



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:

Efecto del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la propagación de
Crasuláceas.

Autor:

Jeniffer Deyanira Rosado Gamarra

Director del Proyecto de Investigación:

Pablo Cesar Ramos Corrales, PhD.

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Jeniffer Deyanira Rosado Gamarra**, 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.

Rosado Gamarra Jeniffer Deyanira

120753374-4

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Pablo Ramos Corrales PhD**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Rosado Gamarra Jeniffer Deyanira**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Efecto del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la propagación de Crasuláceas**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrónomo**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Pablo Cesar Ramos Corrales PhD

Director del Proyecto de Investigación

REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito **Ing. Pablo Ramos Corrales PhD**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**Efecto del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la propagación de Crasuláceas**”, perteneciente a la estudiante de la carrera de Agronomía **Rosado Gamarra Jeniffer Deyanira**, **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 5%.

Document Information

Analyzed document	TESIS ROSADO PRIMERA REVISION REDACCION.docx (D171026782)
Submitted	2023-06-20 22:42:00
Submitted by	Angel Virgilio Cedeño Moreira
Submitter email	acedenom@uteq.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	acedenom.uteq@analysis.orkund.com

Ing. 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 del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la propagación de Crasuláceas”

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

Aprobado por:

Biol. Fernando Abasolo Pacheco Ph.D

Presidente del Tribunal

Ing. Marisol Rivero Herrada Ms.C

Integrante del Tribunal

Ing. Mayra Vélez Ruiz Ph.D

Integrante del Tribunal

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2023

AGRADECIMIENTO

El autor de la presente investigación quiere dejar constancia de su sincero agradecimiento a las personas que hicieron posible la culminación de la misma.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, institución digna que me acogió como estudiante y forjó mis conocimientos, mi gratitud inmensa.

Le agradezco a mi Director del Proyecto de Investigación, Dr. Pablo Ramos Corrales, por su enseñanza, apoyo y motivación para la exitosa culminación de este trabajo de investigación.

A esos profesores que se involucraron en mi educación, que me enseñaron a pensar y no solo escribir, que trasladaron sus ideas al campo e hicieron relucir sus conocimientos y lo supieron transmitir.

A mi mejor amigo Jair Aguachela por su amistad, confianza y apoyo durante el proyecto de investigación y toda mi carrera Universitaria.

A mis amigos y demás compañeros de aula que han formado parte de mi vida profesional los cuales me encantaría agradecerles su amistad, apoyo, ánimo y compañía en los buenos y malos momentos.

A mis compañeros de investigación por esa amistad y confianza brindada en este tiempo.

JENIFFER ROSADO GAMARRA

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por brindarme sabiduría, fortaleza y permitirme lograr esta meta en mi vida, también por darme a unos padres maravillosos, ya que, con sus esfuerzos y confianza permitieron culminar mis estudios y poder ser una profesional.

Este logro se los dedico a:

Mis padres Italo Rosado y Jinna Gamarra quienes con su amor y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida me ayudaron a alcanzar la culminación de mi carrera universitaria.

A mis hermanos Italo Rosado y Aracely Rosado que junto a sus ideas hemos pasado momentos inolvidables y estuvieron pendientes de mí sacándome una sonrisa en todo momento. A mi familia y en especial a mis abuelitos que desde el cielo me cuidan y sé que están muy orgullosos de mí.

A todos los que creyeron en mí, a mis amigos y familia en general, gracias por ese apoyo muy especial en mi vida.

JENIFFER ROSADO GAMARRA

RESUMEN

El Ecuador es un país con una flora muy rica y variada, dentro de esta gran variedad se encuentran las crasuláceas y sus diferentes géneros, son plantas con gran valor económico y comercial, presentan un nivel de porcentaje muy bajo en propagación vegetativa. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la propagación de crasuláceas. Se utilizaron hojas de tres géneros de crasuláceas: *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum*, seleccionando seis hojas por cada género a la cual se les aplicó el regulador de crecimiento BAP en diferentes concentraciones 0, 500, 1000 y 1500 ppm por 3 repeticiones siendo así 216 hojas, con un total de 12 tratamientos, a los 31 días se realizó la toma de datos, se usó un diseño de completamente al azar (DCA), luego se llevó a cabo el análisis de varianza y la respectiva prueba Tukey al 95% de probabilidad. Los resultados obtenidos presentaron que el género *Pachyveria* en la concentración de 500ppm demostró obtener una mayor eficacia en cuanto a las variables número de raíces, volumen de raíces, diámetro de raíces, área de raíces y longitud de raíces, así mismo el género *Pachyveria* en concentración de 500ppm fue la que mostró obtener la mejor respuesta en las variables diámetro de brote y cantidad de brote incrementando la mayor cantidad de propagación, los resultados obtenidos muestran que la aplicación del regulador de crecimiento BAP presenta la capacidad de promover la propagación vegetativa en las especies de crasuláceas.

Palabras clave: metabolismo CAM, hormona de crecimiento vegetal, suculentas

ABSTRACT

Ecuador is a country with a very rich and varied flora, within this great variety are the Crassulaceae and its different genera, they are plants with great economic and commercial value, they present a very low percentage level in vegetative propagation. The objective of this research was to evaluate the effect of the growth regulator benzylaminopurine (BAP) on the propagation of Crassulaceae. Leaves from three Crassulaceae genera were used: Pachyveria, Echeveria and Sedum, selecting six leaves for each genus to which the BAP growth regulator was applied at different concentrations: 0, 500, 1000 and 1500. ppm for 3 repetitions, thus being 216 leaves, with a total of 12 treatments, at 31 days the data collection was carried out, a completely randomized design (DCA) was used, then the analysis of variance was carried out and the respective Tukey test at 95% probability. The results obtained showed that the Pachyveria genus in the concentration of 500ppm demonstrated to obtain a greater efficacy in terms of the variables number of roots, root volume, root diameter, root area and root length, likewise the Pachyveria genus in doses of 500ppm was the one that showed to obtain the best response in the variables of sprout diameter and quantity of sprout, increasing the greatest amount of propagation, the results obtained show that the application of the BAP growth regulator has the capacity to promote vegetative propagation in Crassulaceae species.

Key words: CAM metabolism, plant growth hormone, succulent

TABLA DE CONTENIDO

Portada	i
Declaración de autoría y cesión de derechos	ii
Certificación de culminación del proyecto de investigación	iii
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
Tabla de contenido	x
Còdigo dublin	xv
Introducción	1
CAPÍTULO I. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Justificación	5
1.3. Objetivos	6
1.3.1. General	6
1.3.2. Objetivos específicos	6
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1. Marco conceptual	8
2.1.1. Familia Crassulaceae	8
2.1.2. Reproducción	8
2.1.3. Reguladores de crecimiento	9
2.2. Marco referencial	9
2.2.1. Cultivo de crasuláceas	9
2.2.2. Importancia de la familia Crassulaceae en el Ecuador	10
2.2.3. Clasificación taxonómica de las crasuláceas	10
2.2.4. Características morfológicas de las crasuláceas	11
2.2.5. Adaptaciones morfológicas	12
2.2.6. Aspectos fisiológicos	12
2.2.7. Hábitat	12
2.2.8. Cuidados	13

2.2.9.	Metabolismo de las crasuláceas.....	13
2.2.10.	Géneros de Crassulaceae.....	14
2.2.11.	Reguladores de crecimiento que inhiben en el crecimiento vegetal.....	17
2.2.12.	Investigaciones realizadas sobre la propagacion de crasulceas	19

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Localización	25
3.2.	Tipo de investigación.....	25
3.3.	Métodos de investigación	25
3.4.	Fuentes de recopilación de información	25
3.5.	Diseño de la investigación.....	25
3.5.1.	Factores de estudio	25
3.5.2.	Tratamientos.....	26
3.5.3.	Diseño experimental de la investigación	26
3.6.	Instrumentación de investigación.....	27
3.6.1.	Manejo del experimento.....	27
3.6.2.	Variables en estudio	29
3.7.	Tratamiento de los datos.....	30
3.8.	Recursos humanos y materiales	30
3.8.1.	Recursos humanos	30
3.8.2.	Materiales y equipos	30

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados.....	33
4.1.1.	Número de raíz	33
4.1.2.	Volumen de raíz.....	34
4.1.3.	Diámetro de raíz	35
4.1.4.	Área de raíz	36
4.1.5.	Longitud de raíz.....	37
4.1.6.	Diámetro de brote	38
4.1.7.	Área de brote	39
4.1.8.	Volumen de brote	40
4.1.9.	Cantidad de brote.....	41
4.2.	Discusión	42

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....45

5.2. Recomendaciones.....46

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.....48

CAPÍTULO VII. ANEXOS

7.1. Anexos53

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Tratamientos utilizados en la investigación efecto del regulador de crecimiento bencilaminopurina en la propagación de crasuláceas	26
Tabla 2. Esquema del análisis de varianza del efecto de bencilaminopurina (BAP) en la propagación de crasuláceas.....	27
Tabla 3. Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable número de raíz presente en las crasuláceas.....	33
Tabla 4. Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable volumen de raíz presente en las crasuláceas.....	34
Tabla 5. Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable diámetro de raíz presente en las crasuláceas.....	35
Tabla 6. Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable área de raíz presente en las crasuláceas.....	36
Tabla 7. Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable longitud de raíz presente en las crasuláceas.....	37
Tabla 8. Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable diámetro de brote presente en las crasuláceas.....	38
Tabla 9. Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable área de brote presente en las crasuláceas.....	39
Tabla 10. Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable volumen de brote presente en las crasuláceas.....	40
Tabla 11. Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable cantidad de brote presente en las crasuláceas.....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Plantas utilizadas en el proyecto de investigación.....	53
Anexo B. Regulador de crecimiento Bencilaminopurina (BAP)	53
Anexo C. Aplicación del regulador de crecimiento Bencilaminopurina (BAP) en las diferentes concentraciones de en crasuláceas.....	53
Anexo D. Siembra de hojas de los géneros Pachyveria, Echeveria y Sedum de crasulaceas tratadas con el regulador de crecimiento BAP.	54
Anexo E. Riego manual a los géneros Pachyveria, Echeveria y Sedum	54
Anexo F. Toma de datos.....	55
Anexo G. Análisis de varianza variable número de raíz	55
Anexo H. Análisis de varianza variable volumen de raíz.....	56
Anexo I. Análisis de varianza variable diámetro de raíz	56
Anexo J. Análisis de varianza variable área de raíz.....	57
Anexo K. Análisis de varianza variable longitud de raíz	57
Anexo L. Análisis de varianza variable diámetro de brote.....	58
Anexo M. Análisis de varianza variable área de brote.....	58
Anexo N. Análisis de varianza variable volumen de brote.....	59
Anexo O. Análisis de varianza variable cantidad de brote	59

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Efecto del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la propagación de Crasuláceas		
Autora:	Jeniffer Deyanira Rosado Gamarra		
Palabras clave:	Metabolismo CAM	Hormona de crecimiento vegetal	Suculentas
Fecha de publicación:			
Editorial:			
Resumen:	<p>Resumen: El Ecuador es un país con una flora muy rica y variada, dentro de esta gran variedad se encuentran las crasuláceas y sus diferentes géneros, son plantas con gran valor económico y comercial, presentan un nivel de porcentaje muy bajo en propagación vegetativa. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la propagación de crasuláceas. Se utilizaron hojas de tres géneros de crasuláceas: <i>Pachyveria</i>, <i>Echeveria</i> y <i>Sedum</i>, seleccionando seis hojas por cada género a la cual se les aplicó el regulador de crecimiento BAP en diferentes concentraciones 0, 500, 1000 y 1500 ppm (..)</p> <p>Abstract: Ecuador is a country with a very rich and varied flora, within this great variety are the Crassulaceae and its different genera, they are plants with great economic and commercial value, they present a very low percentage level in vegetative propagation. The objective of this research was to evaluate the effect of the growth regulator benzylaminopurine (BAP) on the propagation of Crassulaceae. Leaves from three Crassulaceae genera were used: <i>Pachyveria</i>, <i>Echeveria</i> and <i>Sedum</i>, selecting six leaves for each genus to which the BAP growth regulator was applied at different concentrations: 0, 500, 1000 and 1500 ppm (..)</p>		
Descripción:	74 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162		
URL:	<u>(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)</u>		

Introducción

El Ecuador es un país con una flora muy rica y variada debido a la diversidad de los medios ecológicos, tiene un 10 por ciento de todos los géneros 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 estima que hay aproximadamente 10 mil géneros, dentro de esta gran variedad de especies vegetales se encuentran las crasuláceas y sus diferentes géneros (1).

La familia *Crassulaceae* es demandada por su uso ornamental y como adorno, se han registrado entre 25 y 33 géneros, con 1200 a 1500 especies, poseen una amplia variabilidad morfológica en cuanto a porte de la planta, tamaño, forma, espesor y color de las hojas, así como tamaño y forma de la inflorescencia. Las crasuláceas crecen generalmente en regiones secas o lugares rocosos, tienen adaptaciones especiales, como la succulencia, la propiedad de almacenar agua en sus tejidos y sus hojas están recubiertas de cera para evitar la evaporación, como una forma de adaptación que les permite soportar prolongadas sequías (2).

Los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* se propagan por dos vías distintas, reproducción sexual mediante semillas y propagación vegetativa mediante yemas esquejes, vástagos, hojas e injertos. La propagación asexual consiste en desprender hojas, dejar cicatrizar durante dos o tres días y posteriormente se planta en charolas con sustrato. Se debe mantener una humedad constante para lograr diferenciación (3).

Actualmente existen muy pocos estudios acerca de la propagación asexual de los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* como plantas ornamentales. De acuerdo al constante crecimiento de la demanda del mercado se necesita incrementar la oferta de plantas por unidad de superficie, para obtener mayor número de plantas en corto tiempo con la ayuda de reguladores de crecimiento como la bencilaminopurina que estimula la formación de raíces.

La presente investigación tuvo la finalidad de evaluar el efecto del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) como un medio en la propagación de crasuláceas que permita acelerar el tiempo de propagación de las plantas.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Las crasuláceas son plantas con gran valor económico y comercial que generan interés debido a sus peculiaridades formas, tamaño, porte de las plantas y color de hojas. La biodiversidad de nuestro país hace que existan este tipo de plantas pero presentan un nivel de porcentaje muy bajo en propagación vegetativa, en Ecuador no se han realizado estudios de propagación asexual utilizando reguladores de crecimiento como la bencilaminopurina en los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* donde se muestre una multiplicación de manera eficiente. La aplicación de nuevas técnicas que permiten la estimulación de la planta a partir del uso de bencilaminopurina permitirá obtener una propagación vegetativa en menor tiempo para aumentar su población.

Diagnóstico del problema

En el Ecuador las crasuláceas son plantas utilizadas de manera ornamental, existen pocas plantas de crasuláceas debido a que su multiplicación es lenta, el uso del regulador de crecimiento ayuda a acelerar el tiempo de propagación, mejora el porcentaje de enraizamiento así como la adaptación de la planta.

Pronóstico del problema

Al no implementar alternativas para acelerar el tiempo de propagación de las crasuláceas agravara la demanda de los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* en el mercado comercial, conlleva al aumento de los costos para adquirirlas para uso ornamental. Se necesita incrementar su propagación vegetativa con la ayuda de reguladores de crecimiento vegetal como bencilaminopurina para aumentar la población de estas especies en el Ecuador.

Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de la aplicación del regulador de crecimiento en el enraizamiento y brotación de hojas en crasuláceas?

Sistematización del problema

¿Cuál es el comportamiento de crasuláceas con el empleo del regulador de crecimiento (BAP) en la morfología aérea?

¿Qué concentración del regulador de crecimiento (BAP) es más efectiva en la propagación de crasuláceas?

1.2. Justificación

La familia de las crasuláceas representa un grupo importante dentro del reino vegetal, está conformado por plantas cultivadas como ornamentales por su gran atractivo natural. Los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* crecen mejor en zonas áridas y semiáridas y ambientes rocosos montañosos con climas templados.

En la actualidad se han localizado pocas poblaciones de *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* las cuales tienen un lento crecimiento. En Ecuador estos géneros son utilizados de manera ornamental, los comerciantes realizan la extracción ilegal de estos géneros con fines de comercialización, es importante realizar estudios principalmente de propagación probando diferentes combinaciones de reguladores de crecimiento vegetal y variando las proporciones de los mismos para encontrar la combinación más adecuada y que se pueda obtener el mayor número de plantas en menor tiempo posible, contribuyendo así a su conservación, multiplicación y posiblemente asegurar su persistencia.

En el Ecuador no se han realizado investigaciones que ayuden a propagar de manera rápida a plantas como las suculentas, es por esto que los agricultores realizan una propagación lenta mediante hojas e hijuelos sin la aplicación de reguladores de crecimiento teniendo desventajas en su comercialización debido al tiempo de propagación de los géneros. La utilización del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* de las crasuláceas contribuye a una propagación vegetativa más rápida y eficaz mejorando la situación de los agricultores con mayor cantidad de plantas y así poder incrementar la economía familiar

Se ha demostrado que este regulador es una alternativa eficaz para adquirir plantas provenientes de la regeneración natural, en las cuales probando diferentes concentraciones del regulador de crecimiento se busca obtener una mayor propagación de las plantas y estos géneros puedan adaptarse y mediante esta propagación para de esta manera ser usadas de manera comercial.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

- Evaluar el efecto del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la propagación de crasuláceas.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la morfología aérea de crasuláceas.
- Identificar la concentración del regulador de crecimiento que genere mayor propagación vegetativa en crasuláceas.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Familia Crassulaceae

Las Crassulaceae conforman una familia de plantas más o menos uniforme de las especies angiospermas, además de pertenecer al orden de las *saxifragales*. La familia de las crasuláceas se compone aproximadamente de 25 a 33 géneros con más de 1500 especies. Agrupa plantas suculentas que presentan hojas pinnadas o enteras, normalmente carnosas (rasgo distintivo de la familia), 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 (4).

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 (5).

2.1.2. Reproducción

Las crasuláceas se multiplican por dos vías distintas, la reproducción sexual mediante semillas y la propagación vegetativa mediante yemas, esquejes, hijuelos, injertos y hojas (6).

2.1.2.1. Propagación sexual.

Para la propagación por vía sexual es necesario tener la semilla, por ello es indispensable contar con al menos dos plantas del mismo género que estén en floración, para poder realizar las polinizaciones, y para evitar que los descendientes sean clones (6).

2.1.2.2. 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 (6).

2.1.3. Reguladores de crecimiento

Los Reguladores de crecimiento son sustancias que funcionan en el progreso de las plantas y normalmente son activas a concentraciones muy pequeñas. Entre estas se pueden diferenciar las que produce la planta y las que son de origen sintético. Las que forma la planta naturalmente se les llaman fitohormonas u hormonas vegetales. Son usados con muchos propósitos, tienen la peculiaridad que a veces el mismo principio activo ofrece varias respuestas conforme al momento de aplicación y concentración empleada (7).

2.2. Marco referencial

2.2.1. Cultivo de crasuláceas

Las crasuláceas son plantas herbáceas, subarborescentes, arbóreas, y rara vez acuáticas. La mayoría de los géneros 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 (8).

Un aspecto importante y particular de las plantas suculentas es su metabolismo fotosintético, el cual se llama metabolismo ácido de las *crasuláceas*. Dicho metabolismo permite que estas plantas crezcan en condiciones de restricción de humedad, y que realicen la captación de dióxido de carbono durante la noche para evitar pérdidas de agua de la planta durante el día, cuando la temperatura ambiental es elevada. Las suculentas son plantas con gran valor económico y comercial debido a la belleza de su morfología, la cual las hace géneros ornamentales dignas de ser coleccionadas (4).

Muchas de las especies de la familia de las crasuláceas son populares en jardinería y floricultura; son plantas duras, de aspecto extraño muchas de ellas requieren cuidados mínimos. Otra ventaja para el cultivo de estas plantas es lo habitualmente sencillo de su propagación, necesitándose en algunos casos una simple hoja para lograr un nuevo ejemplar. La clasificación es difícil debido a su facilidad de hibridación, tanto silvestres como en cultivo. Antiguamente se las incluía en el orden de los rosales, pero en la actualidad han sido clasificadas en el orden Saxifragales (5).

2.2.2. Importancia de la familia Crassulaceae en el Ecuador

Las peculiares formas que adoptan estas especies, además de su interés económico y ecológico, atraen popularidad a nivel mundial; sin embargo, este mismo interés es el que ha puesto en peligro a una gran cantidad de estas especies debido al tráfico ilegal y destrucción de hábitat, lo cual acarrea amenazas para su extinción. Su uso es habitual como plantas ornamentales debido a su bajo costo de mantenimiento y alta tolerancia a la escasez de agua. (9).

En Ecuador se ha realizado una revisión completa de las colecciones de Crassulaceae en herbarios a nivel nacional, actualización taxonómica de las especies identificadas y estudio de las publicaciones realizadas al respecto desde el año 2010. Pese a ello, se determinó que las investigaciones de la familia Crassulaceae en el país se han interrumpido en los últimos años debido al poco interés de investigadores y estudiantes, y al limitado número de especialistas en el tema (10).

2.2.3. Clasificación taxonómica de las crasuláceas

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 suculentos y pequeños arbustos (11).

La descripción taxonómica para esta familia es la siguiente:

- **Reino:** Plantae
- **División:** Magnoliophyta
- **Clase:** Equisetópsida
- **Subclase:** Magnoliidae
- **Orden:** Saxifragales
- **Familia:** Crassulaceae

2.2.4. Características morfológicas de las crasuláceas

2.2.4.1. Planta.

Las suculentas pueden presentar variedad en su morfología. Normalmente, 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 (4).

2.2.4.2. 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. También pueden estar distribuidas a lo largo del tallo con filotaxis opuesta, alterna o verticilada. El color de las hojas varía de verde a grisáceo; el borde de las hojas puede ser cartilaginoso, peloso, o papiloso. Las hojas son gruesas, pequeñas y de color verde-grisáceo, y con la particularidad de almacenar mucha agua (4).

2.2.4.3. 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 carpel (4).

2.2.4.4. Frutos.

Los frutos de las crasuláceas tienen forma de folículos libres y pueden tener una o muchas semillas (4).

2.2.5. Adaptaciones morfológicas

Las crasuláceas tienen adaptaciones morfológicas que les hace posible habitar sitios con condiciones ambientales de sequía temporal o permanente. En consecuencia, estas adaptaciones pueden ser la succulencia de los diferentes órganos, especialmente las hojas y los tallos; desarrollo de cutícula gruesa y normalmente pruinosa, con pubescencia o cerosa; crecimiento en forma de roseta, y un crecimiento apiñado (12).

2.2.6. Aspectos fisiológicos

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. A diferencia de las plantas que tienen metabolismo C3 y C4, fijan el CO₂ durante la noche, y para ello utilizan la enzima PEPC (fosfoenolpiruvato carboxilasa). Los productos de la reacción (ácido málico) se almacenan en vacuolas, y durante el día bajo la incidencia lumínica se asimila el dióxido de carbono en los cloroplastos mediante el ciclo de Calvin (12).

Las especies vegetales CAM, especialmente las crasuláceas más suculentas y que almacenan gran cantidad de agua, llegan a mantener durante más tiempo la tasa máxima de asimilación fotosintética (CO₂), así como mantener un balance favorable de carbono incluso luego de 30 días de sequía. Muchos géneros con fotosíntesis CAM crecen y se desarrollan mejor en microambientes en donde obtienen más cantidad de agua y luz en niveles óptimos (12).

2.2.7. 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 (12).

2.2.8. Cuidados

La importancia de las plantas suculentas radica en el uso que tienen como géneros ornamentales. Esto se debe a las flores llamativas que poseen, tanto como las formas de crecimiento vegetativo que presentan. Es por ello que los aficionados del cultivo de las crasuláceas realizan cuidados especiales para el mantenimiento de sus plantas (13).

Dentro de estos cuidados se puede encontrar el especial cuidado en la frecuencia de riego, pues un riego excesivo podría causar la muerte de la planta por podredumbre de la raíz, así como un riego extremadamente deficitario podría causar la marchitez de las plantas. Por consiguiente, las plantas suculentas requieren de mucha cantidad de luz diariamente, siendo recomendable mantenerlas en un lugar donde reciban al menos medio día de luz (13).

Asimismo, la dotación de un sustrato compuesto por una mezcla entre arena y tierra, con buen drenaje, permite el desarrollo de estas plantas en buenas condiciones. También, se debe evitar que estas plantas se encuentren en sitios encerrados para disminuir el riesgo de que sean atacadas por hongos fitopatógenos (13).

2.2.9. Metabolismo de las crasuláceas

El metabolismo ácido de las crasuláceas, denominado así debido a que esta acción fotosintética fue analizada por primera vez en la familia Crassulaceae, es una adaptación ecológica en la cual ciertas plantas adecuadas a ambientes secos evitan la liberación de vapor de agua a través de sus estomas, mediante la realización de actividad fotosintética durante el día y la noche (14).

Por la noche conservan sus estomas abiertas en la célula mesófilo, fijando el Dióxido de Carbono (CO₂) y Ácido Fosfoenolpirúvico (PEP, por sus siglas en inglés) utilizado para producir malato (enzima almacenadora de CO₂, esta enzima es almacenada en la vacuola (organelo de la célula capaz de funcionar como bodega de líquidos) (14).

La planta puede acceder a la reserva de malato, donde se almacena CO₂ durante la noche cuando se requiera, de manera que durante el día puede cerrar sus estomas para evitar perder agua debido a la sequía, pudiendo realizar la fotosíntesis dentro de las células mesófilo, ya

que almacenó el malato suficiente durante la noche, y consecutivamente podrá realizar el Ciclo Calvin, necesario para la producción de azúcar en la planta (14).

2.2.10. Géneros de Crassulaceae

Se consideran, según el criterio de diferentes autores, entre 25 y 33 géneros con 1200 a 1500 especies, las cuales viven de manera preferente en regiones secas o lugares rocosos. Como respuesta a tales ambientes sus miembros presentan adaptaciones fisiológicas y morfológicas específicas (15). A continuación, se describe los principales géneros de crasuláceas cultivadas en Ecuador con fines ornamentales:

2.2.10.1. Pachyveria.

El género *Pachyveria* es una crasulácea resultado del cruce de *Echeveria x pachyphytum*, incluye varios géneros de plantas perennes suculentas de la familia de *Crasuláceas* apreciado en Ecuador por la belleza del follaje y por su resistencia a la adversidad, 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. Son pequeñas, no superando los 20 cm de altura (16).

Es una planta híbrida cuyas hojas, aunque varían en tamaño y ápice, están todas dispuestas para formar densas rosetas de cuyo centro y de las intersecciones foliares durante el período de floración brotan inflorescencias particulares compuestas por pequeñas flores tubulares de color amarillo, amarillo anaranjado o rosa a (16). A continuación, se describe los principales requerimientos para el correcto desarrollo del género *Pachyveria*.

Exposición solar: como el aeonium y otros tipos de plantas suculentas, ama los lugares luminosos y soleados. En regiones caracterizadas por veranos muy calurosos, la planta debe protegerse de la luz solar directa con un paño de sombra solo en las horas más calurosas del día. Incluso si tolera temperaturas inferiores a 7 ° C, se recomienda colocarlo en un lugar no expuesto a fuertes excursiones térmicas. Los ejemplares cultivados invadidos durante el invierno deben protegerse de las heladas invernales.

Suelo: prefiere suelos blandos mezclados con arena y bien drenados. El sustrato de cultivo óptimo debe ser suelto, poroso y mezclado con arena gruesa para facilitar el drenaje del agua de riego.

Riego: se debe regar regularmente durante el reinicio vegetativo (mayo-octubre) evitando, sin embargo, remojar el suelo y esperar a que esté completamente seco. El riego debe diluirse en otoño y suspenderse por completo en invierno.

Fertilización: desde el reinicio vegetativo, administrar fertilizante específico para plantas suculentas al menos una vez al mes. La primera fertilización del año debe realizarse en el segundo riego de la *Pachyveria* y mediante la administración de un producto con alto contenido en fósforo (Superfosfato mineral-18 a concentración de 1 gramo por litro), fertilizante útil para estimular la producción de flores.

Propagación: Como todas las suculentas, *Pachyveria* también se puede multiplicar por semilla, división de los mechones o por esquejes de hojas y ramas en primavera (16).

2.2.10.2. *Echeveria*.

Es un género exótico procedente de Centro y Sudamérica, perteneciente a la familia de *Crasuláceas*. La parte aérea de la planta tiene una altura media de 10 cm en forma de roseta con numerosos sales de triangulares y coriáceos de color variable según el género, de verde claro a grisáceo, de azul grisáceo a rosa (17). A continuación, se describe los principales requerimientos para el correcto desarrollo del género *Echeveria*.

Floración: En período de floración tallos erectos emergen del centro de roseta con inflorescencias compuestas de pequeñas flores tubulares de color rojo anaranjado, con margen superior amarillo de los pétalos.

Exposición solar: ama las posiciones luminosas y soleadas incluso si no desdeña los lugares semi-sombreados. No tolera un clima particularmente duro y por eso es recomendable hospitalizarla en pleno invierno.

Suelo: como todas las suculentas, prefiere suelos fértiles, sueltos y bien drenados, ricos en materia orgánica; las *echeverias* suelen desarrollarse produciendo nuevas hojas en el centro de la roseta, mientras que las más externas se secan y deben ser retiradas; con el paso de los años puede pasar a obtener un tallo alto y desnudo, de hecho, las hojas estarán presentes solo en los ápices.

Riego: incluso si es una planta grasa, desde el reinicio vegetativo (marzo) hasta el otoño (octubre), regar con regularidad, pero solo cuando el suelo esté seco. En invierno, regar solo y esporádicamente las plantas cultivadas en macetas.

Fertilización: a partir del reinicio vegetativo, administrar fertilizante líquido específico para plantas suculentas a diluir cada 20-25 días en el agua de riego, o cada 2-3 meses si es granular de liberación lenta.

Propagación: *Echeveria* se propaga por esquejes de semillas y hojas en primavera. En cualquier época del año se puede multiplicar por división de los mechones separando los rosetones laterales de la planta madre y luego cultivándolos en macetas individuales (17).

2.2.10.3. *Sedum*.

Las plantas del género *Sedum* son *xerofíticas* rústicos o semi-rústicos cultivados con fines ornamentales en cestas colgantes, en jardines de rocas, a lo largo de muros y en zonas costeras debido a su alta resistencia a la salinidad. El género *Sedum* de la familia de *Crasuláceas*, pertenecen a diferentes géneros de plantas suculentas originarias de África central, de América, muy extendidas en zonas climáticas cálidas y frías. Se trata de plantas xerofíticas perennes que se desarrollan muy bien en ambientes áridos y secos (18).

Todas las especies tienen un hábito tupido y un sistema de raíces poco desarrollado. La parte aérea de la planta está formada por tallos erectos o colgantes cubiertos de numerosas hojas carnosas, casi siempre de color verde vivo. El color de las flores varía de blanco - crema a amarillo brillante, de rosa a rojo - violeta (18). A continuación se describe los principales requerimientos para el correcto desarrollo del género *Sedum*.

Floración: Las plantas de *Sedum* florecen de marzo a octubre.

Exposición solar: Prefiere lugares soleados y aireados con temperaturas entre 18 y 20 °C.

Suelo: El sustrato adecuado para el crecimiento de las plantas *Sedum* debe estar compuesto por tierra universal y arena en las proporciones de 7: 1.

Fertilización: Para un crecimiento exuberante y para estimular la emisión de nuevos brotes, de primavera a otoño, administrar periódicamente un fertilizante específico para suculentas diluido en el agua de riego.

Propagación: Todos los géneros de *Sedum* pueden reproducirse cortando hojas o tallos y dividiendo los mechones (18).

2.2.11. Reguladores de crecimiento que inhiben en el crecimiento vegetal

Los reguladores de crecimiento son compuestos sintéticos introducidos internamente en una planta, que ejerce su función en muy bajas concentraciones y cuyo principal efecto se produce a nivel celular, cambiando los patrones de crecimiento de los vegetales y permitiendo su control (19).

Desde la biotecnología se han podido fabricar de manera sintética reguladores de crecimiento que pueden imitar el rol de las fitohormonas de manera natural. Existen distintos tipos de reguladores capaces de promover o inhibir el crecimiento vegetal. Algunos autores han sugerido la existencia de compuestos químicos capaces de controlar el crecimiento de manera específica, por lo que los reguladores se han podido clasificar en diez tipos diferentes, de acuerdo a la actividad o capacidad estimulante que cada uno pueda poseer en el crecimiento vegetal, en un órgano o procedimiento único como la fotosíntesis, maduración de frutos entre otros (20).

Son compuestos sintetizados químicamente u obtenidos de otros organismos, son similares a las fitohormonas y cumplen un papel importante en la regulación de diferentes procesos bioquímicos a nivel celular en los organismos vegetales.

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 (20). Entre los reguladores de crecimiento que estimulan la división celular tenemos:

2.2.11.1. Auxinas.

Son un tipo de fitohormonas especializadas en diferentes procesos a nivel vegetal. Los principales puntos de acción se encuentran a nivel celular, donde tienen la capacidad de dirigir e intervenir en los procesos de división, elongación y diferenciación celular. Esta suele encontrarse muy bien distribuida en la mayoría de las células y tejidos vegetales, por lo que puede interferir en procesos de diferenciación unicelular, pluricelular o incluso tener acción en los diferentes tejidos vegetales (21).

Esta hormona es considerada como un tipo de morfógeno capaz de inducir la diferenciación celular de órganos como raíces, tallos y hojas, y así mismo, dar origen a ellos. Dentro de las características más relevantes de las auxinas se encuentran su capacidad para inducir la formación y elongación de tallos a nivel vegetal, promover la división celular en cultivos de callos (21).

2.2.11.2. Citoquininas

Las citoquininas son un tipo de fitohormonas específicas, tienen la capacidad de estimular e inducir una alta proliferación y división celular, suelen inducir la iniciación y elongación de las raíces al igual que pueden activar la senescencia de las hojas, permitiendo estimular el desarrollo fotomorfogénico vegetal y jugar un rol importante en el aumento y generación de la producción de brotes a nivel vegetal. Estas fitohormonas suelen producirse de manera

abundante en la punta de la raíz y suelen transportarse principalmente por el xilema vegetal hacia las partes aéreas de la planta (22).

2.2.11.2.1. Bencilaminopurina (BAP).

La 6-Bencilaminopurina BAP es la citoquinina sintética de primera generación más común empleada en la propagación, provoca respuestas de crecimiento y desarrollo de las plantas, estableciendo flores y estimulando la riqueza de los frutos mediante la estimulación de la división celular. Es un inhibidor de la quinasa respiratoria en las plantas, y aumenta la vida poscosecha de los vegetales verdes (24).

Fue sintetizada y probada por primera vez en los laboratorios del fisiólogo de plantas Folke K. Skoog. Sin embargo, se ha descrito que tiene un efecto inductor en la respuesta hiperhídrica, fundamentalmente en concentraciones elevada (24).

Las principales características del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) según Mendoza (24) son citadas a continuación

- Promueve la división celular.
- Estimula el crecimiento y elongación de las células.
- Promueve la germinación.
- Induce el crecimiento de capullos en dormancia.
- Regula el crecimiento y elongación del tallo y hojas.
- Regula el crecimiento de las raíces.
- Inhibe el proceso de envejecimiento de las hojas.
- Inhibe el desarrollo dominante de picos y promueve el crecimiento de capullos cercanos entre sí.
- Promueve la formación de botones florales y promueve la floración.
- Prolonga la estadía de las frutas en plantas y árboles.
- Promueve el crecimiento de las frutas.
- Induce la formación de tubérculos.

2.2.11.2.2. Uso de bencilaminopurina (BAP) en la reproducción asexual de plantas.

La síntesis de este regulador de crecimiento tiene lugar tanto en los meristemas apicales de las raíces como en los tejidos embrionarios, su transporte a lo largo de la planta ocurre vía acropétala es decir desde el ápice de la raíz hasta los tallos, mediante la xilema (25).

Se sintetiza en cualquier tejido vegetal, sea este, semillas, tallo, raíz, flores o frutos, aunque se acepta generalmente que es en la raíz en donde tiene lugar la mayor producción de esta hormona. En los lugares del vegetal en donde se ha iniciado un proceso de diferenciación y/o una intensiva división celular es donde se presenta mayor reproducción, es decir que cualquier tejido o etapa de la planta que no presente actividad de crecimiento activo, estará produciendo poca reproducción (25).

La función más importante del BAP es la de estimular la división celular cuando actúan junto a una auxina, ambos compuestos deben estar en balance ya que una alta relación auxina/citoquinina estimula la proliferación de raíces mientras que una baja relación auxina/citoquinina estimula la proliferación de tallos (26).

2.2.11.3. Giberelinas.

Están involucradas a nivel vegetal en el desarrollo de tejidos cuyo crecimiento es constante, como lo pueden ser la elongación de raíces, hojas jóvenes, floración, entre otros procesos vegetales. El ácido giberélico (GA3), por su parte, juega un rol importante en el alargamiento de los segmentos nodales ya que permite estimular la elongación celular en respuesta a las condiciones de luz y oscuridad. Adicionalmente, tiene una gran relevancia en los procesos de iniciación de la floración, por lo cual es sumamente vital para la fertilidad de las plantas masculinas y femeninas (23).

2.2.12. Investigaciones realizadas sobre la propagación de Crasuláceas

Skoog y Miller (27), reportaron el control de la formación de brotes y raíces en tabaco utilizando diferentes concentraciones de auxinas y citoquininas.

La demostración de los cultivos celulares iniciados a partir de raíces de *Daucus carota* en 1958 por J. Reinert, F.C. Steward, M.O. Mapes y M. Mears fue la ratificación del concepto de la totipotencia celular: las células vivientes contienen toda la información genética.

Solis (28), realizó una investigación titulada “*In vitro* Propagation of *Echeveria elegans*, a Species of the Flora Endangered Mexican” El objetivo de este estudio fue realizar la propagación *in vitro* de esta género a partir de brotes axilares como una alternativa de multiplicación y preservación, utilizando una combinación de 6 Bencil Aminopurina (6-BAP) con Ácido Naftalen Acético (α -NAA) en diferentes concentraciones. Obteniendo un máximo de 4.21 brotes promedio por explante en las concentraciones: 6.66 μ M of 6-BAP + 1.35 μ M of α -NAA a los 40 días de su establecimiento.

El proyecto de investigación de Mendoza (24), tuvo como objetivo determinar el efecto del 6-BAP en la multiplicación *in vitro*, la morfo-anatomía, la fisiología y la supervivencia ex vitro de brotes de teca cultivados en los sistemas de inmersión temporal, así como el efecto inductor del 6-BAP en la respuesta hiperhídrica. Se estudió el efecto de tres concentraciones de 6-BAP (2,22; 4,44 y 6,66 μ M) y un tratamiento control sin 6-BAP en la multiplicación de los brotes de teca y mediante la evaluación de indicadores morfológicos, anatómicos y fisiológicos se definió la concentración más adecuada.

Los mejores resultados en los sistemas de inmersión temporal (SIT) se alcanzaron con una concentración de 2,22 μ M de 6-BAP, con la cual se incrementó el número de brotes (4,1 brotes/explante) sin la presencia de brotes hiperhídricos. Estas plantas presentaron una morfo-fisiología normal, con una elevada capacidad antioxidante y con mecanismos de respuesta a estrés biótico y abiótico activados desde la fase *in vitro*, que les permitió sobrevivir en un alto porcentaje (91,7%) durante la aclimatización Mendoza (24).

Se determinó que el 6-BAP en concentraciones de 4,44 y 6,66 μ M induce un incremento del contenido de agua en los brotes, y desórdenes en el aparato estomático, la acumulación de sustancias antioxidantes, el desarrollo de un sistema vascular hipolignificado y una sobreacumulación de citoquininas en formas activas. Esto se correspondió con un incremento del contenido de agua en los brotes y con cambios morfológicos en la forma y color de las hojas y apariencia hiperhídrica Mendoza (24).

En la investigación de Polo & Quintero (29), se presentó el objetivo de determinar el efecto de bencilaminopurina (BAP) adicionada al medio líquido en agitación constante (120 rpm), sobre la tasa de multiplicación *in vitro* del ñame (*Dioscorea alata*). Se utilizó un diseño completamente al azar con 8 repeticiones, los tratamientos consistieron en tres concentraciones de BAP (0.1, 0.2, y 0.3 mg L⁻¹) y un testigo al que no se adicionó BAP. A los 30 días después del establecimiento *in vitro*, se evaluó el número de nudos, hojas y raíces por explante (segmento nodal).

Los resultados mostraron que no se presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre las concentraciones evaluadas, registrándose una tasa de multiplicación media de 2.5 nudos por planta, valores muy semejantes a las tasas obtenidas en multiplicación *in vitro* del ñame en medio sólido sin reguladores de crecimiento. Sin embargo, se observó un mayor desarrollo fisiológico en las hojas y longitud del tallo en el medio líquido sin reguladores de crecimiento.

En la investigación de Orlando (30), se evaluó la propagación (*in situ*) vegetativa de banano orito (*Musa acuminata* AA) con la aplicación de la bencilaminopurina (6-BAP) en el cantón Valencia, en este estudio se empleó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (0 mg/L, 20 mg/L, 40 mg/L, 60 mg/L) cuatro repeticiones y cinco unidades experimentales con la finalidad de evaluar las siguientes variables; diámetro, altura, número de brotes y supervivencia de cormos, además de analizar la relación beneficio costo en cada uno de los tratamientos.

El tratamiento que obtuvo un mayor número de diámetro en los brotes fue el tratamiento tres quien obtuvo promedios de 3.23 cm, de igual forma al evaluar la variable longitud de los brotes quien obtuvo los mejores promedios fue el tratamiento tres con la aplicación de 60 mg/L de bencilaminopurina al demostrar longitudes de 51.61 cm, con respecto al estudio de número de brotes por cormo el tratamiento que sobresalió en esta evaluación fue el tratamiento tres en donde se obtuvo promedios de 2.32 brotes por cormo (30).

De esta forma se pudo determinar que en la variable supervivencia de cormos no se encontró diferencia estadística según la prueba de tukey ($p \geq 0.05$), en respecto al análisis económico el tratamiento sin la aplicación de la hormona bencilaminopurina demostró ser el más módico a pesar de ello no es el más rentable debido a que presentó una menor cantidad de

características deseables a diferencia del tratamiento tres quien obtuvo los mejores parámetros productivos y una relación beneficio costo de 1.90 es decir que por cada dólar de inversión se obtiene 0.90 ctvo. de dólar de ganancia (30).

El trabajo de investigación de León (31), tuvo como objetivo determinar el efecto de la 6-Bencilaminopurina y del medio de cultivo MS (1962), en el establecimiento *in vitro* de *P. pallida* (Willd.) Kunth. El trabajo experimental se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología del Instituto de papa y Cultivos Andinos. Donde se preparó diferentes concentraciones de medio de cultivo MS (1962), suplementado con diferentes concentraciones de 6- Bencilaminopurina. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar. Se concluye que T4, constituido por 1/2 MS (1962) y 0.00 ppm BAP es el mejor en lo referente a longitud, mientras que T7, constituido por un 1/3 MS (1962) y 0.00 ppm BAP es el mejor en lo referente al número de raíces de *P. pallida* (Willd.) Kunth.

En la investigación de Alcivar (32), se presentó el objetivo de evaluar la influencia del tamaño de cormo, Bencilaminopurina y el tipo de plástico sobre la tasa de multiplicación del plátano en cámara térmica. Se desarrollaron dos experimentos separados. En el primero se evaluó seis tamaños de cormo en función de la altura del hijuelo y dos colores de plástico como cubierta de la cámara térmica. En el segundo experimento se probaron el efecto de la bencilaminopurina – BAP (con BAP y sin BAP) y dos colores de plástico como cubierta de la cámara térmica (color negro y transparente).

Las variables registradas fueron días a brotación y tasa de multiplicación por cormo y m² de cámara térmica. Los resultados mostraron que el color de plástico negro fue efectivo para reducir el tiempo de brotación de los cormos, pero no para incrementar la tasa de multiplicación con relación al plástico transparente. Los cormos madres cosechados alcanzaron la mayor tasa de multiplicación individual con 35 plántulas. Los cebollines lograron la mayor tasa de multiplicación por m² de cámara térmica con 443 plántulas. Finalmente, el tratamiento con BAP produjo la mayor tasa de multiplicación por cormo y m² con 29 y 398 plántulas, respectivamente Alcivar (32) .

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Campus “La María” propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo localizada en el km 7.5 de la vía Quevedo – El Empalme con coordenadas: 79°30’11” longitud Oeste y 1°04’51” de latitud Sur, altitud 67 msnm.

3.2. Tipo de investigación

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

3.3. Métodos de investigación

Se utilizó el método inductivo como un proceso utilizado para poder sacar conclusiones generales partiendo de hechos particulares. 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 información

Para la investigación, se recopiló información de fuentes primarias, mediante la observación directa de las variables delimitadas; y de fuentes secundarias, libros, folletos, páginas web, boletines, trabajos de tesis de grado, artículos científicos, etc., los cuales sirvieron para recopilar la información.

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Factores de estudio

El factor bajo estudio en esta investigación fue el efecto de la concentración de Bencilaminopurina (BAP) en la propagación de crasuláceas.

3.5.2. *Tratamientos*

Los tratamientos en este estudio son las diferentes concentraciones de Bencilaminopurina (BAP) a las que se sometieron los tres géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* de crasuláceas. Se establecieron doce tratamientos (Tabla 1).

Tabla 1

Tratamientos utilizados en la investigación efecto del regulador de crecimiento bencilaminopurina en la propagación de crasuláceas

Tratamientos	Géneros x Concentraciones
T1	<i>Sedum</i> 0 ppm
T2	<i>Sedum</i> 500 ppm
T3	<i>Sedum</i> 1000 ppm
T4	<i>Sedum</i> 1500 ppm
T5	<i>Pachyveria</i> 0 ppm
T6	<i>Pachyveria</i> 500 ppm
T7	<i>Pachyveria</i> 1000 ppm
T8	<i>Pachyveria</i> 1500 ppm
T9	<i>Echeveria</i> 0 ppm
T10	<i>Echeveria</i> 500 ppm
T11	<i>Echeveria</i> 1000 ppm
T12	<i>Echeveria</i> 1500 ppm

3.5.3. *Diseño experimental de la investigación*

Este estudio adoptó un diseño experimental basado en el Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres repeticiones para analizar la propagación de los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* de crasuláceas ante diferentes concentraciones de Bencilaminopurina (BAP). La unidad experimental estuvo compuesta de 6 hojas para la reproducción por unidad experimental; para determinar las diferencias estadísticas de las medias se aplicó la Prueba de Rangos Múltiples de Tukey ($P < 0.05$, de probabilidad). El procesamiento de información fue realizado con el Software Infostat versión 2020 (33).

A continuación, se muestra el esquema del ADEVA considerado para el estudio (Tabla 2).

Tabla 2

Esquema del análisis de varianza del efecto de bencilaminopurina (BAP) en la propagación de crasuláceas.

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	11
Error experimental	24
Total	35

3.6. Instrumentación de investigación

3.6.1. Manejo del experimento

3.6.1.1. Selección del material genético.

Se utilizaron hojas de tres géneros de crasuláceas: *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum*, las plantas corresponden a una edad de un año, se caracterizan por tener hojas gruesas, carnosas y cilíndricas de color verde (Anexo A).

3.6.1.2. Preparación de los reguladores de crecimiento vegetal.

Para la preparación del regulador de crecimiento se pesa 10g de talco por tratamiento y cada una de las diferentes concentraciones de bencilaminopurina (BAP). Una vez pesado el contenido de la hormona se diluye 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, ya mezclado se extiende en el plato y este se lo coloca al sol y se deja por un día; posteriormente con la ayuda de una espátula se desprende la masa seca y se convierte en polvo para ser ubicada en los recipientes contenedores y posteriormente ser utilizadas en los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum*. Para cada tratamiento se colocará la respectiva etiqueta para facilitar su identificación (Anexo B).

3.6.1.3. Preparación del sustrato.

En un balde de 20 litros se procede a colocar 30% de tierra de sembrar, 30% de turba y 40% de arena, luego se incorpora hasta obtener una mezcla homogénea y posteriormente colocar en las bandejas plásticas las cuales tiene una medida de ancho 35,5 largo 46,5 y alto 2 cm, con un área de uso de 32,5 ancho, 44,5 de largo, reduciendo cm de borde.

3.6.1.4. Empleo de los reguladores de crecimiento vegetal.

Se necesitaron hojas de los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* a las cuales se les realizó un corte en la base de las hojas, se aplicó el regulador de crecimiento en polvo en las zonas que se realizaron los cortes donde se encontraron expuestos los tejidos para estimular brotes de células meristemáticas, y posteriormente se colocó en las bandejas que tienen el sustrato (Anexo C).

3.6.1.5. Siembra.

La siembra se realizó seleccionando seis hojas por cada género de crasuláceas con un total de dieciocho hojas por bandeja a la cual se les aplicó el regulador de crecimiento BAP en diferentes concentraciones 0, 500, 1000 y 1500 ppm por 3 repeticiones siendo tratadas un total de 216 hojas en el presente estudio (Anexo D).

3.6.1.6. Plagas y enfermedades.

Las plantas suculentas, no se encontraron afectadas particularmente por enfermedades. En su caso quizás sea más correcto hablar de fisiopatías, es decir enfermedades debidas no a agentes patógenos sino a causa de malas técnicas de cultivos.

3.6.1.7. Riego.

Las suculentas necesitaron una mayor o menor cantidad de agua de acuerdo a la capacidad de campo, el riego en la investigación se realizó con un atomizador en promedio de 2 veces por semana (Anexo E).

3.6.2. Variables en estudio

Se evaluaron raíces y brotes provenientes de la propagación con el regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en hojas de los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum*

3.6.2.1. Número de raíces, Volumen de raíces (cm³), Diámetro de raíz (cm), Área de raíces (mm²), Longitud de raíces (mm).

Con ayuda del software Safira versión 1.1, fue posible evaluar a los 31 días después de siembra las variables número de raíz, volumen de raíz, diámetro de raíz, área de raíz y longitud de raíz. Por cada tratamiento se valoraron 4 hojas. Las raíces se sumergieron en agua para eliminar residuos del sustrato, se dejaron escurrir durante 10 minutos para eliminar el exceso de humedad, las raíces se tiñeron con cristal de violeta para colocarlas en una hoja A4 blanca y se procedió a tomar la foto para posteriormente evaluarlas con ayuda del software antes mencionado.

3.6.2.2. Diámetro de brotes (cm), Área de brotes (cm³), Volumen de brotes (cm³).

A los 31 días después de siembra de las plantas se procedió a la evaluación de las variables diámetro de brotes, área de brotes y volumen de brotes, se utilizó el software Safira versión 1.1. Por cada tratamiento se valoraron 4 hojas. Los brotes se sumergieron en agua para eliminar el exceso del sustrato, se dejaron escurrir durante 10 minutos para eliminar el exceso de humedad, los brotes se tiñeron con cristal de violeta para colocarlas en una hoja A4 blanca y se procedió a tomar la foto para posteriormente evaluarlas con ayuda del software antes mencionado.

3.6.2.3. Cantidad de brotes (unidades).

La variable cantidad de brotes se evaluó de manera visual 4 hojas por tratamiento con la ayuda del software Safira, teniendo en cuenta las unidades presentes desde la hoja de propagación hacia arriba.

3.7. Tratamiento de los datos

Las variables establecidas en el presente proyecto de investigación se evaluaron con la ayuda del software Safira versión 1.1, se le efectuó el análisis de varianza (ADEVA), de acuerdo con el diseño experimental planteado. Se realizaron las pruebas de significación de Tukey al 95% de probabilidad para diferenciar entre tratamientos para lo cual se utilizó el programa INFOSTAT versión 2020.

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

Como recurso humano estuvo presente el docente director del proyecto de investigación, y el estudiante responsable del proyecto de investigación

3.8.2. Materiales y equipos

En la presente investigación se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

3.8.2.1. Material de computación.

- Software Infostat versión 2020
- Safira versión 1.1

3.8.2.2. Material vegetativo.

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

3.8.2.3. Material experimental.

- Hormona Bencilaminopurina “BAP”
- Cristal de violeta

3.8.2.4. Materiales de campo.

- Bandejas de plástico con medidas de ancho 35,5 largos 46,5 y alto 2 cm
- Sustrato 1 Saco de 50 Kg
- Fungicida edáfico

3.8.2.5. Equipos y herramientas

- Bomba fumigadora
- Cuchilla de injerto
- Rótulos clasificadores
- Regadera
- Tijera de podar
- Cámara fotográfica

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Número de raíz

Realizado el análisis de varianza en la variable número fue posible identificar diferencias significativas entre los tratamientos. En los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* de crasuláceas con la aplicación del regulador de crecimiento BAP en diferentes concentraciones, se observó que los tratamientos T6 *Pachyveria* con concentración de 500 ppm y el T5 *Pachyveria* con concentración de 0 ppm de BAP presentaron la mayor media en número de raíz con 8,50 y 7,83 raíces respectivamente. Los tratamientos con menor número de raíces corresponden a los tratamientos 9,10,11 y 12 *Echeveria* con concentración de 0, 500, 1000 y 1500 ppm de BAP los cuáles presentaron una media de raíces de 0,00 (Tabla 3).

Tabla 3

Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable número de raíz presente en las crasuláceas.

Tratamientos	Número de raíz
(T6) <i>Pachyveria</i> 500	8,50 a
(T5) <i>Pachyveria</i> 0	7,83 a b
(T1) <i>Sedum</i> 0	5,92 b c
(T8) <i>Pachyveria</i> 1500	5,58 b c
(T7) <i>Pachyveria</i> 1000	4,50 c
(T2) <i>Sedum</i> 500	0,50 d
(T3) <i>Sedum</i> 1000	0,25 d
(T4) <i>Sedum</i> 1500	0,17 d
(T9) <i>Echeveria</i> 0	0,00 d
(T10) <i>Echeveria</i> 500	0,00 d
(T12) <i>Echeveria</i> 1500	0,00 d
(T11) <i>Echeveria</i> 1000	0,00 d

CV% 31,61 (Anexo G)

*Diferentes letras indican diferencia significativa entre promedios según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

4.1.2. Volumen de raíz

Con base a los resultados del análisis de varianza en la variable de volumen de raíz se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. En los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* de crasuláceas con la aplicación del regulador de crecimiento BAP en diferentes concentraciones, se observó que el tratamiento T6 *Pachyveria* con concentración de 500 ppm presentó la mayor media en volumen de raíz con 8,40 mm³. Los tratamientos con menor volumen de raíces corresponden a los tratamientos 9,10,11 y 12 *Echeveria* con concentración de 0, 500, 1000 y 1500 ppm de BAP los cuáles presentaron una media de 0,00 mm³ (Tabla 4).

Tabla 4

Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable volumen de raíz presente en las crasuláceas.

Tratamientos		Volumen de raíz	
(T6) <i>Pachyveria</i>	500	8,40	a
(T5) <i>Pachyveria</i>	0	6,16	a b
(T8) <i>Pachyveria</i>	1500	5,82	a b
(T7) <i>Pachyveria</i>	1000	5,13	a b c
(T1) <i>Sedum</i>	0	3,33	b c d
(T3) <i>Sedum</i>	1000	2,44	b c d
(T2) <i>Sedum</i>	500	1,32	c d
(T4) <i>Sedum</i>	1500	0,67	d
(T10) <i>Echeveria</i>	500	0,00	d
(T12) <i>Echeveria</i>	1500	0,00	d
(T11) <i>Echeveria</i>	1000	0,00	d
(T9) <i>Echeveria</i>	0	0,00	d

CV% 47,75 (Anexo H)

*Diferentes letras indican diferencia significativa entre promedios según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

4.1.3. Diámetro de raíz

En la variable diámetro de raíz luego de realizar el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. En los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* de crasuláceas con la aplicación del regulador de crecimiento BAP en diferentes concentraciones, se observó que el tratamiento T5 *Pachyveria* con concentración 0 ppm de BAP presentó la mayor media en diámetro de raíz con 0,75 mm presentando una similitud con los tratamientos 6 y 7 que obtuvieron una igualdad en media con 0,72 mm en diámetro de raíces respectivamente. Los tratamientos con menor diámetro de raíces corresponden a los tratamientos 9, 10, 11 y 12 *Echeveria* con concentración de 0, 500, 1000 y 1500 ppm de BAP los cuáles presentaron una media de diámetro de raíces de 0,00 mm (Tabla 5).

Tabla 5

Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable diámetro de raíz presente en las crasuláceas.

Tratamientos	Diámetro de raíz
(T5) <i>Pachyveria</i> 0	0,75 a
(T6) <i>Pachyveria</i> 500	0,72 a
(T7) <i>Pachyveria</i> 1000	0,72 a
(T1) <i>Sedum</i> 0	0,67 a b
(T8) <i>Pachyveria</i> 1500	0,61 a b
(T2) <i>Sedum</i> 500	0,40 a b c
(T3) <i>Sedum</i> 1000	0,37 a b c
(T4) <i>Sedum</i> 1500	0,20 b c
(T10) <i>Echeveria</i> 500	0,00 c
(T12) <i>Echeveria</i> 1500	0,00 c
(T11) <i>Echeveria</i> 1000	0,00 c
(T9) <i>Echeveria</i> 0	0,00 c

CV% 46,33 (Anexo I)

*Diferentes letras indican diferencia significativa entre promedios según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

4.1.4. Área de raíz

Respecto al análisis de varianza en la variable de área de raíz se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Luego de la aplicación del regulador de crecimiento BAP en los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* de crasuláceas en diferentes concentraciones, se observó que el tratamiento T6 *Pachyveria* con concentración 500 ppm de BAP presentó la mayor media en área de raíz con 40,46 mm², los tratamientos con menor área de raíces corresponden a los tratamientos 9,10,11 y 12 *Echeveria* con concentración de 0, 500, 1000 y 1500 ppm de BAP los cuáles presentaron una media de diámetro de raíces de 0,00 mm (Tabla 6).

Tabla 6

Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable área de raíz presente en las crasuláceas.

Tratamientos	Área de raíz
(T6) <i>Pachyveria</i> 500	40,46 a
(T5) <i>Pachyveria</i> 0	31,35 a b
(T8) <i>Pachyveria</i> 1500	30,53 a b
(T7) <i>Pachyveria</i> 1000	24,68 b c
(T1) <i>Sedum</i> 0	19,41 b c d
(T3) <i>Sedum</i> 1000	12,77 c d e
(T2) <i>Sedum</i> 500	8,89 d e
(T4) <i>Sedum</i> 1500	4,50 d e
(T10) <i>Echeveria</i> 500	0,00 e
(T12) <i>Echeveria</i> 1500	0,00 e
(T11) <i>Echeveria</i> 1000	0,00 e
(T9) <i>Echeveria</i> 0	0,00 e

CV% 36,87 (Anexo J)

*Diferentes letras indican diferencia significativa entre promedios según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

4.1.5. Longitud de raíz

Efectuando el análisis de varianza en la variable de longitud de raíz se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. En los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* de crasuláceas con la aplicación del regulador de crecimiento BAP en diferentes concentraciones, se observó que el tratamiento T6 *Pachyveria* con concentración de 500 ppm presentó la mayor media en longitud de raíz con 14,47 mm, los tratamientos con menor longitud de raíces corresponden a los tratamientos 9, 10, 11 y 12 *Echeveria* con concentración de 0, 500, 1000 y 1500 ppm de BAP los cuáles presentaron una media de 0,00 mm (Tabla 7).

Tabla 7

Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable longitud de raíz presente en las crasuláceas.

Tratamientos	Longitud de raíz
(T6) <i>Pachyveria</i> 500	14,47 a
(T8) <i>Pachyveria</i> 1500	14,35 a
(T7) <i>Pachyveria</i> 1000	12,47 a b
(T5) <i>Pachyveria</i> 0	11,93 a b
(T1) <i>Sedum</i> 0	10,26 a b c
(T3) <i>Sedum</i> 1000	7,25 a b c d
(T2) <i>Sedum</i> 500	4,77 b c d
(T4) <i>Sedum</i> 1500	2,41 c d
(T10) <i>Echeveria</i> 500	0,00 d
(T12) <i>Echeveria</i> 1500	0,00 d
(T11) <i>Echeveria</i> 1000	0,00 d
(T9) <i>Echeveria</i> 0	0,00 d

CV% 42,90 (Anexo K)

*Diferentes letras indican diferencia significativa entre promedios según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

4.1.6. Diámetro de brote

Según el análisis de varianza en la variable de diámetro de brote se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. En los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* de crasuláceas con la aplicación del regulador de crecimiento BAP en diferentes concentraciones, se observó que el tratamiento T6 *Pachyveria* con concentración de 500 ppm de BAP presentó la mayor media en diámetro de brote con 4,76 mm respectivamente. Los tratamientos con menor número de diámetro de brotes corresponden a los tratamientos 9, 10,11 y 12 *Echeveria* con concentración de 0, 500, 1000 y 1500 ppm de BAP los cuáles presentaron una media de raíces de 0,00 mm (Tabla 8).

Tabla 8

Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable diámetro de brote presente en las crasuláceas.

Tratamientos		Diámetro de brote	
(T6) <i>Pachyveria</i>	500	4,76	a
(T7) <i>Pachyveria</i>	1000	4,54	a b
(T8) <i>Pachyveria</i>	1500	4,45	a b c
(T3) <i>Sedum</i>	1000	4,21	a b c d
(T5) <i>Pachyveria</i>	0	3,37	b c d e
(T4) <i>Sedum</i>	1500	3,18	c d e
(T2) <i>Sedum</i>	500	2,96	d e
(T1) <i>Sedum</i>	0	2,81	e
(T10) <i>Echeveria</i>	500	0,00	f
(T11) <i>Echeveria</i>	1000	0,00	f
(T12) <i>Echeveria</i>	1500	0,00	f
(T9) <i>Echeveria</i>	0	0,00	f

CV% 17,44 (Anexo L)

*Diferentes letras indican diferencia significativa entre promedios según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

4.1.7. Área de brote

Con base a los resultados del análisis de varianza en la variable de área de brote se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. En los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* de crasuláceas con la aplicación del regulador de crecimiento BAP en diferentes concentraciones, se observó que el tratamiento T7 *Pachyveria* con concentración de 1000 ppm de BAP presentó la mayor área de brote con 272,91 mm², los tratamientos con menor número de diámetro de brotes corresponden a los tratamientos 9,10,11 y 12 *Echeveria* con concentración de 0, 500, 1000 y 1500 ppm de BAP los cuáles presentaron una media de 0,00 mm² (Tabla 9).

Tabla 9

Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable área de brote presente en las crasuláceas.

Tratamientos	Área de brote
(T7) <i>Pachyveria</i> 1000	272,91 a
(T8) <i>Pachyveria</i> 1500	267,99 a
(T6) <i>Pachyveria</i> 500	242,66 a
(T5) <i>Pachyveria</i> 0	151,26 b
(T2) <i>Sedum</i> 500	117,82 b
(T3) <i>Sedum</i> 1000	113,48 b
(T1) <i>Sedum</i> 0	111,62 b
(T4) <i>Sedum</i> 1500	109,18 b
(T12) <i>Echeveria</i> 1500	0,00 c
(T10) <i>Echeveria</i> 500	0,00 c
(T9) <i>Echeveria</i> 0	0,00 c
(T11) <i>Echeveria</i> 1000	0,00 c

CV% 21,50 (Anexo M)

*Diferentes letras indican diferencia significativa entre promedios según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

4.1.8. Volumen de brote

Evidenciando los resultados del análisis de varianza en la variable de volumen de brote se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. En los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* de crasuláceas con la aplicación del regulador de crecimiento BAP en diferentes concentraciones, se observó que el tratamiento T8 *Pachyveria* con concentración de 1500 ppm de BAP presentó la mayor área de brote con $335,79\text{mm}^3$, los tratamientos con menor volumen de brotes corresponden a los tratamientos 9, 10,11 y 12 *Echeveria* con concentración de 0, 500, 1000 y 1500 ppm de BAP los cuáles presentaron una media de $0,00,79\text{mm}^3$ (Tabla 10).

Tabla 10

Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable volumen de brote presente en las crasuláceas.

Tratamientos		Volumen de brote	
(T8) <i>Pachyveria</i>	1500	335,79	a
(T7) <i>Pachyveria</i>	1000	330,49	a
(T6) <i>Pachyveria</i>	500	311,21	a
(T3) <i>Sedum</i>	1000	140,74	b
(T5) <i>Pachyveria</i>	0	140,74	b
(T4) <i>Sedum</i>	1500	112,41	b
(T2) <i>Sedum</i>	500	109,27	b
(T1) <i>Sedum</i>	0	91,49	b c
(T12) <i>Echeveria</i>	1500	0,00	c
(T10) <i>Echeveria</i>	500	0,00	c
(T11) <i>Echeveria</i>	1000	0,00	c
(T9) <i>Echeveria</i>	0	0,00	c

CV% 24,47 (Anexo N)

*Diferentes letras indican diferencia significativa entre promedios según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

4.1.9. Cantidad de brote

En los resultados del análisis de varianza en la variable de cantidad de brote se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. En los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* de crasuláceas con la aplicación del regulador de crecimiento BAP en diferentes concentraciones, se observó que el tratamiento T7 *Pachyveria* con concentración de 1000 ppm de BAP presentó la mayor cantidad de brotes con 1,78, los tratamientos con menor cantidad de brotes corresponden a los tratamientos 9, 10,11 y 12 *Echeveria* con concentración de 0, 500, 1000 y 1500 ppm de BAP los cuáles presentaron una media de 0,00 (Tabla 11).

Tabla 11

Efecto de las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) en la variable cantidad de brote presente en las crasuláceas.

Tratamientos		Cantidad de brote	
(T7) <i>Pachyveria</i>	1000	1,78	a
(T8) <i>Pachyveria</i>	1500	1,72	a
(T2) <i>Sedum</i>	500	1,50	a b
(T6) <i>Pachyveria</i>	500	1,39	a b
(T4) <i>Sedum</i>	1500	1,39	a b
(T3) <i>Sedum</i>	1000	1,33	a b
(T1) <i>Sedum</i>	0	1,00	b
(T5) <i>Pachyveria</i>	0	0,89	b
(T9) <i>Echeveria</i>	0	0,00	c
(T12) <i>Echeveria</i>	1500	0,00	c
(T10) <i>Echeveria</i>	500	0,00	c
(T11) <i>Echeveria</i>	1000	0,00	c

CV% 25,60 (Anexo O)

*Diferentes letras indican diferencia significativa entre promedios según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

4.2. Discusión

En la presente investigación se identificó que la aplicación del regulador de crecimiento bencilaminopurina en el género *Pachyveria* la concentración de 500ppm obtuvo una mayor eficacia en las variables número de raíces, volumen de raíces, diámetro de raíces, área de raíces y longitud de raíces, así mismo el género *Pachyveria* en concentración de 500ppm obtuvo una mayor respuesta en las variables diámetro de brote y cantidad de brote incrementando la mayor cantidad de propagación, en comparación del género *Echeveria* que no demostró ningún tipo de efecto durante los 31 días posteriores a la siembra.

Lincoln & Zeiger (34), en su libro mencionan que la citoquinina en concentraciones elevadas estimula la formación de raíces, una baja relación ayuda a promover la brotación en numerosas especies, ya que induce la división celular, aumenta la actividad fotosintética y retrasa la senescencia.

Resultados similares fueron reportados por Abarca (35), con la aplicación ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB) en hojas de los géneros *Pachyveria*, *Sedum* y *Echeveria*, donde la concentración de 1000ppm mejoró la propagación vegetativa en las variables número de raíz, volumen de raíz, longitud de raíz, diámetro de raíz, área de raíz, referente a la morfología aérea de la planta en cambio la aplicación en concentración de 500 ppm favoreció las variables cantidad de brote, área de brote y volumen de brote, debiéndose este resultado a lo expuesto por Margara (36), donde menciona que las citoquininas y auxinas generalmente se utilizan en bajas concentraciones para estimular la proliferación de tejidos y en concentraciones más elevadas para desencadenar la neoformación de yemas sobre callos.

Así mismo, Rendon (37), con el uso de ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (ANA) en hijuelos de los géneros *Pachyveria* y *Sedum* reportó el incremento de propagación cuando se aplicó la concentración de 500 ppm en las variables longitud de raíz, diámetro de raíz, área de raíz y volumen de raíz, y en la cantidad de brotes se observó un mayor porcentaje en la especie *Pachyveria* en la concentración de 1000 ppm, siendo superior a las demás concentraciones, debiéndose a la capacidad de las citoquininas en estimular la síntesis de ARN y proteínas Weaver (38), incrementando la rapidez de la síntesis de proteínas, algunas

de las cuales podrían ser enzimas o proteínas estructurales necesarias para la mitosis Salisbury (39).

Otros investigadores como Vilchez (40), detectó el efecto de la interacción de las concentraciones de 6-BAP en *Xanthosoma sagittifolium* L. Schott y observo que considerablemente en el primer subcultivo se presentó la mayor cantidad de brotes en la concentración de 6-BAP (3 mg. L⁻¹) con un mayor número de brotes. Así mismo Saucedo (41), encontraron que con la concentración de 0.1 mg L⁻¹ de BAP hubo una mayor multiplicación y crecimiento de brotes y en combinación de L-1 BAP + 1.5 mg L⁻¹ AIA, desarrollaron las raíces más largas corroborando que con las concentraciones de hormonas más bajas, presentaron los mejores resultados para el enraizamiento de las vitroplantas, por otro lado, Mollohuanca (42), reportaron que la combinación de 0,25 μM ANA + 2 μM BAP en plantas de Queñoa (*Polylepis rugulosa* Bitter) presentó un aumento de brotes, mayor tamaño, numero de hojas y tasa de multiplicación.

Por último, Chamorro (43), en su investigación en plantas de *Limonium* var. *Misty blue*, encontraron que la concentración de 0,5 mg· L⁻¹ de BAP presentó una tasa de multiplicación más alta, mayor tamaño de hojas, coloración más verde además de confirmar, que al aumentar la concentración de BAP disminuye la tasa de multiplicación y la calidad, aseverando que través del tiempo dentro de la misma concentración, la tasa de multiplicación se mantiene constante.

Finalmente, el regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) como método de propagación actúa de manera positiva en al menos dos de tres géneros de crasuláceas evaluados, la propagación vegetativa está determinada por las diferentes concentraciones del regulador de crecimiento BAP. Los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación coinciden con diversos estudios donde muestran que la aplicación de los reguladores de crecimiento como lo son la bencilaminopurina (BAP), ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB) presenta la capacidad de promover la propagación vegetativa en las especies de crasuláceas.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El género *Pachyveria* presentó una mejor propagación vegetativa en cuanto a la aplicación de la hormona de crecimiento Bencilaminopurina (BAP) en comparación de los géneros *Sedum* y *Echeveria*.
- La morfología aérea de los géneros *Pachyveria* y *Sedum* utilizando la concentración 500 ppm de BAP obtuvo mayor propagación vegetativa en las variables diámetro de brote y cantidad de brote, presentó medias más altas en comparación con las concentraciones 0,1000 y 1500 ppm de BAP.
- Se determinó que la concentración 500ppm de BAP en los géneros *Pachyveria* y *Sedum* influyó en mayor cantidad en las raíces en comparación con el género *Echeveria* la cual no demostró ningún efecto con la aplicación de las concentraciones de BAP.

5.2. Recomendaciones

- Emplear el uso del regulador de crecimiento Bencilaminopurina (BAP) en concentración de 500 ppm para obtener una mejor propagación vegetativa de los géneros *Pachyveria Echeveria* y *Sedum* de crasuláceas en menor tiempo.
- Realizar capacitaciones sobre las propagaciones vegetativas y el uso de los reguladores de crecimiento para dar a conocer la concentración correcta a implementar en los géneros de crasuláceas.
- Se recomienda usar el regulador de crecimiento BAP para la propagación de hijuelos, con respecto al enraizamiento este regulador presenta poca aparición de raíces en los géneros *Pachyveria Echeveria* y *Sedum* de crasuláceas, es recomendable usar otros reguladores de crecimiento como ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB) los cuales promueven enraizamiento.
- Realizar investigaciones donde se pueda evaluar el posible efecto del regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP) más de 31 días después de siembra en el género *Echeveria* para observar su reacción con concentraciones más altas a los 1500 ppm.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

1. Patzelt E. Flora del Ecuador. In Solis MA, editor. Banco central del Ecuador. Quito: Imprefepp; 2007. p. 1- 336.
2. Enríquez IA. Importancia cultural de las crasuláceas, Jardín Botánico, IB-UNAM. HYPATIA. 2017 Junio; 5(6).
3. Aranda AP. Producción de *crassulaceae* y suculentas Mexicanas. Aspectos botánicos. 2017 Octubre; 2(27).
4. Blanco L. Crasuláceas: características, especies, cuidados, enfermedades. Lifeder. 2019 Julio 23; 2(5).
5. Villares JF. Familia *Crassulaceae*. Naturalist. 2016 Marzo 02; 3.
6. Reyes MDRO. Mantenimiento y propagación de cactaceas y crasulaceas para su conservación en el jardín botánico IB- UNAM. Licenciatura en Biología ed. Salud CBydl, editor. Iztapalapa: Universidad Autonoma Metropolitana Unidad Iztapalapa; 2003.
7. Felix I. Los Reguladores de Crecimiento y sus interacciones en el crecimiento vegetal. Fagro. 2018 Agosto 21.
8. Saint JJ. Características y cuidados de las *Crassulaceae*. [Online].; 2022 [cited 2022 Abril. Available from: <https://clubsuculentas.com/crassulaceae/>.
9. Goettsch H, Hernandez T, Cruz D, Frances J. Getting Started with Succulents, high proportion of species threatened with extinction. Nature Plants. 2015;; p. 1-151.
10. Loaisa N. Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas. Logros de la SLCCS en Ecuador. 2011 Septiembre;; p. 1-24.
11. Guillot Ortiz D, Lagunas Lumbreras E, Rossello Picornell J. La familia *Crassulaceae* en la flora alóctona valenciana. Bouteloua. 2009 Septiembre; 4.
12. Barrera Edl. El metabolismo ácido de las crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad. Ecofisiología. 2007 Junio;; p. 15.
13. Sanchez M. Jardineria y cuidados de crassulaceas. [Online].; 2013 [cited 2022 Noviembre. Available from: <https://www.jardineriaon.com/crasulaceas.html>.
14. Juarez K. Photorespiration: C3, C4 and CAM Plants. Khan Academy. 2016 Febrero; 2: p. 38-44.

15. Pérez. Flora del bajío y de regiones adyacentes. Crassulaceae. 2008 Abril;: p. 1-143.
16. Gomez J. Características *Pachyveria*. [Online].; 2017. Available from: <https://wiki-plant.net/11045304-pachyveria-crassulacea>.
17. Navarrete A. Características de *Echeveria*. [Online].; 2021. Available from: <https://wiki-plant.net/11046283-echeveria-succulent-plant>.
18. Santander B. Cultivo de *Sedum*. [Online].; 2017 [cited 2022 Octubre 15. Available from: <https://wiki-plant.net/11044768-sedum-cultivation>.
19. Amador Alférez K, Díaz Gonzáles J, Loza Cornejo S, Bivián Castro E. Efecto de diferentes reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de dos especies de Ferocactus (*Cactaceae*). scielo.org. 2013 Febrero; 19(25).
20. Alcantara Cortes Johan AGJJSR. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. Nova. 2019 Diciembre 03; 17(32).
21. Martínez JC. Fundamento de la fisiología vegetal, Auxinas. Universidad Politecnica de Cartagena. 2018 Abril.
22. Casaretto MJyJ. Hormonas y Reguladores del Crecimiento. Ediciones Universidad de La Serena. 2006 Noviembre; 15(10).
23. Nopala HPyGJ. Papel de las hormonas vegetales en la regulación de autofagia en plantas. 2019 Noviembre; 22(1).
24. Mendoza EQ. Efecto de la 6-Bencilaminopurina en la morfoanatomía y la fisiología de los brotes de *tectona grandis L.* cultivados en el sistema de inmersión temporal Santa Clara: Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas; 2012.
25. Sanchez Z, Valverde T. Evaluación del proceso de multiplicación asexual de estacas de aliso (*Alnus acuminata*), utilizando cuatro sustratos y tres hormonas. Biblioteca.ueb.edu.ec. 2016;: p. 1-165.
26. Perez RS. Cultivo de Tejidos en la agricultura. In Fisiología vegetal.: Tercera edición; 2005. p. 967.
27. Perea M. Cultivo de Tejidos Vegetales *In Vitro* Bogota: Colombia; 2009.
28. Solis JJ, Reina M, Cardona MA, Rojas D. *In vitro* Propagation of *Echeveria elegans*, a Species of the Flora Endangered Mexican. Environ Sci Eng. 2013;: p. 555-558.

29. Polo J, Quintero I. Efecto del Bencilaminopurina en medio líquido sobre la tasa de multiplicación *in vitro* de *Dioscorea alata*. Dialnet. 2013;; p. 21-26.
30. Álvarez Galarza OR. Propagación (*in situ*) vegetativa del banano orito (*Musa acuminata* AA) con la utilización de la bencilaminopurina (6-BAP) en el cantón Valencia. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2019.
31. León DJC. Efecto de la 6- bencilaminopurina y del medio de cultivo ms (1962) en el establecimiento *in vitro* de *prosopis pallida* (willd.) kunth. REBIOL Universidad Nacional de Trujillo. 2020;; p. 1-15.
32. Alcivar Medina K. Macropropagación del plátano en cámara térmica en función del tamaño de cormo, bencilaminopurina y tipo de plástico Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Felix Lopez; 2021.
33. InfoStat. Centro de transferencia InfoStat. [Online].; 2020 [cited 2023 Junio 04]. Available from: <https://www.infostat.com.ar/>.
34. Lincoln T, Zeiger E. Plant Physiology, 3rd ed: Sinauer Associates,Sunderland, MA. ; 2002.
35. Abarca Zamora AM. Efecto de los reguladores de crecimiento ácido naftalenacético y ácido indolbutírico para el enraizamiento de tres especies de *crassulaceae* Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2022.
36. Margara J. Multiplicación vegetativa y cultivo *in vitro*. Ediciones Mundi-Prensa. 1988;; p. 27-30, 71-118.
37. Rendon Baño DM. Empleo de ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) para la propagación vegetativa de hijuelos de *Pachyveria* y *Sedum* en vivero Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2022.
38. Weaver R. Evaluación de diferentes concentraciones de algunos reguladores de crecimiento en la multiplicación y enraizamiento *in vitro* de *Limonium* var. Misty blue. Editorial Trillas. 1982;; p. 622.
39. Salisbury F, Ross C. Fisiología vegetal México DF. : Grupo Editorial Iberoamerica S.A; 1994.
40. Vilchez AR. Efecto de la N6-bencilaminopurina sobre la multiplicación *in vitro* de ocumo criollo (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott). Scielo. 2009; 26(2): p. 1-8.

41. Saucedo S, Ramos L, Reyes T. Efecto de los Reguladores de Crecimiento para la Propagación *in vitro* de la Malanga (*Xanthosoma sagittifolium* (L) Schott). Ciencia y Tecnología. 2007;; p. 17-21.
42. Mollohuanca C, Mayta , Roxana Bardales. Reguladores de Crecimiento (BAP y ANA) en la Propagación *in vitro* de Queñoa (*Polylepis rugulosa Bitter*). Manglar: Revista de Investigación Científica. 2021; 18(2): p. 207-213.
43. Chamorro A, Martínez S, Fernández J, Mosquera T. Evaluación de diferentes concentraciones de algunos reguladores de crecimiento en la multiplicación y enraizamiento *in vitro* de *Limonium var. Misty blue*. Agronomía Colombiana. 2007; 25(1): p. 47-53.
44. Daniel Guillot Ortiz ELLJR. La familia *Crassulaceae* en la flora alóctona valenciana. Bouteloua. 2009 Septiembre; 4(106).
45. INAMHI. INAMHI Instituto nacional de meteorología e hidrología. [Online].; 2022 [cited 2022 Septiembre 05. Available from: <http://186.42.174.236/InamhiEmas/#>.
46. Castillo Pérez , Maldonado Miranda J, Alonso Castro Á, Carranza Álvarez C. Efecto de 6-bencilaminopurina y nitrato de potasio sobre la micropropagación *in vitro* de *Laelia anceps* subsp. *anceps* (*Orchidaceae*). Biotecnia. 2020;; p. 1-7.
47. Condemarin C, Chico J, Vargas C. Efecto del aacido indolbutirico (IBA) y 6-bencilaminopurina (BAP) en el desarrollo *in vitro* de yemas axilares de *Encyclia Microtos* (RCHB.F) Hoehne (*Orchidaceae*). Redalyc. Efect. 2007;; p. 1-9.

CAPITULO VII
ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo A. Plantas utilizadas en el proyecto de investigación



Anexo B. Regulador de crecimiento Bencilaminopurina (BAP)



Anexo C. Aplicación del regulador de crecimiento Bencilaminopurina (BAP) en las diferentes concentraciones de en crasuláceas.



Anexo D. Siembra de hojas de los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum* de crasuláceas tratadas con el regulador de crecimiento BAP.



Anexo E. Riego manual a los géneros *Pachyveria*, *Echeveria* y *Sedum*



Anexo F. Toma de datos



Anexo G. Análisis de varianza variable número de raíz

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Número de raíz	36	0,95	0,93	31,61

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	384,76	11	34,98	45,58	<0,0001
Tratamientos	384,76	11	34,98	45,58	<0,0001
Error	18,42	24	0,77		
Total	403,17	35			

Anexo H. Análisis de varianza variable volumen de raíz

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Volumen de raíz	36	0,87	0,81	47,75

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	287,19	11	26,11	14,89	<0,0001
Tratamientos	287,19	11	26,11	14,89	<0,0001
Error	42,09	24	1,75		
Total	329,28	35			

Anexo I. Análisis de varianza variable diámetro de raíz

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Diámetro de raíz	36	0,83	0,75	46,33

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,35	11	0,30	10,39	<0,0001
Tratamientos	3,35	11	0,30	10,39	<0,0001
Error	0,70	24	0,03		
Total	4,05	35			

Anexo J. Análisis de varianza variable área de raíz

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Área de raíz	36	0,91	0,87	36,87

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6953,39	11	632,13	22,48	<0,0001
Tratamientos	6953,39	11	632,13	22,48	<0,0001
Error	674,84	24	28,12		
Total	7628,23	35			

Anexo K. Análisis de varianza variable longitud de raíz

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Longitud de raíz	36	0,86	0,80	42,90

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1180,84	11	107,35	13,84	<0,0001
Tratamientos	1180,84	11	107,35	13,84	<0,0001
Error	186,21	24	7,76		
Total	1367,05	35			

Anexo L. Análisis de varianza variable diámetro de brote

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Diámetro de brote	36	0,96	0,95	17,44

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	127,61	11	11,60	59,87	<0,0001
Tratamientos	127,61	11	11,60	59,87	<0,0001
Error	4,65	24	0,19		
Total	132,27	35			

Anexo M. Análisis de varianza variable área de brote

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Área de brote	36	0,96	0,94	21,50

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	356717,29	11	32428,84	52,53	<0,0001
Tratamientos	356717,29	11	32428,84	52,53	<0,0001
Error	14816,71	24	617,36		
Total	371534,01	35			

Anexo N. Análisis de varianza variable volumen de brote

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Volumen de brote	36	0,96	0,94	24,47

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	556263,82	11	50569,44	49,19	<0,0001
Tratamientos	556263,82	11	50569,44	49,19	<0,0001
Error	24671,18	24	1027,97		
Total	580935,00	35			

Anexo O. Análisis de varianza variable cantidad de brote

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Cantidad de brote	36	0,93	0,90	25,60

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17,18	11	1,56	28,36	<0,0001
Tratamiento	17,18	11	1,56	28,36	<0,0001
Error	1,32	24	0,06		
Total	18,50	35			