacenar agua. Las hojas son opuestas y dispuestas alternativamente a lo largo del tallo y revestidas de una sustancia cerosa o de ligera pelusa llamada tricomas. Las flores son comúnmente en forma de estrella de diferentes tamaños, se reúnen en inflorescencias en corimbo, racimo o en panícula (18).

2.2.4.1.2. *Sedum Rubroinctum*

La etimología del nombre consta de dos partes: *Sedum* procedente del latín. Nombre común que se usaba en la antigua Roma para designar a muchas plantas suculentas. Y ***Rubroinctum*** del latín "rubro" (rojizo) y "inctum" (teñido). El ejemplar es un híbrido de dos populares suculentas mexicanas: *Sedum pachyphyllum* y *Sedum stahlii*, sus hojas son muy carnosas, con forma ovalada, semejante a pequeñas judías que crecen a través de largos tallos (19).

Las hojas tienen un color verde pálido, aunque las puntas de las hojas se tornan de rojo intenso en épocas de sequía y con sol directo. Sus pequeñas flores tienen forma estrellada, son de color amarillo y aparecen durante la primavera. toleran un amplio rango de condiciones por lo que son ideales para todo tipo de localizaciones: jardín, interior, terraza (18).

La *Sedum Rubroinctum* crece particularmente bien en zonas con mucho sol directo, y sus requerimientos son (19):

Riego: Riego abundante poco frecuente. El sustrato debe estar completamente seco antes de volver a regar. En invierno limitar el riego al mínimo. Evita mojar hojas, tallos y flores al regar.

Sustrato: Necesita buen drenaje para evitar la humedad.

Luz: Necesita bastantes horas de luz. Mejor luz directa, aunque no crece mal en semisombra.

Las plantas de **la familia *Sedum* se reproducen bien de forma natural**. Cada planta "madre" da lugar a "hijas" a su alrededor llamadas retoños. Si separamos estos retoños, los podemos volver a plantar en otra maceta con el mismo tipo de sustrato. La nueva planta se convertirá en "madre" y volverá a generar más plantas. También podemos reproducir cortando por la base una hoja o tallo con un cuchillo afilado. Después de cortar la hoja o tallo, debemos dejarlo secar hasta que se forme un callo en la zona del corte. Así evitamos que absorba demasiada humedad en las primeras semanas. Una vez formado el callo, podemos plantar en el sustrato recomendado y regar ligeramente. Solo volvemos a regar cuando el sustrato está seco. Es recomendable hacer estos trasplantes en primavera, época de mayor actividad de la planta (20).

2.2.4.1.3. Sedum Hintonii

La suculenta *Sedum hintonii* tiene una tasa de crecimiento lenta, logrando crecer hasta 8 pulgadas de altura una vez que alcanza la madurez completa. Esta planta tiene hojas cortas pero robustas que crecen juntas en forma de roseta. Estas hojas también tienen forma de huevo y son de color verde claro, cubiertas con numerosas espigas o pelos blancos en toda su longitud. La planta también da flores blancas con forma de estrella. Estos suelen florecer en invierno, los tallos son cortos pero múltiples (18).

Riego: *Sedum hintonii* es bastante tolerante a la sequía, pero necesita algo de agua. Hacen lo mejor con el riego semanal desde la primavera hasta el otoño, pero pueden requerir más en climas extremadamente cálidos o si se plantan en un recipiente. Como cualquier otra suculenta, *Sedum hintonii* no tolera el encharcamiento. El exceso de agua debe poder drenarse libremente o verterse fuera de la maceta después de regar porque la humedad conduce rápidamente a la pudrición de la raíz en estas suculentas (21).

Sustrato: El suelo ideal para *Sedum hintonii* es una mezcla de sustrato de suelo pobre en nutrientes y componentes minerales. Un sustrato para suculentas debe ser bien permeable al agua para que no se acumule agua después del riego. Esto se puede lograr mezclando un 60 % de tierra suculenta (también llamada tierra de cactus) y un 40 % de componentes minerales, como grava o perlita, rocas de lava y algo de arena de cuarzo. Los componentes minerales de poro abierto, las perlitas y los gránulos soportan el flujo de aire y la estructura de la miga del sustrato, almacenan los nutrientes y la humedad, pero permiten que el exceso de agua fluya rápidamente después del riego (20).

Luz: *Sedum hintonii* crece mejor en lugares donde disfrutarán de pleno sol al menos seis o más horas por día. La mayoría de las especies tolerarán la sombra parcial pero no prosperarán en la sombra profunda. Por mucho que ame la luz, asegúrese de protegerlo de los rayos solares directos muy fuertes que pueden dañar las hojas. Cuando esté en el interior, mantenga la suculenta en una ventana soleada o bajo luces artificiales (21).

Sedum hintonii se puede propagar por división, esquejes o semillas, la división es la más fácil y se realiza mejor a principios de la primavera. Excave la planta y divídala en cuñas, asegurándose de obtener nuevas áreas de brotes dentro de cada sección. Replantar las secciones. Se puede dividir cada pocos años. Si usa hojas o esquejes, asegúrese de cortarlos de una planta madura. Mantenga algunas de las raíces intactas con los racimos de hojas. Debe dejar que los esquejes de tallo o los racimos de hojas descansen y se sequen durante unos días para que estén listos para plantar. Los esquejes también podrían hincharse un poco (22).

Luego, prepara una maceta o recipiente y llénalo con la mezcla de tierra. Siembra las semillas, hojas o esquejes en el suelo. Riegue ligeramente la planta sin exagerar. Mantener el

suelo lo suficientemente húmedo será suficiente al principio. Para las hojas y los esquejes, las raíces crecerán en un par de semanas y se convertirán en plantas diminutas. Las semillas pueden tardar un poco más en germinar (22).

2.2.4.1.4. Sedum Pachyphyllum

También se conoce por los nombres vulgares de Sedo, Dedos de Dios, Uva de gato, Dedos y Deditos. El *Sedum pachyphyllum* es una planta suculenta de tallos rastreros que alcanza 25 cm de altura. Las curiosas hojas, de color verde azulado (con la punta rojiza), son carnosas y cilíndricas y se curvan hacia arriba; se pueden desprender fácilmente si reciben golpes, aunque sean ligeros. Producen flores amarillas hacia finales de invierno y principios de primavera (23).

Se utilizan como plantas cubridoras en las zonas más secas y soleadas del jardín, en rocallas y en macetas y jardineras para patios, terrazas y balcones. Son ideales para jardines junto al mar y en grandes ciudades pues toleran la salinidad y la contaminación atmosférica (23).

Riego: Riego abundante poco frecuente. El sustrato debe estar completamente seco antes de volver a regar. En invierno limitar el riego al mínimo. Evita mojar hojas, tallos y flores al regar (18).

Sustrato: Necesita buen drenaje para evitar la humedad. precisan de una **exposición** bien soleada y altas temperaturas, aunque pueden resistir heladas esporádicas y de baja intensidad, es una planta nada exigente con el **suelo** que puede prosperar hasta en suelos calizos (19).

Luz: Necesita bastantes horas de luz, mejor en semisombra que sol directo en todas las estaciones del año, se debe evitar la exposición al norte.

Se propagan fácilmente mediante esquejes o semillas a mitad de la primavera, al momento de adoptar una técnica se debe tener en cuenta que la multiplicación por semilla tiene desventajas ya que no se conseguirán plantas iguales a la madre.

2.2.4.2. Pachyveria

Esta planta es un híbrido entre especies de los géneros *Echeveria* y *Pachyphytum*, ya que cuenta con características de ambos, tiene hojas en rosetas gruesas y coloridas. Sus hojas están recubiertas por pruina (una cera blanquecina suave que al retirarla hace que la planta quede brillante). En el contorno se puede evidenciar una hoja biselada con unas finas líneas que le dan una forma muy atractiva, los ápices son de color rojo dejando ver una pequeña protuberancia como si fuese un pequeño aguijón inofensivo al tacto. Su método de propagación ideal es por hojas, deben retirarse con especial cuidado y ponerse sobre un sustrato seco en un lugar con luz filtrada, hay que revisar que no le dé la luz directa porque puede quemar las hojas impidiendo la reproducción. También es factible por esquejes y por hijuelos en la base del tallo, para retirarlos y sembrarlos en un sustrato seco y suelto mientras se genera el proceso de enraizamiento (5).

Pueden producir flores, pero generalmente se cultivan por sus hojas, que son gruesas y carnosas. Prefieren pleno sol o sombra parcial. Evite el sol directo en climas cálidos. Deje que la tierra se seque entre riegos, pero asegúrese de que las hojas no se arruguen. Si bien son pequeñas, no superando los 20cm de altura, hay que acordarse de cambiarlas de maceta cada 2 o 3 años durante la primavera o el verano, renovando el sustrato cada vez para que puedan seguir alimentándose de los nutrientes que sus raíces absorberán de él (24).

No requieren de ningún cuidado especial, por lo que son muy recomendables para los principiantes. Eso sí, es muy importante que estén en lugares soleados, que se las proteja de las

heladas, y que se les riegue de vez en cuando, pero evitando el encharcamiento. En este sentido, y para evitar problemas, se aconseja utilizar sustratos con buen drenaje, como turba negra mezclada con perlita a partes iguales, pómicice o arena de río con un 30% de turba negra, o incluso akadama si se vive en un clima muy lluvioso (24).

- **Usos:** Ornamental

- **Recomendaciones:** Es importante que esté en lugares soleados con el fin de avivar el color de sus hojas y resaltar el rojo de su ápice, no es tolerante a las heladas. El riego debe suministrarse una vez a la semana cuando el sustrato esté completamente seco. El sustrato debe garantizar buen drenaje, se recomienda turba, vermicompost mezclada con perlita, grava o cascarilla de arroz en partes iguales para facilitar la salida del exceso de humedad (13).

Tabla 2.

Taxonomía de la especie de Pachyveria

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Saxifragales
Familia	<i>Crassulaceae</i>
Genero	<i>Pachyveria</i>

2.2.4.2.1. *Pachyveria 'Blue mist'*

Si bien son pequeñas, no superando los 20cm de altura, hay que acordarse de **cambiarlas de maceta cada 2 o 3 años** durante la primavera o el verano, renovando el sustrato cada vez para que puedan seguir alimentándose de los nutrientes que sus raíces absorberán de él (25).

Su propagación es por medio de esquejes de hoja o separando los nuevos brotes que le van saliendo del tallo con la mano o bien con unas tijeras de poda previamente desinfectadas con alcohol. Una vez los tengas, pon las hojas recostadas sobre la superficie del sustrato, tapadas con un poquito de tierra, o planta los tallos como si de una planta con raíz se tratara. Verás que en pocos días enraizarán (18).

2.2.4.2.2. *Pachyveria 'Little Jewel'*

Este es un género relativamente nuevo, tanto es así que no fue hasta el 1926 cuando se describió. Se caracterizan por formar rosetas compuestas por hojas gruesas y carnosas, casi cilíndricas en algunas variedades, de colores que pueden ser gris-azulado o rosado. Las flores **brotan en primavera**, en racimos colgantes y son de color anaranjado (24).

No requieren de ningún cuidado especial, por lo que son muy recomendables para los principiantes. Eso sí, es muy importante que estén en lugares soleados, que se las proteja de las heladas, y que se les riegue de vez en cuando, pero evitando el encharcamiento. En este sentido, y para evitar problemas, se aconseja utilizar sustratos con buen drenaje, como turba negra mezclada con perlita a partes iguales, pómicice o arena de río con un 30% de turba negra, o incluso akadama si se vive en un clima muy lluvioso (11).

2.2.4.2.3. *Pachyveria* ‘*Scheideckeri*’

Las *Pachyveria* son un grupo de plantas muy singular, ya que se trata de híbridos de *Echeveria* y *Pachyphytum*. Así, tienen características de ambos géneros, pero a pesar de que hay varios tipos, en realidad sólo hay tres especies aceptadas, que son la *P. albomucronata*, la *P. paradoxa* y la *P. sempervivoides* a pesar de eso, son plantas tan decorativas y tan fáciles de cuidar que de hecho tan sólo necesitan una tierra con buen drenaje, mucho sol y poca agua (24).

Sus colores pueden variar entre azules claros, rosado, gris, verde pálido; lo anterior de acuerdo con el grado de exposición que tengan frente al sol. Sus hojas son carnosas, lanceoladas, con ápice agudo, de textura suave, lisa al tacto, están cubiertas de pruina (cera que al tocarla hace que la planta cambie de tonalidad, dejándola un poco más brillante) (23).

2.2.4.3. *Echeveria*

Es un grupo exclusivo de América. La Mayoría de las especies crecen mejor en las zonas templadas del hemisferio norte. Está conformado por 127 especies conocidas y registradas de las cuales el 83% se restringen exclusivamente al territorio mexicano. México es el centro de mayor diversidad y endemismo de este grupo de plantas. El nombre fue propuesto en el año 1831 por el botánico Agustín Pyramus de Candolle, en honor al ilustrador botánico mexicano Atanasio Echeverría y Godoy, quien asistió en el siglo XVIII a José Mariano Mociño y Martín de Sessé y Lacasta, durante la Real Expedición Botánica a la Nueva España, cuyo objetivo era compilar un inventario de la flora y fauna de este territorio (14).

El género *Echeveria* se distribuye en casi todos los estados de la República Mexicana. Las especies de este género muestran preferencia por sitios con afloramientos rocosos tales

como riscos, laderas escarpadas, paredes más o menos verticales de cañadas y cañones. Las plantas que pertenecen al género *Echeveria* tienen la capacidad de almacenar agua en sus hojas en forma de jugos mucilaginosos, principalmente durante los periodos de humedad de ahí que sean llamadas plantas suculentas (10).

Es una planta que presenta forma de roseta, sus hojas son carnosas, gruesas, compactas, con ápice puntiagudo, de textura lisa y talcosa al tacto, evidenciando la presencia de pruina, una cera que al tocarla hace que ella cambie de color y quede un poco más brillante. Su tallo no se aprecia debido a la roseta que forman sus hojas, es una planta apetecida por coleccionistas ya que el color azul grisáceo que presenta la hace visualmente atractiva. Su método de propagación es por hoja y por esqueje de tallo, siendo los dos de crecimiento lento. No es una especie común, algunos aficionados la consideran exótica (4).

- **Usos:** Ornamental

- **Recomendaciones:** Es importante retirar las hojas que se van secando en la base del tallo, para evitar ataque de enfermedades u hongos, demanda brillo solar directo, el estar en sombra hace que su tallo sufra del fenómeno de etiolación, perdiendo totalmente el atractivo visual de la planta. El riego debe suministrarse en lo posible tratando de no mojar sus hojas cuando se encuentra bajo sombra, pues esto genera problemas de pudrición. Hay que garantizar un sustrato suelto, aireado, puede ser turba, tierra o vermicompost y combinarla con granito o perlita para facilitar el drenaje. En ambientes cálidos el riego debe aplicarse dos veces por semana, mientras que en templados una vez a la semana es suficiente (13)

Tabla 3.

Taxonomía de la especie de Echeveria

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Saxifragales
Familia	<i>Crassulaceae</i>
Genero	<i>Echeveria</i>

2.2.4.3.1. Echeveria Lilacina

Es importante retirar las hojas que se van secando en la base del tallo, para evitar ataque de enfermedades u hongos, demanda brillo solar directo, el estar en sombra hace que su tallo sufra del fenómeno de etiolación, perdiendo totalmente el atractivo visual de la planta. El riego debe suministrarse en lo posible tratando de no mojar sus hojas cuando se encuentra bajo sombra, pues esto genera problemas de pudrición. Hay que garantizar un sustrato suelto, aireado, puede ser turba, tierra o vermicompost y combinarla con granito o perlita para facilitar el drenaje. En ambientes cálidos el riego debe aplicarse dos veces por semana, mientras que en templados una vez a la semana es suficiente (27).

2.2.4.3.2. Echeveria Black Prince

Esta es una *Echeveria* con un alto valor agregado por el color oscuro de sus hojas, el cual adquiere cuando se expone directamente al brillo solar. Cuando la planta está en condiciones de sombra adquiere un color verde vivo. De las especies encontradas en el

municipio de La Plata (Huila) del género *Echeveria* es una de las más llamativas por su belleza, tiene forma de rosetón, sus hojas son carnosas de textura lisa, forma lanceolada, su ápice es apiculado, se disminuye como si fuese una espina, sin embargo, resulta inofensiva al tacto; esta planta presenta crecimiento lento. A medida que va creciendo, las hojas de la base se van cayendo y el tallo empieza a formar nuevos brotes que son fundamentales para obtener nuevas plantas. Los viveristas del municipio la consideran como una especie exótica (26).

El sustrato debe ser suelto y con eficiente drenaje, el riego debe proporcionarse cuando el sustrato esté completamente seco, es importante garantizar que el riego sea profundo. Se aconseja regar con agua de lluvia. Necesita desarrollarse en climas donde las temperaturas promedio anuales se encuentren entre los 18° C - 28° C. No tolera temperaturas inferiores a los 5° C durante largos períodos (28).

2.2.4.3.3. *Echeveria Elegans Albicans*

Echeveria albicans es una de las tantas variaciones que presenta *Echeveria elegans*. Originaria del estado de Hidalgo en México. Es una suculenta atractiva, su tallo se hace casi invisible por la distribución de sus hojas, estas con forma alargada, angostas en su base, de ápice agudo, formando rosetas densas y de colores que van desde el verde plateado hasta un verde más claro. Su propagación se realiza principalmente por esquejes y hojas, presentando un crecimiento rápido, cuando se realiza por esquejes es importante realizar el corte con una navaja desinfectada y proporcionar un sustrato seco y suelto para facilitar el proceso de enraizamiento (27).

Su desarrollo óptimo se da en condiciones de brillo solar directo, aunque la luz solar del medio día puede afectar las hojas, generando afectaciones graves, no es recomendable tenerla bajo total sombra porque sufre del fenómeno de etiolación perdiendo así el atractivo que la caracteriza. Presenta un buen desarrollo en zonas cálidas, no soporta temperaturas muy bajas es tolerante a suelos secos y a la sequía, sin embargo, es recomendable plantar en un sustrato

aireado, suelto y que presente buen drenaje como por ejemplo tierra de vivero, turba o vermicompost combinado con granito o arena de río en partes iguales para facilitar el buen desarrollo de sus raíces (27).

2.2.5. *Ácido Indolbutírico (AIB)*

El AIB es una auxina sintética químicamente similar al AIA que en la mayoría de las especies ha demostrado ser más cierta que cualquier otra y es actualmente la de mayor uso como sustancia promotora de enraizamiento. Tiene la ventaja de que no es tóxica en un amplio rango de concentraciones, no es degradada fácilmente por la luz o microorganismos y al ser insoluble en agua, permanece por más tiempo en el sitio de aplicación donde puede ejercer un mayor efecto (33).

2.2.6. *Ácido Naftalenacético*

El Ácido naftalénacético (ANA) es una auxina sintética de vil costo, potente y móvil (El ácido 1-naftalenacético o ácido naftalenacético es un compuesto orgánico de fórmula $C_{10}H_7CH_2CO_2H$, con propiedades hormonales), por lo que su uso requiere de un ajuste justo de la dosis y el tiempo de inmersión, es ampliamente utilizado en agricultura, principalmente en la producción de cultivos hortofrutícolas, así como especies ornamentales. (34).

Efectos:

- Reproducción sexual
- Raleo de frutos
- Prevención el aborto de frutos pre cosechas Inducción floral (35).

2.2.6. Métodos de Propagación

La técnica de propagación de especies suculentas es relativamente reciente remontándose a los años 80's. Las crasuláceas se multiplican por dos vías distintas, la reproducción sexual mediante semillas y la propagación vegetativa mediante yemas, esquejes, hijuelos, injertos y hojas (16).

2.2.6.1. Propagación Sexual

Para la propagación por vía sexual es necesario tener la semilla, por ello es indispensable contar con al menos dos plantas de la misma especie que estén en floración, para poder realizar las polinizaciones, y para evitar que los descendientes sean clones (16). Este tipo de reproducción en el género *Echeveria* es prioritaria, ya que representa muchas ventajas principalmente el mantenimiento de la diversidad genética, factor muy importante para un programa de restauración ecológica (12).

Se requiere de la polinización entre dos o más plantas al inicio de la época reproductiva con la finalidad de obtener semillas y posteriormente frutos. En la familia de las crasuláceas las semillas se forman dentro de cápsulas después de un mes de la floración aproximadamente. En la mayoría de las especies las semillas miden alrededor de 1 mm, son de color de paja a verde y cambian a color rojo púrpura cuando están maduras (29).

- Se utiliza en plantas que no se propagan por vía vegetativa porque no producen hijuelos, sus hojas y brácteas no producen rosetas o no se ramifican.
- Hay una mayor variabilidad genética.

- Se producen plantas híbridas que son estéticamente más atractivas y/o resistentes.

- Permite la producción de planta a gran escala.

2.2.6.2. Propagación Vegetativa

En este método no se necesita la semilla para tener una nueva planta. A partir de partes vegetales (tallos, hijuelos, hojas, brácteas, ramas, etcétera) se puede obtener otra planta:

- Se obtienen individuos de mayor tamaño rápidamente.

- El crecimiento es acelerado (9).

Existen cuatro maneras de ejecutar esta propagación, que van de acuerdo a la especie:

● **Propagación por esqueje:** Es el método de propagación más fácil. Las suculentas se fragmentan en trozos que se deben dejar cicatrizar en un lugar seco y ventilado. De preferencia se debe introducir la navaja en alcohol y flamearla antes de cada corte, después esparcir un poco de azufre sobre el corte para facilitar el enraizamiento y evitar la proliferación de hongos o bacterias (30).

● **Propagación por hijuelos:** Este tipo de propagación se refiere a quitarle a la planta madre todas las plantas pequeñas llamadas hijuelos que están a su alrededor, por lo que también se le conoce como “deshije” (14).

● **Propagación por hojas:** Este tipo de propagación consiste en desprender hojas de algunas especies. Las hojas desprendidas se dejan cicatrizar durante dos o tres días y luego se planta en charolas con sustrato. Se tiene que mantener la humedad constante para lograr la diferenciación (16).

● **Propagación por injerto:** Este método acelera el crecimiento de las plántulas y vástagos. Consiste en unir porciones de dos plantas distintas, una llamada patrón y la otro injerto. Se utiliza para ayudar a aquellas que necesitan especies que actúen como patrón (30).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La investigación se realizó en el Campus Experimental “La María” de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7½ de la Vía Quevedo-El Empalme, Recinto San Felipe, cantón Mocache, provincia Los Ríos, entre las coordenadas geográficas de 01° 0’ 6’’ de latitud Sur y 79° 29’ de longitud Oeste, a una altitud de 75 msnm, ubicada en zona bosque húmedo tropical (Bht).

Tabla 4.

Características Agro-Climatológicas del Lugar Experimental.

Clima	Tropical húmeda
Temperatura media	24.9 °C
Precipitación anual	2295.1 mm
Topografía del suelo	Plana
Textura del suelo	Franco – limoso
pH del suelo promedio	5.5

Fuente: Estación meteorológica Pichilingue. Serie muntianual 1990-2019

3.2. Tipo de Investigación

Se utilizó el método experimental en comparación con la literatura existente y estudios anteriores relativas al uso de reguladores de crecimiento vegetal como una manera de mejorar la propagación de las plantas, con el fin de hallar una alternativa para acelerar este proceso y conseguir mayor número de plantas en poco tiempo.

3.3. Método de Investigación

Se manejó el método deductivo partiendo de la información de diferentes fuentes bibliográficas y de los datos procedentes de la investigación de tipo experimental bajo las condiciones protegidas. También, se utilizó el método analítico para realizar el análisis de los datos obtenidos en la evaluación de los tratamientos.

3.4. Fuentes de Recopilación de la Información

Las fuentes de indagación utilizadas fueron de naturaleza primaria y secundaria; las fuentes primarias corresponden a la observación, mientras que las secundarias corresponden a la búsqueda de información necesaria de libros, revistas científicas, entre otras, que fueron manejadas para discutir los hallazgos o resultados derivados de la investigación.

3.5. Diseño Estadístico

3.5.1. Factores de Estudio

De los 3 factores de especie en estudio, Echeverría no se adaptó al clima y al sustrato aplicado lo que causó la muerte de todas las unidades experimentales por tal razón de aquí en adelante se estudiarán solo 2 factores para especie que se indica a continuación:

Se estudiaron tres factores: A 2 especies vegetales; B 2 Reguladores de crecimiento y C 4 concentraciones de los reguladores

3.5.2. Tratamientos

Con la combinación de los tres factores se establecieron 16 tratamientos que se detallan a continuación.

Tabla 5.

Tratamientos en el presente ensayo.

Tratamientos	Especies	Reguladores de crecimiento	Dosis(ppm)
1	<i>Sedum</i>	ANA	0
2	<i>Sedum</i>	ANA	500
3	<i>Sedum</i>	ANA	1000
4	<i>Sedum</i>	ANA	1500
5	<i>Sedum</i>	AIB	0
6	<i>Sedum</i>	AIB	500
7	<i>Sedum</i>	AIB	1000
8	<i>Sedum</i>	AIB	1500
9	<i>Pachyveria</i>	ANA	0
10	<i>Pachyveria</i>	ANA	500
11	<i>Pachyveria</i>	ANA	1000
12	<i>Pachyveria</i>	ANA	1500
13	<i>Pachyveria</i>	AIB	0
14	<i>Pachyveria</i>	AIB	500
15	<i>Pachyveria</i>	AIB	1000
16	<i>Pachyveria</i>	AIB	

3.5.3. *Diseño Estadístico*

Se manejó el diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2x4, en 3 repeticiones. Todas las variables en estudio fueron sometidas al análisis de varianza para establecer la significancia estadística y a la prueba de Duncan al 95% para la comparación de medias. El procesamiento de información fue realizado con el Software Infostat.

3.5.4. *Esquema el Análisis de Varianza*

Tabla 6.

Esquema del análisis de la varianza.

Fuentes de variación	Gl
Especies	1
Reguladores de crecimiento	1
Concentraciones	3
Especies x Reguladores C	1
Especies x Concentraciones	3
Reguladores x Concentraciones	3
Especies x Reguladores x Concentraciones	3
Error experimental	32
Total	47

Elaborado: Autor

3.6. Instrumentos de Investigación

3.6.1. Manejo del Ensayo

3.6.1.1. Material Genético

Se utilizaron 3 especies de Crassulaceae *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum*, las cuales fueron obtenidas de un vivero especializado de plantas de 1 año de edad, podadas previamente de sus hijuelos, y nutridas con fertilizantes de liberación lenta, teniendo en cuenta el verdor uniforme entre todas.

3.6.1.2. Preparación de los Reguladores de Crecimiento Vegetal

Para la preparación de los reguladores de crecimiento se procedió a pesar 10 g de talco por tratamiento y las diferentes concentraciones de ANA y AIB, una vez pesado el contenido de las hormona se diluyo con alcohol al 85% para mezclar con talco en un plato de aluminio, se mezcla bien hasta formar una masa añadiendo pequeñas cantidades de alcohol , una vez mezclado se extendió en el plato y este se lo coloco al sol y se deja por un día; luego se retiró y con la ayuda de una espátula se desprendió la masa seca y se convirtió en polvo para ser ubicada en los recipientes contenedores que estaban señalizados con una etiqueta para fácil reconocimiento.

3.6.1.3. Preparación del Sustrato

Estas plantas necesitaron un sustrato que les permita un fácil drenaje de agua, por esto se usó un 30% de tierra de sembrar, un 30% de turba y un 40% de arena, en un balde se mezcló todos los ingredientes hasta que quede una mezcla homogénea para colocarla en las bandejas plásticas.

3.6.1.4. Empleo de los Reguladores de Crecimiento Vegetal

Los reguladores de crecimiento en polvo se aplicaron en la zona de corte donde se encuentra expuesto el tejido a estimular para brotes de células meristemáticas, se tocó con la parte mencionada tres veces en el recipiente con polvo y se dejó en la bandeja y orden correspondiente.

3.6.1.5. Plagas y Enfermedades

Las plantas suculentas, no están sometidas particularmente a enfermedades siendo no necesario la aplicación de ningún control fitosanitario.

3.6.1.6. Riego

El riego se realizó todos los días con un atomizador, se dejaba bien humedecidas las bandejas para evitar el estrés hídrico de las hojas.

3.6.2. Variables Evaluadas

3.6.2.1. Porcentaje de Mortalidad (%)

Se contabilizó la cantidad de hojas que sobrevivieron y se obtuvo un % (porcentaje) en base a la cantidad inicial de hojas según la siguiente fórmula:

$$\text{NPM} \\ \text{TM} = \text{-----} \times 100$$

NIP

Donde:

- **TM**= Tasa de mortalidad (%)
- **NPM**=Numero de plantas muertas
- **NIP**=Numero inicial de plantas

3.6.2.1. Numero de Raíces

El número de la raíz de las Crassulaceae se obtuvo mediante el programa informático Safira versión 1.1 determinándose el promedio por cada unidad experimental a los 31 días después de la siembra.

3.6.2.2. Volumen de Raíces (mm³)

En las mismas hojas empleadas en la variable anterior se determinó el volumen de raíces mediante el programa informático Safira versión 1.1.

3.6.2.3. Longitud de Raíces(mm)

La variable longitud de raíces fue obtenida en las mismas hojas de las variables anteriores y con el programa informático Safira versión 1.1.

3.6.2.4. Diámetro de Raíces(mm)

El diámetro de raíces de las Crassulaceae se obtuvo mediante el programa informático Safira versión 1.1, en las hojas de las variables anteriores.

3.6.2.5. Área de Raíces(mm²)

El volumen de raíces de las Crassulaceae se obtuvo mediante el programa informático Safira versión 1.1.

3.6.2.6. Diámetro de Brotes(mm)

El diámetro de brote de las Crassulaceae se obtuvo mediante el programa informático Safira versión 1.1.

3.6.2.7. Cantidad de Brotes

La cantidad de brote de las Crassulaceae se obtuvo contando el número de brote de cada hoja para luego establecer el promedio por unidad experimental.

3.6.2.8. Área de Brotes (mm²)

El área de brote de las Crassulaceae se obtuvo mediante el programa informático Safira versión 1.1.

3.6.2.9. Volumen de Brotes(mm²)

El volumen de brote de las Crassulaceae se obtuvo mediante el programa informático Safira versión 1.1.

3.6.2.10. Porcentaje de Enraizamiento (%)

Se determinó el número de hojas con raíces estableciendo el promedio porcentual de unidad experimental para lo cual se utilizó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de enraizamiento} = \frac{\text{Hojas enraizadas}}{\text{total de hojas}} \times 100$$

3.7. Tratamientos de los Datos

Para obtener las tablas se utilizó Excel para comparar y relacionar variables. Se llevaron los datos a Infostad que realizó análisis estadístico con el 0.05 de error.

3.8. Recursos Humanos y Materiales

3.8.1. Recursos Humanos

- Docente director del proyecto de investigación.
- Estudiante responsable del proyecto de investigación

3.8.2. Recursos Materiales y Equipos

- Bandejas plásticas (ancho 35,5cm, largo 46,5cm, alto 2cm)
- Tijeras
- Etiquetas

- Libretas de campo
- Sustrato (arena, para mejor filtración de agua)
- Cámara fotográfica (48MP, f/1.79, 1.6µm)
- Software Safira

3.8.3. *Material Vegetativo*

- Plantas madre de *Sedum*
- Plantas madre de *Pachyveria*
- Plantas madre de *Echeveria*

3.8.4. *Reguladores de Crecimiento*

- Regulador de crecimiento ANA (10g)
- Regulador de crecimiento AIB (10g).

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Porcentaje de Mortalidad

En la tabla 7 se presenta los valores porcentuales de mortalidad. Realizado el análisis de varianza se obtuvo significancia estadística para especies y reguladores; siendo el coeficiente de variación 20.57 %. Realizada la prueba de Duncan al 95% de probabilidad la especie *Echeveria* registro el mayor porcentaje con un 92.72 %, estadísticamente superior a *Pachiveria* y *Sedum*

Cuando se aplicó el regulador AIB la mortalidad alcanzo 45.84 % superior a ANA que registro el menor promedio con 41.21%. Con la aplicación de 500 ppm se presentó la mayor mortalidad con 48.61 %, sin diferir estadísticamente de las restantes dosis que registran mortalidad de 36.13 a 45.14%, siendo el de menor promedio el tratamiento sin aplicación.

Tabla 7a.*Valores porcentuales de mortalidad de los efectos principales.*

Especie	% de mortalidad*	
Echeveria	92.72	a
Paachyveria	22.92	b
Sedum	15.10	c
Regulador		
AIB	45.84	a
ANA	41.32	b
Dosis		
	0	36.13
	500	48.61
	1000	45.14
	1500	44.44
Especie	Dosis	
Echeveria	0	70.88 b
Echeveria	500	100.00 a
Echeveria	1000	100.00 a
Echeveria	1500	100.00 a
Pachyveria	0	22.92 c
Pachyveria	500	27.08 c
Pachyveria	1000	22.92 c
Pachyveria	1500	18.75 cd
Sedum	0	14.58 cd
Sedum	500	18.75 cd
Sedum	1000	12.50 d
Sedum	1500	14.58 cd

Tabla 7b.*Valores porcentuales de mortalidad de los efectos principales.*

Especie	Regulador	Dosis		
Echeveria	AIB	0	70.92	a
Echeveria	AIB	500	100.00	a
Echeveria	AIB	1000	100.00	a
Echeveria	AIB	1500	100.00	a
Echeveria	ANA	0	70.83	a
Echeveria	ANA	500	100.00	a
Echeveria	ANA	1000	100.00	a
Echeveria	ANA	1500	100.00	a
Pachiveria	AIB	0	25.00	bc
Pachiveria	AIB	500	33.33	b
Pachiveria	AIB	1000	33.33	b
Pachiveria	AIB	1500	16.67	bc
Pachiveria	ANA	0	20.83	bc
Pachiveria	ANA	500	20.83	bc
Pachiveria	ANA	1000	12.50	bcd
Pachiveria	ANA	1500	20.83	bc
Sedum	AIB	0	16.67	bcd
Sedum	AIB	500	12.50	bcd
Sedum	AIB	1000	20.83	bc
Sedum	AIB	1500	20.83	bc
Sedum	ANA	0	12.50	bcd
Sedum	ANA	500	25.00	bc
Sedum	ANA	1000	4.17	d
Sedum	ANA	1500	8.33	cd
Promedio			43.57	
Coefficiente de Variación %			20.57	

* Promedios con la misma letra en cada grupo no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 95% de probabilidad

La especie de *Echeveria* con dosis 500, 1000, 1500 ppm del regulador AIB y ANA registraron el mayor porcentaje de mortalidad con 100% en igualdad estadística, de *Echeveria* sin aplicación que registró 70.80 y 70.93 % de mortalidad, estadísticamente superiores a las demás interacciones que presentaron promedios entre 4.17 % para la especie *Sedum* con ANA

en dosis de 1000 ppm y 33.33 %, *Pacheveria* con el regulador AIB en dosis de 1000 y 1500 ppm.

4.1.2. Número de Raíces

En la tabla 8, se presenta el número de raíz. Realizado el análisis de varianza para número de raíces se obtuvo significancia estadística para dosis y reguladores, siendo los coeficientes de variación 23.83, con un promedio de 5.16.

Tabla 8.

Valores de numero de raíz.

Especies	Numero de Raiz	
Pachyveria	4.9	
Sedum	5.5	
	Reguladores	
	AIB	4.6 b
	ANA	5.8 a
	Dosis	
	0	3.0 c
	500	4.0 bc
	1000	8.3 a
	1500	5.4 b
Promedio		5.16
Coefficiente de Variación %		23.83

* Promedios con la misma letra en cada grupo no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 95% de probabilidad

Realizada la prueba al 95 % de probabilidad las especies no tuvieron significancia, mientras que en reguladores ANA se portó de una mejor manera con 5.8 a diferencia de AIB con un promedio de 4.6.

En dosis también hubo diferencia significativa cuando se aplicó 1000 ppm presentó el mayor número de raíz con 8.3, difiriendo estadísticamente de las restantes dosis que registran de 3.0 a 5.4; siendo la de menor promedio el tratamiento sin aplicación.

4.1.3. Volumen de Raíz

En la tabla 9, se presenta el volumen de raíz. Realizado el análisis de varianza para volumen de raíces se obtuvo significancia estadística para dosis y, siendo los coeficientes de variación 23.52, con un promedio de 10.24mm³.

Tabla 9.

Valores de volumen de raíz.

Especies	Volumen de Raíz*		
Pachyveria		9.1	
Sedum		11.4	
	Reguladores		
	AIB	10.0	
	ANA	10.5	
	Dosis		
	0	4.9	c
	500	8.8	b
	1000	17.9	a
	1500	9.4	b
Promedio		10.24 mm ³	
Coefficiente de Variación %		23.52	

* Promedios con la misma letra en cada grupo no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 95% de probabilidad

Especie y reguladores no presentaron significancia estadística, mientras que dosis si presento significancia estadística cuando se aplicó la dosis con 1000 ppm se presentó el mayor volumen de raíz con 8.3 mm.

4.1.4. Longitud de raíz

En la tabla 10, se presenta la longitud de raíz. Realizado el análisis de varianza para longitud de raíces se obtuvo significancia estadística para reguladores y dosis, siendo los coeficientes de variación 14.5 con un promedio de 12.79 mm.

Tabla 10.

Valores de longitud de raíz.

Especies	Longitud de Raíz*		
Pachyveria	0.8		
Sedum	0.8		
	Reguladores		
	AIB	0.8	
	ANA	0.7	
	Dosis		
	0	0.7	b
	500	0.7	b
	1000	0.9	a
	1500	0.8	b
Promedio		12.79 mm	
Coefficiente de Variación %		14.5	

* Promedios con la misma letra en cada grupo no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 95% de probabilidad

Se obtuvo significancia estadística en reguladores AIB con 0.8, se comportó de una mejor manera a diferencia de ANA con 0.7. En dosis también hubo significancia estadística 1000 ppm se comportó mucho mejor a diferencia de las otras concentraciones con 0.9.

4.1.5. Diámetro de Raíces

En la tabla 11 se presenta los valores de diámetro de raíz con la aplicación del ácido Naftalenacetico y Indolbutirico. Realizado el análisis de varianza se obtuvo significancia

estadística para reguladores; siendo el coeficiente de variación 18.35 y un promedio de 0.78 mm.

Tabla 11.

Valores de diámetro de raíz

Especies	Diametro de Raiz*		
Pachyveria	13.7		
Sedum	11.9		
Reguladores			
AIB	12.3		
ANA	13.3		
Dosis			
	0	9.1	b
	500	14.3	a
	1000	14.9	a
	1500	12.9	a
Promedio	0.78 mm		
Coefficiente de Variación %	18.35		

* Promedios con la misma letra en cada grupo no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 95% de probabilidad

Realizada la prueba al 95 % de probabilidad la especie *Sedum* y *Pachyveria* registraron el mismo promedio de 0.79 mm no difiriendo estadísticamente entre ellas.

Cuando se aplicó el regulador AIB la mayor longitud de raíz alcanzo 0.84 mm superior a ANA que registro el menor promedio con 0.72, defiriendo estadísticamente entre AIB y ANA.

4.1.6. Área de Raíces

En la tabla 12 se presenta los valores de área de raíz con la aplicación del ácido Naftalenacetico y Indolbutirico. Realizado el análisis de varianza se obtuvo significancia estadística para dosis; siendo el coeficiente de variación 19.99 y un promedio de 40.77 mm².

Tabla 12.*Valores de área de raíz.*

Especies	Area de Raiz*	
Pachyveria	41.3	
Sedum	40.2	
	Reguladores	
	AIB	41.8
	ANA	39.7
	Dosis	
	0	23.9 c
	500	39.3 b
	1000	61.2 a
	1500	38.6 b
Promedio	40.77 mm ²	
Coefficiente de Variación %	19.99	

* Promedios con la misma letra en cada grupo no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 95% de probabilidad

Para especies y reguladores no hubo significancia estadística, mientras que para dosis si presento diferencia, cuando aplico la dosis de 1000 ppm se obtuvo el promedio más alto con 61.2 mm², los otros resultados variaron desde 23.9 a 3.3 mm².

4.1.7. Diámetro de Brotes

En la tabla 13 se presenta los valores de diámetro de brote con la aplicación del ácido Naftalenacetico y Indolbutirico. Realizado el análisis de varianza se obtuvo significancia estadística para dosis, especies x dosis, reguladores x dosis, reguladores x dosis x especies; siendo el coeficiente de variación 24.52 y un promedio de 3.0 mm.

Tabla 13.

Valores de diámetro de brotes.

Especie		Diametro Brote*		
		Dosis		
		0	2.0	b
		500	3.5	a
		1000	3.2	a
		1500	3.7	a
Especie		Dosis		
Pachyveria		1500	4.3	a
Pachyveria		500	4.1	a
Pachyveria		1000	3.9	ab
Sedum		0	3.1	bc
Sedum		1500	3.1	bc
Sedum		500	2.8	c
Sedum		1000	2.53	c
Pachyveria		0	0.88	d
	Reguladores	Dosis		
	AIB	500	4.11	a
	ANA	1500	4.11	a
	ANA	1000	3.48	ab
	AIB	1500	3.2	ab
	AIB	1000	2.99	bc
	ANA	500	2.85	bc
	ANA	0	2.19	cd
	AIB	0	1.78	d
Especie	Reguladores	Dosis		
Pachyveria	AIB	0	0.9	d
Pachyveria	AIB	500	5.1	a
Pachyveria	AIB	1000	3.1	c
Pachyveria	AIB	1500	3.4	c
Pachyveria	ANA	0	0.9	d
Pachyveria	ANA	500	3.1	
Pachyveria	ANA	1000	4.7	ab
Pachyveria	ANA	1500	5.1	a
Sedum	AIB	0	2.7	c
Sedum	AIB	500	3.1	c
Sedum	AIB	1000	2.8	c
Sedum	AIB	1500	3.0	c
Sedum	ANA	0	2.5	bc
Sedum	ANA	500	2.5	c
Sedum	ANA	1000	2.2	c
Sedum	ANA	1500	3.0	c
Promedio			3.0 mm	
Coefficiente de Variación %			24.52	

* Promedios con la misma letra en cada grupo no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 95% de probabilidad

En dosis presento diferencia estadística el mayor promedio lo alcanzo 1500 ppm con 3.7 mm, especie x dosis presentaron diferencia estadística el mayor promedio fue 4.3 de Pachyveria con 1500 ppm, en la interacción de reguladores x dosis se observa que AIB 500 ppm y ANA 1500 ppm obtuvieron 4.11 mm siendo el mejor promedio, en especie x regulador x dosis Pachyveria AIB 500 Y Pachyveria ANA 1500 demostraron el mejor promedio con 5.1 mm.

4.1.8. Cantidad de Brote

En la tabla 14 se presenta los valores de cantidad de brote con la aplicación del ácido Naftalenacetico y Indolbutirico de tres especies en Crassulaceae-efectos principales. Realizado el análisis de varianza se obtuvo significancia estadística para especies y dosis; siendo el coeficiente de variación 15.58 y un promedio de 1.4.

Tabla 14.

Valores de cantidad de brote.

Especies	Cantidad de Brotes *	
Pachyveria	1.6	a
Sedum	1.2	b
Reguladores		
AIB	1.3	
ANA	1.6	
Dosis		
0	0.9	c
500	1.9	a
1000	1.2	bc
1500	1.7	ab
Promedio	1.4	
Coefficiente de Variación %	15.58	

* Promedios con la misma letra en cada grupo no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 95% de probabilidad

En especies mostraron significancia estadística, Pachyveria se comportó de una mejor manera con 1.6 a diferencia de Sedum con 1.2 en promedio.

En dosis el mejor resultado fue de 1.9 en concentración 500 ppm, los otros resultados variaron de 0.9 a 1.7.

4.1.9. Área de Brote

En la tabla 15 se presenta los valores de cantidad de brote con la aplicación del ácido Naftalenacetico y Indolbutirico en Crassulaceae-efectos principales. Realizado el análisis de varianza se obtuvo significancia estadística para dosis, especie x dosis, reguladores x dosis; siendo el coeficiente de variación 21.6.

Tabla 15.*Valores de Área de brote.*

	Dosis	Area de Brote*	
	0	92.3	c
	500	292.1	a
	1000	190.2	b
	1500	243.4	ab
Especies	Dosis		
Sedum	500	16.9	a
Pachyeria	500	16.5	a
Pachyeria	1500	16.1	ab
Sedum	1500	14.2	abc
Pachyveria	1000	13.9	abc
Sedum	1000	12.7	bc
Sedum	0	11.7	c
Pachyveria	0	6.7	d
Reguladores	Dosis		
AIB	500	19.0	a
ANA	1500	16.9	ab
ANA	1000	14.8	bc
ANA	500	14.4	bc
AIB	1500	13.4	bcd
AIB	1000	11.9	cd
ANA	0	10.5	de
AIB	0	7.9	e
Promedio		204.5 mm ²	
Coefficiente de Variación %		21.6	

* Promedios con la misma letra en cada grupo no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 95% de probabilidad

En dosis presenta valores con significancia estadística, el promedio más alto se observó en concentración 500 ppm con 292.1.

En especie x dosis el mayor promedio se lo observo en Sedum 500 ppm con 16.9 seguido de Pachyveria 500 ppm con 16.5. En la interacción de regulador x dosis AIB 500 mostro el mejor promedio con 19.0 en promedio a comparación de los otros resultados.

4.1.9. Volumen de Brote

En la tabla 16 se presenta los valores volumen de brote con la aplicación del ácido Naftalenacetico y Indolbutirico en Crassulaceae. Realizado el análisis de varianza se obtuvo significancia estadística para dosis, especies x dosis, reguladores x dosis; siendo el coeficiente de variación 30.

Tabla 16.

Valores de volumen de brote.

Dosis		Volumen de Brote*	
0		85.9	c
500		382.2	a
1000		228.0	b
1500		318.3	ab
Especies	Dosis		
Pachyveria	500	20.4	a
Pachyveria	1500	19.2	ab
Sedum	500	17.2	abc
Pachyveria	1000	16.3	abc
Sedum	1500	14.5	bc
Sedum	0	12.5	c
Sedum	1000	11.9	c
Pachyveria	0	3.6	d
Reguladores	Dosis		
AIB	500	21.9	a
ANA	1500	19.1	ab
ANA	1000	16.4	bc
ANA	500	15.6	bc
AIB	1500	14.5	bcd
AIB	1000	11.8	cde
ANA	0	9.3	de
AIB	0	6.8	e
Promedio		253.5 mm ³	
Coefficiente de Variación %		30	

* Promedios con la misma letra en cada grupo no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 95% de probabilidad

En dosis 500 ppm demostró alcanzar un promedio mayor de 382.2 a comparación de las otras dosis que difirieron de 85.9 a 318.3.

En especie x dosis Pachyveria 500 Ppm supero con 20.4 a los otros resultados demostrando ser el promedio más alto, en la interacción de reguladores x dosis AIB 500 ppm CON 21.9 demostró ser el promedio más alto y que mejor resultado dio.

4.1.10. Porcentaje de Enraizamiento

En la tabla 17 se presenta los valores porcentaje de enraizamiento con la aplicación del ácido Naftalenacetico y Indolbutirico de tres especies de Crassulaceae-efectos principales. Realizado el análisis de varianza se obtuvo significancia estadística para especies y reguladores; siendo el coeficiente de variación 13.18.

Tabla 17.

Valores de porcentaje de enraizamiento.

Especie	% de enraizamiento*	
Pachyveria	77.70	b
Sedum	88.75	a
Reguladores		
AIB	80.42	
ANA	85.94	
Dosis		
0	83.33	
500	79.17	
1000	82.71	
1500	87.50	
Promedio	89.99%	
Coefficiente de Variación %	15.87	

* Promedios con la misma letra en cada grupo no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 95% de probabilidad

Realizada la prueba al 95 % de probabilidad la especie *Sedum* registro un promedio con 88.75 % mayor a la especie de *Pachyveria* con un promedio de 77.60 %, difiriendo estadísticamente entre ellas.

Cuando se aplicó el regulador ANA el porcentaje de enraizamiento alcanzo 85.94 % superior a AIB que registro un menor promedio con 80.42 %.

Con aplicación de 1500 ppm se presentó el mayor porcentaje de enraizamiento con 87.50 %, no difiriendo estadísticamente los demás valores que registran valores de 79.17 a 83.33 %.

4.2. Discusión

En porcentaje de mortalidad en este trabajo investigativo registra que el menor porcentaje se observa en el tratamiento sin aplicación de regulador con un 36.13 %, mientras que Torres (36) que trabajo con estacas de *Hylocereus megalanthus* (Cactáceas)mezclando los dos regulares ANA Y AIB en concentraciones de 1000,1500 y 2000 ppm donde el testigo tuvo el mayor porcentaje de mortalidad (24.8 %) frente al resto que fue de (3 a 11%).

El mayor número de raíz que presento fue en el regulador ANA con 5.8 y en la concentración 1000 ppm con 8.3, se observó que como resultado ANA fue la que mejor se adaptó y desarrollo mayor número de raíz a comparación de los otros tratamientos, mientras que las de control presento escasas raíces de los demás tratamientos, según Erwin et al (37) quien ejecutó un ensayo para aumentar la propagación de *Echeveria* utilizando hormonas, como ANA, AIB y Etephon; en dicho ensayo lograron diferencias significativas en cuanto al uso de hormona y especie utilizada, demostró la respuesta más efectiva en cuanto al enraizamiento, en la aplicación de las hormonas .Según Frota (38) alcanzaron mejores efectos en el enraizamiento de las vitroplantas de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. , con 26,85 μM de ANA no hubo diferencias significativas entre los clones testados, cuando se emplearon reguladores de crecimiento.

El volumen de raíz muestra que los mejores resultados fueron en el regulador ANA con 10.5 mm^3 y en concentración 1000 ppm con 17.9 mm^3 demuestra que el regulador si se adaptó y desarrollo un mayor volumen. Mientras que Quispe (39), muestra que la aplicación de la fitohormonas AIB en estado líquido en concentraciones 1gr,1.5gr,2gr , se desarrollan y generan un mayor volumen de raíz y que los brotes que no se les agrego la hormonas no desarrollaron una cantidad mayor de volumen , así mismo, Rodríguez (40) muestra que la aplicación a las raíces de concentraciones altas no solo retrasa el alargamiento de la raíz, sino también induce un incremento en el número de ramificaciones también estimula la intensidad de formación de raíces .

Los valores en esta investigación resaltan que en longitud de raíz se presentó que el regulador AIB con 0.8 mm y con dosis de 1000 ppm con 0.9 mm presentan datos mayores, similares a los establecidos por Quispe (39) quien utilizando AIB en 4 tipos de concentraciones de 0 a 4,76% sus valores son inferiores a los evaluados en este proyecto con 86,67 ml. Según Frota (38) muestra que en longitud de las raíces con aplicación de fitohormona ANA con concentración de 0 a 8.05 (μM) alcanzó a un valor de longitud de 0,90 cm, igual a la que alcanzaron las raíces de esta investigación.

En esta investigación el porcentaje de enraizamiento se obtuvo mayor valor en el tratamiento ANA con 84.38% mayor al regulador AIB que obtuvo 77.60%, en concentración la que mayor promedio se observó fue 1500 ppm con un 83.33%, seguido de 1000 ppm con 82.29%. Veliz (41) en su investigación combinó las dos fitohormonas ANA 3500 ppm + AIB 3500 ppm alcanzaron un (98%) de porcentaje de enraizamiento, mientras que en la investigación realizada se aplicaron por separada y se obtuvo un 83.33% de enraizamiento, esto quiere decir que por separadas da un buen porcentaje en concentraciones de 500, 1000, 1500 ppm

En esta investigación el diámetro de brote se pudo demostrar que el regulador que mayor resultado se observó fue ANA con 3.2 mm, en la concentración 1500 ppm generaron un mayor diámetro de brote con 3.7 mm a los 31 días, mientras que Quispe (39) en la misma variable morfológica a la concentración más alta de AIB 4,76%, su promedio más óptimo a los 42 días fue de 29 mm, es decir que a mayor concentración tubo mejor resultado, hasta los 84 días de su experimento, lo cual contrasta con lo obtenido en nuestra investigación que a la concentración más baja a 31 días se tuvieron los valores más óptimos con AIB. Se observó en el ensayo, que en los tratamientos donde hubo la aplicación del enraizador en distintas concentraciones el desarrollo de la parte radicular fue mayor que en el testigo, el cual concuerda con los resultados obtenidos por Ramírez (42), el cual trabaja con esquejes de *Graptopetalum amethystinum* (Rose) y *Echeveria Walter*.

En la variable cantidad de brotes se observa que el regulador ANA tuvo un mejor resultado con 1.6, en concentración la que mejor se adaptó y alcanzo una cantidad de brote mayor fue 500 ppm con 1.9, mientras que Ramos (43) en su trabajo investigativo trabajo con *Chlorophora tinctoria* (L) que con el mayor número de brotes fue “1000 mgkg-1 de ANA + 1000 mgkg-1 de AIB” con 2.4 , en esa investigación trabajaron combinando las dos hormonas, mientras en esta investigación se trabajó por separado y con un resultado no muy lejano del trabajo de Ramos.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El mejor resultado para la tasa de enraizamiento de las tres especies se observó en el regulador de crecimiento de ANA en la concentración de 1500 ppm, alcanzo un enraizamiento mucho mayor frente al otro regulador.
- El mejor sustrato y enraizador fue ANA en concentración de 500 ppm ya que favorece en volumen de brote, área de brote, cantidad de brote y en el porcentaje de mortalidad, demostró que el regulador fue el que mejor resultados demostró.

5.2. Recomendaciones

- Promover el uso de reguladores de crecimiento apicales para obtener un mejor beneficio y una propagación rápida.
- Emplear concentraciones de 500 ppm de ANA para el enraizamiento de esquejes de crasuláceas para poder obtener plántulas de mejor calidad.
- Dar a conocer a los agricultores este tipo de propagación vegetativa utilizando estas hormonas ya que los beneficios que presenta, brinda mejores alternativas de propagación.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFIA

6.1. Bibliografía

1. Lucia de la Torre, Hugo Navarrete, Priscila Muriel, Manuel Macias, Henrik Balslev. Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador. Primera ed. Flor CdIT, editor. Argentina; 2008.
2. Daniel Guillot ELR. La familia Crassulaceae en la flora alóctona valenciana. e book ed. Alonso JIB, editor. Jaca; 2009.
3. Blanco L. Crasuláceas: características, especies, cuidados, enfermedades. Lifeder. 2019 Julio.
4. Mark E. Mort, Nicholas Levens, Christopher P. Randle, Ernst Van Jaarsveld y Annie Palmer. Phylogenetics and diversification of Cotyledon (Crassulaceae) inferred from nuclear and chloroplast DNA sequence data India: American Journal of Botany; 2005.
5. Andrade J, Barrera E, Reyes C, Ricalde M, Vargas G, Cervera C. El metabolismo ácido de de las Crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 2007; 81(37-50).
6. Reyes S., Islas L., González Z., Carrillo R., Vergara S., y Pascal, B. Echeveria, Manual del perfil diagnóstico del género Echeveria en México Chapingo: Sinarefi; 2011.
7. Blanco L. Crassulaceas. [Online].; 2019 [cited 2022 Enero 16. Available from: <https://www.lifeder.com/crasulaceas/>.
8. Jesus T. Etimologia de Crasulacea. [Online].; 2015 [cited 2022 01 17. Available from: <http://etimologias.dechile.net/?crasula.cea>.
9. Guillot OD, Laguna LE, Roselló PJA. La familia Crassulaceae en la flora alóctona valenciana. revista Bouteloua 4. 2008 Septiembre;; p. 303-307.

10. Cushman J. Crassulacean Acid Metabolism. A Plastic Photosynthetic Adaptation to Arid Environments: Plant Physiol; 2001.
11. Sánchez M. Familia Crassulaceae. [Online].; s/f [cited 2022 01 20. Available from: <https://cibercactus.com/crassulaceae/>.
12. Salgado MdJ. Regeneración in vitro de Echeveria calycosa Moran (Crassulaceae) via organogénesis Guadalajara: CONACYT; 2015.
13. Rodríguez D, Ramírez M. Flora Suculenta en el municipio de la Plata "Belleza y armonía ambiental en un solo lugar. Primera ed. La Plata: SENA; 2019.
14. Reyes J, María I, González O. Guía práctica de propagación y cultivo de las especies del género Echeveria. Primera ed. Tlalnepantla: Palabra en Vuelo S.A.; 2011.
15. Andrade J, Barrera E, Reyes C, Ricalde M, Vargas G, Cervera C. El metabolismo ácido de de las Crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 2007; 81(37-50).
16. Winter K, Smith A. Crassulacean Acid Metabolism. Primera ed. Berlín: Springer; 1996.
17. Tropicos.org.. Jardín Botánico de Misuri. [Online].; s/f [cited 2022 01 14. Available from: <https://tropicos.org>.
18. Accati E. Trattato di floricoltura Brasil: Edagricole; 2006.
19. Dorte N. Enciclopedia delle piante da appartamento Brasil: Il Castello; 2006.
20. Motti R. Guia de reconocimiento de plantas arbustibas ornamentales México; 2001.
21. Motti R. Guía y cuidado de propagación México; 2001.
22. Pasqua G. Botánica general y diversidad vegetal Padova: Piccin; 2011.
23. W. Judd, C. Campbell, E. Kellogg, P. Stevens. Botánica sistemática Padova; 2007.

24. Sánchez M. Pachyveria. [Online]. Quito: Jardinería on; 2017 [cited 2022 Enero 9. Available from: <https://www.jardineriaon.com/descubre-a-las-pachyveria-sus-caracteristicas-cuidados-y-mas.html>.
25. Rodríguez D. Flora suculenta en el municipio de la plata (Huila) La Plata: Grupo de investigación Nova; 2019.
26. Sánchez M. Echeveria prolifica, una suculenta bonita y muy fácil de usar México: Jardinería ; 2012.
27. Plantas C. Echeveria elegans o Rosa de alabastro | Cuidados. México: Consulta plantas; 2018.
28. Mederos P. Una suculenta que te fascinará: Echeveria pallida México: Planta panda; 2018.
29. Reyes SJ. Conservación y restauración de cactáceas y otras plantas suculentas mexicanas México: Comisión Nacional Forestal.; 2013.
30. Pulido A. Producción de Cactaceas y Suculentas Mexicanas. Cuaderno de Educacion Sindical. 2012;(63).
31. Alcántara-Cortés JS, Acero Godoy J, Alcántara Cortés JD, Sánchez Mora RM. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. Nova. 2019; 17(32).
32. Andagoya C. Enraizamiento por acodo aéreo de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa* Deg.) con el empleo de hormonas de enraizamiento ANA y AIB Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2017.
33. Ríos C. Efecto de cinco dosis de Ácido Indol 3 butírico en el enraizamiento de estacas de Morera (*Morus spp*) Agropecuarias FdC, editor. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2013.
34. Quimicompany. Ácido naftalenacético (ANA). [Online].; 2020 [cited 2022 Enero 12. Available from: <https://quimicompany.com.co/productos-2/medios-para-cultivos->

vegetal/hormonas-y-reguladores-de-crecimiento-2/auxinas/acido-naftalenacetico-ana/.

35. Quimicompany. Acido naftalenacetico (ANA). [Online].; s/f [cited 2022 Enero 14. Available from: <https://quimicompany.com.co/productos-2/medios-para-cultivos-vegetal/hormonas-y-reguladores-de-crecimiento-2/auxinas/acido-naftalenacetico-ana/>.
36. Torres E. Propagacion asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el canton puerto quito. Universidad tecnica estatal de quevedo. 2015.
37. Erwin J., Gesick E., Altman K., O'Connell R. El regulador del crecimiento vegetal y la temperatura afectan el enraizamiento del corte de hojas de *Echeveria* y *Andromischus* y la formación de brotes axilares. *American Society for Horticultural Science*. 2015 Agosto.
38. Frota H., Souza M., Llamota R., Paiva F. Proliferacao e enraizamiento in vitro de brotes de palma forrageira *Opuntia Picus-indica* (L.). *Acta Scientiarum Biological Sciences*. Maringá. 2004.
39. Carmen Q. Evaluacion de la propagacion vegetativa de la rosa verde (*Echeveria agavoides* Lem.) con aplicaciones de acido indolbutirico (AIB) en un ambiente protegido en la localidad de viacha provincia ingavi del departamento de la paz. RI-UMSA. 2017.
40. R. R. *Morfología y Anatomía Vegetal*. 2005; Edición tercera.
41. Veliz C. "Hormonas ana y aib para la propagacion asexual en esquejes de la pitahaya roja (*Hylocereos undatus*)". UTEQ. 2017.
42. P. R. Protocolo de propagación in vitro para *graptopetalum amethystinum* (rose) E. Walther (Crassulaceae). Universidad Veracruzana. 2012.

43. Gavilanes.L CNJO. Empleo de hormona(ANA Y AIB)estimuladores del enraizamiento para la propagacion vegetativa de Chlorophora tinctoria (L)gaud(Moral fino) en el litoral ecuatoriano. Foresta Veracruzana. 2006 Dec; 8(1).

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo A. Preparación de los reguladores de crecimiento y selección de planta madre



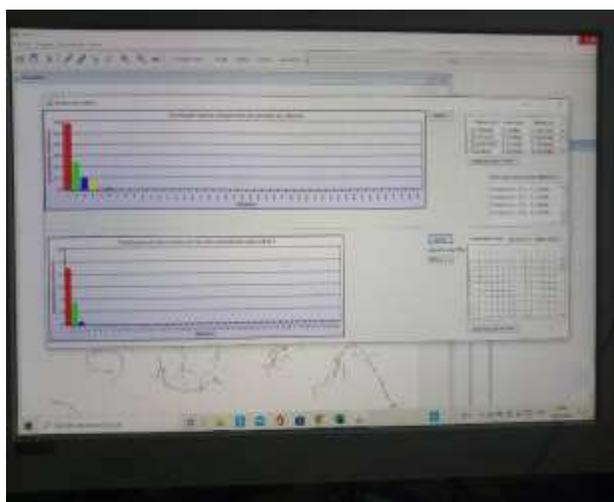
Anexo B. Preparación del sustrato y aplicación de los reguladores de crecimiento



Anexo C. Colocación de las hojas con la aplicación de los reguladores



Anexo D. Corte de las raíces y aplicación de azul violeta para tomar la foto para subir al Safira.



Anexo E. Se ingresaron las imágenes a Safira para obtener los datos



Anexo F. Análisis de varianza de diámetro de raíz



DIAMETRO DE RAIZ

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DIAMETRO DE RAIZ	48	0.58	0.39	18.35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.92	15	0.06	2.98	0.0046
ESPECIE	2.1E-04	1	2.1E-04	0.01	0.9207
REGUL	0.17	1	0.17	8.02	0.0079
DOSIS	0.39	3	0.13	6.23	0.0019
ESPECIE*REGUL	2.7E-03	1	2.7E-03	0.13	0.7201
ESPECIE*DOSIS	0.01	3	4.5E-03	0.22	0.8829
REGUL*DOSIS	0.27	3	0.09	4.28	0.0120
ESPECIE*REGUL*DOSIS	0.09	3	0.03	1.45	0.2461
Error	0.66	32	0.02		
Total	1.59	47			

Anexo G. Análisis de varianza de diámetro de brote

InfoStat/L

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda

.00 .00 A A⁺ A⁺ [Print] [Close] [Grid]

DIAMETRO DE BROTE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DIAMETRO DE BROTE	48	0.79	0.68	24.52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	67.01	15	4.47	7.80	<0.0001
ESPECIE	2.17	1	2.17	3.79	0.0604
REGUL	0.23	1	0.23	0.40	0.5300
DOSIS	20.52	3	6.84	11.94	<0.0001
ESPECIE*REGUL	0.45	1	0.45	0.78	0.3839
ESPECIE*DOSIS	27.73	3	9.24	16.13	<0.0001
REGUL*DOSIS	8.22	3	2.74	4.78	0.0073
ESPECIE*REGUL*DOSIS	7.69	3	2.56	4.47	0.0099
Error	18.34	32	0.57		
Total	85.35	47			

Anexo H. Análisis de varianza de numero de raíz

NUM RAIZ

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NUM RAIZ	48	0.56	0.35	23.83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11.48	15	0.77	2.70	0.0090
ESPECIE	0.27	1	0.27	0.96	0.3341
REGUL	1.22	1	1.22	4.30	0.0463
DOSIS	7.55	3	2.52	8.89	0.0002
ESPECIE*REGUL	0.03	1	0.03	0.12	0.7314
ESPECIE*DOSIS	0.13	3	0.04	0.16	0.9237
REGUL*DOSIS	0.38	3	0.13	0.44	0.7227
ESPECIE*REGUL*DOSIS	1.89	3	0.63	2.22	0.1049
Error	9.06	32	0.28		
Total	20.54	47			

Anexo I. Análisis de varianza de área de raíz

AREA DE RAIZ

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AREA DE RAIZ	48	0.60	0.41	19.99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	72.52	15	4.83	3.14	0.0032
ESPECIE	0.01	1	0.01	0.01	0.9429
REGUL	0.02	1	0.02	0.01	0.9062
DOSIS	49.44	3	16.48	10.71	<0.0001
ESPECIE*REGUL	0.69	1	0.69	0.45	0.5089
ESPECIE*DOSIS	8.08	3	2.69	1.75	0.1765
REGUL*DOSIS	7.71	3	2.57	1.67	0.1930
ESPECIE*REGUL*DOSIS	6.58	3	2.19	1.43	0.2533
Error	49.22	32	1.54		
Total	121.73	47			

Anexo J. Análisis de varianza de volumen de raíz

VOL RAIZ

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
VOL RAIZ	48	0.66	0.50	23.52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32.53	15	2.17	4.14	0.0004
ESPECIE	1.43	1	1.43	2.73	0.1085
REGUL	0.05	1	0.05	0.10	0.7547
DOSIS	24.52	3	8.17	15.60	<0.0001
ESPECIE*REGUL	0.02	1	0.02	0.03	0.8587
ESPECIE*DOSIS	2.03	3	0.68	1.29	0.2931
REGUL*DOSIS	1.95	3	0.65	1.24	0.3111
ESPECIE*REGUL*DOSIS	2.54	3	0.85	1.61	0.2056
Error	16.76	32	0.52		
Total	49.29	47			

Anexo K. Análisis de varianza de longitud de raíz

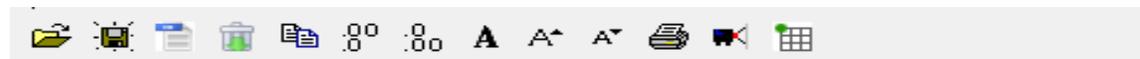
LONGITUD R

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LONGITUD R	48	0.49	0.26	14.48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.32	15	0.55	2.08	0.0399
ESPECIE	0.66	1	0.66	2.46	0.1263
REGUL	0.32	1	0.32	1.20	0.2821
DOSIS	4.87	3	1.62	6.10	0.0021
ESPECIE*REGUL	0.13	1	0.13	0.49	0.4910
ESPECIE*DOSIS	0.65	3	0.22	0.81	0.4969
REGUL*DOSIS	1.24	3	0.41	1.55	0.2199
ESPECIE*REGUL*DOSIS	0.45	3	0.15	0.57	0.6391
Error	8.51	32	0.27		
Total	16.83	47			

Anexo L. Análisis de varianza de área de brote



AREA DE BROTE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AREA DE BROTE	48	0.71	0.58	21.68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	694.76	15	46.32	5.34	<0.0001
ESPECIE	3.41	1	3.41	0.39	0.5351
REGUL	15.06	1	15.06	1.74	0.1968
DOSIS	379.01	3	126.34	14.57	<0.0001
ESPECIE*REGUL	26.30	1	26.30	3.03	0.0912
ESPECIE*DOSIS	86.17	3	28.72	3.31	0.0323
REGUL*DOSIS	128.07	3	42.69	4.92	0.0063
ESPECIE*REGUL*DOSIS	56.74	3	18.91	2.18	0.1094
Error	277.41	32	8.67		
Total	972.18	47			

Anexo M. Análisis de varianza de cantidad de brote



CANTIDAD DE BROTE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CANTIDAD DE BROTE	48	0.61	0.43	15.58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.95	15	0.13	3.37	0.0019
ESPECIE	0.33	1	0.33	8.42	0.0067
REGUL	0.12	1	0.12	3.22	0.0821
DOSIS	0.95	3	0.32	8.19	0.0003
ESPECIE*REGUL	0.04	1	0.04	0.94	0.3404
ESPECIE*DOSIS	0.26	3	0.09	2.23	0.1033
REGUL*DOSIS	0.21	3	0.07	1.84	0.1605
ESPECIE*REGUL*DOSIS	0.04	3	0.01	0.38	0.7680
Error	1.24	32	0.04		
Total	3.19	47			

Anexo N. Análisis de varianza de volumen de brote



VOLUMEN DE BROTE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
VOLUMEN DE BROTE	48	0.73	0.60	30.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1599.21	15	106.61	5.69	<0.0001
ESPECIE	8.20	1	8.20	0.44	0.5129
REGUL	22.41	1	22.41	1.20	0.2822
DOSIS	786.58	3	262.19	14.00	<0.0001
ESPECIE*REGUL	33.47	1	33.47	1.79	0.1907
ESPECIE*DOSIS	385.28	3	128.43	6.86	0.0011
REGUL*DOSIS	243.14	3	81.05	4.33	0.0114
ESPECIE*REGUL*DOSIS	120.13	3	40.04	2.14	0.1149
Error	599.38	32	18.73		
Total	2198.59	47			