



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

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

Título del Proyecto de Investigación:

“EMPLEO DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO (AIB) Y ÁCIDO NAFTALENACÉTICO
(ANA) PARA LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE HIJUELOS DE *Pachyveria* Y
Sedum EN VIVERO.”

Autor:

Diana Milena Rendón Baño

Director de la Unidad de Integración Curricular:

Pablo César Ramos Corrales, PhD.

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2022

Declaración de Autoría y Cesión de Derechos

Yo, **Diana Milena Rendón Baño**, 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 normativa institucional vigente.

Atentamente;

Diana Milena Rendón Baño

Autora

Certificación de Culminación del Proyecto de Investigación

El suscrito, **Dr. Pablo Cesar Ramos Corrales**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Diana Milena Rendón Baño** realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Empleo de ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) para la propagación vegetativa de hijuelos de *Pachyveria* y *Sedum* en vivero.**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidos para el efecto.

Atentamente;

Pablo César 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, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**Empleo de ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) para la propagación vegetativa de hijuelos de *Pachyveria* y *Sedum* en vivero.**”, perteneciente al estudiante de la carrera de agronomía **Diana Milena Rendón Baño**, CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 9%.

	
Documento	PROY. INV. Diana Rendón- P.RAMOS 11.11.22.docx (D149434523)
Presentado	2022-11-11 21:05 (-05:00)
Presentado por	rgaibor@uteq.edu.ec
Recibido	rgaibor.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	PROY. INV. Diana Rendón- P.RAMOS 11.11.22 Mostrar el mensaje completo 9% de estas 26 páginas, se componen de texto presente en 15 fuentes.

Pablo César Ramos Corrales, PhD.
Director del Proyecto de Investigación



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

PROYECTO DE INVESTIGACION

Título:

“Empleo de ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) para la propagación vegetativa de hijuelos de *Pachyveria* y *Sedum* en vivero.”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Aprobado por:

Fernando Abasolo Pacheco PhD.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Msc. Erick Alberto Eguez Enríquez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Msc. Freddy Javier Guevara Santana
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

MOCACHE – LOS RIOS- ECUADOR

2022

Agradecimiento

A Dios por brindarme salud y sabiduría para vivir este gran camino, además por darme una hermosa familia que ha estado conmigo en cada momento, dándome su apoyo para así concluir una de mis metas, ser profesional.

Agradezco a mis padres por ser ejemplo de constancia y amor, ya que son mi impulso y ganas de ser mejor cada día, también agradezco a mis abuelos maternos que se convirtieron en mis segundos padres cuando decidí dejar mi familia para cumplir mi sueño y me acogieron en su hogar como su hija, a mis hermanos que me consideran su ejemplo y que lo son todo para mí, a mi mejor amiga Angie que nunca me ha dejado sola y se ha convertido en un gran apoyo a lo largo de mi vida.

A mi tía y ejemplo profesional en la vida la Ing. Silvia Baño quien me ha inspirado valores como la responsabilidad, puntualidad y perseverancia, quien sé que estará para mí siempre brindándome su apoyo y conocimiento.

Gracias a las palabras de aliento de mis primas Dolly y Ariana que me han motivado a seguir sin parar y no fracasar, abuela, tíos y primos por no dejarme sola y animarme como solo ustedes lo saben hacer.

De manera especial a mi director, docente y amigo, el Dr. Pablo Ramos, quien ha confiado en mí desde hace mucho tiempo y me ha guiado y apoyado de la mejor manera para culminar con éxito mi trabajo de titulación.

Además, agradezco a cada uno de los docentes que han sido parte de toda mi carrera y que compartieron sus conocimientos conmigo, formándome como profesional.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo porque en ella pude vivir una de las mejores etapas de mi vida en la cual cumplí mi sueño de ser profesional y tuve el honor de conocer personas maravillosas que siempre llevare en mi corazón como lo son mis más grandes amigos Dayana, Allison, Nicole y Juan sin este equipo nada de esto hubiera sido posible, en general a mis dieciséis compañeros que siempre estuvieron dispuestos a ayudar y permanecemos unidos a pesar de las adversidades, ahora podemos decir que lo logramos.

Dedicatoria

Dedico mi trabajo de investigación principalmente a Dios por ayudarme a superar con sabiduría cada uno de los obstáculos que se presentaron para poder llegar hasta aquí, por guiarme de forma correcta en mi camino y no dejar que pierda mi esencia y el saber quién soy.

A mis padres Patricia Baño y Felipe Rendón, que nunca me dejaron sola y me brindaron más de lo que necesitaba, depositaron su confianza y sacrificio en mí, han velado por mi bienestar y siempre me llenaron de amor y buenos consejos para lograr mis sueños.

A mis hermanos Lisseth y Elías Rendón quienes no se imaginan cuan importantes han sido durante toda mi vida y que son un gran motor para seguir cosechando éxitos, a mis abuelos Nelly, Ángel, Alba y Leopoldo (+).

A mi familia en general, hermanos, abuelos, primos, tíos por nunca dejar de confiar en que lo lograría y siempre estar para mí, para darme su apoyo.

Diana Milena Rendón Baño

Resumen

Las crasuláceas como plantas ornamentales cada vez resultan más importantes debido a la extensa morfología que tienen, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el uso de dos reguladores de crecimiento ANA y AIB en la propagación vegetativa de hijuelos de *Pachyveria* y *Sedum* en vivero. El experimento consto de 16 tratamientos: ANA y AIB con 4 concentraciones en ambas especies de los géneros de *Pachyveria* y *Sedum*, bajo un diseño (DCA) con arreglo factorial 2x2x4 en tres repeticiones. La unidad experimental fue de cuatro hijuelos. Los resultados de las variables estudiadas demostraron que en el diámetro de hijuelo las dosis de 500 ppm de ANA en ambos géneros fueron las que tuvieron un mayor crecimiento con 0,34 y 0,33 mm; en la altura de hijuelo *Sedum* con una dosis de 500 ppm de ANA demostró ser mejor; ambas especies de los géneros en estudio con dosis de 500 ppm de ANA obtuvieron el mayor crecimiento de longitud de raíz con promedios de 0,84 y 0,83 cm; en cuanto a diámetro de raíz *Pachyveria* con 1500 ppm de ANA demostró un mayor crecimiento; en el área superficial *Sedum* con 500 ppm de ANA obtuvo 25,75 mm²; *Sedum* con 500 ppm de ANA resulto ser el mejor con un volumen de raíz de 4,54 mm³; el porcentaje de enraizamiento mayor lo obtuvo el tratamiento de *Sedum* con 500 ppm de ANA con 95,83% y en el análisis de costos *Sedum* con 500 ppm de ANA con un 41,25% fue el más rentable.

Palabras clave: crasuláceas, metabolismo MAC, propagación

Abstract

Crassulaceae as ornamental plants are becoming increasingly important due to their extensive morphology, the objective of this research was to evaluate the use of two growth regulators NAA and IBA in the vegetative propagation of Pachyveria and Sedum suckers in the nursery. The experiment consisted of 16 treatments: NAA and IBA with 4 concentrations in both species of the Pachyveria and Sedum genera, under a design (DCA) with a 2x2x4 factorial arrangement in three repetitions. The experimental unit was four suckers. The results of the variables studied showed that in the sucker diameter the doses of 500 ppm of NAA in both genders were the ones that had the greatest growth with 0.34 and 0.33 mm; at the height of Sedum sucker with a dose of 500 ppm of NAA proved to be better; both species of the genera under study with doses of 500 ppm of NAA obtained the greatest growth in root length with averages of 0.84 and 0.83 cm; in terms of root diameter Pachyveria with 1500 ppm of NAA showed greater growth; in the superficial area Sedum with 500 ppm of NAA obtained 25.75 mm²; Sedum with 500 ppm of NAA turned out to be the best with a root volume of 4.54 mm³; the highest rooting percentage was obtained by the treatment of Sedum with 500 ppm of NAA with 95.83% and in the cost analysis Sedum with 500 ppm of NAA with 41.25% was the most profitable.

Keywords: CAM metabolism, crassulaceae, propagation

Tabla de Contenidos

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 Plagio Académico	iv
Certificado de Aprobación por Tribunal de Sustentación	v
Agradecimiento	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
Código Dublin	xvi
Introducción.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Planteamiento del Problema	4
1.2. Justificación	5
1.3. Objetivos.....	6
CAPITULO II.....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco Conceptual.....	8
2.1.1. <i>La Familia de las Crassulaceae</i>	8
2.1.2. <i>Reguladores de crecimiento vegetal</i>	9
2.2. Marco Referencial.....	10
2.2.1. <i>Clasificación Taxonómica de los Géneros</i>	10
2.3. Morfología de la Familia Crassulaceae	10
2.3.1. <i>Planta</i>	10
2.3.2. <i>Hojas</i>	10
2.3.3. <i>Flores</i>	11
2.3.4. <i>Frutos</i>	11

2.4.	Hábitat.....	11
2.5.	Géneros	11
2.5.1.	<i>Pachyveria</i>	11
2.5.2.	<i>Sedum</i>	12
2.6.	Aspectos Fisiológicos de las Especies	13
2.7.	Reguladores de Crecimiento Vegetal	15
2.7.1.	<i>Ácido Indolbutírico</i>	15
2.7.2.	<i>Ácido Naftalenacético</i>	16
2.8.	Métodos de propagación	16
2.8.1.	<i>Propagación Sexual</i>	16
2.8.2.	<i>Propagación vegetativa o asexual</i>	17
2.9.	Influencia de los reguladores de crecimiento en la propagación	18
3.	CAPITULO III	20
	MÉTODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	20
3.1.	Localización.....	21
3.2.	Tipo de investigación.....	21
3.3.	Método de investigación	21
3.4.	Fuente de recopilación de información.....	22
3.5.	Factores en estudio.....	22
3.6.	Tratamientos	22
3.7.	Diseño de la investigación	23
3.8.	Esquema del ADEVA	23
3.9.	Instrumentos de investigación – Manejo del ensayo	24
3.9.1.	<i>Material genético</i>	24
3.9.2.	<i>Preparación de los reguladores de crecimiento vegetal</i>	24
3.9.3.	<i>Preparación del sustrato</i>	24
3.9.4.	<i>Empleo de los reguladores de crecimiento vegetal</i>	24
3.9.5.	<i>Variables en estudio</i>	25
3.10.	Recursos humanos y materiales	26
3.10.1.	<i>Recursos humanos</i>	26
3.10.2.	<i>Materiales y equipos</i>	27
4.	CAPITULO IV	28
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1.	Resultados.....	29

4.1.1.	<i>Diámetro de hijuelo</i>	29
4.1.2.	<i>Altura de hijuelo</i>	30
4.1.3.	<i>Longitud de raíz</i>	30
4.1.4.	<i>Diámetro de raíz</i>	31
4.1.5.	<i>Área superficial de raíz</i>	32
4.1.6.	<i>Volumen de raíz</i>	33
4.1.7.	<i>Porcentaje de Enraizamiento</i>	34
4.1.8.	<i>Análisis de Costos</i>	35
4.2.	<i>Discusión</i>	37
6.	CAPITULO V	39
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
6.1.	Conclusiones.....	40
6.2.	Recomendaciones	41
7.	CAPITULO VI.....	42
	BIBLIOGRAFÍA	42
7.1.	Bibliografía	43
	CAPITULO VII.....	46
8.	ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-** Área superficial de raíz de los hijuelos, datos obtenidos a través del software Safira. Análisis multifactorial (especie+regulador+dosis), las barras indican $\pm$ error estándar; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a p 0.05 (test de Duncan). 33
- Figura 2.-** Volumen de raíz, después de 30 días en vivero, datos obtenidos a través del software Safira. Análisis multifactorial (especie+regulador+dosis), las barras indican $\pm$ error estándar; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a p 0.05 (test de Duncan). 34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de los géneros de Crassulaceae	10
Tabla 2. Características Agroclimáticas de la zona de investigación	21
Tabla 3. Tratamientos en el presente ensayo	22
Tabla 4. Esquema del análisis de varianza	23
Tabla 5. Crecimiento del diámetro de hijuelos en función de los factores e interacciones con significancia estadística.	29
Tabla 6. Valores del crecimiento de la altura de hijuelos con el factor dosis.....	30
Tabla 7. Valores del crecimiento de la longitud de raíz de los hijuelos en función a los factores e interacción con significancia.....	31
Tabla 8. Valores de los diámetros de raíces al finalizar la investigación en función del factor dosis.....	32
Tabla 9. Porcentaje de enraizamiento obtenidos en función de los factores regulador y dosis que presentaron significancia estadística en el análisis multifactorial.	35
Tabla 10. Análisis económico para la propagación de Pachyveria y Sedum con diferentes concentraciones de reguladores de crecimiento ANA y AIB.....	36

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Plantas madres utilizadas	47
Anexo B. Siembra de hijuelos.....	47
Anexo C. Ubicación de bandejas	47
Anexo D. Riego manual a los hijuelos de <i>Pachyveria</i> y <i>Sedum</i>	48
Anexo E. Toma de datos	48
Anexo F. Ingreso de datos al sistema Infostat	48
Anexo G. Costos por tratamiento.....	49
Anexo H. Rendimientos por tratamiento	49
Anexo I. Análisis de varianza de la variable diámetro de hijuelo.....	49
Anexo J. Análisis de varianza de la variable longitud de raíz	50
Anexo K. Análisis de varianza de la variable altura de hijuelo	50
Anexo L. Análisis de varianza de la variable diámetro de raíz.....	50
Anexo M. Análisis de varianza de la variable área superficial de la raíz	51
Anexo N. Análisis de varianza de la variable volumen de raíces	51
Anexo Ñ. Análisis de varianza de la variable porcentaje de enraizamiento	51

Código Dublin

Título:	Empleo de ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) para la propagación vegetativa de hijuelos de <i>Pachyveria</i> y <i>Sedum</i> en vivero.		
Autor:	<u>Rendón Baño Diana Milena</u>		
Palabras clave:	Crasuláceas	Ácido indolbutírico	Ácido naftalenacético
Fecha de publicación:			
Editorial:			
Resumen:	Las crasuláceas como plantas ornamentales cada vez resultan más importantes debido a la extensa morfología que tienen, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el uso de dos reguladores de crecimiento ANA y AIB en la propagación vegetativa de hijuelos de <i>Pachyveria</i> y <i>Sedum</i> en vivero. El experimento consto de 16 tratamientos: ANA y AIB con 4 concentraciones en ambas especies de los géneros de <i>Pachyveria</i> y <i>Sedum</i>, bajo un diseño (DCA) con arreglo factorial 2x2x4 en tres repeticiones. La unidad experimental fue de cuatro hijuelos. Los resultados de las variables estudiadas demostraron que en el diámetro de hijuelo las dosis de 500 ppm de ANA en ambos géneros fueron las que tuvieron un mayor crecimiento con 0,34 y 0,33 mm (...) Crassulaceae as ornamental plants are becoming increasingly important due to their extensive morphology, the objective of this research was to evaluate the use of two growth regulators NAA and IBA in the vegetative propagation of Pachyveria and Sedum suckers in the nursery. The experiment consisted of 16 treatments: NAA and IBA with 4 concentrations in both species of the Pachyveria and Sedum genera, under a design (DCA) with a 2x2x4 factorial arrangement in three repetitions. The experimental unit was four suckers. The results of the variables studied showed that in the sucker diameter the doses of 500 ppm of NAA in both genders were the ones that had the greatest growth with 0.34 and 0.33 mm (...)		
Descripción:	67 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162		
URL:			

Introducción

Ecuador es uno de los 17 países mega diversos del mundo, es decir de los más ricos en biodiversidad y endemismo. Con una extensión de tan sólo el 0.1% del total de la superficie terrestre, alberga la mayor cantidad de animales y plantas por kilómetro cuadrado que el resto de países del planeta. La flora ecuatoriana tiene un 10 por ciento de todas las especies de plantas que hay en el planeta. De este porcentaje, la mayor cantidad crece en la cordillera de los Andes, en la zona noroccidental, donde se calcula que hay aproximadamente 10 mil especies, dentro de esta gran variedad se encuentran las crasuláceas y sus diferentes especies (1).

La familia de las *Crassulaceae*, ha tomado un papel importante en el mundo de las plantas ornamentales, debido a que poseen una amplia variabilidad morfológica en cuanto a tamaño de la planta, forma, espesor y color de las hojas, así como tamaño y forma de la inflorescencia. Esta familia comprende una diversa familia de plantas suculentas compuesta por 34 géneros y 1 410 especies descritas (2).

Entre los géneros más estudiados se encuentran las *Pachyveria* y *Sedum* debido a su importancia en el mercado ornamental, la propagación de este tipo de plantas se suele realizar por dos vías distintas: 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 (3).

De acuerdo al constante crecimiento de la demanda del mercado de estos géneros de plantas, se necesita incrementar la oferta por unidad de superficie; por lo tanto, se necesita protocolos de producción que permita obtener mayor número de plantas, en corto tiempo con ayuda los reguladores de crecimiento (4).

En 2015 se realizó un ensayo en una especie de la familia de las crasuláceas, donde se usaron hormonas tales como ANA, AIB y Ethepon, en donde sí se obtuvieron diferencias significativas, mostrando una influencia en el enraizamiento (5), siendo esto algo positivo ya que las crasuláceas necesitan tener raíces que les permitan absorber la mayor cantidad de agua posible debido al clima de origen.

Así mismo en 2020 se evaluó el efecto de AIB en la inducción de raíces de una especie ornamental, en el cual se obtuvo que la concentración de 0,5% de AIB resultaron mejor en cuanto a número de raíces (6) .

La investigación evaluó el uso de ácido indolbutírico (AIB) y Ácido naftalenacético (ANA) como medio de aceleración en el tiempo de propagación vegetativa de hijuelos de *Pachyveria*, y *Sedum* en ambiente controlado.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

Las plantas con metabolismo ácido de las crasuláceas o como son conocidas por sus siglas en inglés (CAM) tienen la particularidad de poseer dos tipos de fotosíntesis porque están adaptadas a climas áridos y semi áridos, por ende, en la localidad de Quevedo estas plantas no tienen estudios de propagación, adaptabilidad al medio semi húmedo y menos para una multiplicación rentable, es por eso que tener nuevas alternativas que permitan una propagación más eficiente son necesarias.

Diagnóstico

Las crasuláceas en la zona de los Ríos son plantas que han sido introducidas de localidades de la serranía y amazonia, la adaptación es un pilar fundamental en el método de multiplicación de estas especies ornamentales, técnicas que los productores de viveros desconocen por falta de información sobre el uso de hormonas reguladoras de crecimiento.

Formulación del Problema

¿Qué efecto producen las hormonas reguladoras de crecimiento y desarrollo en el tiempo de reproducción hijuelos en crasuláceas?

Sistematización del Problema

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

¿Qué diferencias existen entre las especies que contienen hormonas reguladoras de crecimiento y las que no?

¿Cuál es el beneficio de la utilización de hormonas reguladoras de crecimiento?

1.2. Justificación

Dentro de la familia de las *Crassulaceae*, existen diversos géneros de plantas ornamentales, que a lo largo del tiempo han ido apoderándose de los jardines, por ser especies con una morfología externa muy llamativa y no requerir de mucho cuidado en cuanto a riego, ya que son plantas que utilizan la vía del metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM), que es donde se reduce al mínimo la fotorrespiración.

En nuestra zona no se ha hecho investigación acerca de métodos que ayuden a una rápida y efectiva propagación de plantas como las suculentas, por lo que simplemente se hace reproducción mediante hojas e hijuelos sin aplicar ninguna hormona que ayude a estimular un crecimiento acelerado de raíces. Además, estos géneros de plantas al ser introducidos a zonas cálidas y húmedas deben pasar por un proceso de adaptabilidad, ya que su origen es de zonas áridas y semiáridas y con una mayor propagación se tendrán suficientes plantas listas para ser trasplantadas a los jardines de los clientes.

Para que este proceso de propagación sea más rápido y eficaz se ha planteado la aplicación de dos fitohormonas: el ácido indolbutírico que es un regulador de crecimiento que se usa para estimular el desarrollo de raíces de todo tipo de plantas en la multiplicación asexual y el ácido naftalenacético que es un fitorregulador que, en función de la dosis empleada y momento de aplicación, actúa sobre la abscisión, división celular y a su vez induce la formación de raíces.

La aplicación de reguladores de crecimiento se utiliza en la actualidad para mejorar y acelerar el proceso de propagación y se ha demostrado que si tienen un efecto positivo probando diversas dosis para poder conocer cuál es la más adecuada.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo General*

Evaluar el uso de ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) en la propagación vegetativa de hijuelos de *Pachyveria* y *Sedum* en vivero.

1.3.2. *Objetivos Específicos*

- Determinar el efecto de ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) en el desarrollo radicular de los hijuelos.
- Evaluar el efecto de ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) en la morfología aérea de los hijuelos.
- Realizar un análisis de costos de los tratamientos en estudio.

CAPITULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. La Familia de las *Crassulaceae*

Las crasuláceas conforman una familia de plantas más o menos uniforme de las especies angiospermas, además de pertenecer al orden de las saxifragales. Se componen aproximadamente de 25 a 38 géneros, llamando mucho la atención por ser llamativas y fáciles de cuidar, esta gran familia agrupa plantas suculentas que presentan hojas pinnadas o enteras, que se aglomeran en una roseta que puede estar en la base o en el ápice de las ramas. También pueden agruparse a lo largo del tallo de varias formas. Las flores son hermafroditas (7).

Esta especie presenta un área de distribución cercanamente cosmopolita, excepto Australia y Polinesia, con centros de diversidad en México, con unas 300 especies, sur de África con unas 250 especies, la región Mediterránea, con más de 200 especies y el sudeste de Asia con aproximadamente 200 especies, siendo muy común en regiones áridas, templadas y templado-cálidas, aunque se encuentra ausente de los verdaderos desiertos. Se trata de una familia que cuenta con bastantes representantes citados fuera de su área natural (8).

La mayoría de las especies vive en regiones áridas o semiáridas, donde el agua es escasa y las temperaturas pueden ser muy altas, debido a ello, las hojas se convierten en depósitos del preciado líquido, gracias a los cuales se mantienen con vida durante los tiempos más difíciles (9).

El metabolismo de las plantas CAM (metabolismo ácido de las crasuláceas) refleja adaptaciones a climas secos, pero otras especies también habitan en lugares húmedos, a menudo con mesófitos comunes que existen entre los dos extremos. Desde un punto de vista reproductivo es de destacar la capacidad de varias especies de *Sedum*, *Crassula* y otros géneros relacionados para propagarse a través de las hojas, lo que ha sido reconocido por los botánicos, y sus ventajas han sido capitalizadas por los horticultores. Las especies cuyas hojas no caen fácilmente, pueden, sin embargo, funcionar igualmente bien a partir de los tallos (8).

2.1.2. *Reguladores de crecimiento vegetal*

Los reguladores vegetales son compuestos sintetizados químicamente u obtenidos de otros organismos y son, en general, mucho más potentes que los análogos naturales. Es necesario tener en cuenta aspectos críticos como oportunidad de aplicación, dosis, sensibilidad de la variedad, condición de la planta, etc., ya que cada planta requerirá de unas condiciones específicas de crecimiento que pueden afectarse por la concentración de ellos en el medio. Se han convertido en las primeras herramientas capaces de controlar el crecimiento y actividad bioquímica de las plantas por lo que su uso ha aumentado en los últimos años (10).

Las plantas para funcionar requieren de mecanismos que les permiten regular y/o coordinar las diferentes actividades de sus células, tejidos y órganos. Al mismo tiempo deben ser capaces de percibir y responder a los cambios del medio ambiente. Entre los posibles mecanismos de regulación, el más conocido es el sistema de mensajeros químicos (señales químicas). Esta comunicación química se establece fundamentalmente a través de hormonas vegetales. Una fitohormona u hormona vegetal se define como una sustancia orgánica, distinta de los nutrientes, activa a muy bajas concentraciones, a veces producida en determinados tejidos y transportada a otro tejido, donde ejerce sus efectos, pero también puede ser activa en los propios tejidos donde es sintetizada (11).

Como consecuencia, estos reguladores han permitido potencializar el proceso de cultivo en los organismos vegetales, siendo una de las principales fuentes ideales en función de lograr el objetivo que la biotecnología ha encaminado en los últimos años hacia la integración de técnicas que logren eliminar muchas de las problemáticas que se presentan en los cultivos como la presencia de fitopatógenos microbianos, entomopatógenos, cambios ambientales, cambios en el medio de cultivo, entre otros (10).

2.2. Marco Referencial

2.2.1. Clasificación Taxonómica de los Géneros

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de los géneros de Crassulaceae

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

Autor: Taxonomía de los géneros (12).

2.3. Morfología de la Familia Crassulaceae

2.3.1. Planta

En la diversidad morfológica de las Crassulaceae se incluye hábito de crecimiento, forma de la hoja, color de la hoja, origen de la inflorescencia, tipo de inflorescencia, forma de las brácteas y color además el segundo tipo de características son las de similitud que comparten entre estas especies, como forma del ápice, forma de la base, ramificación de la inflorescencia, filotaxia de las brácteas, forma del cáliz, forma de la corola y pétalos, carpelos y época de floración (13).

2.3.2. Hojas

Pueden ser enteras o pinnadas, peculiarmente carnosas y se agrupan en una roseta basal o en el extremo de las ramas. Están distribuidas a lo largo del tallo, alterna o verticilada. Su color suele variar de verde a grisáceo. El borde de las hojas puede ser cartilagosos,

peloso, o papiloso. Las hojas son gruesas, pequeñas y de color verde-grisáceo, y con la particularidad de almacenar mucha agua (7).

2.3.3. Flores

Cuentan con 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 (7).

2.3.4. Frutos

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

2.4. 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).

2.5. Géneros

2.5.1. *Pachyveria*

Es un grupo de plantas muy singular, ya que se trata de híbridos de *Echeveria* x *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* (14).

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 (14).

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, pómicé o arena de río con un 30% de turba negra, o incluso akadama si se vive en un clima muy lluvioso (14).

2.5.2. *Sedum*

Plantas perennes, subarborescentes, arbustos, de raíces no raramente leñosas, a menudo sus raíces son carnosas, tallo más o menos carnoso, en varias especies leñoso perenne, o anual, la mayoría dicotómicamente ramificado, erecto o procumbente o extendido y enraizante. Hojas la mayoría alternas, más rara vez opuestas o verticiladas, planas y enteras, dentadas, profundamente incisas o más o menos cilíndricas, a menudo con forma de espolón, la mayoría apiñadas sobre brotes estériles; inflorescencias la mayoría cimosas, ramas con cimas escorpioideas y brácteas; más raramente las ramas cortas y las flores más apiñadas; flores más o menos pecioladas o sésiles, la mayoría 6-7 (5-9) partidas, en general conspicuamente coloreadas, blancas o amarillas, más raramente rojizas, violeta o rojo, todavía más raramente azul. Se trata de un género con numerosas especies (8).

Este género se ha encontrado en la provincia fisiográfica conocida como Eje Neovolcánico, las condiciones ambientales apropiadas para su establecimiento y diversificación. Se registró 28 entidades específicas para esta unidad fisiográfica y posteriormente describió una más. De acuerdo con este autor, son 16 los taxa endémicos a alguna porción de tal sistema montañoso. Adicionando la nueva entidad, se eleva a 30 el número de especies y a 17 el de endemismos registrados (15).

En la zona aledaña a los lugares en que crece *Sedum neovolcanicum* se han registrado 13 especies del género, de las que tres (*Sedum tortuosum* Hemsl., *Sedum bourgaei* Hemsl. y *Sedum multiflorum*). Sin embargo, *Sedum neovolcanicum* tiene sépalos y pétalos de mayor longitud, pedicelos menores de 2.4 mm de largo o ausentes, flores solitarias o hasta cinco agrupadas en cincinos simples, mientras que las otras especies presentan una inflorescencia en forma de cima compuesta y un número mayor de flores por cincino. En particular de *Sedum tortuosum* se diferencia en que este último presenta hojas oblanceoladas a elíptico-espatuladas, de 4 a 11 mm de ancho, pedicelos florales de más de 2.4 mm, así como en el nectario que es de color amarillo pálido, mientras que las hojas de *S. neovolcanicum* son linear-oblanceoladas, de 1.5 a 3 mm de ancho, pedicelos florales nulos o menores de 2.4 mm y el nectario es de color rojo oscuro. De *Sedum bourgaei* se separa porque el hábito de la nueva especie es decumbente o colgante, mientras que en esta última es generalmente erecto, tiene las hojas lineares y los pedicelos florales de mayor longitud (15).

2.6. Aspectos Fisiológicos de las Especies

El metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM) es un ejemplo de adaptación al estrés ambiental y se presenta en plantas de sitios con periodos de escasa disponibilidad de agua o de CO₂. 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 (16).

En el citoplasma de las células del mesófilo el CO₂ es ligado al aceptor fosfoenol piruvato (PEP, siglas en inglés) con el uso de la enzima fosfoenol piruvato carboxilasa (PEPC) y se producen compuestos de cuatro carbonos, los cuales son transportados a los cloroplastos de las células que envuelven el haz vascular, donde se realiza el ciclo C3 (17).

A diferencia de las plantas C3 y C4, en la fotosíntesis CAM (metabolismo ácido de las crasuláceas) las plantas fijan el CO₂ principalmente por la noche con el uso de la enzima PEPC (fosfoenolpiruvato carboxilasa), pero el producto de la reacción de cuatro carbonos se almacena en vacuolas; luego, durante el periodo de luz consecutivo se asimila el CO₂ en los cloroplastos por el ciclo C3. Aproximadamente 7% de las plantas vasculares presentan

la fotosíntesis CAM (que incluye plantas del desierto, plantas acuáticas y epifitas), un porcentaje mucho mayor que el de las plantas con la fotosíntesis C4 (aprox. 1%) (17).

La fotosíntesis CAM consiste en los siguientes pasos metabólicos tanto por el día como en la noche.

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.

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 (18):

Existen variaciones al esquema anterior en las plantas CAM, como diferentes descarboxilasas durante el día, la acumulación de ácido cítrico además de málico, o diferentes precursores de PEP. Sin embargo, es en la respuesta al ambiente donde CAM presenta una mayor variación en la amplitud de las diferentes fases de este metabolismo, lo que hace difícil elaborar una definición correcta de la fotosíntesis CAM (16).

2.7. Reguladores de Crecimiento Vegetal

2.7.1. *Ácido Indolbutírico*

El AIB es una auxina sintética químicamente similar al AIA que en la mayoría de las especies ha demostrado ser más efectiva 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 (19).

Las auxinas participan en el proceso de crecimiento y dominancia apical, enraizamiento, partenocarpia, tropismos, abscisión, elongación celular y frecuentemente en embriogénesis y organogénesis en cultivos en suspensión. Uno de los reguladores más utilizados en la formación de raíces es el ácido indolbutírico (AIB) debido a que no causa efectos fitotóxicos, ni inhibe el crecimiento caulinar. El uso de reguladores de crecimiento como alternativa para el incremento de la proliferación de brotes directos han probado la influencia de diferentes dosis de auxinas (20).

Viéndose favorecida por un grupo de hormonas vegetales denominadas auxinas u hormonas de enraizamiento, responsables de la inducción de raíces y mantenimiento de la dominancia de la yema apical; a dosis adecuadas, aceleran la iniciación meristemática radical y aumentan el número y la calidad de raíces formadas. Entre estas hormonas se encuentra el ácido indolbutírico (AIB), fitorregulador auxínico, muy usado para estimular la formación de raíces, así también por su estabilidad, ya que es muy resistente a la oxidación por la luz, enzimas u otros agentes (21).

Este tipo de hormonas de crecimiento ha mostrado un efecto positivo en el desarrollo de las plantas al estimular la formación de raíces laterales además de ser un promotor del crecimiento de raíces para la propagación asexual de plantas ornamentales y frutales. Algunos estudios demuestran que el AIB proporciona beneficios directos en el crecimiento de las plantas además promueve la absorción de nutrientes, acelera el crecimiento, favorece la formación de la raíz y optimiza las funciones metabólicas (22).

2.7.2. Ácido Naftalenacético

El ácido naftalénacético (ANA) es una auxina sintética de bajo costo, potente y móvil, por lo que su uso requiere de un ajuste preciso de la dosis y el tiempo de inmersión, es ampliamente utilizado en agricultura, principalmente en la producción de cultivos hortofrutícolas, así como especies ornamentales. Se emplea para el enraizamiento de esquejes de plantas, para prevenir el aborto de frutos pre cosecha, en la inducción floral, el raleo de frutos, entre otros procesos (23).

Efectos:

- Reproducción sexual
- Raleo de frutos
- Prevención el aborto de frutos pre cosechas
- Inducción floral
- Enraizamiento

2.8. Métodos de propagación

Las crasuláceas se multiplican por dos vías distintas, la reproducción sexual mediante semillas y la propagación vegetativa mediante yemas, esquejes, hijuelos, injertos y hojas (24).

2.8.1. 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 (24).

Ventajas

- 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.

Desventajas

- Se debe contar con al menos dos plantas madre de diferente origen.
- El crecimiento de las plantas es más lento.
- Requiere un poco más de cuidados e infraestructura (25).

2.8.2. *Propagación vegetativa o asexual*

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.

Ventajas

- Se obtienen individuos de mayor tamaño rápidamente.
- El crecimiento es acelerado.

Desventajas

- No hay variabilidad genética.
- No todas las especies se pueden propagar de esta forma (25).

Existen cuatro maneras de realizar 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 (no es indispensable) sobre el corte para facilitar el enraizamiento y evitar la proliferación de hongos o bacterias (26).
- **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” (25).
- **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 (24).
- **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 (26).

2.9. Influencia de los reguladores de crecimiento en la propagación

Existen múltiples investigaciones acerca del efecto de los reguladores de crecimiento vegetal en la propagación de plantas de diferentes especies (27).

Se reportó enraizamiento en estacas de caña flecha colectadas en época seca, aplicando las auxinas AIB, ANA y la combinación de ambos, con concentraciones de 2000, 4000, 6000 y 8000 mg L⁻¹, obteniendo los mejores resultados con AIB a 2000 mg L⁻¹ con un 64% y a la vez encontraron que las concentraciones por encima de 2000 mg L⁻¹ generaron fitotoxicidad (27).

En una investigación realizada en maracuyá se estableció un efecto significativo al usar los reguladores de crecimiento ANA y AIB, donde las dosis más altas, las mismas que

correspondieron a 2000 ppm de ambos ácidos permitieron alcanzar mayores porcentajes de enraizamiento, en comparación con el tratamiento control (28).

En nuestra zona también se han hecho investigaciones en mora en la cual los resultados demostraron que la dosis de Ácido indolbutírico (AIB) de 4000 mg Kg⁻¹ AIB fue el mejor en número de raíces 15.80; longitud de raíces 15.26 cm; masa radicular 5.50 gr; el porcentaje de enraizamiento de 85.6 % y porcentaje de mortalidad de 14.40 % superando al testigo y al resto de tratamientos (19).

CAPITULO III
MÉTODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La presente investigación se llevó a cabo en el invernadero del Campus “La María”, ubicado en el Km 7.5 de la Vía Quevedo – Mocache, cuyas coordenadas geográficas son: 01°04 49” latitud Sur y 79°32`042” longitud Oeste, a una altitud de 75 msnm (29).

Tabla 2.

Características Agroclimáticas de la zona de investigación

Clima	Tropical húmeda
Temperatura media	25.4 °C
Precipitación anual	2613 mm
Topografía del suelo	Plana
Textura del suelo	Franco – limoso
pH del suelo promedio	5,5

Fuente: INAHMI

Se usó sustrato para la siembra de los hijuelos, este fue una mezcla de tierra de sembrar, turba y arena. El cantón Quevedo posee un clima Subhúmedo-Tropical, se localiza en sentido altitudinal entre los 60 y 110 msnm. (30)

3.2. Tipo de investigación

En el presente estudio se realizó una investigación de tipo experimental, para la evaluación de las variables, comparando con la literatura existente y estudios anteriores referentes al uso de reguladores de crecimiento vegetal como una forma de mejorar la propagación de las plantas, con el fin de encontrar nuevas alternativas.

3.3. Método de investigación

Se utilizó el método inductivo como un proceso para poder sacar conclusiones generales partiendo de hechos particulares, el método deductivo ya que se inició recopilando información de diferentes fuentes bibliográficas. Además, el método analítico para poder realizar el análisis de los datos que se obtuvieron en la evaluación de los tratamientos.

3.4. Fuente de recopilación de información

Se utilizó fuentes informativas tales como libros, artículos científicos, folletos, boletines divulgativos, trabajos de tesis, páginas web, etc., los cuales sirvieron para recopilar la información.

3.5. Factores en estudio

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

3.6. Tratamientos

Con la combinación de los tres factores se establecieron 16 tratamientos que se detallan a continuación, en los cuales el grupo control son los tratamientos que corresponden a 0ppm.

Tabla 3.

Tratamientos en el presente ensayo

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

Elaborado: Autora.

3.7. Diseño de la investigación

Se utilizó diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de $2 \times 2 \times 4$ en tres repeticiones. La unidad experimental está compuesta de cuatro hijuelos; todas las variables respuesta fueron sometidas al análisis de varianza para determinar la significancia estadística y a la prueba de Duncan al 95 % de probabilidad para la comparación de medias.

3.8. Esquema del ADEVA

Se muestra el esquema del análisis de varianza en la tabla 4.

Tabla 4.

Esquema del análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad
Especies	1
Reguladores de crecimiento	1
Concentraciones	3
Especies x Reguladores	1
Especies x Concentraciones	3
Reguladores x Concentraciones	3
Especies x Reguladores x Concentraciones	3
Error Experimental	32
Total	47

Elaborada: Autora

3.9. Instrumentos de investigación – Manejo del ensayo

3.9.1. *Material genético*

Se usaron 2 especies de plantas suculentas:

Pachyveria sp. se caracterizan por tener hojas gruesas, carnosas y cilíndricas de color verde blanquecino, al estar expuestas al sol el ápice de sus hojas se torna de color rojizo (7).

Sedum sp. son plantas sub arbustivas que pueden llegar hasta los 20 centímetros de altura. Sus hojas tienen forma de lanza, forman rosetas, son bastante carnosas y tienen unos colores muy intensos (9).

3.9.2. *Preparación de los reguladores de crecimiento vegetal*

Se procedió a pesar 10g de talco por tratamiento y las diferentes concentraciones de ANA y AIB, una vez pesado el contenido de la hormona se diluyeron con alcohol al 85% para mezclar con talco en un plato de aluminio, se mezcló bien hasta formar una masa añadiendo pequeñas cantidades de alcohol, una vez mezclado se extendió en el plato y este se lo colocó al sol y se dejó 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.

3.9.3. *Preparación del sustrato*

Estas plantas necesitan 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.

3.9.4. *Empleo de los reguladores de crecimiento vegetal*

Se necesitaron plantas madres de cada una de las especies en estudio de las cuales se extrajeron los hijuelos que fueron sometidos al uso de las hormonas. Se necesitaron 2

hijuelos por unidad experimental, a estos hijuelos se les aplicó la hormona en la parte donde nacen las raíces y luego se colocaron en las bandejas que tienen el sustrato.

3.9.5. Variables en estudio

- **Diámetro de hijuelos (cm)**

Se midió con un calibrador el diámetro de los dos hijuelos de cada unidad experimental y se estableció el promedio al empezar y al terminar el estudio y se expresó en centímetros

- **Longitud de raíz (cm)**

Se midió con una cinta métrica la longitud de raíz inicial y final de los hijuelos de cada unidad experimental, para así realizar el análisis y comparación del crecimiento una vez finalizado el experimento.

- **Altura de hijuelos (cm)**

Con una cinta métrica se midió la altura inicial del hijuelo y al terminar el experimento se volvió a medir para así realizar la comparación.

- **Diámetro de raíces (mm)**

Con ayuda del software Safira, la cual evaluó el ancho de las raíces principales, se midió el diámetro para esto se dejaron escurrir las raíces durante media hora para eliminar la humedad externa, se analizarán las raíces por medio de imágenes que son subidas al software.

- **Área de raíces (mm²)**

En el software Safira se midió el área, tiñendo las raíces de violeta y tomando una foto para posterior a eso ingresarlas al sistema y así obtuvimos los datos por tratamiento.

- **Volumen de raíces (mm³)**

El software Safira a partir de fotos de las raíces, midió el volumen de las mismas, fueron debidamente ordenadas por tratamiento para evitar confusiones.

- **Porcentaje de enraizamiento**

Se determinó el porcentaje de enraizamiento. Cantidad enraizada dividida para el total de hijuelos multiplicado por 100.

$$\% \text{ de enraizamiento} = \frac{\text{Hijuelos enraizados}}{\text{total de hijuelos}} \times 100$$

- **Análisis de costos**

El análisis de costos se realizó por unidad experimental (especie+ costo de las hormonas en función de la dosis aplicada).

$$CT = CF + CV$$

CT= Costo Total

CF= Costo Fijo

CV= Costo Variable (costo de los tratamientos)

3.10. Recursos humanos y materiales

3.10.1. Recursos humanos

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

3.10.2. Materiales y equipos

En la presente investigación se utilizaron como material vegetativo hijuelos de *Pachyveria* y *Sedum*; como material experimental 500, 1000 y 1500 ppm de hormona ANA y AIB; en cuanto a materiales de campo se usaron 24 bandejas de plástico, 1 saco de 50 kg de sustrato; los equipo herramientas usadas fueron la cuchilla de injerto, rótulos clasificadores, regadera, tijera de podar y cámara fotográfica.

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Diámetro de hijuelo

Realizado el análisis de varianza los reguladores y las dosis demostraron significancia estadística. El coeficiente de variación fue de 26,75%.

El factor regulador obtuvo significancia estadística, obteniendo para ANA un crecimiento en diámetro de hijuelo de 0,11 mm y para AIB, 0,09 mm, mientras que para las dosis de 500 ppm presentaron diámetros de hijuelos con promedios de 0,27 mm, y las demás dosis no difirieron estadísticamente con valores entre 0,03 mm a 0,05 mm. La interacción formada por Especie x Regulador, si obtuvo significancia ya que *Pachyveria* ANA, *Sedum* ANA Y *Sedum* AIB con diámetros entre 0,1 a 0,12 mm difirieron de *Pachyveria* AIB que tuvo un crecimiento de 0,7 mm en el diámetro de hijuelos.

Tabla 5.

Crecimiento del diámetro de hijuelos en función de los factores e interacciones con significancia estadística.

Factor		Diámetro de hijuelo *	
Regulador		0,11	a
ANA		0,09	b
AIB			
Dosis			
500		0,27	a
0		0,05	b
1000		0,04	b
1500		0,03	b
Especie x Regulador			
Pachyveria	ANA	0,12	a
Sedum	ANA	0,1	a
Sedum	AIB	0,1	a
Pachyveria	AIB	0,07	b

*Diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a p 0.05 (test de Duncan)

4.1.2. *Altura de hijuelo*

Ejecutado el análisis de varianza solo las dosis demostraron significancia estadística. El coeficiente de variación fue de 55,10%.

En los factores regulador y especie no se obtuvo significancia estadística, mientras que el factor dosis de 500 ppm presentó promedios de 0,28 cm de crecimiento en altura de hijuelos difiriendo de las demás dosis en las que los promedios fueron entre 0,02 y 0,06 cm de crecimiento.

Tabla 6.

Valores del crecimiento de la altura de hijuelos con el factor dosis.

Factor	Altura de hijuelo*
Dosis	
500	0,28 a
1000	0,06 b
1500	0,06 b
0	0,02 b

*Diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test de Duncan)

4.1.3. *Longitud de raíz*

Una vez efectuado el análisis de varianza solo las dosis demostraron significancia estadística, con un coeficiente de variación de 71,04%.

Los factores, regulador y dosis mantuvieron significancia estadística; el regulador ANA obtuvo un crecimiento en longitud de raíz de 0,26 cm difiriendo del regulador AIB con un 0,17 cm para las dosis de 500 ppm el promedio de crecimiento en longitud de raíz fue de 0,66 cm superando a las demás dosis que no difirieron con longitudes de 0,05 a 0,08 cm. La interacción que mostró significancia fue la de regulador x dosis, para ANA con 500 ppm la longitud de raíz promedio fue de 0,84 cm, en la dosis de AIB con 500 ppm presentó

0,49 cm de crecimiento y para las demás interacciones de regulador x dosis los promedios fueron de 0,05 a 0,08 cm de longitud

Tabla 7

Valores del crecimiento de la longitud de raíz de los hijuelos en función a los factores e interacción con significancia.

Factor/Interacción	Longitud de raíz *	
Regulador		
ANA	0,26	a
AIB	0,17	b
Dosis		
500	0,66	a
1500	0,08	b
1000	0,07	b
0	0,05	b
Regulador x Dosis		
ANA 500	0,84	a
AIB 500	0,49	b
ANA 1500	0,08	c
ANA 1000	0,07	c
AIB 1500	0,07	c
AIB 1000	0,06	c
ANA 0	0,05	c
AIB 0	0,05	c

*Diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a p 0.05 (test de Duncan)

4.1.4. Diámetro de raíz

Realizado el análisis de varianza solo las dosis demostraron significancia estadística. El coeficiente de variación fue de 11,16%.

Las interacciones no presentaron significancia estadística, solo el factor dosis lo hizo con 1500 ppm el diámetro de raíz fue de 0,61 mm manteniendo relación con la dosis de 500

ppm que obtuvo 0,59 y sin diferir la dosis de 1000 ppm con un 0,57 cm de promedio en diámetro de raíz, la dosis de 0 ppm es decir el control si difirió con un diámetro de 0,49 ppm.

Tabla 8

Valores de los diámetros de raíces al finalizar la investigación en función del factor dosis

Factor	Diametro de raíz*	
Dosis		
1500	0,61	a
500	0,59	a
1000	0,57	a
0	0,49	b

*Diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a p 0.05 (test de Duncan).

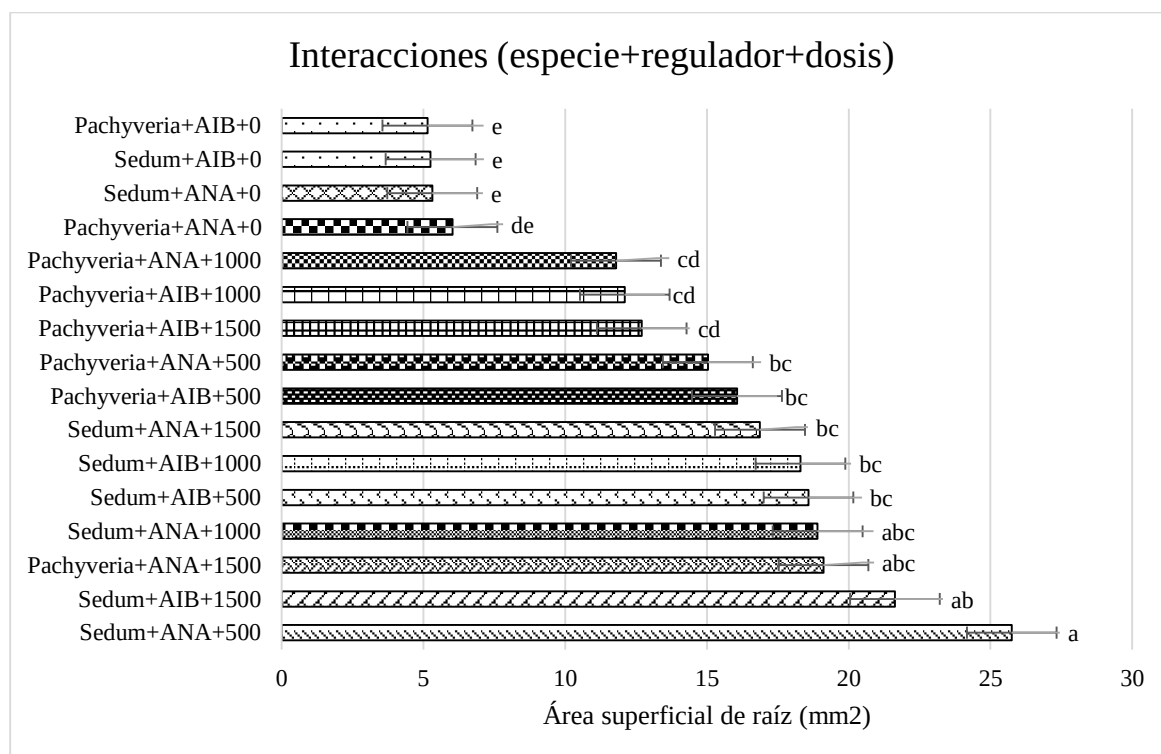
4.1.5. Área superficial de raíz

Una vez realizado el análisis de varianza, las especies y las dosis presentaron significancia estadística. El coeficiente de variación fue de 26,65%.

La interacción de *Sedum* sp. con 500 ppm de ANA obtuvo un área superficial de 25,75 mm² sin diferir estadísticamente de las interacciones de *Sedum* sp. con 1500 de AIB, *Pachyveria* sp. con 1500 ppm de ANA y *Sedum* sp. con 1000 ppm de ANA que alcanzaron promedios entre 18,90 y 21,63 mm², pero presentando diferencia estadística con los controles que mostraron promedios menores entre 5,14 y 6,02 mm².

Figura 1

Área superficial de raíz de los hijuelos, datos obtenidos a través del software Safira. Análisis multifactorial (especie+regulador+dosis), las barras indican $\pm$ error estándar; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a p 0.05 (test de Duncan).



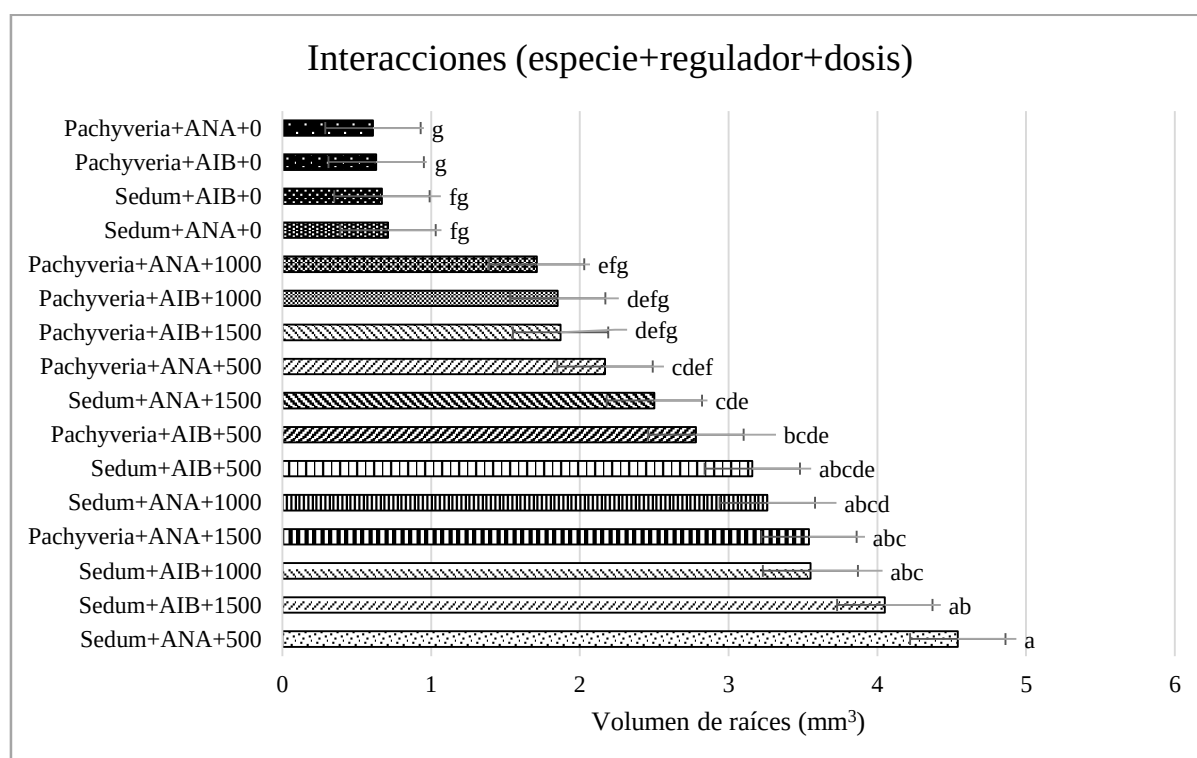
4.1.6. Volumen de raíz

Efectuado el análisis de varianza, las especies, la dosis y la interacción de Especie x Regulador x Dosis demostraron significancia estadística. El coeficiente de variación fue de 34,27%.

La interacción *Sedum* sp. con 500 ppm de ANA fue la que obtuvo un mayor volumen de raíz, sin diferir estadísticamente de las interacciones que alcanzaron promedios de 3,16 a 4,05 mm³, superiores a los demás tratamientos que mostraron promedios entre 0,61 y 2,78 mm³. Teniendo los controles los promedios más bajos.

Figura 2.

Volumen de raíz, después de 30 días en vivero, datos obtenidos a través del software Safira. Análisis multifactorial (especie+regulador+dosis), las barras indican $\pm$ error estándar; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a p 0.05 (test de Duncan).



4.1.7. Porcentaje de Enraizamiento

Realizado el análisis de varianza los reguladores de crecimiento ANA y AIB presentaron significancia estadística. El coeficiente de variación fue de 21%.

Los factores regulador y dosis fueron los únicos en presentar significancia, el regulador ANA con un porcentaje de enraizamiento de 79,68% difirió del regulador AIB que tuvo un 65,10% y las dosis tuvieron un comportamiento en el cual 500 y 1000 ppm

tuvieron relación con un 83,33 y 79,17 % de enraizamiento superando a la dosis de 1500 que mantuvo promedios de 58,33%.

Tabla 9

Porcentaje de enraizamiento obtenidos en función de los factores regulador y dosis que presentaron significancia estadística en el análisis multifactorial.

Factor	%Enraizamiento*	
Regulador		
ANA	79,69	a
AIB	65,10	b
Dosis		
500	83,33	a
1000	79,17	ab
0	68,75	bc
1500	58,33	c

*Diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a p 0.05 (test de Duncan).

4.1.8. Análisis de Costos

Para el análisis económico se determinaron todos aquellos gastos que existieron durante la investigación y los rendimientos que se pudieron obtener, dando así como el tratamiento con un mayor costo el tratamiento 4 y el 12 con \$32.70 mientras que los de menor costo fueron los tratamientos 1,5,9 y 13 con \$31.96, además el tratamiento con un beneficio neto mayor resulto ser el tratamiento 10 con \$13.43 y el menor corresponde al tratamiento 16 con \$-8.63 es decir en este tratamiento no se obtuvo beneficio, en la relación beneficio costo el tratamiento 10 con un 1.41 resulto ser el mejor y en cuanto a la rentabilidad el tratamiento más rentable es el tratamiento 10 con 41.25%, seguido del tratamiento 3 con un 34.83% y los que no fueron rentables, más bien presentan pérdidas son los tratamientos 16, 8,15,4 y 5 en los que el resultado fue negativo.

Tabla 10.

Análisis económico para la propagación de Pachyveria y Sedum con diferentes concentraciones de reguladores de crecimiento ANA y AIB.

Tratamiento	Rendimiento	Ingreso Bruto	Costo tratamiento	Beneficio neto \$	Relación B/C	Rentabilidad %
1	18	36	31.96	4.04	1.13	12.65
2	21	42	32.57	9.43	1.29	28.97
3	22	44	32.63	11.37	1.35	34.83
4	14	28	32.70	-4.70	0.86	-14.37
5	15	30	31.96	-1.96	0.94	-6.13
6	17	34	32.54	1.46	1.04	4.48
7	20	40	32.59	7.41	1.23	22.75
8	13	26	32.63	-6.63	0.80	-20.32
9	17	34	31.96	2.04	1.06	6.39
10	23	46	32.57	13.43	1.41	41.25
11	21	42	32.63	9.37	1.29	28.70
12	17	34	32.70	1.30	1.04	3.98
13	16	32	31.96	0.04	1.00	0.13
14	19	38	32.54	5.46	1.17	16.77
15	13	26	32.59	-6.59	0.80	-20.21
16	12	24	32.63	-8.63	0.74	-26.45

Elaborado: Autora

4.2. Discusión

El empleo de reguladores de crecimiento para propagación de especies es cada vez más aceptado como una alternativa para mejorar las características de las especies. En las variables evaluadas en este estudio se pudo evidenciar que los reguladores ANA y AIB si actúan de manera positiva en las plantas ornamentales. Donde se mostró que el regulador ANA con un crecimiento en hijuelo de 0,11 mm fue mejor con una diferencia mínima al obtener AIB un promedio de diámetro de 0,09 mm. En donde se observaron más a detalle los resultados fue en las interacciones de Especie x Regulador x Dosis, en las cuales la dosis de 500 ppm de ANA y AIB fueron las que mejor crecimiento en el diámetro de hijuelos de *Pachyveria* sp. y *Sedum* sp. obtuvieron, siendo 0,34 y 0,33 mm los mayores promedios de diámetro. En la altura de los hijuelos ocurrió algo similar la dosis más baja de los reguladores ANA y AIB fueron las que demostraron ser mejores en crecimiento. Esto concuerda con Villavicencio *et al.* (31) quienes en el estudio de una especie cactácea obtuvieron brotes de 6mm con dosis de 150 ppm, mientras que las dosis de 250 y 750 presentaron brotes de 3mm.

En el diámetro de raíces se comprobó que la hormona AIB en concentraciones más altas promueve un crecimiento en diámetro y longitud de raíces, en esta investigación las dosis de 1000 y 1500 ppm presentaron promedios de 0,64 mm, lo que concuerda con Alférez *et al.* (32) quienes trabajaron en *Ferocactus* una especie de las cactáceas durante dos meses y mencionan que la hormona AIB es eficiente en altas concentraciones para promover crecimiento de raíces mientras que ANA con 125 ppm es decir la dosis más baja de sus tratamientos tuvo una mejor eficiencia, mientras que en esta investigación la dosis de ANA con mayor diámetro fue la de 1500 ppm siendo resultados contrarios, destacando que esta investigación se realizó con 30 días de trabajo de campo.

En cuanto al volumen de raíces al obtener los promedios más bajos en los controles se dedujo que la aplicación de AIB si influye en el crecimiento de las raíces aumentando el volumen de las mismas, en esta investigación la aplicación de 500 ppm de ANA y dosis de 1000 y 1500 ppm de AIB han obtenido promedios entre 3,16 y 4,54 mm³. Según Quispe (33) en su investigación Evaluación de la propagación vegetativa de la rosa verde (*Echeveria agavoides* Lem.) Con aplicaciones de ácido indolbutírico (AIB) en un ambiente protegido

en la localidad de Viacha, los mayores volúmenes de raíz se observaron en los tratamientos en los que se aplicó AIB, el mejor tratamiento fue la concentración de 3,61% de AIB con un volumen de raíz de 3,13 ml.

Lo que corresponde al porcentaje de enraizamiento demostró que existieron altos porcentajes promedios que muestran que la aplicación de los reguladores de crecimiento tiene influencia, los mejores promedios de porcentaje de enraizamiento los obtuvo la interacción del género *Sedum* con 500 ppm de ANA, *Pachyveria* con dosis de 1000 y 500 ppm con promedios de 87,50 a 95,83% mientras que las dosis mayores de reguladores presentaron porcentajes de enraizamiento bajos es decir que dosis muy altas inhibieron el crecimiento de raíces, algo parecido sucedió en el cultivo de *Hylocereus undatus* (Pitahaya roja) en la cual menciona Veliz (34) que las dosis de 3000ppm de ANA y AIB fueron las que mejor porcentaje de enraizamiento tuvieron, sin diferir estadísticamente de la dosis de 4000ppm que era la dosis más alta. Torres (35) en su investigación en *Hylocereus undatus* obtuvo con la dosis de 2000 ppm de ANA y AIB siendo las dosis más altas los mejores promedios de enraizamiento en estos tratamientos, pero sin mantener diferencia estadística de las dosis menores, es decir que la aplicación de los reguladores ayuda a un mejor enraizamiento de las plantas y esto lo acepta Quispe (33) quien afirma que las concentraciones del AIB aplicadas en los hijuelos reportaron mejores resultados, influyendo el enraizamiento de los mismos a comparación de los tratamientos donde no se aplicó el AIB.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó que las dosis de 500 ppm de ANA y AIB en ambos géneros influenciaron de manera positiva en, longitud de raíz, área superficial y volumen de raíz obteniendo resultados que superaron al control.
- En cuanto a diámetro de raíz se pudo establecer que las dosis de 1500 ppm en *Pachyveria* fue la que resulto favorable con un promedio de 25,75mm² en comparación al control que obtuvo 6,02mm²
- En la morfología área se observó que las dosis de 500 ppm de ANA y AIB en *Pachyveria* y *Sedum* fueron las que mayores promedios obtuvieron en comparación al control, es decir que la aplicación de los reguladores de crecimiento influye de manera positiva en la propagación.
- Las dosis de 1500 ppm de ambas hormonas en *Pachyveria* y *Sedum*, son menos rentables que los tratamientos que tuvieron dosis más bajas. Los tratamientos más rentables fueron, *Sedum* ANA 500 con 41.25%, seguido de *Pachyveria* ANA 1000 con 34.83%, mientras que las dosis de 1500 ppm de ambos reguladores de crecimiento no fueron rentables obteniendo valores negativos y no favorables.

5.2. Recomendaciones

- Promover el uso de reguladores de crecimiento en la propagación de plantas ornamentales para obtener una mejor morfología aérea.
- Implementar protocolos de aplicación de reguladores de crecimiento para mejorar la morfología aérea de las plantas.
- Disminuir las dosis o experimentar con diferentes concentraciones de reguladores de crecimiento de acuerdo a la especie que se vaya a trabajar.
- Implementar el uso de reguladores ya que económicamente si son rentables, estableciendo las dosis correctas para las especies, géneros en estudio.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

1. Elyex. Biodiversidad del Ecuador. [Online].; 2021 [cited 2022 Enero 09. Available from: [s://elyex.com/biodiversidad-del-ecuador-caracteristicas-de-la-flora-y-fauna/](https://elyex.com/biodiversidad-del-ecuador-caracteristicas-de-la-flora-y-fauna/).
2. Eggli U. Illustrated Handbook of Succulent Plants: Crassulaceae. Primera ed. New York: Springer; 2003.
3. Plantas & Jardín. Reproducción en plantas ornamentales. [Online].; 2021. Available from: [https://plantasyjardin.com/2021/05/la-reproduccion-en-las-plantas-ornamentales/#:~:text=Para%20la%20reproducci%C3%B3n%20de%20las,v%C3%ADa%20asexual%20\(propagaci%C3%B3n%20vegetativa\)](https://plantasyjardin.com/2021/05/la-reproduccion-en-las-plantas-ornamentales/#:~:text=Para%20la%20reproducci%C3%B3n%20de%20las,v%C3%ADa%20asexual%20(propagaci%C3%B3n%20vegetativa).).
4. Quispe C. Evaluación de la propagación vegetativa de la Rosa Verde (*Echeveria agavoides* Lem.) con aplicaciones de ácido indolbutírico (AIB) en un ambiente protegido La Paz: Universidad Mayor de San Andres; 2017.
5. Erwin J, Gesick E, Altman K. Plant Growth Regulator and Temperature Affect *Echeveria* and *Andromischus* Leaf Cutting rooting an axillary shoot New Orleans: Annual Conference of the American Society for Horticultural Science; 2015.
6. López S, Mostacero J, López A, Gil A. Efecto del ácido indolbutírico en la inducción de raíces de esquejes de tallo con yema de *Codiaeum variegatum* Manglar , editor. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo; 2020.
7. Blanco L. Crassulaceas. [Online].; 2019 [cited 2022 Enero 09. Available from: <https://www.lifeder.com/crasulaceas/>.
8. Guillot OD, Laguna LE, Roselló PJA. La familia Crassulaceae en la flora alóctona valenciana. revista *Bouteloua* 4. 2008 Septiembre 10;; p. 2-15.
9. Sánchez M. Familia Crassulaceae. [Online].; s/f [cited 2022 Enero 09. Available from: <https://cibercactus.com/crassulaceae/>.
10. Alcantara CJS, Acero GJ, Cortés JD, Sánchez ,MRM. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA*. 2019 abril 26;; p. 109 - 129.
11. Fichet T. Biosíntesis de las Fitohormonas y Modo de Acción de los Reguladores de Crecimiento. *Serie Nutrición Vegeta Intagri*. 2017; 92(6).
12. Missouri Botanical Garden. Tropicos. [Online].; 1982 [cited 2022 Enero 12. Available from: <https://www.tropicos.org/>.
13. Andrade RM, Rodríguez RTJ, Castillo GA, Villegas TOG, Guillén SD. Análisis de caracteres morfológicos y fragmentos RAPDs de doce especies de la Familia Crassulaceae. *Revista bio ciencias*. 2019 Enero 29;; p. 2 - 10.

14. Sánchez M. Pachyveria. [Online].; 2017 [cited 2022 Enero 10. Available from: <https://www.jardineriaon.com/descubre-a-las-pachyveria-sus-caracteristicas-cuidados-y-mas.html>.
15. Pérez CE, García RI. *Sedum neovolcanicum* (Crassulaceae) una especie nueva originaria del centro-occidente de México. *Acta Botánica Mexicana*. 2002 Abril; núm. 58: p. 57 - 62.
16. 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).
17. Taiz L, Zeiger E. *Plant Physiology*. Tercera ed. Sunderland: Sinauer Associates; 2002.
18. Winter K, Smith A. *Crassulacean Acid Metabolism*. Primera ed. Berlín: Springer; 1996.
19. Rios C. Efecto de cinco dosis de Ácido Indol 3 butírico en el enraizamiento de estacas de Morera (*Morus spp*) Agropecuarias FdC, editor. Quevedo: Universidad Tecnica Estatal de Quevedo; 2013.
20. Condemarín MC, Chico RJ, Vargas AC. Efecto del acido indolbutirico (IBA) y 6-bencilaminopurina (BAP) en el desarrollo in vitro de yemas axilares de *Encyclia microtos* (rchb.f.) *hoehne* (orchidaceae). *Lankesteriana International Journal on Orchidology*. 2007 Marzo 01; vol. 7: p. 247 - 254.
21. López MSE, Mostacero LJ, López ZA, Gil RAE, De La Cruz Castillo A. Efecto del ácido indolbutírico en la inducción de raíces de esquejes de tallo con yema de *Codiaeum variegatum* (Euphorbiaceae). *MANGLAR*. 2020 junio 29; 17(2): p. 177 - 181.
22. Báez PA, González ML, Solís ME, Bautista CA, Bernal AMdlÁ. Efecto de la aplicación del ácido indol-3-butírico en la producción y calidad de trigo (*Triticum aestivum* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 2015 mayo 15; vol.6 (no.3): p. 523 - 537.
23. 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/>.
24. Oviedo M. *Mantenimiento y propagación de cactaceas y crasulaceas para su conservación en el jardín botánico IB- UNAM*. Licenciatura en Biología ed. Iztapalapa: Universidad Autonoma Metropolitana Unidad Iztapalapa; 2003.
25. 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.
26. Pulido A. *Producción de Cactaceas y Suculentas Mexicanas*. Cuaderno de Educacion Sindical. 2012;(63).

27. García J, Hernandez J. Efecto de dos fitorreguladores sobre la formación de raíces en estacas de caña flecha (*Gynierium sagittatum* Aubl Beau.) Montería: Universidad de Cordoba ; 2004.
28. Andagoya C. Enraizamiento por acodo aereo de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa* Deg.) con el empleo de hormonas de enraizamiento ANA y AIB Quevedo: Universidad Tecnica Estatal de Quevedo; 2017.
29. INAHMI. Anuario Meteorológico; 2018.
30. Quiroga C, Cadena L, Lucero R. Generación de Geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional Quevedo: INAMHI; 2013.
31. Villavicencio E, Gonzales A, Carranza M, Arredondo A. Micropopagación Y producción de *Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt. & Rose Cactácea ornamental del Desierto Chihuahuense Saltillo, Coahuils: Centro de Investigación regional del Noroeste; 2012.
32. Alferez K, Díaz J, Loza S, Castro E. Efecto de diferentes reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de dos especies de *Ferocactus* (Cactaceae) Polibotanica , editor. Jalisco: Centro Universitario de los Lagos; 2012.
33. Quispe C. Evaluación de la propagación vegetativa de la rosa verde (*Echeveria agavoides* Lem.) Con aplicaciones de ácido indolbutírico (AIB) en un ambiente protegido en la localidad de viacha provincia ingavi del departamento de La Paz: Universidad Mayor de San Andrés ; 2017.
34. Veliz C. Hormonas ANA y AIB para la propagación asexual en esquejes de la pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) Quevedo : Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2017.
35. Torres E. “Propagación asexual de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante estacas empleando enraizadores ANA y AIB en el cantón Puerto Quito” Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo ; 2015.
36. Jimeno H. El género *Echeveria* (Crasulácea) en Veracruz, México Biología Fd, editor. Veracruz: Universidad Veracruzana ; 2008.
37. Barrie FR. Flora Mesoamericana. Tropicos. 2015; vol 2: p. 4 - 25.
38. Pérez E. CRASSULACEAE. flora del bajío y de regiones adyacentes. 2008 junio ;; p. 1 - 50.
39. Cactus y Suculentas. *Sedum*. [Online].; 2017 [cited 2022 Enero 11. Available from: <https://www.cactusysuculentas.org/crassulaceas/sedum/>.

CAPITULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo A. Plantas madres utilizadas



Anexo B. Siembra de hijuelos



Anexo C. Ubicación de bandejas



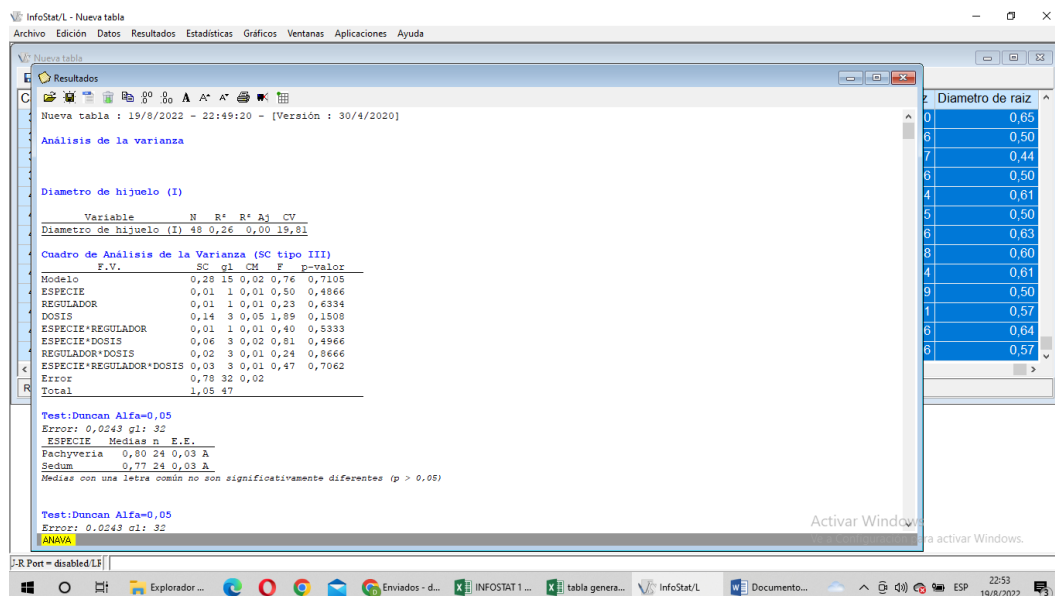
Anexo D. Riego manual a los hijuelos de *Pachyveria* y *Sedum*



Anexo E. Toma de datos



Anexo F. Ingreso de datos al sistema Infostat



Anexo G. Costos por tratamiento

Costos/tratamiento por el empleo de ácido indolbutírico (AIB) Y ácido naftalenacético (ANA) para la propagación vegetativa de hijuelos de <i>Pachyveria</i> y <i>Sedum</i> en vivero																
Insumos- Mano de obra	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
	Pachyveria ANA 0	Pachyveria ANA 500	Pachyveria ANA 1000	Pachyveria ANA 1500	Sedum ANA 0	Sedum ANA 500	Sedum ANA 1000	Sedum ANA 1500	Pachyveria AIB 0	Pachyveria AIB 500	Pachyveria AIB 1000	Pachyveria AIB 1500	Sedum AIB 0	Sedum AIB 500	Sedum AIB 1000	Sedum AIB 1500
Plantas	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Regulador AIB	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.18	0.23	0.00	0.14	0.18	0.23
Regulador ANA	0.00	0.16	0.23	0.30	0.00	0.16	0.23	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alcohol	0.00	0.20	0.20	0.20	0.00	0.20	0.20	0.20	0.00	0.20	0.20	0.20	0.00	0.20	0.20	0.20
Talco	0.00	0.14	0.14	0.14	0.00	0.14	0.14	0.14	0.00	0.14	0.14	0.14	0.00	0.14	0.14	0.14
Recipiente	0.00	0.11	0.11	0.11	0.00	0.11	0.11	0.11	0.00	0.11	0.11	0.11	0.00	0.11	0.11	0.11
Sustrato	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Bandejas	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
Atomizador	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Violeta de genciana	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
bisturi	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
hojas de boom	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
cinta metrica	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
toalla de cocina	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
MANO DE OBRA																
Siembra	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Aplicación de hormona	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Riego	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Vivero	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Laboratorio	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
Total	31.96	32.57	32.63	32.70	31.96	32.57	32.63	32.70	31.96	32.54	32.59	32.63	31.96	32.54	32.59	32.63

Anexo H. Rendimientos por tratamiento

Rendimiento / tratamientos. Empleo de ácido indolbutírico (AIB) Y ácido naftalenacético (ANA) para la propagación vegetativa de hijuelos de <i>Pachyveria</i> y <i>Sedum</i> en vivero																
Plantas	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
	Pachyveria ANA 0	Pachyveria ANA 500	Pachyveria ANA 1000	Pachyveria ANA 1500	Sedum ANA 0	Sedum ANA 500	Sedum ANA 1000	Sedum ANA 1500	Pachyveria AIB 0	Pachyveria AIB 500	Pachyveria AIB 1000	Pachyveria AIB 1500	Sedum AIB 0	Sedum AIB 500	Sedum AIB 1000	Sedum AIB 1500
Plantas vivas	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Plantas muertas	6	3	2	10	7	1	3	7	9	7	4	11	8	5	11	12
Total	18	21	22	14	17	23	21	17	15	17	20	13	16	19	13	12
PVP : \$2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Beneficio	36	42	44	28	34	46	42	34	30	34	40	26	32	38	26	24

Anexo I. Análisis de varianza de la variable diámetro de hijuelo

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor	
Modelo		0.53	15	0.04	51.54	0
Especie		0	1	0	1.2	0.28
Regulador		0.01	1	0.01	12.34	0
Dosis		0.47	3	0.16	226.02	0
Especie*Regulador		0.01	1	0.01	9.45	0
Especie*Dosis		0.01	3	0	2.42	0.08
Regulador*Dosis		0.04	3	0.01	20.52	0
Especie*Regulador*Dosis		0	3	0	1.08	0.37
Error		0.02	32	0		
Total		0.56	47			

CV:26.75

Anexo J. Análisis de varianza de la variable longitud de raíz

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor	
Modelo		3.69	15	0.25	10.67	0
Especie		0	1	0	0.21	0.65
Regulador		0.1	1	0.1	4.45	0.04
Dosis		3.25	3	1.08	46.99	0
Especie*Regulador		0	1	0	0.12	0.73
Especie*Dosis		0.03	3	0.01	0.46	0.71
Regulador*Dosis		0.26	3	0.09	3.79	0.02
Especie*Regulador*Dosis		0.04	3	0.01	0.54	0.66
Error		0.74	32	0.02		
Total		4.43	47			
CV		71.04				

Anexo K. Análisis de varianza de la variable altura de hijuelo

F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	
Modelo		0.52	15	0.03	10.48	0
Especie		0	1	0	0.64	0.43
Regulador		0	1	0	0.42	0.52
Dosis		0.48	3	0.16	48.09	0
Especie*Regulador		0	1	0	1.21	0.28
Especie*Dosis		0.02	3	0.01	2.1	0.12
Regulador*Dosis		0.01	3	0	0.85	0.48
Especie*Regulador*Dosis		0.01	3	0	0.6	0.62
Error		0.11	32	0		
Total		0.63	47			
CV		55.10				

Anexo L. Análisis de varianza de la variable diámetro de raíz

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR	
Modelo		0.17	15	0.01	2.88	0.01
ESPECIE		0.01	1	0.01	2.28	0.14
REGULADOR		0	1	0	0.68	0.42
DOSIS		0.1	3	0.03	8.31	0
ESPECIE*REGULADOR		0.01	1	0.01	1.52	0.23
ESPECIE*DOSIS		0.01	3	0	0.96	0.42
REGULADOR*DOSIS		0.01	3	0	1.22	0.32
ESPECIE*REGULADOR*DOSIS		0.03	3	0.01	2.39	0.09
Error		0.13	32	0		
Total		0.3	47			
CV		11.16				

Anexo M. Análisis de varianza de la variable área superficial de la raíz

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo	1807.85	15	120.52	8.32	0
ESPECIE	200	1	200	13.81	0
REGULADOR	15.3	1	15.3	1.06	0.31
DOSIS	1333.32	3	444.44	30.68	0
ESPECIE*REGULADOR	1.55	1	1.55	0.11	0.75
ESPECIE*DOSIS	98.37	3	32.79	2.26	0.10
REGULADOR*DOSIS	15.78	3	5.26	0.36	0.78
ESPECIE*REGULADOR*DOSIS	143.54	3	47.85	3.3	0.03
Error	463.57	32	14.49		
Total	2271.42	47			
CV	26.65				

Anexo N. Análisis de varianza de la variable volumen de raíces

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo	73.85	15	4.92	7.59	0
ESPECIE	9.95	1	9.95	15.34	0
REGULADOR	0.04	1	0.04	0.07	0.8
DOSIS	47.91	3	15.97	24.63	0
ESPECIE*REGULADOR	0.32	1	0.32	0.5	0.49
ESPECIE*DOSIS	4.62	3	1.54	2.38	0.09
REGULADOR*DOSIS	0.55	3	0.18	0.28	0.84
ESPECIE*REGULADOR*DOSIS	10.45	3	3.48	5.37	0
Error	20.75	32	0.65		
Total	94.6	47			
CV	34.27				

Anexo Ñ. Análisis de varianza de la variable porcentaje de enraizamiento

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo	9153.65	15	610.24	2.64	0.01
ESPECIE	13.02	1	13.02	0.06	0.81
REGULADOR	2552.08	1	2552.08	11.04	0
DOSIS	4518.23	3	1506.08	6.52	0
ESPECIE*REGULADOR	208.33	1	208.33	0.9	0.35
ESPECIE*DOSIS	1080.73	3	360.24	1.56	0.22
REGULADOR*DOSIS	260.42	3	86.81	0.38	0.77
ESPECIE*REGULADOR*DOSIS	520.83	3	173.61	0.75	0.53
Error	7395.83	32	231.12		
Total	16549.48	47			
CV	21				